

SLOVENSKÁ AKADÉMIA VIED
SLOVAK ACADEMY OF SCIENCES

ÚSTAV MERANIA

Institute of Measurement Science

70

rokov vedeckých a výskumných aktivít
1953 – 2023



VÝROČIE
SLOVENSKEJ
AKADÉMIE VIED



SLOVENSKÁ AKADÉMIA VIED
SLOVAK ACADEMY OF SCIENCES

ÚSTAV MERANIA

Institute of Measurement Science

70

rokov vedeckých a výskumných aktivít
1953 – 2023



Bratislava 2023

Vydal:

Ústav merania SAV, v. v. i.
Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava

Telefón: +421 2 5910 4511

Fax: +421 2 5910 4594

E-mail: umersekr@savba.sk,

Web: <https://www.um.sav.sk>

Facebook: <https://www.facebook.com/ustavmeraniasav>

Twitter: https://twitter.com/ims_sas_sk

Instagram: https://www.instagram.com/ims_sas_sk/

LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/institute-of-measurement-science/>



web ÚM SAV



facebook



twitter



instagram



linkedIn

Editori: Milan Tyšler, Viktor Witkovský

Editované 22.5.2023

ISBN 978-80-972629-9-0

EAN 9788097262990

tlačená verzia: **ISBN 978-80-972629-8-3**

EAN 9788097262983

Brožúra je dostupná v elektronickej forme na internetovej adrese:

[https://www.um.sav.sk/wp-dokumenty/Vyrocia/Zbornik 70 rokov UM SAV.pdf](https://www.um.sav.sk/wp-dokumenty/Vyrocia/Zbornik%2070%20rokov%20UM%20SAV.pdf)

Tlač: NEUMAHR TLAČIARENĽ, s.r.o., Mlynská dolina 5, 842 29 Bratislava



Organizačná štruktúra Ústavu merania SAV, v. v. i. v roku 2023



Doc. RNDr. Viktor Witkovský, CSc.
riaditeľ ústavu

Ing. Ján Maňka, CSc.
zástupca riaditeľa

Doc. Ing. Milan Tyšler, CSc.
vedecký tajomník

Vedecká rada

Interní členovia:

Ing. Ján Maňka, CSc., predseda
Ing. Jana Švehlíková, PhD., podpredsedníčka
Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc.
RNDr. Miroslav Hain, PhD.
Mgr. Martina Chvosteková, PhD.
Prof. Ing. Alexander Šatka, CSc.

Externí členovia:

Ing. Juraj Lapin, DrSc.
Doc. Ing. Jaromír Markovič, PhD.
Prof. Ing. Viktor Smieško, PhD.

Správna rada

Doc. RNDr. Viktor Witkovský, CSc., predseda
Doc. Ing. Milan Tyšler, CSc., podpredseda
Ing. Mária Jusková
RNDr. Anna Krakovská, CSc.
Mgr. Martin Škrátek, PhD.

Dozorná rada

Ing. Ivana Budinská, PhD., predsedníčka
Ing. Romana Jurkiewiczová
Doc. Ing. Mikuláš Bittera, PhD.

Vedeckovýskumný úsek

Oddelenie optoelektronických meracích metód
Vedúci: RNDr. Miroslav Hain, PhD.
Zástupca: Ing. Vlado Jacko, PhD.

Oddelenie magnetometrie

Vedúci: Ing. Ján Maňka, CSc.
Zástupca: RNDr. Alexander Cigáň, CSc.

Oddelenie teoretických metód

Vedúci: RNDr. Anna Krakovská, CSc.
Zástupca: Ing. Mgr. Roman Rosipal, DrSc.

Oddelenie zobrazovacích metód

Vedúci: Dr. Ing. Pavol Szomolányi
Zástupca: Ing. Daniel Gogola, PhD.

Oddelenie biomeraní

Vedúca: Ing. Jana Švehlíková, PhD.
Zástupca: Doc. Ing. Milan Tyšler, CSc.

Prevádzkový úsek:

Oddelenie vývoja a inovácie prístrojovej techniky
Vedúci: Ing. Vlado Jacko, PhD.

Redakcia časopisu Measurement Science Review
Vedúci redaktor: Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc.

Úsek ekonomiky a správy

Vedúca: Ing. Mária Jusková
Zástupca: Ing. Margita Juhanesovičová

Knižnica

Katarína Kozáková

Sekretariát riaditeľa

Eva Gurišová

Stručná história Ústavu merania Slovenskej akadémie vied (1953 - 2023)

Slovenská akadémia vied (SAV) bola založená podľa vzoru Českej akadémie vied v roku 1953 s cieľom podporiť vyššie vzdelanie, vedu a národnú kultúru na Slovensku. Zakladateľmi SAV boli vtedajší univerzitní profesori a členovia vedeckej a technickej inteligencie. Keďže podmienky na slovenských univerzitách nedosahovali rozsah a úroveň vtedajšieho vedeckého výskumu v Čechách, na začiatku boli v rámci SAV zriadené vedecké inštitúcie len vo vybraných oblastiach vedy. Zakladateľmi týchto inštitúcií boli uznávané osobnosti vedeckého života, ktoré reprezentovali daný vedný odbor na Slovensku.

V oblasti technických vied bola založená Vedecká sekcia technických vied pod vedením prof. Dr. Ing. Jána Gondu, prof. Dr. Ing. Jozefa Čabelku, prof. Dr. Ing. B. Havelku, prof. Dr. Ing. Ladislava Cigánka a prof. Dr. Ing. Ľudovíta Kneppa. Vypracovali prvotné programy plánovaných vedeckovýskumných aktivít na Slovensku, ako aj stanovky pre založenie vedeckovýskumných inštitúcií v technických oblastiach. Vytvorili organizačnú štruktúru pre tieto inštitúcie, ktorú tvorili malé pracovné tímy v kabinetoch a väčšie tímy v laboratóriách, ktoré mali potenciál vyvinúť sa do plne organizovaných výskumných ústavov.

Ako jedno z prvých pracovísk novo sa konštituujúcej Slovenskej akadémie vied bolo 1. mája 1953 z iniciatívy prof. Dr. Ing. Ľudovíta Kneppa založené *Laboratórium meracích prístrojov SAV*, ktorého externým riaditeľom sa stal sám autor tohto návrhu. Na začiatku svojej činnosti laboratórium sídlilo v dnešnej budove Úradu SAV na Štefánikovej ulici a malo len dvoch interných zamestnancov. Prvými internými pracovníkmi laboratória boli v tom čase RNDr. Jaromír Hajda a Ing. Juraj Bolf. Postupne sa získavala potrebná výbava a prebiehal nábor ďalších zamestnancov. Po približne roku začalo plánovaný vedecký výskum, zameraný na konštrukciu a výrobu unikátnych vedeckých prístrojov pre potreby pracovísk Slovenskej akadémie vied.

Od januára 1954 bolo laboratórium premenované na *Laboratórium pre výskum a konštrukciu meracích a fyzikálnych prístrojov*. Dôležitú úlohu v tejto fáze budovania laboratória zohrala Vedecká rada, zriadená v roku 1954. Jej predsedom sa stal prof. Ing. Ľ. Kneppo a členmi boli najlepší odborníci v oblasti merania a meracích prístrojov prof. Dr. Ing. Strnad, prof. Dr. Ing. Z. Trnka, prof. Dr. Ing. P. Gál, prof. RNDr. J. Nussberger, prof. RNDr. A. Vašíček, DrSc., prof. RNDr. B. Havelka, DrSc., prof. Ing. K. Raclavský, RNDr. J. Hajda, CSc. a Ing. J. Bolf, CSc. Vedecká rada vykonala pre ústav neoceniteľnú prácu tým, že pracovisko usmerňovala a prispievala k procesu výchovy mladých vedeckých a technických pracovníkov, pomáhala vytvárať plány vedeckého výskumu, dávala vedecké návrhy a impulzy pre smerovanie ďalšieho výskumu a bola kľúčová pre udržanie vysokých vedeckých a technických nárokov pracoviska

Vďaka jej činnosti a pochopeniu Sekcie technických vied Slovenskej akadémie vied pracovisko rýchlo napredovalo a zvládalo čoraz náročnejšie požiadavky iných pracovísk SAV na vývoj a konštrukciu prístrojov. Prioritou bola aj výchova vedeckých a odborných pracovníkov na konštrukciu špeciálnych meracích zariadení pre vedecké a výskumné práce. Výberom mladých absolventov s technickým, fyzikálnym a matematickým vzdelaním a dopĺňaním odborníkmi sa celkový počet pracovníkov rozšíril na približne 40 v roku 1960.

V roku 1959 bol vypracovaný perspektívny plán pre budúci Ústav merania Slovenskej akadémie vied a v roku 1962 sa začala stavba budovy ústavu s celkovou plochou 2 780 m², ktorá bola dokončená v roku 1965. Súčasťou tohto plánu bol rozvoj pracoviska s kapacitou približne 110 pracovníkov v roku 1970.

V roku 1960 sa pracovisko stáva nositeľom samostatného vedného odboru – „teória merania“ - a to v celoštátnom meradle. V súlade s touto jeho základnou náplňou schválilo v novembri 1962 Predsedníctvo SAV a vo februári 1963 Prezídium Československej akadémie vied jeho nový názov *Ústav teórie merania Slovenskej akadémie vied*.

V roku 1962 sa ústav stal školiacim pracoviskom a miestom obhajob kandidátskych a doktorských dizertačných prác v oblasti meracích metód a prístrojov (neskôr odbor 26-16-9 - meracia technika - metronomika). Ústav intenzívne spolupracoval s rôznymi vedeckými inštitúciami vrátane vysokých škôl a jeho vedecké zameranie sa definovalo na základe existujúcich možností a národných záujmov s cieľom prispieť k rozvoju vedeckovýskumnej činnosti na Slovensku.

V novembri 1975 Predsedníctvo SAV schválilo správu ústavu o jeho zameraní a budúcom rozvoji, ktorá znamenala posilnenie technických aspektov merania a v súlade s pozmeneným zameraním ho premenovalo na *Ústav merania a meracej techniky SAV (UMMT SAV)*.

Na začiatku osemdesiatych rokov, v rámci snahy SAV o vytvorenie väčších výskumných centier, bol uznesením Predsedníctva SAV z 25. novembra 1980 ústav spolu s ďalšími dvoma ústavmi zaradený do Centra elektrofyzikálneho výskumu Slovenskej akadémie vied (CEFV SAV). Riaditeľom CEFV SAV sa stal akademik Oldřich Benda.

Na urýchlenie zavádzania výpočtovej a mikropočítačovej techniky do výskumných aj administratívnych činností v SAV bolo od roku 1984 pri ústave zriadené *Centrálne mikropočítačové laboratórium SAV (CML SAV)*. Jeho úlohou bolo poskytovať konzultácie a služby spojené s aplikáciou mikropočítačov a personálnych počítačov na pracoviskách SAV a tiež realizovať návrh a vývoj systémov a ich programového zabezpečenia,. Tieto činnosti CML SAV vykonávalo až do roku 1991.

S cieľom podporiť prenos výsledkov vedy a výskumu ÚM SAV a celej SAV do praxe, a najmä podporiť zamýšľanú prípravu prototypov a následnú výrobu prístrojov v spolupráci so štátnym podnikom Chirana Stará Turá boli na základe uznesenia Predsedníctva SAV z roku 1984 zriadené a do UMMT SAV organizačne začlenené

Vývojovo realizačné laboratóriá SAV (VRL SAV). Práce na výstavbe budovy na Kabaku (dnešná Škola umeleckého priemyslu Josefa Vydru) sa oneskorovali, takže realizácia tohto zámeru sa začala v roku 1986, keď boli SAV a š.p. Chirana Stará Turá poskytnuté na dočasné užívanie priestory bytového domu na Mánesovom námestí č. 1 v Petržalke. Za ÚMMT SAV bol organizačným, personálnym a materiálnym vybudovaním VRL SAV poverený Ing. Konštantín Viktorín, CSc. Do VRL SAV bola prijatá hneď na začiatku ich budovania skupina vedeckých pracovníkov z bývalého Ústavu technickej kybernetiky SAV a postupne boli prijímaní ďalší pracovníci. Personálne a materiálne budovanie VRL SAV prebiehalo v rokoch 1986-1989. V tomto období sa tiež zväčšili priestory budovy realizáciou nadstavby prístavby budovy ústavu o jedno poschodie. V roku 1990 mal ústav 207 pracovníkov, z toho 54 vo VRL SAV. Vedeckých pracovníkov bolo 31. K zlomu došlo po novembri 1989, kedy sa vplyvom zmeny celospoločenskej situácie ustúpilo od realizácie pôvodných zámerov. Od apríla 1991 boli VRL SAV odčlenené od ústavu a došlo k vytvoreniu samostatného pracoviska. Neskôr došlo k ich zániku a prepusteniu väčšiny ich zamestnancov.

Nežná revolúcia v Československu v novembri 1989 priniesla výrazné spoločenské zmeny, ktoré sa prejavili aj v štrukturálnych zmenách v rámci Slovenskej akadémie vied. K 1. januáru 1990 zaniklo CEFV SAV a 24. mája 1990 Predsedníctvo SAV schválilo premenovanie ústavu na *Ústav merania SAV*.

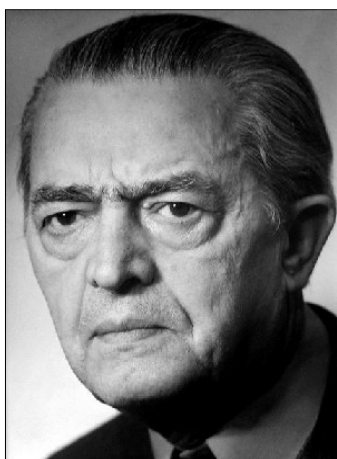
V nových podmienkach začal ústav plniť nové úlohy. Zvýšil sa dôraz na medzinárodnú vedeckú úroveň výskumu a publikovanie výsledkov v kvalitných zahraničných časopisoch. Zlepšenie dostupnosti zahraničných technológií a zariadení pre výskum aj priemysel zároveň znížilo potrebu výskumu a vývoja vlastných prístrojov. Odrazilo sa to aj na štruktúre pracovníkov ústavu. Počet pracovníkov ústavu postupne klesol na polovicu a v roku 2003 mal 76 kmeňových pracovníkov, z toho 29 vedeckých. V ďalšom období do roku 2022 počet pracovníkov ďalej mierne klesol a dosiahol 68, počet vedeckých pracovníkov však narástol na 35.

V snahe o vytvorenie flexibilnejšieho prostredia pre vedecký výskum sa v roku 2018 Slovenská akadémia vied pokúsila zmeniť svoje vedecké ústavy na verejné výskumné inštitúcie. Ústav merania SAV bol jednou z príspevkových organizácií, ktoré k 1. júlu 2018 prešli touto transformáciou na základe zmeny zákona o SAV a Zakladacej listiny verejnej výskumnej inštitúcie vydanéj Slovenskou akadémiou vied. Ministerstvo školstva, vedy, výskumu a športu SR však 10. septembra 2018 vydalo rozhodnutie, ktorým registráciu organizácií Slovenskej akadémie vied do registra verejných výskumných inštitúcií zastavilo. Bol to krok, ktorý transformáciu ústavov na ďalšie tri roky zabrzdil a organizácie patriace do Slovenskej akadémie vied sa vrátili k rozpočtovým alebo príspevkovým organizáciám.

Napokon, v roku 2021 vláda SR predložila zákon č. 347/2021, ktorým sa novelizoval zákon o Slovenskej akadémii vied, čo malo od 1. januára 2022 za následok transformáciu organizácií Slovenskej akadémie vied na verejné výskumné inštitúcie.

Súčasný názov organizácie je *Ústav merania Slovenskej akadémie vied, verejná výskumná inštitúcia*. Skrátená podoba názvu organizácie je Ústav merania SAV, v. v. i. (ÚM SAV, v. v. i.). Sídlo organizácie je na adrese Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava, IČO organizácie je 00598411, DIČ SK2020895085. Názov organizácie v anglickom jazyku je Institute of Measurement Science of the Slovak Academy of Sciences (IMS SAS). Webové sídlo organizácie je na adrese: <https://www.um.sav.sk/>.

Riaditelia ústavu



akademik Ľudovít Kneppo
1953-1977



Ing. Peter Kneppo, DrSc.
1977-1990



RNDr. Karol Karovič, DrSc.
1990-1998



Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc.
1998 - 2006



Doc. Ing. Milan Tyšler, CSc.
2006 – 2018



doc.RNDr. Viktor Witkovský, CSc.
2019 - trvá

Zástupcovia riaditeľov:

RNDr. Jaromír Hajda, CSc. 1953 – 1958

RNDr. Ing. Juraj Bolf, CSc. 1958 – 1980

Ing. Vladimír Zrubec, DrSc. 1980 – 1990

Ing. Vladimír Jellúš, CSc. 1990 – 1991

Ing. Alfonz Cocher 1991 – 1994

Ing. Milan Tyšler, CSc. 1994 – 1998

RNDr. Alexander Cigáň, CSc. 1998 – 2002

Ing. Milan Tyšler, CSc. 2002 – 2006

Doc. RNDr. Viktor Witkovský, CSc. 2006 – 2018

Ing. Ján Maňka, CSc. 2019 – trvá

1.3.1990 - 15.6.1990 dočasne poverený
vykonávaním funkcie riaditeľa

Vedecké zameranie a výsledky výskumu v období rokov 1953 – 1989

Počiatky vedeckovýskumnej činnosti ústavu od roku 1953 sú spojené s návrhom unikátnych meracích prístrojov riešených na požiadavky iných výskumných ústavov a určených pre vedecký výskum, alebo na požiadavky podnikov, ktoré našli priame uplatnenie a boli úspešne zavedené do praxe. V období do roku 1960 išlo predovšetkým o prístroje na meranie fyzikálnych veličín a na technické merania. Okolo roku 1960 sa však v spolupráci s medicínskymi pracoviskami začali na ústave konštruovať aj prístroje na biologické a fyziologické merania určené na lekárske výskum ale aj na experimentálne klinické použitie.

V bezprostrednej nadväznosti na vedecké experimenty aj aplikačné riešenia začala sa v období rokov 1958 až 1962 vynárať potreba rozvíjať aj základný výskum metód merania, objasniť akým podielom samotné meranie ovplyvňuje skúmanie prírodných javov a procesov a ako optimálne navrhovať meracie metódy. Na objasnenie týchto problémov, ktoré vedúci pracovníci ústavu koncipovali ako problémy metronomické, začal sa na ústave formovať vedný odbor „meracia technika“, čo významne ovplyvnilo zameranie ústavu po roku 1960, viedlo k značnému posilneniu teoretickej bázy ústavu a odrazilo sa aj v zmenenom názve ústavu v roku 1963.

Činnosť ústavu do roku 1989 bola nesporne aj pod vplyvom vtedajších politických a spoločenských pomerov. Mnohé aktivity boli obmedzené rôznymi súbormi opatrení a smerované na realizáciu vedeckých úloh definovaných v štátnom pláne základného výskumu, boli vyžadované metódy socialistickej súťaže a racionalizácie. Medzinárodná vedecká spolupráca ústavu bola orientovaná predovšetkým na socialisticke štáty a vedecký výskum definovaný v „Komplexnom programe Rady vzájomnej hospodárskej pomoci“. Napriek charakteru tejto doby, ktorý je zaznamenaný napr. v Zborníkoch prác k 12. a k 20. výročiu ústavu a dostupný v dokumentoch Ústredného archívu SAV, sa podarilo vybudovať životaschopné pracovisko základného výskumu s erudovanými vedeckými pracovníkmi, so solídnym prístrojovým vybavením a s výsledkami, z ktorých mnohé dosahovali svetovú úroveň.

V nasledujúcich odsekoch sú uvedené niektoré výsledky ústavu z tohto obdobia. Ich podrobnejší prehľad a popis je v [brožúre vydanéj k 50 výročiu vzniku ústavu](#).

Výsledky výskumu v oblasti fyzikálnych a technických meraní

V oblasti fyzikálnych meraní boli na ústave a vyvinuté desiatky unikátnych prístrojov, v ďalšom uvádzame tie najvýznamnejšie, ktoré dosiahli na svoju dobu špičkovú úroveň a našli aj uplatnenie v praxi.

Pre oblasť výskumu v hydrodynamike boli vyvíjané *hydrometrické mikrokídla* na meranie rýchlostí a pulzácií prúdenia s registráciou na filmový záznam v rôznych modifikáciách (Š. Jurík, 1955).

Osobitnú skupinu prístrojov na fyzikálne merania tvorili optické prístroje. Prvými prístrojmi tohoto druhu boli *optický metrový komparátor* (J. Hajda, J. Bolf 1953-54) a *hydraulický extenzometer* (J. Hajda, 1958), ktorými bolo možné merať dilatácie tuhých alebo pružnoplástických materiálov. Vysoko ocenený bol *pendameter* (J. Hajda, J. Bolf, 1956), ktorý umožňoval monitorovanie polohy veľkých telies s presnosťou stotín milimetra. Pendametre boli inštalované v korunách priehrad vážskej kaskády a kontrolovali ich stabilitu. Prístroj získal ocenenie na svetovej výstave v Bruseli v roku 1958. Ďalší prístroj, ktorý vzbudil pozornosť aj v zahraničí, bol *prístroj na meranie asférických plôch* (J. Hajda, G. Štuller, 1956), ktorý slúžil na meranie tvaru rotačných asférických plôch. Pre konštrukciu reaktorov jadrových elektrární v podniku Škoda Plzeň bol zhotovený *polariskop* (J. Hajda, 1965), schopný zobrazit' vyšetřovaný objekt s minimálnymi aberáciami.

Aj viaceré ďalšie prístroje boli vyvinuté na požiadavku priemyselných podnikov. Pre Vítkovické železiarne K.G. v Ostrave bol vyvinutý *prístroj na hydrostatickú niveláciu* (J. Bolf, Š. Jurík, 1960) určený na presné merania rovinnosti plôch veľkých strojných zariadení a tiež *prístroj na meranie priamosti vývrtov* (Š. Jurík, J. Hajda, 1965), ktorý slúžil na kontrolu stavu obrábacích strojov. Pre potreby rudného priemyslu bola v rámci rezortného výskumu navrhnutá metóda a prístrojové zariadenie na *meranie veličín technologického procesu mlecieho cyklu v guľových mlynoch* (K. Viktorín, 1963), ktoré významne ovplyvnilo ekonomiku procesu úpravy rúd.

Na presné meranie geometrie integrovaných obvodov bol na požiadavku Výskumného ústavu oznamovacej techniky A.S. Popova vyvinutý *expozičný komparátor* (J. Hajda, 1961), na kontrolu nadväznosti napařovaných vrstiev a tiež presnosti delenia stupnic v metrologii ústav vyhotovil *fotoelektrické mikroskopy* (K. Karovič, 1968), ktoré umožnili uplatnenie *interferometrických metód* (J. Hajda, J. Tischler, 1970) v metrologii. V oblasti vývoja interferometrov ústav spolupracoval aj s Centrom pre stavbu vedeckých prístrojov Nemeckej akadémie vied.

Viaceré prístroje boli vyvinuté pre oblasť astronómie. Na presnú optickú fotometriu premenných hviezd bol vyhotovený *stelárny optický fotometer* (J. Hajda, J. Tischler, 1959), ktorý sa používal na fotometrický výskum v observatóriu SAV na Skalnatom Plese. Bola tiež navrhnutá *aparátúra na sledovanie pohybu hviezd* pomocou astronomického ďalekohľadu pri určovaní času (I. Frolo, 1966), ktoré sa využívali v astronomických observatóriách na Stavebnej fakulte SVŠT v Bratislave a v Belehrade.

Na aplikáciu fotometrických metód boli vyvinuté aj ďalšie prístroje. Prístroj *fotometer* (J. Bartl, 1969) bol navrhnutý na bezkontaktné meranie relatívnych zmien hrúbky priesačných alebo polopriesačných vrstiev emulzií a lakov. Úspešný bol prístroj *turbidimeter* (K. Viktorín, J. Hajda, 1972), ktorý bol určený na kontinuálne meranie absorpcie a disperzie v kvapalinách a plynoch, napr. na určenie zákalu vodných tokov a odpadových vôd, alebo zamorenia ovzdušia.

V oblasti metód merania a prístrojov pre fyzikálne merania vo výskume ako aj pre potreby priemyselnej a technickej praxe ústav aktívne spolupracoval s Inštitútom avtomatiky i elektrometrie AV ZSSR v Novosibirsku.

Výsledky výskumu v oblasti meraní v biológii a medicíne

Výskum metód a prístrojov pre biomedicínu je jedným z kľúčových smerov výskumu v ústave. Unikátne prístroje na biologické a fyziologické merania sa začali konštruovať už v roku 1960. Výskum sa historicky sústredil do niekoľkých vybraných oblastí, ktoré vyplynuli najmä z požiadaviek lekárskeho praxu a spoločenskej objednávky v jednotlivých obdobiach.

Prvou takou oblasťou bol výskum **prístrojov pre mimotelový obeh** a prvým prístrojom tohto druhu, používaným predovšetkým vo vedeckom výskume, bolo tzv. *chlopňové čerpadlo* (J. Bolf, 1960). Ďalší výskum v tejto oblasti (J. Bolf, I. Frollo a kol., 1962 – 1971) sa sústreďoval na zdokonalenie merania a regulácie fyziologických a fyzikálnych parametrov pri podpore mechanickej práce srdca pri prirodzenej cirkulácii. V spolupráci s Ústavom experimentálnej chirurgie SAV (neskôr Ústav pre výskum srdca SAV) bola vyvinutá vlastná metodika mechanickej podpory a *prístroj pre mimotelový obeh* (K. Šiška, V. Holec, I. Frollo, 1971-1977), prvý v krajinách bývalého RVHP, ktorý dostal roku 1971 Zlatú medailu na výstave INTERLAB-71 Ostrava a významne prispel k rozvoju transplantácií srdca na Slovensku. Prístroj bol tiež poskytnutý klinike akademika K. D. Eristaviho Gruzínskej akadémie vied v Tbilisi, kde akademik K. Šiška so svojím kolektívom uskutočnil prvé tri úspešné operácie na otvorenom srdci.

Ďalšiu oblasť výskumu tvorili **prístroje pre oblasť kardiovaskulárneho výskumu**. Na presné meranie arteriálneho a venózneho tlaku v otvorenom cievnom riečisku bol zhotovený *fotoelektrický tlakomer* (J. Bolf, I. Frollo, 1971), ktorý bol úspešne aplikovaný aj v pulmonálnej diagnostike a na sledovanie dynamiky prúdového poľa v okolí chlopňových ventilov bol navrhnutý *optický šlírový prístroj* (J. Hajda, J. Bolf, 1963).

V polovici 60. rokov sa v spolupráci s medicínskymi pracovníkmi začali rozvíjať **metódy snímania a analýzy elektrickej aktivity srdca**. Vektorkardiografické a neskôr mnohozvodové mapovacie metódy analýzy povrchového rozloženia EKG potenciálov generovaných srdcom viedli k návrhu guľového modelu srdca a meracieho zariadenia *sférického koordinátora* (P. Kneppo a kol., 1967), ktorý umožnil výskum prúdového poľa v tele človeka pomocou analýzy rozloženia potenciálov na jeho povrchu. Následne bol vyvinutý minipočítačom riadený *automatizovaný systém EKKG-80*, (P. Kneppo a kol., 1985), ktorý pomocou cylindrického koordinátora zabezpečoval mnohozvodové meranie EKG a magnetickej indukcie spolu so súradnicami meraných bodov, čo umožnilo výskum možnosti modelovania zdrojov elektrického a magnetického poľa srdca a ich využitia pri hodnotení prípadného ochorenia srdca. Pre ďalší výskum a praktickú aplikáciu mapovacích metód na hodnotenie elektrickej aktivity srdca bol vyvinutý prístroj

Kardiomat, (M. Tyšler a kol., 1987), ktorý mal zabudovaný prvý domáci personálny počítač PP-04 a umožňoval mapovanie EKG potenciálov zo 46 bodov na povrchu hrudníka. V oblasti merania elektrických prejavov činnosti srdca a modelovania jeho zdroja ústav dlhodobo spolupracoval s Ústavom problémov prenosu informácií AV ZSSR v Moskve a v oblasti merania a vyhodnocovania biologických signálov s Ústavom kybernetiky a biomedicínskeho inžinierstva Poľskej akadémie vied vo Varšave.

Ďalšou oblasťou výskumu bolo **meranie biomagnetických polí**. Začiatok tohto výskumu je spojený s rokom 1970, kedy K. Viktorín zachytil zmienku o Josephsonových javoch a pochopil ich význam pre meranie elektrických a magnetických polí. Bol sformovaný výskumný kolektív, ktorý realizoval výstavbu špecializovaného laboratória a vývoj SQUID snímačov, ktorých vysoká citlivosť otvorila cestu pre merania magnetických signálov. V roku 1974 bol vyvinutý prvý model supravodivého kvantového magnetometra a od tohto obdobia sa datujú prvé úspešné merania magnetického poľa srdca (1975, ako jedno z prvých v krajinách RVHP), mozgu (1983) a kontrakcie svalov. Výsledkom výskumu bol systém *Biomagnetograf BM89/2* (I. Staríček, A. Cigáň, V. Zrubec, A. Urban, 1989) na meranie biomagnetických signálov srdca s použitím gradiometrických snímačov supravodivého kvantového magnetometra vyvinutého na ústave. Systém meral magnetickú indukciu nad hrudníkom a v spolupráci s vyššie spomenutým komplexom EKKG-80 (K. Viktorín, V. Zrubec, P. Tekel' a kol. 1986) bol používaný na určovanie parametrov náhradného multipólového zdroja srdca. Výskum mnohokanálových systémov na meranie biomagnetických polí bol v roku 1990 zavŕšený 5 kanálovým meracím komplexom BM 89/2 so 4 kanálovou aktívnou kompenzáciou rušivých magnetických polí (využívajúci 9 supravodivých kvantových magnetometrov). V oblasti metód a špeciálnych zariadení na výskum slabých magnetických polí ústav spolupracoval s Fyzikálno-technickým ústavom nízkych teplôt Ukrajinskej akadémie vied.

Ďalšou oblasťou výskumu bolo **hodnotenie činnosti štítnej žľazy pomocou periférnych ukazovateľov**. Prístroj *Reflexometer* (V. Rosík a kol., 1982) bol určený na meranie a vyhodnotenie časových intervalov reflexu Achillovej šľachy pomocou optoelektronického snímača pohybu chodidla. Prístroj bol jednou z prvých aplikácií mikro počítačov Intel 8080 v medicínskej meracej technike a bol vyrábaný aj v podniku Chirana. Komplexnejší systém *Thyreomat* (V. Rosík a kol., 1987) obsahoval snímače, ktoré umožnili merať systolické časové intervaly, vyžarované teplo, povrchovú teplotu, srdcovú frekvenciu a časové intervaly achillogramu čím umožnili komplexné hodnotenie činnosti štítnej žľazy vo vzťahu k endokrinnému, kardio-vaskulárnemu, neuromuskulárnemu a termoregulačnému systému. Prototyp prístroja bol dlhodobo využívaný v Biofyzikálnom laboratóriu NsP akad. L. Dérera v Bratislave.

Od roku 1979 sa v ústave začal **výskum zobrazovania biologických objektov pomocou nukleárnej magnetickej rezonancie (NMR)**, ktorý inicioval I. Frollo. Po sérii experimentov na požičanom elektromagnete a detegovaní prvého signálu NMR

sa začala konštrukcia *tomografu na malé vzorky* (I. Frollo, 1981), čím sa ústav zaradil medzi popredné svetové pracoviská v tejto oblasti. Následne sa začala realizácia výskumného celotelového tomografu TMR-96, ktorý bol dokončený v 90. rokoch a dodnes sa úspešne používa na vedecký výskum. Kolektív vedený I. Frollom získal v roku 1987 Cenu SAV za príspevok k rozvoju tomografických zobrazovacích metód na princípe NMR. Medzi najvýznamnejšie výsledky v tejto oblasti možno zaradiť výskum zobrazovacích metód a špeciálnych snímačov pre celotelové zobrazovanie a mikrozobrazovanie, metodiky zobrazenia protónovej a spinovej hustoty, prietokov, mapovanie homogenity magnetického poľa, chemického posunu a susceptibility.

Okrem uvedenej vedeckovýskumnej činnosti, vykonávanej v rámci štátneho plánu základného výskumu a zameranej na výskum meracích a vyhodnocovacích metód a zhotovovanie unikátnych vedeckých meracích prístrojov, poskytoval ústav aj tzv. mimoplánovanú pomoc, kde treba spomenúť aspoň *stereotaxický prístroj* (J. Bolf a kol., 1985) pre pracoviská neurochirurgie, pomocou ktorého bolo možné operovať dovtedy neliečiteľné stavy (ako napr. epilepsiu, ochrnutie a pod.) a *optoelektrický prístroj na sledovanie pohybu bránic* (I. Frollo, 1970) pre Ústav respiračných chorôb v Starom Smokovci.

Výsledky výskumu v oblasti teoretických problémov v meraní

Prvé teoretické práce v oblasti *teórie merania* (teoretickej metronomike) v ústave sa zameriavali na analýzu statických modelov merania. Ich cieľom bolo nájsť nové, všeobecnejšie pohľady na meracie prístroje a meracie systémy, v ktorých sa vyskytujú náhodné (gaussovské a negaussovské) chyby merania (L. Kubáček a kol.)

Pomocou pojmu optimálneho priestoru spoľahlivosti s minimálnym objemom bol budovaný pojem *kvality meracieho systému*. Analýza modelu merania v prípade korelovaných veličín umožnila pomocou limitného prechodu analyzovať merania za prítomnosti spojitého gaussovského (normálne rozdeleného) šumu (L. Kubáček a kol.)

Bola analyzovaná *presnosť bodových odhadov* pri malom počte meraných hodnôt. Ak je meranie zaťažené normálne rozdelenými chybami, presnosť sa oceňuje pomocou smerodajnej odchýlky, v mnohorozmernom prípade pomocou kovariančnej matice. Tento parameter je však v mnohých prípadoch vopred neznámy a presnosť sa v prípade malých súborov merania (< 30) oceňuje využitím metódy „studentizovania“ (L. Kubáček a kol.).

Bol vybudovaný *zovšeobecný lineárny model* merania umožňujúci prístupnými metódami lineárnej algebry analyzovať väčšinu bežne sa vyskytujúcich situácií pri analýze súboru nameraných údajov. Práca *Priestory spoľahlivosti pri Helmertovej transformácii* získala v roku 1965 prvú cenu v súťaži na XI. kongrese Federation Internationale des Geometres v Ríme (L. Kubáček).

Boli odvodené *optimálne odhady pre parametre stredných hodnôt variancií* v zovšeobecných lineárnych modeloch v n-etapách a odvodené lokálne optimálne odhady pre iné ako normálne rozdelenie s konečnými 3. a 4. momentmi.

V zmiešanom lineárnom modeli s variančnými komponentmi bol odvodený výraz pre aproximáciu disperzie dvojetapového odhadu lineárnej funkcie parametra strednej hodnoty na báze Taylorovej vety. Pomocou simulačných metód boli overené intervalové odhady pre rôzne typy rozdelení pravdepodobnosti. (J. Volaufová a kol.). V oblasti teoretických a aplikovaných problémov teórie pravdepodobnosti a matematickej štatistiky ústav od roku 1965 spolupracoval aj s Matematickým ústavom Maďarskej akadémie vied.

Ústav riešil problém analýzy nameraných údajov v prípade *kvantovania stupnice* meranej veličiny, ktorý vzniká v súvislosti s použitím číslicových výstupov meracích prístrojov (L. Kubáček a kol.)

Bol vypracovaný teoretický postup pre odhad parametrov *mnohorozmernej regresie* pri koncentrácii náhodných odchýlok v uzloch meranej veličiny. Úspešne bola aplikovaná teória odhadu parametrov mnohorozmernej regresie v metódach spojovania plošných astronomicko-geodetických sietí pri zvážení ich štatistických vlastností (L. Kubáček a kol.)

Bol rozpracovaný *metronomický model merania* vychádzajúci zo všeobecných princípov metodológie vied, ktorý meranie chápe ako priradenie kvantitatívnej charakteristiky meranému objektu na základe empirickej ekvivalencie meraného objektu s niektorým zhmotneným kódom z metronomickej stupnice meranej veličiny. Boli vytýčené postuláty, ktoré sú podmienkou pre vykonanie kvantifikácie a zistenie empirickej ekvivalencie pre získavanie empirických poznatkov kvantitatívneho charakteru, v nefyzikálnych vedných disciplínach (I. Staríček).

Viacere teoretické práce sa zaoberali matematickými metódami *optimálneho navrhovania experimentov*. Úspešne sa vyriešil problém jedнокrokovvej optimalizácie regresného i diskriminujúceho experimentu. Bola vypracovaná sekvenčná metóda výpočtu optimálneho návrhu experimentu v prípade existencie nadbytočných parametrov. Bola tiež navrhnutá metóda *n-krokovvej optimalizácie* v prípade, že je k dispozícii apriórna informácia o meraných parametroch. Dosiiahnuté výsledky boli aplikované v experimentoch fyziky elementárnych častíc v Spojenom Ústave jadrového výskumu v Dubne, ZSSR, s ktorým ústav dlhodobo spolupracoval. (A. Pázman).

Bola vypracovaná teória funkcionálneho modelu *optimálneho návrhu experimentu* a vypracovaný algoritmus výpočtu *D-optimálneho návrhu* s využitím Hilbertových priestorov, generovaných reprodukčným jadrom. (A. Pázman).

Bola vytvorená metóda pre *navrhovanie experimentu pre odhad polynomiálnych funkcionálov*. Získali sa nové poznatky o singulárnych návrhoch experimentu. Systematicky boli spracované metódy asymptotickej teórie v štatistike. Získali sa nové výsledky v oblasti matematických metód modelovania experimentu pomocou kvantových logík a o vlastnostiach náhodných procesov na logikách. (A. Pázman a kol.).

Bol riešený problém *testovania hypotézy o tvare spojitého signálu* na pozadí spojitého gaussovského šumu. Vypracovaný model merania bol aplikovaný na meranie tvaru guľiek v guľičkových ložiskách (spolupráca so ZVL) (L. Kubáček a kol.).

V spolupráci s teoretickými fyzikmi z Univerzity Komenského bol vyriešený problém *testovania analytčnosti komplexnej frekvencie* v jednoducho súvislej oblasti z experimentálnych hodnôt nameraných na hranici oblasti (L. Kubáček a kol.).

V oblasti *sociometrických a farmakometrických meraní* boli skúmané základné kritériá metronomického modelu týchto meraní a základné postuláty pre navrhovanie optimálnych modelov (L. Kubáček a kol.).

Boli študované problémy a dosiahnuté nové výsledky v oblasti teórie merania nepriamo pozorovaných *náhodných procesov* a riadených *markovovských procesov* (F. Štulajter a kol.).

Dosiahli sa dôležité výsledky v oblasti *štatistických vlastností kvadratickej formy* normálneho náhodného vektora pri optimalizácii odhadu neznámeho parametra kovariančnej funkcie uvažovaného vektora. Vyriešil sa problém *odhadu lineárneho funkcionálu* faktorov kovariančnej matice v konečnorozmernom *univerzálnom regresnom modeli*. Vyriešil sa tiež problém výpočtu nevychýleného odhadu s minimálnou disperziou pre polynóm, ktorého argumentom je nepriamo meraný vektor parametrov (L. Kubáček a kol.).

Zistili sa postačujúce podmienky pre existenciu rovnomerne najlepších (nevychýlených) invariantných *kvadratických odhadov* v *dvojetapovom regresnom modeli*. Simulačným spôsobom sa preskúmali typy distribučných funkcií takýchto odhadov a konštatovala sa ich príbuznosť k rozdeleniam typu gama. Bola vypracovaná metóda pre určenie lokálne najlepšieho nevychýleného odhadu pre lineárny funkcionál parametrov kovariančnej matice v rámci replikovaného regresného experimentu (A. Slobodová a kol.).

Vytvorená bola jednotná *metóda konštrukcie slabo univerzálnych kódov* a boli preskúmané vzťahy slabého a silného univerzálného kódovania (Š. Šujan).

Boli nájdené postačujúce podmienky pre *univerzálne kódovanie* pre triedy rovnovážnych stavov klasických dynamických systémov a bola vytvorená všeobecná teória robustnosti stacionárnych kódov (A. Dvurečenskij).

Boli preskúmané *asymetrické rozdelenia testovacích štatistík*. Bolo dokázané, že pre viacrozmerné rozdelenie sú splnené modifikované Waldove axiómy pre konzistenciu odhadu maximálnej vierohodnosti a Cramér-Raove podmienky regularity. V oblasti testovania štatistických hypotéz sa podarilo dokázať, že štatistika pomeru vierohodností je optimálna pre testovanie hypotézy o parametri v zmysle presných strmostí (Bahadurova účinnosť) (F. Rublík).

Ústav dosiahol prvé orientačné výsledky pri budovaní matematického modelu merania vychádzajúceho zo základných vlastností *kvantovomechanických meraní* (A. Dvurečenskij, S. Pulmannová).

Vedecké zameranie a výsledky výskumu v období rokov 1990 – 2003

Po politických a spoločenských zmenách v roku 1989 začal ústav od roku 1990 písať nové obdobie svojej histórie. Otvorenie hraníc umožňovalo širšiu medzinárodnú vedeckú spoluprácu, čo zároveň zvýšilo tlak na získavanie výsledkov porovnateľných s medzinárodnou úrovňou a zvýšilo dôraz v celej SAV na publikovanie výsledkov v kvalitných zahraničných časopisoch a na medzinárodných konferenciách. Zlepšenie dostupnosti špičkových zahraničných technológií a prístrojov pre výskumné účely ale aj pre aplikácie v priemysle zároveň zmiernilo tlak na výskum a vývoj vlastných zariadení.

Tieto zmeny sa odrazili v štrukturálnych zmenách v celej SAV aj vo vtedajšom Ústave merania a meracej techniky CEFV SAV. K 1. januáru 1990 zaniklo Centrum elektro-fyzikálneho výskumu SAV, ústav sa opäť stal samostatnou organizáciou, a od 24. mája 1990 dostal nový názov „Ústav merania SAV“. Od 1. apríla 1991 sa od ústavu odčlenili Vývojovo-realizačné laboratória SAV a stali sa samostatnou organizáciou, ktorá následne zanikla. Aj v samotnom ústave došlo k organizačným zmenám, ktoré viedli od 1. januára 2002 k vytvoreniu 5 vedeckých oddelení a pracoviska technického zabezpečenia. V činnosti vedeckých oddelení vznikla zvýšená potreba návrhu medzinárodne aktuálnych výskumných tém, vstup do medzinárodných projektov a spoluprác nielen s post-socialistickými krajinami a orientácie publikačnej činnosti na kvalitné medzinárodné časopisy a konferencie. Vedecké zameranie a výsledky výskumu z tohto obdobia boli podrobnejšie zdokumentované v [brožúre vydanej k 50 výročiu vzniku ústavu](#) a sú stručne uvedené v nasledujúcich odsekoch.

Oddelenie optoelektronických meracích metód vzniklo v r. 2002 v rámci celkovej zmeny organizačnej štruktúry ÚM SAV, ktorej cieľom bolo vytvorenie väčších organizačných celkov a pružnejšia koncentrácia riešiteľských kapacít na kľúčové projekty riešené na pracovisku. Oddelenie, ktoré viedol RNDr. Miroslav Hain, CSc., vzniklo zlúčením troch laboratórií – *Laboratória interferometrických meraní*, *Laboratória snímačov* a *Laboratória aplikovaných meraní*. Tieto laboratória už pred ich spojením veľmi úzko spolupracovali a podieľali sa na riešení viacerých spoločných projektov. Nosným zameraním oddelenia v čase jeho vzniku bol rozvoj teórie, metód a aplikácií v oblasti merania fyzikálnych veličín, najmä v oblasti optoelektronických metód merania, optického merania geometrických veličín, v oblasti infračervenej rádiometrie a termometrie a tiež rozvoj nedeštruktívnych metód merania a testovania v oblasti ochrany kultúrneho dedičstva. Dôležitou súčasťou zamerania oddelenia bol tiež návrh technických a programových prostriedkov pre automatizáciu zberu a spracovania meraných dát a realizácia unikátnych meracích systémov a prístrojov pre vedecké experimenty a priemyselnú prax.

V oddelení bola vyvinutá originálna optická metóda merania vertikálnej polohy hladiny kvapaliny pre hydrostatické snímače a optická metóda na určovanie horizontálnej 2D polohy vlákna kyvadla. V rámci vývoja bol vypracovaný originálny algoritmus merania výšky hladiny a stanovenie polohy vlákna z profilu stopy osvetlenia na CCD čípe. Na základe týchto originálnych riešení bolo možné v rámci medzinárodnej spolupráce navrhnúť a zrealizovať multisenzorový systém s distribuovanou inteligenciou pre presné meranie vertikálnej polohy magnetov supravodivého urýchľovača Nuklotrón pre Laboratórium neutrónovej fyziky SÚJV Dubna v Ruskej federácii. Následne sa riešenie využilo v systémoch na meranie priestorovej stability veľkých objektov - blokov jadrových reaktorov. Táto problematika bola riešená v rámci integrovaného projektu vedy a techniky s názvom: Metódy a systémy na meranie priestorovej stability veľkých objektov, ktorý bol riešený v rokoch 1998 - 1999. Meracími systémami na meranie náklonu boli vybavené jadrové elektrárne v Jaslovských Bohuniciach a Mochovciach.

V rámci medzinárodnej spolupráce s SÚJV Dubna bol riešený v rokoch 2001 - 2003 projekt zameraný na návrh a vývoj Aparatúry na meranie priestorových parametrov zväzkov jadri, vyvedených z urýchľovača Nuklotrón. Projekt bol úspešne vyriešený a výsledkom bol vývoj, realizácia a odladenie elektronickej aparatúry, ktorá bola integrovaná do meracích systémov urýchľovača Nuklotrón v SÚJV Dubna.

V rámci riešenia vedeckých projektov v oblasti infračervenej rádiometrie a termometrie bol navrhnutý a realizovaný digitálny zobrazovací systém na báze kremíkovej CCD kamery citlivý v blízkej infračervenej oblasti spektra 800 - 1100 nm, pozostávajúci zo CCD kamery, vyvinutého elektronického mikropočítačového modulu na ovládanie videozosilnenia a integračnej doby CCD kamery, sady filtrov, digitizéra obrazu, počítača a vyvinutého programového vybavenia (assembler, VB 6, DLL). V závislosti na spracovaní a vyhodnotení obrazovej informácie bol systém použiteľný na účely vysokoteplotnej termografie pri meraní a vizualizácii teplotných polí, alebo na infračervenú reflektografiu – nedeštruktívnu analýzu umeleckých diel pri vizualizácii uhlíkových podkresieb a skrytých premaľovaných signatúr v obrazoch.

V rámci spolupráce s ÚMMS SAV a s použitím predchádzajúcich výsledkov výskumu v oblasti infračervenej termometrie bol nami navrhnutý a realizovaný infračervený pyrometer pre potreby materiálového výskumu (meranie teploty odliatok) na meranie vysokých teplôt s meracím rozsahom 700 – 1100 °C s chladiacim štítom. Prístroj mal programovú linearizáciu meracej charakteristiky a nastaviteľnú emisivitu povrchu meraného objektu.

V rámci spolupráce s Ústavom geotechniky SAV pri riešení projektu Termické hĺbenie štíhlych vertikálnych diel Litho-Jet bol v oddelení navrhnutý a zrealizovaný mnohokanálový merací komplex na automatizované meranie vybraných fyzikálnych veličín (teploty, tlaku, infračerveného žiarenia), ich numerickú a grafickú prezentáciu v reálnom čase. Systém bol tvorený meracou ústredňou so snímačmi, ktorá bola spojená s personálnym počítačom cez rozhranie RS 485. Vyvinuté programové

vybavenie umožňovalo automatizovaný zber dát zo snímačov v reálnom čase, korekcie systematických chýb snímačov, detekciu chýb prenosu dát, vizualizáciu a archiváciu nameraných dát.

V rámci spolupráce s Technickou univerzitou v Košiciach, fakultou BERG bol nami navrhnutý a realizovaný 20-kanálový merací systém na automatizované meranie 3-D teplotných polí v geotermálnych experimentoch. Merací systém umožnil s rozlíšením 0,01 °C a štandardnou kombinovanou neistotou 0,03 °C meranie teplôt v dvadsiatich bodoch v rozsahu 0-100 °C. V oddelení vyvinuté programové vybavenie umožňovalo zber dát v reálnom čase, ich vizualizáciu a archiváciu. Merací systém sa úspešne používa na katedre dobývania fakulty BERG TU v Košiciach pri monitorovaní geotermálnych experimentov v laboratórnych podmienkach.

S Považskými strojárňami Ústav merania SAV spolupracoval na vývoji meracieho komplexu na meranie tvarových odchýlok titánových turbínových lopatiek leteckého motora DV2. Vzhľadom na extrémne požiadavky na rýchlosť merania bola navrhnutá rýchla dotyková metóda s využitím matice guľových meracích hrotov, pričom boli navrhnuté a do vyhodnocovacieho softvéru implementované geometrické korekcie vyšších rádov, umožňujúce významné zníženie neistoty merania. Alternatívne bola navrhnutá a rozpracovaná bezkontaktná optická metóda založená na metóde optického rezu. Vývoj bol po roku 1995 vzhľadom na spoločenské zmeny po r.1989 a následnú privatizáciu Považských strojární a.s. ukončený.

V rámci spolupráce s firmou Mesing Brno, ČR sme navrhli laserovú metódu merania vybraných geometrických parametrov komutátorov pre elektromotory. Navrhnutá metóda bola potom využitá pri návrhu a realizácii zariadenia na bezkontaktné laserové meranie komutátorov elektrických motorov, ktoré bolo úspešne využité v priemysle.

Oddelenie magnetometrie vzniklo v roku 2002 z bývalého *Laboratória magnetometrie*. Súčasťou oddelenia boli špeciálne laboratória: Detašované laboratórium na meranie extrémne slabých magnetických polí, Laboratórium syntézy vysokoteplotných supravodičov (VTS), Laboratórium termometrie a susceptometrie VTS, Laboratórium polarizačnej mikroskopie a Elektro-mechanická montážna dielňa. Do roku 1993 bol vedúcim oddelenia Ing. Peter Vrabček, CSc. Po ňom prevzal oddelenie RNDr. Alexander Cigáň, CSc., ktorý bol v tejto funkcii do roku 2009.

Vedecký výskum oddelenia bol orientovaný na slabú supravodivosť – Josephsonove javy, makroskopickú kvantovú interferenciu, Josephsonove spoje, SQUIDy, vysokoteplotnú supravodivosť, meranie slabých magnetických polí a magnetických charakteristík vysokoteplotných supravodičov, meranie biomagnetických a geomagnetických polí, využitie makroskopických kvantových javov, najmä makroskopickej kvantovej interferencie v oblasti merania extrémne slabých magnetických polí alebo fyzikálnych veličín, ktorých zmeny môžu byť transformované na zmeny magnetického indukčného toku.

V rokoch 1993 - 1997 boli skúmané možnosti využitia systémov SQUID v jadrovej fyzike. Bola vypracovaná teória SQUID magnetometrických systémov na meranie intenzity a radiálnej polohy zväzkov elektricky nabitých jadrových častíc v supravodivých urýchľovačoch. Boli stanovené teoretické hranice ich spektrálnych citlivostí, dosahujúce pri polomeroch urýchľovača rádu 10^1 m hodnoty rádu 10^2 element. nábojov/(cykl. $\text{Hz}^{1/2}$), a rádu 10^{-1} mm/ $\text{Hz}^{1/2}$ (pri $N = 10^5$ elem. náb./cykl.). Výsledky boli využité pri riešení projektu medzinárodnej vedeckotechnickej spolupráce s LVE SÚJV Dubna. Bol navrhnutý a v laboratórnych podmienkach overený 5-kanálový merací systém s toroidnou snímacou anténou na meranie intenzity el. nabitých častíc v supravodivých urýchľovačoch. V rušivom magnetickom poli $4,4 \cdot 10^{-6}$ T sa dosiahla ekvivalentná prahová hodnota merateľného signálu $6 \cdot 10^6$ elem. náb./cykl. (šírka prenosového pásma 0-10 Hz).

V rámci výskumu VTS bola v roku 1994 navrhnutá nová kompenzačná meracia metóda a zrealizovaný merací komplex na báze nízkoteplotného supravodivého kvantového gradiometra 2. rádu na meranie magnetizačných charakteristík maloobjemových vzoriek VTS pri teplote 77 K v magnetických poliach rádu 10^{-1} - 10^5 A/m, s citlivosťou umožňujúcou merať magnetický moment $\geq 1 \cdot 10^{-7}$ A m^2 .

Táto metóda a SQUID magnetometrický komplex na meranie magnetických vlastností vysokoteplotných supravodivých materiálov získali na medzinárodnej výstave vynálezov v Budapešti cenu GENIUS '96. V roku 1997 boli stanovené teoretické hranice jeho citlivosti a bol zdokonalený merací systém, čím sa jeho spektrálna citlivosť zlepšila až na $\sim 6 \cdot 10^{-9}$ A $\text{m}^2 \text{Hz}^{-1/2}$.

V rokoch 1999 - 2001 bol zhotovený a zdokonalený experimentálny model meracieho systému na bezkontaktné meranie prechodových charakteristík VTS v teplotnom rozsahu 64 - 300 K založený na Meissnerovom efekte. Bolo vypracované programové vybavenie na poloautomatizované riadenie meracieho procesu.

V roku 1992 sa začali študovať rôzne fyzikálne a biologické faktory ovplyvňujúce magnetické správanie feromagnetických (FČ) resp. ferimagnetických častíc rozptýlených v biologických objektoch a úspešne sa overil princíp SQUID magnetometrického kvantitatívneho stanovovania FČ veľmi nízkych koncentrácií.

Oddelenie teoretických metód vzniklo 1.1.2002 v rámci reorganizácie ústavu, keď sa zlúčilo *Laboratórium teoretických metód* a *Laboratórium neurónových sietí a nelineárnej dynamiky*. Táto nová podoba posilnila výskum a umožnila lepšie využitie synergie medzi týmito dvoma oblasťami výskumu. Oddelenie, ktoré viedol RNDr. Viktor Witkovský, CSc. sa v rokoch 1989 - 2003 v súlade so svojím dlhodobým vedeckým zameraním venovalo výskumu a vývoju matematických a štatistických metód pre meranie a vyhodnocovanie údajov a zdokonaľovaniu technológií analýzy dát.

Vedeckí pracovníci oddelenia sa v rámci svojho vedeckého zamerania zaoberali teóriou pravdepodobnosti, matematickou štatistikou, umelými neurónovými sieťami a nelineárnou dynamikou. Výskum zahrňoval rozsiahly teoretický vývoj v oblasti

lineárnych a nelineárnych regresných modelov, optimálnych testovacích procedúr, modelov s nelineárnou štruktúrou kovariančnej matice, metód maximálnej entropie, samoorganizujúcich sa neurónových sietí, chaotických a nelineárnych dynamických systémov, biotechnickej spätnej väzby a vplyvu audiovizuálnej stimulácie na činnosť mozgu.

Medzi najvýznamnejšie výsledky v oblasti matematickej štatistiky v danom období možno zaradiť publikovanú monografiu *L. Kubáček, L. Kubáčková, J. Volaufová: "Statistical Models with Linear Structures"* z roku 1995. Táto monografia položila základy teórie odhadu v lineárnych modeloch s variančnými komponentami a predstavila nové teoretické riešenie pre odhadovanie týchto komponentov.

Medzi ďalšie významné výsledky v danom období patrí návrh nového teoretického riešenia pre odhadovanie variančných komponentov v lineárnych modeloch, ktoré umožnilo odvodenie minimálnych invariantných kvadratických odhadov a modifikovaných minimálnych invariantných kvadratických odhadov lineárnej funkcie variančných komponentov. Bola vypracovaná testovacia štatistika pre test hypotézy o rovnosti parametrov q exponenciálnych súborov a dokázaná veta o pravdepodobnosti veľkých odchýlok logaritmu pomeru vierohodností. Boli odvodené odhady typu MINQUE v replikovaných, dvojetapových a multivariálnych lineárnych modeloch s variančnými komponentami a systémom lineárnych podmienok. Bol navrhnutý aj lokálne najsilnejší, lokálne nevychýlený test všeobecnej lineárnej hypotézy o variančných komponentoch. Bola skonštruovaná kvantilová testovacia štatistika pre test zhody Cauchyho rozdelenia a odvodená metóda na výpočet distribučnej funkcie, hustoty a kvantilov lineárnej kombinácie nezávislých t a F náhodných premenných a inverzne gamma rozdelených náhodných premenných.

V oblasti teórie merania a metrológie boli publikované dve odborné knižné publikácie. Ďalej bola navrhnutá nová metóda zaokrúhľovania nameraných hodnôt a ich neistôt a všeobecné pravidlá pre zaokrúhľovanie výsledkov merania za predpokladu normality rozdelenia chýb. Pravdepodobnostné vlastnosti navrhutej metódy boli porovnané s vlastnosťami štandardných zaokrúhľovacích metód uvedených v ISO štandarde "*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*" z roku 1995.

V oblasti spracovania obrazov bola navrhnutá nová metodika geometricky riadenej difúzie (GDD) založená na miere nepodobnosti (*dissimilarity*) pixelov. Vytvorené boli nové voxelizačné algoritmy a filtre pre rekonštrukciu povrchu a povrchového gradientu, ktoré boli následne aplikované na analýzu rôznych geometrických objektov.

V oblasti neurónových sietí sa výskum v oddelení zamerlal na návrh a implementáciu modelov umelých neurónových sietí pre on-line sledovanie signálov so zložitým, chaotickým správaním a topologické mapovanie vstupných signálov za účelom biologického modelovania smerovej a orientačnej selektivity neurónov v primárnej vizuálnej kôre mozgu. V tomto období bola úspešne realizovaná aj výskumná platforma pre experimentovanie s audiovizuálnymi účinkami na mozog. Okrem toho,

pomocou techník umelých neurónových sietí boli analyzované štrukturálne vlastnosti finančných charakteristík, ktoré majú vplyv na riadenie štátneho dlhu.

V danom období pracovníci Oddelenia teoretických metód ÚM SAV aktívne spolupracovali s domácimi aj zahraničnými vedeckými pracoviskami a vzdelávacími inštitúciami. Pravidelne prednášali pre študentov riadneho aj postgraduálneho štúdia na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave, Fakulte elektrotechniky a informatiky Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, Fakulte financií Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici a na Akademii Istropolitana Nova vo Svätom Jure. V spolupráci s Katedrou teórie pravdepodobnosti a matematickej štatistiky FMFI UK a Matematickým ústavom SAV pracovníci oddelenia sa významne podieľali na organizovaní medzinárodných konferencií o matematickej štatistike ProbaStat (*ProbaStat 91*, *ProbaStat 94*, *ProbaStat 98* a *ProbaStat 2002*). Konferencie ProbaStat sa zaradili medzi medzinárodne uznávané vedecké podujatia vo svojom odbore. Počas konferencie ProbaStat 94 Slovenská Akadémia Vied udelila čestný doktorát profesorovi Calyampudi R. Raovi (*Center for Multivariate Analysis, Pennsylvania State University, USA*) ako prvému zahraničnému vedcovi za jeho prínos pre rozvoj matematickej štatistiky na Slovensku.

Oddelenie zobrazovacích metód vzniklo na základe vytvorenia výskumnej skupiny pre biologické merania a konštrukciu elektronických meracích prístrojov pre biológiu a fyziológiu v rámci Oddelenia biofyzikálnych meraní v roku 1967. Vedúcim skupiny bol Ing. Ivan Frollo, CSc. V roku 1978 vzniklo Oddelenie automatizovaných systémov merania, ktoré sa premenovalo na Oddelenie zobrazovacích metód v roku 1985. V roku 1992 obhájil Ing. Ivan Frollo, CSc. doktorskú dizertačnú prácu (DrSc.) a ďalej stál na čele oddelenia.

Riešiteľský kolektív sa skladal z pracovníkov rôznych technických a vedných disciplín. Zahŕňalo to odborníkov na IT, odborníkov na design mikropočítačov a softvérového vybavenia, odborníkov na difúzne a perfúzne MRI techniky, odborníkov na pasívne aj aktívne metódy homogenizácie statického magnetického poľa, odborníkov na meranie a optimalizáciu tvaru a dynamiky nábehu gradientových magnetických polí a samozrejme aj odborníkov na vysokofrekvenčnú techniku, ktorých úlohou bolo vypracovať návrh a následne aj realizovať rádiovfrekvenčné vysielače a prijímacie rezonátory, určené na excitáciu a následný zber rádiovfrekvenčného signálu.

Výskum oddelenia bol zameraný na riešenie problémov týkajúcich sa zobrazovania biologických a nebiologických objektov pomocou nukleárnej magnetickej rezonancie (NMR).

Smerovanie výskumu bolo predurčené technickými možnosťami roku 1990. Technológia supravodivých magnetov vtedy nebola k dispozícii. Preto bol výskum orientovaný na nové zobrazovacie metódy v nízkom stacionárnom magnetickom poli 0,15 Tesla, pričom toto bolo generované rezistívnym magnetom.

Vtedajšieho vedenia ústavu v roku 1990 na báze podkladov a výpočtov riešiteľského kolektívu rozhodlo o objednávke elektromagnetu, napájacieho zdroja a zdroja na napájanie korekčných cievok z Bratislavských elektrotechnických závodov. Výroba zdroja magnetického poľa trvala rok a 4.7.1991 bola celá aparátúra dovezená na ústav a inštalovaná. Inštalácia si vyžiadala stavebné úpravy budovy aj miestností, kde mal byť elektromagnet s hmotnosťou 5 ton uložený. Tomograf bol pracovne pomenovaný: TMR-96

Nasledujúce roky sa Oddelenie zobrazovacích metód venovalo vývoju a realizácii podporných systémov, nutných pre NMR technológiu.

- Riešená bola téma elektromagnetického odtienenia celotelového tomografu od elektromagnetického smogu generovaného okolitými zariadeniami a okolitým svetom. Bola vybudovaná Faradayova klietka zváraná z plátov medi v ochrannej atmosfére argónu. Obzvlášť náročné bolo odtienenie priestoru okolo dverí a rovnako inštalovanie veľkého množstva elektronických filtrov. Rovnako náročné bolo elektromagnetické odtienenie ventilačných priechodov Faradayovej klietky. Následné merania úrovne tienenia ukázali efektivitu celého systému, pričom bol preukázaný útlm vonkajšieho šumu o 30dB.
- Riešená bola tiež téma chladenia rezistívneho magnetu. Bolo známe, že generovanie magnetického poľa rezistívnym magnetom je veľmi neefektívne a z príkonu 60kW bolo treba odvieť vo forme tepla dohadom až 99%. Vyriešenie tohoto zadania si vyžiadalo vybudovanie chladiacej veže v blízkosti magnetu, v exteriéri UM, ako aj sofistikovaný systém výmenníkov tepla. Chladenie vodou sa do dôsledkov nepodarilo uspokojivo vyriešiť. Preto bolo nutné znížiť generované magnetické pole na 0,1 Tesla. Ďalej bolo nutné dovybaviť tomograf korekčným systémom, ktorý na báze javu NMR neustále upravoval napájací prúd do rezistívneho magnetu, s cieľom zabezpečiť časovú stabilitu magnetického poľa na požadovanej úrovni 10 ppm počas jedného MRI experimentu.
- Riešená bola tiež otázka gradientových magnetických polí, ktoré sú nutné na kódovanie priestorovej informácie pre MR experimente. Boli vypočítané vhodné tvary a rozmery gradientových cievok. Následne bola realizovaná výroba sady gradientových cievok v podmienkach nášho oddelenia. Výroba gradientových cievok bola veľmi náročná a vyžiadala si približne pol roka práce.
- Riešený bol tiež problém homogeneity bázového magnetického poľa. Bolo nám známe, že maximálna povolená chyba magnetického poľa v aktívnom objeme (v objeme kde bude fixovaný meraný objekt) je 1 ppm. Preto boli vypočítané tvary a polohy 16 korekčných cievok, ktoré mali za úlohu korigovať nedokonalosti bázového magnetického poľa. Ich výroba v podmienkach oddelenia si vyžiadala ďalších 6 mesiacov každodennej práce.
- Boli skonštruované rezonančné obvody na požadovanej frekvencii. Jednalo sa o duálne vysielaco-prijímacie rezonátory. Nevyhnutnou súčasťou rezonátorov bola ladiaca elektronika, ktorá prostredníctvom série MR kompatibilných motorčekov

naladila rezonančný obvod vždy znova, pre každú meranú vzorku priamo v magnete, tesne pred začiatkom experimentu.

- Pre účely monitorovania dobrovoľníkov počas MRI experimentov bol priestor vo vnútri Faradayovej kľetky vybavený CCD kamerou a MR kompatibilným LED osvetlením.
- Riešená bola tiež problematika polohovania meranej vzorky alebo dobrovoľníka v magnete počas MRI experiment. Bolo skonštruované MR kompatibilné lôžko s odhadovanou nosnosťou 130kg, ktoré umožnilo pohodlné ručne polohovanie subjektu počas MRI experimentu.

Z uvedeného je zjavné, že technológia MRI zahŕňa veľké množstvo dielčích úloh, ktoré navyše navzájom interagujú, čo celé zariadenia ďalej komplikuje. Zvládnutím všetkých uvedených úloh do jedného funkčného celku bol vyvinutý a realizovaný funkčný MR prístroj, ktorý do dnešných dní slúži na výchovu nových diplomantov a PhD študentov.

Oddelenie biomeraní vzniklo pri reštrukturalizácii ústavu v roku 2002 ako pokračovateľ bývalého *Laboratória biomeraní*. Oddelenie viedol Ing. Milan Tyšler, CSc. V oddelení pokračoval výskum meracích metód a prístrojov pre biológiu a medicínu, pričom v období po roku 1989 bol orientovaný najmä na mnohokanálové meranie a analýzu elektrického poľa srdca, na záznam a analýzu elektrickej aktivity tráviaceho traktu a na fyzikálne metódy stanovenia funkčného stavu štítnej žľazy cez tzv. obvodové ukazovatele.

Výskum meracích metód a vývoj prístrojov na meranie a mapovanie EKG, záznam EGG a ďalších biologických signálov prebiehal v rámci domácich grantov agentúr VEGA, APVT, grantu akcie Rakúsko-Slovensko a tiež na základe dohôd o spolupráci a hospodárskych zmlúv so zahraničnými a domácimi výskumnými pracoviskami v oblasti medicíny a biomedicínskeho inžinierstva. Boli to najmä L. Boltzmann Institut für Arrhythmieforschung vo Viedni, Ústav technickej fyziky a materiálového výskumu MAV v Budapešti, Ústav problémov prenosu informácií, Ruskej akadémie vied v Moskve, Ústav normálnej a patologickej fyziológie SAV v Bratislave, Ústav lekárskej fyziky a biofyziky a Ústav patologickej fyziológie LFUK v Bratislave a Slovenský ústav srdcových a cievnych chorôb v Bratislave.

Výskum v oblasti mnohozvodového merania elektrickej aktivity srdca bol zameraný jednak na možnosti priameho diagnostického použitia mapovacích metód a jednak na neinvazívne určenie elektrických parametrov alebo fyziologického stavu srdca pomocou riešenia tzv. inverznej úlohy.

Na identifikáciu lokálnych zmien repolarizácie bola navrhnutá metóda mapovania časových intervalov ARI (activation-recovery intervals) v povrchových EKG potenciáloch na detekciu lokálnych zmien repolarizácie srdca. Bolo potvrdené, že povrchové ARI mapy obsahujú topografickú informáciu umožňujúcu detegovať lokálne zmeny repolarizácie v rôznych oblastiach srdca ako dôsledok ischémie (2002).

Pri riešení inverznej úlohy sa skúmali možnosti použitia modelových generátorov typu homogénnej dipólovej vrstvy, dipólu alebo mnohonásobného dipólu, ktorých parametre reprezentujú vlastnosti reálneho srdca, na neinvazívne zistenie postupnosti depolarizácie povrchu srdca. Simulačné experimenty ukázali, že napriek zjednodušeniam modelov je možné neinvazívne získať základnú informáciu o priebehu aktivácie srdca, pričom najlepšie výsledky boli získané pomocou modelu typu homogénnej dipólovej dvojvrstvy (1993).

Na neinvazívnu lokalizáciu zdrojov arytmii v átrio-ventrikulárnej oblasti myokardu (pri tzv. WPW syndróme) bola navrhnutá inverzná metóda (1994-1997) na báze mnohozvodových meraní EKG a dipólového modelu zdroja, ktorá umožňuje lokalizáciu zdroja (tzv. aksesórnej dráhy) v jednom z 22 segmentov átrio-ventrikulárnej oblasti. Pri 24-zvodových meraniach u deviatich pacientov bol zodpovedajúci segment správne určený v 78% prípadoch, čo ukázalo možnosť použitia metódy na približné predoperatívne určenie oblasti zákroku. Modelové experimenty zároveň ukázali, že zväčšenie počtu zvodov a znalosť individuálnej geometrie hrudníka paciera by mohli znížiť chybu lokalizácie pod 1 cm (1995-1998), čo bolo overené na dátach z University of Nijmegen, ktoré obsahovali 64-zvodové meranie EKG a CT sken hrudníka (1999).

Na štúdium elektrického poľa srdca bol v spolupráci s ÚNPF SAV navrhnutý model na riešenie priamej úlohy, teda na modelovanie depolarizácie a repolarizácie srdca a na výpočet elektrického poľa v hrudníku. Riešenie obsahuje model srdca s analytickou geometriou zložený z mnohých segmentov, pričom elektrická aktivita jednotlivých segmentov je reprezentovaná dipólmi. Priebeh depolarizácie srdca je modelovaný na Huygensovskom princípe ako celulárny automat. Hrudník sa modeluje ako izotropný, po častiach homogénny objemový vodič a na riešenie elektrického poľa sa používa výpočet Laplaceovej rovnice metódou konečných rozhraní. Model umožnil simulovať vplyvy zmien tvaru, polohy, štruktúry a elektrických vlastností srdca, ale aj vplyv extrakardiálnych faktorov na povrchové EKG signály (1992-1994). Po doplnení o lokálne zmeny a časové priebehy dipólových momentov model umožnil simulovať aj patologické zmeny QRS komplexu v EKG (1996) a celý cyklus EKG signálov počas depolarizácie aj repolarizácie srdca (2002).

V nadväznosti na teoretické riešenie meracích metód sa oddelenie venovalo aj návrhu potrebných prístrojov na meranie, analýzu a monitorovanie činnosti srdca pomocou mnohokanálových meraní potenciálov z povrchu srdca a hrudníka. V oddelení bolo vyvinutých niekoľko generácií EKG mapovacích prístrojov, ktoré sa používali na lekárske pracoviskách v Bratislave, vo Viedni, v Budapešti a v Moskve. Prístroj CardioPC (1991) pomocou meracej jednotky zabudovanej v personálnom počítači umožňoval súčasné meranie končatinových a až 32 hrudných zvodov EKG a použitie metód potenciálového a integrálového mapovania. Novší prístroj ProCardio 5 (1996 - 1998) bol postavený na báze notebooku s meracou jednotkou v dokovacej stanici umožňujúcou meranie 64 hrudných zvodov a prístroj ProCardio 7 (2002) bol postavený na báze bežného PC alebo notebooku, na ktorého paralelný port bol

pripojený patientský terminál riadený mikropočítačom a umožňujúci súčasné meranie až 128 hrudných zvodov.

Na priame merania potenciálov na povrchu srdca bola pre Ústav pre výskum srdca SAV vyvinutá špeciálna multielektróda a 16-kanálový merací systém na báze personálneho počítača na dlhodobé meranie epikardiálnych potenciálov pri experimentoch na zvieratách (1992 - 1994).

V spolupráci s oddelením magnetických meraní bol vyriešený jednocanálový systém na báze supravodivého kvantového magnetometra na snímanie biomagnetických signálov. Systém, spolu s metódami spracovania nameraných signálov, bol experimentálne overený na snímanie magnetokardiogramov u zvierat a ľudí (1994).

Ďalšie prístroje boli vyvinuté pre potreby lekárskeho personálu na základe ich požiadaviek. Pre Ústav patologickej fyziológie LFUK v Bratislave bol vyvinutý prístroj ProGastro, ktorý umožňuje 4-kanálové snímanie elektrogastrogramu (EGG) z povrchových elektród v oblasti žalúdka. Prístroj umožnil sledovanie aktivity tráviaceho traktu rizikových novorodencov alebo u pacientov s problémami pohyblivosti žalúdka (2000 - 2002).

Pre Klinikum fyziatrie, balneológie a liečebnej rehabilitácie v Bratislave bol vyvinutý prístroj Myotrénér, ktorý snímalo myopotenciály z horných končatín a na základe intenzity svalovej aktivity pomocou mikropočítača ovládal televíznu hru. Prístroj tak motivoval pacienta s parézou niektorých svalov k cvičeniu, ale zároveň mu signalizoval aj potrebu relaxácie svalov. (1991 - 1992).

Na hodnotenie funkčného stavu štítnej žľazy bol vyvinutý Thytest, merací prístroj novej generácie, spolupracujúci s notebookom, ktorý je určený na meranie časových intervalov reflexu Achillovej šľachy. Na ich základe umožňuje vyhodnotiť vplyv disfunkcií štítnej žľazy na nervovo-svalový systém (1991).

Pracovisko technického zabezpečenia bolo systematicky budované od založenia ústavu ako jeho nedeliteľná súčasť. Nová budova dokončená v roku 1965 podľa požiadaviek vtedy kladených na činnosť ústavu vytvorila svojimi priestormi pre oddelenie kvalitatívne úplne nové podmienky. Celé prízemné podlažie aj prístavba budovy predstavovali výrobné priestory, sklady materiálu, priestory pre povrchovú úpravu, atď. Celkovo bolo v tejto dobe v oddelení zamestnaných až 25 odborných pracovníkov a remeselníkov.

Po roku 1989 došlo k výraznej zmene v prístupe k obsahu vedeckej činnosti v SAV, čo ovplyvnilo aj rozsah činnosti dielní. Do roku 1989 boli výskumné úlohy ústavu formulované ako štátne a výraznú zložku tvorila spolupráca s praxou. Aj podniky mali vlastné podnikové a rezortné výskumné ústavy, ktoré na svojich úlohách s ústavom často spolupracovali. Ale o spoluprácu sa uchádzali aj katedry vysokých škôl, lekári, hydrometeorológovia, technológovia, strojárji a ďalší. Spoločné riešenie úloh viedlo k vývoju a výrobe prístrojov na základe nových vedeckých poznatkov a s využitím nových technológií. Po revolúcii v roku 1989 sa však táto štruktúra rozpadla a model spolupráce v deväťdesiatich rokoch už dobre nefungoval. Napriek

tomu kvalitné výskumné témy pokračovali a ústav dosahoval dobré výsledky. Mnohé projekty sa ale ukončili a spolupráca už nepokračovala.

Paralelne vznikol aj silný tlak na rozpočet a na tzv. prezamestnanosť. Rok 1991 priniesol vynútenú redukciu počtu zamestnancov a v oddelení realizácie došlo aj k prirodzenému úbytku počtu pracovníkov odchodom do dôchodku, alebo za lepšími platovými podmienkami. Keďže učňovské školy zanikali, mladí ľudia do dielni neprichádzali, a tento proces viedol k redukcii počtu pracovníkov v oddelení na 5 ľudí. Následne došlo aj k redukcii priestorov, ktorá pokračovala aj po roku 2003.

Sprievodným javom tohto vývoja bol aj veľký investičný dlh vznikajúci na prístrojovom a strojovom vybavení. Nebolo možné udržať rozsah činností aké boli vykonávané v osemdesiatich rokoch. Zrušená bola napríklad povrchová úprava a výroba plošných spojov. Napriek tomu sa ústav ďalej profiloval aj ako realizačné pracovisko a po určitej dobe, ktorá sa dá charakterizovať ako úsporná, bol nájdený prijateľný rozsah a forma pre činnosť oddelenia, ktoré dnes funguje pod názvom "Oddelenie vývoja a inovácií prístrojovej techniky".

Vedecké zameranie a výsledky výskumu v rokoch 2003 – 2023

Od roku 2002, keď došlo k zmene organizačnej štruktúry ÚM SAV s cieľom vytvoriť väčšie organizačné celky a sústrediť riešiteľské kapacity na kľúčové projekty riešené v rámci pracoviska, sa štruktúra vedecko-výskumného úseku ústavu prakticky nezmenila.

Ústav sa aj v tomto období špecializuje na základný výskum v oblasti vied o meraní (*measurement science*) a matematických metód spracovania nameraných dát. Oblasť výskumu sa zaraďuje do inžinierskych, prírodných a biomedicínskych vied a zameriava sa predovšetkým na matematické vedy, elektrotechniku, automatizáciu a riadiace systémy, strojárstvo, materiálové inžinierstvo a biotechnológie pre zdravotníctvo. V rámci výskumu sa ústav zameriava na vývoj nových metód merania, modelovania a počítačového spracovania vybraných fyzikálnych veličín, vlastností materiálov a biologických objektov. Zameriava sa aj na bioniku a biomechaniku, biomedicínu a inžinierstvo pre zdravotníctvo.

Okrem toho sa ústav v spolupráci s partnermi zameriava na riešenie neštandardných problémov merania vo výskume, priemysle, v oblasti zdravia a zdravotnej starostlivosti ako aj v ekonomickej a sociálnej oblasti. Vyvíja unikátne meracie systémy ako výsledok vedeckého výskumu vykonávaného na ústave a poskytuje odborné služby a poradenstvo súvisiace s hlavnou činnosťou organizácie. V spolupráci s partnerskými fakultami (FEI STU a FMFI UK) sa ústav podieľa na realizácii doktorandského štúdia v študijných odboroch Meracia technika a Aplikovaná matematika v súlade s všeobecne platnými právnymi predpismi a publikuje výsledky svojich vedeckých aktivít v periodických a neperiodických publikáciách.

Obdobie 2003 – 2023 možno charakterizovať snahou o neustále zlepšovanie kvality vedeckých výstupov, ktorú iniciovalo Predsedníctvo SAV zavedením princípov výkonového financovania na základe každoročného hodnotenia parciálnych indikátorov vedeckých výstupov a ostatných činností jednotlivých organizácii SAV ako aj na základe výsledkov pravidelného periodického hodnotenia činnosti nezávislým panelom medzinárodných expertov.

V danom období sa činnosť vedeckých oddelení ústavu sa sústredila na aktuálne výskumné témy, intenzívnejšie zapojenie do medzinárodných projektov a spoluprác a zlepšovanie kvality vedeckých výsledkov. Dôležitým aspektom je však trvalá snaha o zlepšenie spoločenského a vedeckého dosahu (impaktu) dosiahnutých výsledkov orientáciou publikačnej činnosti na kvalitné medzinárodné časopisy a konferencie a ponúkaním pokročilých riešení aktuálnych problémov pre aplikačnú prax.

V uvedenom období sa konali štyri periodické hodnotenia činnosti vedeckých organizácii SAV (v rokoch 2007, 2012, 2016 a 2022), z toho posledné dve boli organizované na vysokej medzinárodnej úrovni a priniesli dôležitú spätnú väzbu pre ústav a jednotlivé organizácie SAV, ako aj pre činnosť celej Slovenskej akadémie vied. Tieto hodnotenia umožnili identifikovať silné a slabé stránky vedeckých organizácií a

zlepšiť kvalitu ich činnosti a výskumu. Ústav na základe odporúčaní medzinárodného hodnotiaceho panelu v roku 2016 zriadil od roku 2021 Medzinárodný poradný panel (International Advisory Board), ktorý v spolupráci s Vedeckou radou pomáha vedeniu ústavu pri strategických rozhodnutiach o smerovaní ústavu:

- Dr. Rainer Koenig, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Germany;
- Prof. Damian John Tyler, University of Oxford, UK;
- Prof. Isabel van Driessche, Faculty of Sciences, Ghent University, Belgium;
- Prof. Júlia Volaufová, LSU Health Sciences Center, Louisiana State University, New Orleans, USA;
- Ing. Pavel Jurák, Ph.D., Institute of Scientific Instruments of the Czech Academy of Sciences, Czech Republic.

Na základe výsledkov ostatnej akreditácie z roku 2022, podľa ustanovenia Zásad pravidelného hodnotenia vedeckých organizácií SAV za obdobie 2016 – 2021 čl. IV. ods. 7 a uznesenia Predsedníctva SAV č. 514 zo dňa 31. januára 2023, Ústav merania SAV, v. v. i. bol zaradený s účinnosťou od 1. marca 2023 a s platnosťou do nasledujúceho hodnotenia do akreditačnej kategórie C: „Výskum má pevné základy a prispieva k pochopeniu vednej oblasti na európskej úrovni“.

Dňa 5.10.2021 bol prijatý zákon č.347/2021, ktorým sa od 1.1.2022 zmenila právna forma organizácií SAV na verejné výskumné inštitúcie. V súlade so Zákonom o akadémii a zriaďovacou listinou č. 06157/2021, ktorú schválilo predsedníctvo SAV 15. novembra 2021, sa od 1. januára 2022 zmenila aj právna forma Ústavu merania SAV zo štátnej príspevkovej organizácie na verejnú výskumnú inštitúciu.

V súlade so zriaďovacou listinou hlavnou činnosťou organizácie je výskum v oblasti vedy a techniky, pričom sa zameriava na matematické obory, najmä aplikovanú matematiku (vrátane technických vied) a pravdepodobnosť s matematickou štatistikou, elektrotechniku, automatizáciu a riadiace systémy (s dôrazom na meraciu techniku a metrológiu) a strojárstvo (s dôrazom na fyzikálne a biomedicínske inžinierstvo). Okrem výskumu má organizácia ďalšie hlavné činnosti, ktorými sú:

- a) zabezpečenie a správa infraštruktúry pre výskum a vývoj, pre ktorú má organizácia vlastnícke alebo iné práva; rozsah infraštruktúry výskumu a vývoja, v ktorej organizácia nadobúda práva zmenou právnej formy na verejnú výskumnú inštitúciu k 1. januáru 2022, je určený protokolom medzi Slovenskou akadémiou vied a organizáciou podľa § 21aa (11) zákona o Akadémii,
- b) získavanie, spracovanie a šírenie informácií v oblasti vedy a techniky a poznatkov z vlastného výskumu a vývoja organizácie v oblastiach uvedených v odseku 1, pričom vydáva časopis Measurement Science Review (ISSN 1335 - 8871),
- c) účasť na spolupráci s vysokými školami pri realizácii doktorandského štúdia meracej techniky v odbore elektrotechnika a štúdia aplikovanej matematiky v oblasti matematiky pre študijné programy tretieho stupňa vysokoškolského štúdia v dennom a externom režime v slovenskom a anglickom jazyku,
- d) spolupráca vo vede a technike s vysokými školami, inými právnickými osobami, ktoré vykonávajú výskum a vývoj a podnikateľmi v uvedených oblastiach.

Aktuálne výskumná činnosť ÚM SAV, v. v. i. zahŕňa tieto oblasti základného a aplikovaného výskumu:

- Teória merania, matematické a štatistické metódy spracovania nameraných údajov.
- Princípy a systémy merania vybraných fyzikálnych veličín.
- Meracie metódy a systémy pre biomedicínu, matematické a počítačové modelovanie biologických štruktúr a procesov, metódy na spracovanie biosignálov.
- Návrh metód a meracích systémov pre neštandardné problémy merania vo vede a priemysle, technológií pre nedeštruktívne alebo neinvazívne skúšanie materiálov a diagnostiku.

Stručný profil a najdôležitejšie výsledky jednotlivých oddelení ústavu dosiahnuté v období 2003 – 2023 sú uvedené v nasledujúcich častiach.

ODDELENIE OPTOELEKTRONICKÝCH MERACÍCH METÓD

<https://www.um.sav.sk/oddelenia/zameranie-vyskumu/?department=OP-EL>



Vedúci: RNDr. Miroslav Hain, PhD.

Miroslav.Hain@savba.sk

https://www.um.sav.sk/pracovnici/zakladne-informacie/?user_no=755

V roku 1984 ukončil štúdium na Matematicko - fyzikálnej fakulte UK v Bratislave, odbor Fyzikálna elektronika a optika. V tom istom roku nastúpil na Ústav merania SAV do oddelenia snímačov. Dizertačnú prácu s názvom *Príspevok k rozvoju infračervených metód merania vybraných fyzikálnych veličín* obhájil v roku 2010. Od roku 1995 sa stal vedúcim laboratória snímačov a od r. 2002 je vedúcim oddelenia Optoelektronických meracích metód, ktoré vzniklo zlúčením troch laboratórií.

Zoznam pracovníkov oddelenia v roku 2023:

Hain Miroslav, RNDr. PhD. (vedúci oddelenia)
Jacko Vlado, Ing. PhD. (zástupca vedúceho oddelenia)
Jánošíková Margita
Keppert Miroslav, RNDr.
Klembara Jozef, Prof. RNDr. DrSc.
Ondrejkovič Peter
Šatka Alexander, Prof. Ing. CSc. (ústavný garant PhD. štúdia)
Trutz Marian

Zoznam bývalých pracovníkov oddelenia v období rokov 2003-2023:

Baránek Martin, Ing., Bartl Ján, RNDr. Ing. CSc. (bývalý vedúci laboratória), Burdík Karel, RNDr., Buzási Ján, Ing., Dandul Ján, Bc., Guttenová Jana, RNDr., Hrabina Ľubomír, Karovič Karol, RNDr. DrSc. (bývalý riaditeľ ÚM a podpredseda SAV), Krušínský Dušan, Ing., Nagyová Eva, Nič Dušan, Ondriš Ľubomír, Ing. CSc. (bývalý vedúci laboratória), Rusina Viktor, Ing., Ševčík Robert, Mgr. PhD., Zeger Karol

Orientácia vedeckého výskumu v oddelení:

Vedecký výskum oddelenia Optoelektronických meracích metód je zameraný na tieto hlavné oblasti:

- **Röntgenová mikrotomografia** - výskum sa zameriava na vývoj mikroCT meracích metód na vizualizáciu vnútornej mikroštruktúry rôznych materiálov a objektov, meranie geometrických parametrov, analýzy pórovitosti materiálov. Výsledky sa

využívajú v materiálovom výskume, mikroelektronike, strojárstve, elektrotechnike, mineralógii, paleontológii, biológii.

- **Metódy merania náklonu reaktorových nádob v jadrových elektrárňach.** Riešiteľský kolektív oddelenia navrhol a vyvinul systém na automatizované kontinuálne meranie náklonu veľkých objektov. Meracie systémy sú v neustálej prevádzke a výsledky tohto aplikovaného výskumu prispievajú k zvýšeniu bezpečnosti prevádzky jadrových elektrární v Slovenskej republike v Jaslovských Bohuniciach a v Mochovciach.
- **Optické metódy bezkontaktného merania a nedeštruktívneho testovania** - výskum sa zaoberá vývojom rýchlych optických metód bezkontaktného merania geometrických veličín s aplikáciou najmä v presnom strojárskom priemysle. Metódy nedeštruktívneho testovania sú rozvíjané nielen pre oblasť využitia v priemysle, ale aj pri nedeštruktívnom testovaní artefaktov kultúrneho dedičstva, hlavne sa jedná o metódy infračervenej reflektografie, infračervenej termografie, ultrafialovej fluorescencie, rtg rádiografie a ďalšie.
- **Pasívna a aktívna infračervená termografia** - výskum sa zaoberá bezkontaktným meraním teploty, vizualizáciou teplotných polí, neistotou merania. Výsledky sa využívajú v priemysle, materiálovom výskume a pri nedeštruktívnom testovaní materiálov a historických artefaktov.

Projekty riešené v období rokov 2003-2023:

Aparatúra riadenia cyklu magnetického poľa Nuklotrónu
SÚJV Dubna, kontrakt N 08626319/041653-74, 1.1.2005 – 30.6.2008, Ľubomír Ondriš

Nedeštruktívna analýza a testovanie muzeálnych objektov
COST G8, 1.1.2002 – 31.12.2006, Miroslav Hain

Farba a priestor v kultúrnom dedičstve
COST TD1201, 1.1.2012 – 31.12.2015, Miroslav Hain

Multimodálne zobrazovanie dôkazov forenznej vedy - nástroje pre foreznú vedu -
MULTI-FORESEE
COST CA1601, 1.8.2018 – 1.03.2021, Miroslav Hain

Korelované multimodálne zobrazovanie vo vedách o živej prírode - COMULIS
COST CA17121, 1.1.2019 – 11.10.2022, Miroslav Hain

Vytvorenie CE na výskum a vývoj konštrukčných kompozitných materiálov pre
strojárské, stavebné a medicínske aplikácie (CEKOMAT)
ITMS-26240120015, 1.6.2009 – 1.2.2011, ÚMMS SAV: František Simančík
(Miroslav Hain)

Budovanie CE na výskum a vývoj konštrukčných kompozitných materiálov - 2. etapa (CEKOMAT II)

ITMS-26240120020, 1.9.2010 – 31.12.2012, ÚMMS SAV: František Simančík (Miroslav Hain)

Výskum stabilizácie optických frekvencií diódových laserov

APVT-51-012102, 1.10.2002 – 31.12.2005, Ján Bartl

Fyzikálne nedeštruktívne metódy pre komplexné testovanie a analýzu artefaktov kultúrneho dedičstva

APVV-14-0719, 1.07.2015 – 30.6.2019, Miroslav Hain

Rozvoj bezkontaktných optických metód merania polohy a geometrických funkčných parametrov 3D objektov

VEGA 2/1133/22, 1.1.2001 – 31.12.2003, Miroslav Keppert

Infračervená termometria, termografia a reflektografia – rozvoj vybraných metód a prostriedkov

VEGA 2/3180/23, 1.1.2003 – 31.12.2005, Miroslav Hain

Digitálne spracovanie rádiogramov kostných štruktúr za účelom detekcie kostnej straty v endoprotetike

VEGA 1/0539/03, 1.1.2001 – 31.12.2003, LF UK: František Makai (Miroslav Keppert)

Stabilizácia optických frekvencií polovodičových laserov metódou nasýtenej absorpcie, realizácia etalónu dĺžky

VEGA 2/7081/27, 1.1.2007 – 31.12.2009, Ján Bartl

Infračervené metódy merania a nedeštruktívneho testovania - aktívna infračervená termografia, reflektografia a termometria

VEGA 2/7082/27, 1.1.2007 – 31.12.2009, Miroslav Hain

Progresívne metódy merania a nedeštruktívneho testovania - aktívna infračervená termografia a röntgenová mikrotomografia

VEGA 2/0201/10, 1.1.2010 – 31.12.2012, Ján Bartl

Nové pokročilé metódy merania a nedeštruktívneho testovania materiálov - röntgenová mikrotomografia a aktívna infračervená termografia.

VEGA 2/0126/13, 1.1.2013 – 31.12.2015, Miroslav Hain

Morfológia fosílnych jašterov s použitím zobrazovacích techník počítačovej mikrotomografie, ich fylogenetické vzťahy, paleobiogeografia - migrácie a zmeny spoločenstiev odrážajúce postupné klimatické zmeny kenozoika

VEGA 1/0209/18, 1.1.2018 – 31.12.2020, PriF UK: Andrej Čerňanský (Miroslav Hain)

Pôvod amniótov: identifikácia kľúčových štruktúr najbazálnejších amniótov využitím počítačovej mikrotomografie.

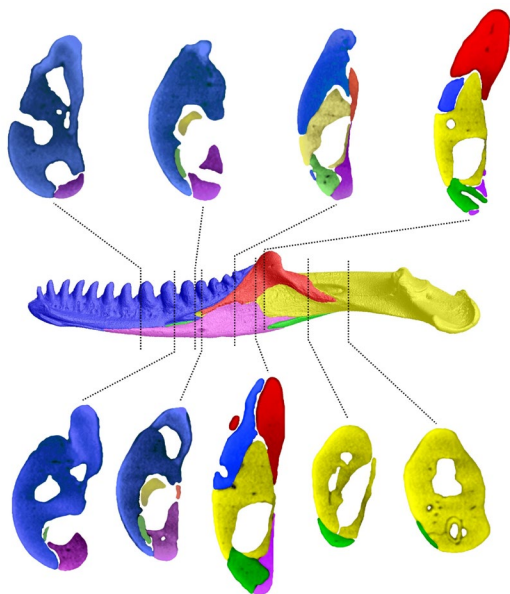
VEGA 1/0228/19, 1.1.2019 – 31.12.2021, PriF UK: Jozef Klembara (Miroslav Hain)

CT modelovanie a morfológická analýza postkraniálneho regiónu vyhynutých i súčasných jašterov a ich príbuznosť založená na nových morfológických dátach

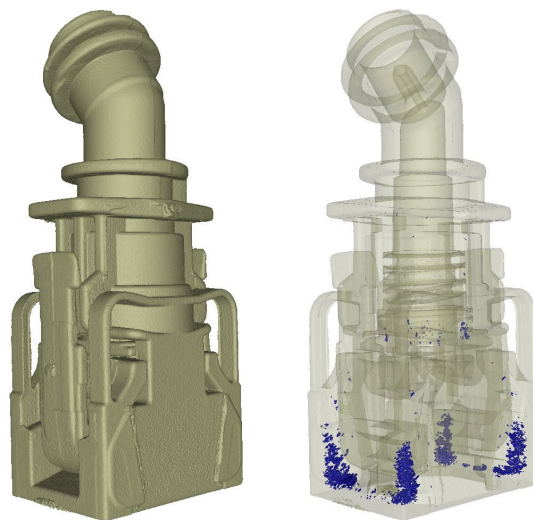
VEGA 1/0191/21, 1.1.2021 – 31.12.2023, PriF UK: Andrej Čerňanský (Miroslav Hain)

Najvýznamnejšie výsledky, dosiahnuté v období rokov 2003-2023:

Rozvoj meracích metód na báze röntgenovej mikrotomografie. V oddelení 01 sú od roku 2011 intenzívne rozvíjané optimalizované metodiky merania a trojrozmernej vizualizácie vnútorných mikroštruktúr objektov a materiálov na báze röntgenovej mikrotomografie. V rámci optimalizácie 3D mikrotomografického zobrazovania bol analyzovaný vplyv urýchľovacieho napätia a materiálu terčika na spektrálne zloženie RTG žiarenia, vplyv spektra na kontrast RTG projekcií a potlačanie vzniku artefaktov pri rekonštrukcii 3D obrazu. V oblasti spracovania a vizualizácie výsledkov mikrotomografických meraní boli rozpracované metodiky spracovania, filtrácie dát a metódy 3D vizualizácie mikroštruktúr a segmentácie obrazu.



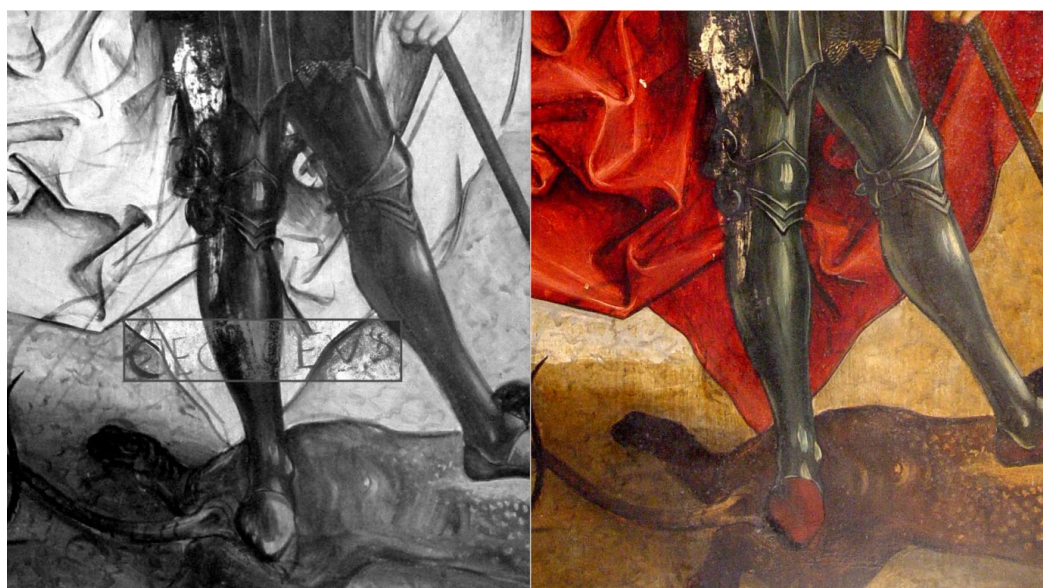
Mikrotomografické zobrazenie čelustnej kosti beznohého plaza rodu *Pseudopus* (3D zobrazenie + rezy, po segmentácii obrazu)



Mikrotomografické zobrazenie defektov (vzduchových bublín) v súčiastke

Výsledky slúžia na optimalizáciu RTG mikrotomografických metód merania a boli použité v rôznych oblastiach vedy, výskumu a priemyselnej praxe najmä v oblasti mikroelektroniky, materiálového výskumu, elektrotechniky, mechatroniky, biológie, mineralógie, geológie a paleontológie. Výsledky boli publikované v spolupráci s domácimi a zahraničnými spolupracujúcimi pracoviskami v renomovaných karentovaných vedeckých časopisoch a majú vysoký citačný ohlas.

Využitie infračervenej reflektografie pri nedeštruktívnom testovaní gotických malieb. Výsledky riešenia grantového projektu APVV-14-0719 „Fyzikálne nedeštruktívne metódy pre komplexné testovanie a analýzu artefaktov kultúrneho dedičstva“ boli využité v spolupráci s reštaurátormi pri fyzikálnom prieskume dvadsiatich štyroch gotických oltárnych tabuľových malieb hlavného oltára kostola sv. Juraja v Spišskej Sobote a bočného oltára Smrti panny Márie v Spišskej Kapitule. Výsledkom použitia metódy infračervenej reflektografie s následným digitálnym spracovaním obrazu bolo zistenie prítomnosti a zviditeľnenie podkresieb a skrytých premalovaných textov. Závety testovania sú mimoriadne dôležité pri stanovovaní výstavby a autenticity diel a určení správnych postupov pri ich následnom reštaurovaní. Aplikátor výsledku: Pamiatkový úrad SR.

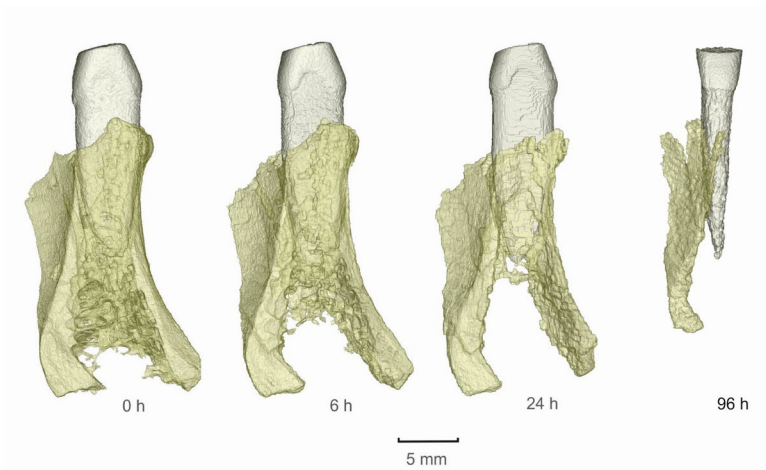


Infračervený reflektogram

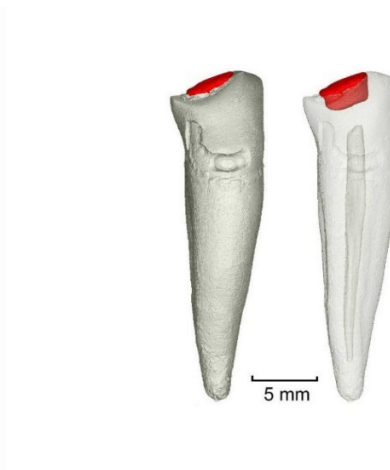
Snímok vo viditeľnom spektre

Röntgenová mikrotomografia vo forenznej vede. Meracia a 3D zobrazovacia metóda röntgenovej mikrotomografie s vysokým rozlíšením – mikroCT rozvíjaná na Ústave merania SAV bola úspešne použitá vo forenznej vede. V úzkej spolupráci desiatich vedeckých, vysokoškolských a kriminalistických pracovísk bol pomocou mikroCT, FTIR a ďalších moderných analytických metód s využitím algoritmov umelej inteligencie skúmaný vplyv pôsobenia koncentrovanej kyseliny na úbytok zubnej hmoty, rôznych vybraných zubných výplní a kostí. Dôležitou časťou pri návrhu metodiky merania bola optimalizácia fyzikálnych parametrov CT skenov, najmä pri amalgámových výplniach z hľadiska potlačania vzniku rekonštrukčných artefaktov, ktoré by pri segmentácii 3D obrazu a následnej kvantifikácii segmentovaných objemov mohli významne ovplyvniť výslednú neistotu meraní.

Tento výskum bol primárne motivovaný vyšetrovaním závažného trestného činu Národnou kriminálnou agentúrou v minulom roku, kedy sa Ústav merania s mikrotomografickou metódou merania významne podieľal na dokumentovaní tohto trestného činu. Výsledky práce boli uverejnené vo vedeckom časopise Molecules (Q1), evidovanom v Current Contents [19].

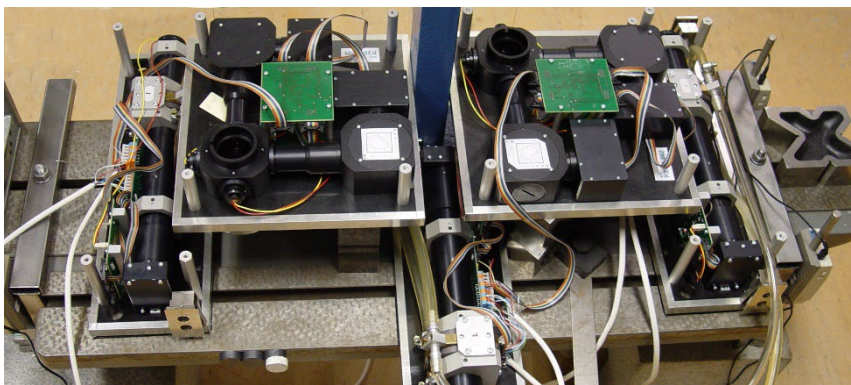


Časový rad úbytkov zubnej hmoty a kosti po pôsobení koncentrovanej kyseliny merané a zobrazené pomocou röntgenovej mikrotomografie (povrchové renderovanie, segmentácia, kosť v čiastočne transparentnom móde)



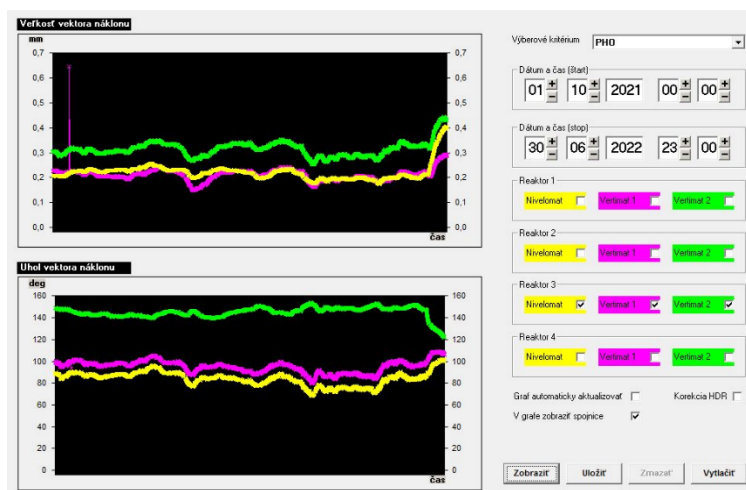
Zub so zubnou výplňou zobrazený pomocou röntgenovej mikrotomografie (povrchové renderovanie, segmentácia, vpravo transparentný model)

Uvedenie do prevádzky optoelektronického systému automatizovaného merania náklonu reaktora tretieho bloku v atómovej elektrárni Mochovce. V Oddelení optoelektronických meracích metód Ústavu merania SAV bol vyvinutý a v roku 2022 bol spolu s tretím blokom jadrovej elektrárne Mochovce uvedený do kontinuálnej prevádzky merací systém na automatizované meranie náklonu reaktorovej nádoby tretieho bloku.



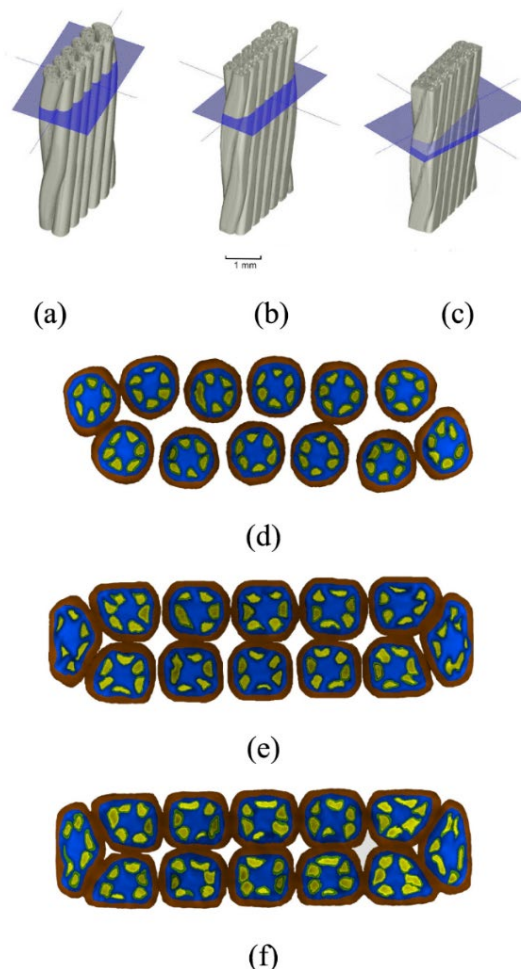
Testovacia lavica s odkrytovanými pendametrickými a hydronivelizačnými snímačmi systému merania náklonu reaktorovej nádoby

Grafické zobrazenie časového priebehu zmeny veľkosti a vektora uhla náklonu reaktorovej nádoby na 3. bloku jadrovej elektrárne Mochovce



Tento merací systém využíva princíp hydronivelizácie a pendametrie s optoelektronickým snímaním meraných hodnôt s rozlíšením merania výšky hladiny a posunu závesu pendametru na úrovni 1 mikrometra. Merací systém je už v kontinuálnej prevádzke a prispieva k zvýšeniu štandardov bezpečnosti prevádzky jadrovej elektrárne v Mochovciach. Aplikátorom výsledku sú Slovenské elektrárne, a.s.

Multimodálne zobrazovanie. Oddelenie bolo v rámci medzinárodnej spolupráce aktívne zapojené do riešenia problematiky multimodálneho zobrazovania, zameraného najmä na oblasti biológie, paleontológie, kultúrneho dedičstva, mineralógie a tiež na materiállovú a forenznú vedu. Ústav merania SAV participoval na riešení medzinárodného projektu COST CA17121 „Correlated Multimodal Imaging in Life Sciences (COMULIS)“. Riešiteľský kolektív v rámci multimodálneho zobrazovania rozvíjal dvoj-dimenzionálne aj troj-dimenzionálne zobrazovacie metódy.



Mikrotomografické zobrazenie valcovaných supravodivých Ruthefordových káblov a ich vybraných CT rezov - povrchové renderovanie, segmentácia a zobrazenie v nepravých farbách (Kováč et al.)

V rámci 2D zobrazovacích metód bola rozvíjaná metóda infračervenej reflektografie, indukovanej ultrafialovej fluorescencie a röntgenovej rádiografie najmä pre oblasť ich využitia v testovaní artefaktov kultúrneho dedičstva. Naše výsledky sme prezentovali širokej medzinárodnej verejnosti prostredníctvom videa na svetovej výstave EXPO 2022 Dubaj v Spojených arabských emirátoch.

V rámci 3D zobrazovacích metód sme úspešne rozvíjali metódy zobrazovania pomocou röntgenovej mikrotomografie s využitím v oblasti materiállového výskumu vysokoteplotných supravodičov na báze MgB₂ [20], v oblasti paleontológie pri 3D mikroCT zobrazení druhohorného hmyzu v jantáre, v biológii pri zobrazovaní a komparatívnej anatómii kostier beznohých plazov [16], v mineralógii pri zobrazovaní odlišných fáz v mineráloch a vo forenznej vede pri zobrazovaní a meraní úbytkov zubnej a kostnej hmoty pri pôsobení koncentrovanej kyseliny [19]. Výsledky boli v roku 2022 publikované celkovo v piatich karentovaných časopisoch.

Udelené patenty v období rokov 2003-2023:

- HAIN, M. - BARTL, J. - KŮR, J. - KŮR, B. *Spôsob vyhľadávania povrchových defektov, najmä ložiskových krúžkov a zariadenie na vykonávanie tohto spôsobu*. Patent č. SK 285 659 B6. (Majiteľ: Ústav merania SAV, Bratislava, SK; Mesing, s.r.o., Brno, CZ). Banská Bystrica, SR : Úrad priemyselného vlastníctva, 03.05.2007.
- KAWATE, E. - HAIN, M. *Optical Characteristic Measurement Device*. Patent WO 2012/121323 A1. (Assignee: National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tokyo, Japan). Japan Patent Office, September 13, 2012.
- KAWATE, E. - HAIN, M. *Optical Characteristic Measuring Apparatus*. Patent US 8 982 345 B2. (Assignee: National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tokyo, Japan). United States Patent and Trademark Office, March 17, 2015.
- HAIN, M. - BARTL, J. - KŮR, J. - KŮR, B. *Způsob vyhledávání povrchových defektů, zejména ložiskových kroužků, a zařízení pro provádění tohoto způsobu (Method of retrieving surface defects especially that of bearing rings and device for making the same)*. Patent CZ 306 088. (Příhlašovateľ/Majiteľ: Ústav merania SAV, Bratislava, SK; Mesing, s.r.o., Brno, CZ). Praha, ČR : Úrad průmyslového vlastníctví, 22.06.2016.

Vybrané publikácie v období rokov 2003-2023:

1. HAIN, Miroslav - BARTL, Ján - JACKO, Vlado. Multispectral analysis of cultural heritage artefacts. In *Measurement Science Review*, 2003, vol. 3, p. 9-12. ISSN 1335-8871. Typ: ADFB (63 citácií)
2. HAIN, Miroslav - BARTL, Ján - JACKO, Vlado. The use of infrared radiation in measurement and non-destructive testing. In *Measurement Science Review*, 2005, vol. 5, p. 10-14. ISSN 1335-8871. Typ: ADFB
3. HAIN, Miroslav - KAWATE, E. An optical method for the measurement of shape deviations of elliptical mirrors. In *Measurement Science Review*, 2007, vol. 7, no. 2, p. 28-32. ISSN 1335-8871. Typ: ADFB
4. KAWATE, E. - HAIN, Miroslav. New scatterometer for spatial distribution measurements of light scattering from materials. In *Measurement Science Review*, 2012, vol. 12, no. 2, p. 56-61. (2011: 0.418 - IF, Q4 - JCR, 0.271 - SJR, Q3 - SJR). (2012 - WOS, SCOPUS). ISSN 1335-8871. Dostupné na: <https://doi.org/10.2478/v10048-012-0012-y> Typ: ADNA
5. VRŠANSKÝ, Peter - CHORVÁT, D. - FRITZSCHE, I. - HAIN, Miroslav - ŠEVČÍK, Robert. Light-mimicking cockroaches indicate Tertiary origin of recent terrestrial luminescence. In *Naturwissenschaften (The Science of Nature)*, 2012, vol. 99, no. 9, p. 739-749. (2011: 2.278 - IF, Q1 - JCR, 1.082 - SJR, Q1 - SJR, karentované - CCC). (2012 - Current Contents). ISSN 0028-1042. Dostupné na: <https://doi.org/10.1007/s00114-012-0956-7> Typ: ADCA
6. HAIN, Miroslav - BARTL, Ján - ŠEVČÍK, Robert - JACKO, Vlado. Use of X – ray microtomography for 3D imaging of internal structures. In *Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics : 18th Czech-Polish-Slovak Optical Conference*. Vol. 8697. Editors J. Perina, L. Nozka et al. - SPIE, 2012, p. 86972E-1-6. Dostupné na: <https://doi.org/10.1117/12.2008198> Typ: AEC
7. KLEMBARA, J. - HAIN, Miroslav - DOBIAŠOVÁ, K. Comparative anatomy of the lower jaw and dentition of *Pseudopus apodus* and the interrelationships of species of subfamily Anguinae (Anguimorpha, Anguinae). In *The Anatomical Record : Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, 2014, vol. 297, no. 3, p. 516-544. (2013: 1.530 - IF, Q2 - JCR, 0.752 - SJR,

- Q2 - SJR, karentované - CCC). (2014 - Current Contents). ISSN 1932-8486. Dostupné na: <https://doi.org/10.1002/ar.22854> Typ: ADCA
8. HAIN, Miroslav - BARTL, Ján - KEPPERT, Miroslav - KAROVIČ, Karol - JACKO, Vlado. Meranie tvaru profilu turbínových lopatiek metódou svetelného rezu. In *Metrológia a skúšobníctvo*, 2015, roč. 20, č. 1, s. 20-23. ISSN 1335-2768. Typ: BDF
 9. KULICH, Miloslav - KOVÁČ, Pavol - HAIN, Miroslav - ROSOVÁ, Alica - DOBROČKA, Edmund. High density and connectivity of a MgB₂ filament made using the internal magnesium diffusion technique. In *Superconductor Science and Technology*, 2016, vol. 29, art. no. 035004. (2015: 2.717 - IF, Q1 - JCR, 1.130 - SJR, Q1 - SJR, karentované - CCC). (2016 - Current Contents, WOS, SCOPUS). ISSN 0953-2048. Dostupné na: <https://doi.org/10.1088/0953-2048/29/3/035004> Typ: ADCA
 10. KLEMBARA, J. - DOBIAŠOVÁ, K. - HAIN, Miroslav - YARYHIN, O. Skull anatomy and ontogeny of legless lizard *Pseudopus apodus* (Pallas, 1775): Heterochronic influences on form. In *The Anatomical Record : Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, 2017, vol. 300, no. 3, p. 460-502. (2016: 1.431 - IF, Q2 - JCR, 0.727 - SJR, Q2 - SJR, karentované - CCC). (2017 - Current Contents). ISSN 1932-8486. Dostupné na: <https://doi.org/10.1002/ar.23532> Typ: ADCA
 11. KOVÁČ, Pavol - KOPERA, Ľubomír - KOVÁČ, Ján - HAIN, Miroslav - MELIŠEK, Tibor - KULICH, Miloslav - HUŠEK, Imrich. Rutherford cable made of internal magnesium diffusion MgB₂ wires sheathed with Al-Al₂O₃ particulate metal matrix composite. In *Superconductor Science and Technology*, 2018, vol. 31, no. 015015. (2017: 2.861 - IF, Q2 - JCR, 1.036 - SJR, Q1 - SJR, karentované - CCC). (2018 - Current Contents). ISSN 0953-2048. Dostupné na: <https://doi.org/10.1088/1361-6668/aa9539> Typ: ADCA
 12. ČERŇANSKÝ, A. - YARYHIN, O. - CICEKOVÁ, J. - WERNEBURG, I. - HAIN, Miroslav - KLEMBARA, J.. Vertebral comparative anatomy and morphological differences in anguine lizards with a special reference to *Pseudopus apodus*. In *The Anatomical Record : Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, 2019, vol. 302, no. 2, p. 232-257. (2018: 1.329 - IF, Q3 - JCR, 0.525 - SJR, Q2 - SJR, karentované - CCC). (2019 - Current Contents). ISSN 1932-8486. Dostupné na: <https://doi.org/10.1002/ar.23944> Typ: ADCA
 13. KLEMBARA, J. - HAIN, Miroslav - ČERŇANSKÝ, A. - BERMAN, D.S. - HENRICI, A.C. Anatomy of the braincase of the Early Permian *Diadectes absitus* (Diadectomorpha) from Germany based on high-resolution X-ray microcomputed tomography. In *Journal of Morphology*, 2019, vol. 280, suppl. 1, p. S152-S153. (2018: 1.558 - IF, Q2 - JCR, 0.783 - SJR, Q1 - SJR, karentované - CCC). (2019 - Current Contents). ISSN 0362-2525. Typ: AEMA
 14. FARKAS, B. - KOLENČÍK, M. - HAIN, Miroslav - DOBROČKA, Edmund - KRATOŠOVÁ, G. - BUJDOŠ, M. - FENG, H. - DENG, Y. - YU, Q. - ILLA, R. - SUNIL, B.R. - KIM, H. - MATÚŠ, P. - URÍK, M.. *Aspergillus niger* decreases bioavailability of arsenic(V) via biotransformation of manganese oxide into biogenic oxalate minerals. In *Journal of Fungi*, 2020, vol. 6, no. 4, art. no. 270. (2019: 4.621 - IF, Q1 - JCR, 1.416 - SJR, Q1 - SJR, karentované - CCC). (2020 - Current Contents). ISSN 2309-608X. Dostupné na: <https://doi.org/10.3390/jof6040270> Typ: ADCA
 15. KLEMBARA, J. - HAIN, Miroslav - RUTA, M. - BERMAN, D.S. - PIERCE, S.E. - HENRICI, A.C. Inner ear morphology of diadectomorphs and seymouriamorphs (Tetrapoda) uncovered by high-resolution x-ray microcomputed tomography, and the origin of the amniote crown group. In *Palaeontology*, 2020, vol. 36, no. 1, p. 131-154. (2019: 3.060 - IF, Q1 - JCR, 1.642 - SJR, Q1 - SJR, karentované - CCC). (2020 - Current Contents). ISSN 0031-0239. Dostupné na: <https://doi.org/10.1111/pala.12448> Typ: ADCA
 16. KLEMBARA, J. - RUTA, M. - HAIN, Miroslav - BERMAN, D.S. Braincase and inner ear anatomy of the late Carboniferous tetrapod *Limnoscelis dynatis* (Diadectomorpha) revealed by high-resolution X-ray microcomputed tomography. In *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2021, vol. 9, art. no.

709766. (2020: 4.171 - IF, Q1 - JCR, 1.317 - SJR, Q1 - SJR, karentované - CCC). (2021 - Current Contents). ISSN 2296-701X. Dostupné na: <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.709766> Typ: ADCA
17. KOVÁČ, Pavol - HUŠEK, Imrich - HAIN, Miroslav - KOPERA, Ľubomír - MELIŠEK, Tibor - BEREK, Dušan. Longitudinal uniformity of MgB₂ wires made by an internal magnesium diffusion process. In *Superconductor Science and Technology*, 2021, vol. 34, no. 095007. (2020: 3.219 - IF, Q2 - JCR, 1.033 - SJR, Q1 - SJR, karentované - CCC). (2021 - Current Contents). ISSN 0953-2048. Dostupné na: <https://doi.org/10.1088/1361-6668/ac191b> Typ: ADCA
 18. ORLOVSKÁ, M. - HAIN, Miroslav - KITZMANTEL, M. - VETEŠKA, P. - HAJDÚCHOVÁ, Z. - JANEK, M. - VOZÁROVÁ, M. - BAČA, Ľ. Monitoring of critical processing steps during the production of high dense 3D alumina parts using Fused Filament Fabrication technology. In *Additive Manufacturing*, 2021, vol. 48, part A, 102395. (2020: 10.998 - IF, Q1 - JCR, 2.710 - SJR, Q1 - SJR, karentované - CCC). (2021 - Current Contents). ISSN 2214-8604. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2021.102395> Typ: ADCA
 19. THURZO, A. - JANČOVIČOVÁ, V. - HAIN, Miroslav - THURZO, M. - NOVÁK, B. - KOSNÁČOVÁ, Helena - LEHOTSKÁ, V. - VARGA, I. - KOVÁČ, P. - MORAVANSKÝ, N.. Human remains identification using micro-CT, chemometric and AI methods in forensic experimental reconstruction of dental patterns after concentrated sulphuric acid significant impact. In *Molecules*, 2022, vol. 27, no. 13, art. no. 4035. (2021: 4.927 - IF, Q2 - JCR, 0.705 - SJR, Q1 - SJR, karentované - CCC). (2022 - Current Contents, WOS, SCOPUS). ISSN 1420-3049. Dostupné na: <https://doi.org/10.3390/molecules27134035> Typ: ADCA
 20. HUŠEK, Imrich - KOVÁČ, Pavol - MELIŠEK, Tibor - HAIN, Miroslav. Superconducting joints between MgB₂/Ni and MgB₂/Nb composite wires, their transport currents and micro-structure. In *Ceramics International*, 2023, vol. 49, p. 11178-11183. ISSN 0272-8842. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.11.314> (VEGA 2/0140/19. APVV 18-0271) Typ: ADCA

ODDELENIE MAGNETOMETRIE

<https://www.um.sav.sk/oddelenia/zameranie-vyskumu/?department=MAGN>



Vedúci: Ing. Ján Maňka, CSc.

Jan.Manka@savba.sk

https://www.um.sav.sk/pracovnici/zakladne-informacie/?user_no=775

Akademické vzdelanie a zamestnanie:

V roku 1984 ukončil štúdium na Elektrotechnickej fakulte SVŠT v Bratislave, odbor Elektrotechnológia, zameranie Fyzika tuhých látok a nastúpil na vtedajší Ústav merania a meracej techniky CEFV SAV na študijný pobyt do Oddelenia merania elektrických a magnetických polí. Dizertačnú prácu s názvom *Riešenie vybraných problémov pri využití SQUID magnetometrických systémov v meraní slabých magnetických polí* obhájil v roku 1998. V roku 2009 sa stal vedúcim oddelenia Magnetometrie.

Zoznam pracovníkov oddelenia v roku 2023:

Billik Peter, Doc. Mgr., PhD.

Cigáň Alexander, RNDr., CSc. (zástupca vedúceho oddelenia)

Dvurečenskij Andrej, Ing., PhD.

Majerová Melinda, Ing., PhD.

Maňka Ján, Ing., CSc. (vedúci oddelenia)

Škrátek Martin, Mgr., PhD.

Zoznam bývalých pracovníkov oddelenia v období rokov 2003-2023:

Bartkovjak Jozef, Ing. CSc., Bodorová Petra, Ing., Buchta Štefan, prom. chem., Bystrický Roman, Mgr. PhD., Capek Ignác, prof. RNDr. DrSc., Hanic František, doc. Dr. Ing. DrSc., Jurča Karol, Jurdák Peter, Ing., Koňakovský Anton, RNDr. PhD., Kopčok Michal, Martinická Fatima, Mgr., PhD., Mgr., Pigošová Jana, Mgr., Polovková Júlia, Ing. PhD., Prnová Anna, Ing. PhD., Šimáček Ivan, Ing. CSc., Szigl Jozef, Török Peter, RNDr., Ing., Zrubec Vladimír, Ing. DrSc.

Orientácia vedeckého výskumu v oddelení:

Vedecký výskum oddelenia Magnetometrie bol zameraný na tieto hlavné oblasti:

- Vysokoteplotná supravodivosť – príprava (nano)prekursorov, výroba naprašovacích terčov pre tenké vrstvy, syntéza objemových $\text{REBa}_2\text{Cu}_{3-x}\text{M}_x\text{O}_{3-d}$ systémov, vývoj technológie monodoménových vzoriek pre aplikácie
- Príprava nových materiálov pokročilými mechanochemickými syntézami

- Príprava nových materiálov pokročilými mechanochemickými syntézami
- Meranie extrémne slabých magnetických polí – supravodivé kvantové magnetometre, gradiometrické anténne systémy, biomagnetické polia
- Vývoj SQUID magnetometrických metód na výskum magnetických vlastností nanočastíc, nanokvapalín a biologických vzoriek
- Kombinované metódy kompenzácie rušivých signálov pri meraní extrémne slabých magnetických polí v magneticky netienenom prostredí, metódy určovania nízkych koncentrácií fero- (feri-) magnetických látok v biologických objektoch neinvazívnym spôsobom (meranie zaprášenia pľúc, obsahu železa v pečeni), biomonitoring životného prostredia s využitím magnetometrie

Projekty riešené v období rokov 2003-2023:

Vysokoteplotné supravodivé kompozity a bezkontaktné meracie metódy a systémy využívajúce snímače SQUID

VEGA 2/1134/21, 1.1.2001 – 31.12.2003, Alexander Cigáň

Nové metódy a prístroje na pulmonálnu, hepatálnu a gastro-intestinálnu neinvazívnu diagnostiku

APVT- 51- 017802, 1.9.2002 – 1.7.2005, Milan Tyšler/ Ján Maňka

Výskum supravodivých kvantových interferenčných detektorov (SQUID) na báze tenkých vrstiev vysokoteplotných supravodičov

APVT-51-022702, 1.9.2002 – 31.8/2005, Štefan Beňačka/ Alexander Cigáň

Vysokoteplotné supravodiče, ich magnetické vlastnosti a rozvoj SQUID magnetometrických metód

VEGA 2/4091/04, 1.1.2004 – 31.12.2006, Alexander Cigáň

Využitie magnetických a elektrických meracích metód pri neinvazívnom vyšetrení pečene a srdca

APVV- 51- 059005, 1.5.2006 – 30.6.2009, Ján Maňka

Vysokoteplotné objemové supravodiče, prekurzory, technologické postupy, metódy merania a vlastnosti

VEGA 2/7083/27, 1.1.2007 – 31.12.2009, Alexander Cigáň

Metódy a systémy na bezkontaktné meranie obsahu železa v pečeni

VEGA 2/7084/27, 1.1.2007 – 31.12.2009, Ján Maňka

Výskum a aplikácie vysokoteplotných supravodičov

Bilaterálny projekt AI5/TT/1170 s University of Ghent, 1.11.1999 - , Alexander Cigáň

Aplikácia SQUID magnetometrie a magnetickej rezonancie pri hodnotení účinnosti gérovej terapie využívajúcej magnetické nanočastice

VEGA 2/0160/10, 1.1.2010 – 31.12.2012, Ján Maňka

Centrum excelentnosti pre nové technológie v elektrotechnike
ITMS – 26240120011, 15.5.2009 – 30.4.2011, Karol Fröhlich/ Ján Maňka

Budovanie Centra excelentnosti pre nové technológie v elektrotechnike - II. etapa
ITMS – 26240120019, 1.3.2010 – 29.2.2012, Karol Fröhlich/ Ján Maňka

Kompetenčné centrum pre nové materiály, pokročilé technológie a energetiku
ITMS 26240220073, 1.8.2011 – 30.11.2014, Karol Fröhlich/ Ján Maňka

Biodekorované kompozitné magnetické nanočastice: Príprava, kolektívne vlastnosti a ich aplikácie
APVV-0125-11, 1.7.2012 – 31.12.2015, Ignác Capek/Alexander Cigáň

Fyzikálne a elektrochemické správanie mechanochemicky pripravených nanooxidov
APVV-0528-11, 1.7.2012 – 31.12.2015, Vladimír Šepelák/ Peter Billik

Mechanizmus transportu magnetických nanočastíc oxidu železa do ľudských nádorových a normálnych (diploidných) buniek
VEGA 2/0143/13, 1.1.2013 – 31.12.2016, Alena Gábelová/ Ján Maňka

Rozvoj SQUID gradiometrických a susceptometrických metód pre bioaplikácie spojené s homeostázou železa
VEGA 2/0152/13, 1.1.2013 – 31.12.2016, Ján Maňka

Vplyv ultra malých superparamagnetických nanočastíc železa na kardiovaskulárny systém potkana v podmienkach vysokého krvného tlaku
VEGA 2/0160/17, 1.1.2017 – 31.12.2020, Iveta Bernátová/ Ján Maňka

Výskum možností a rozvoj SQUID magnetometrie pre vybrané aplikácie v biomedicíne a materiálovom výskume
VEGA 2/0164/17, 1.1.2017 – 31.12.2020, Ján Maňka

Výskum magnetických foriem železa v rozvoji kardiovaskulárnych chorôb a porúch správania
APVV-16-0263, 1.7.2017 – 30.6.2021, Iveta Bernátová/Ján Maňka

Úloha signalizácie sprostredkovanej jadrovým faktorom NRF2 v regulácii metabolizmu železa počas stresu
VEGA 2/0157/21, 1.1.2021 – 31.12.2024, Iveta Bernátová/Martin Škrátek

Aluminosilikátové sklo/sklokeramika spevnené iónovou výmenou s ďalšími funkciami
VEGA 2/0028/21, 1.1.2021 – 31.12.2024, Dušan Galusek/Melinda Majerová

SQUID magnetometria nano-a mikročastíc, nanokoloidov a nanoštruktúr v nových aplikáciach v oblasti biomedicíny a materiálového výskumu spojených s rozvojom nových meracích metód a postupov
VEGA 2/0141/21, 1.1.2021 – 31.12.2024, Ján Maňka

Najvýznamnejšie výsledky dosiahnuté v období rokov 2003-2023:

Magnetometrický systém na meranie kontaminácie dýchacieho systému. Bol vyvinutý poloautomatický SQUID magnetometrický systém na meranie kontaminácie dýchacieho systému feromagnetickými prachovými časticami a metóda kvantifikácie obsahu kontaminátu v pľúcnom tkanive. Systém umožňuje realizovať špecifické neinvazívne magnetopneumografické merania s vybranými osobami, ktoré následkom dlhodobého pobytu v znečistenom pracovnom prostredí vykazujú kontamináciu prachovými feromagnetickými látkami (FML). V spolupráci s Klinikou pracovného lekárstva a toxikológie LFUK Bratislava bol stanovený metodický postup a spôsob vyhodnotenia výsledkov magneto-pneumografických meraní akceptovateľný pre klinickú prax so zameraním hlavne na diagnostiku špecifických respiračných ochorení (napr. s diagnózou zväračskej pneumo-koniózy) a na verifikáciu pri posudkovom konaní v obore pracovného lekárstva. Na základe teoretickej analýzy zjednodušených matematických a fyzikálnych modelov (guľového a elipsoidného tvaru) pľúc a simulácie správania sa feromagnetických častíc v pľúcach boli odvodené vzťahy a navrhnutý postup výpočtu pre stanovenie strednej koncentrácie feromagnetických častíc v biologickom objekte na základe nameraných hodnôt remanentnej magnetickej indukcie. Boli stanovené limitné, SQUID systémom detegovateľné, koncentrácie najčastejšie kontaminujúcich feromagnetických mikročastíc v pľúcach a v iných biologických orgánoch: Fe, Co, Ni, γ -Fe₂O₃, Fe₃O₄ v nosnom diamagnetickom médiu s viskozitou 70 Pas, ktoré sú v rozsahu 10 až 150 $\mu\text{g cm}^{-3}$. V spolupráci s Klinikou pracovného lekárstva a toxikológie LFUK Bratislava sa urobili kompletne magnetopneumografické merania s osobami vybraných z kolektívu zväračov Slovenských lodeníc a.s. Komárno (8 osôb) a kontrolnej skupiny (2 x 5 osôb). Magnetopneumografické vyšetrenia pľúcnych tkanív u niektorých zväračov zo Slovenských lodeníc a.s. Komárno - pracoviska, ktoré je evidované ako miesto s výskytom rizikových profesií pre zväračské dymy a aerosoly v kategórii rizika č. IV - vykazujú hmotnostné hodnoty koncentrácií FML v rozpätí od 0,8 do 1,6 mg/cm^3 .

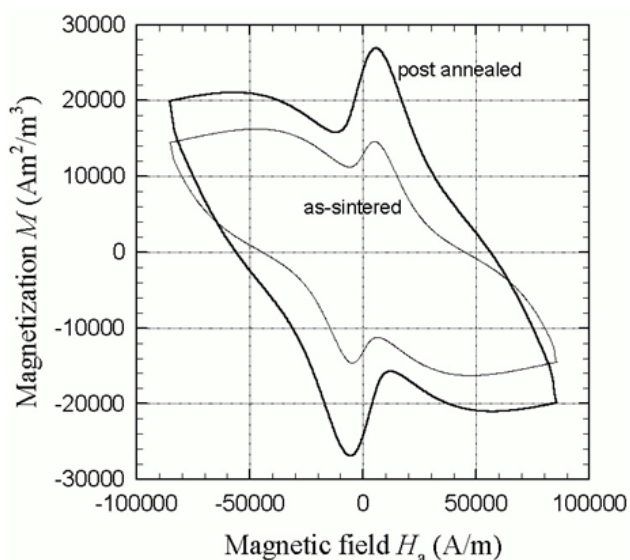
BOHÁKOVÁ, Fatima - ŠIMÁČEK, Ivan. SQUID magnetopneumography used to estimate the ferromagnetic particle content in the human lungs. In *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. ISSN 0304-8853. Vol. 267, 2003, p. 357-365. I.F.: 1,046.

BOHÁKOVÁ, Fatima - ŠIMÁČEK, Ivan - CIGÁŇ, Alexander - MAŇKA, Ján. Determination of the content of ferromagnetic and diamagnetic solid fraction in suspension and solid mixtures by SQUID system. In *Solid State Phenomena*. ISSN 1012-0394. Vol. 90-91, 2003, p. 279-284. I.F.: 0,372.

MARTINICKÁ, F. - ŠIMÁČEK, I. – JURDÁK, P. Detection limits and magnetic particle behaviour measured by a SQUID system, In *Czech. J. Phys.* 54, 2004 p. D506 – D510.

BOHÁKOVÁ, F. - ŠIMÁČEK, I. SQUID magnetopneumography used to estimate the ferromagnetic particle content in the human lungs. In *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. Vol. 263, Issue 3, 2003, p. 357-365.

Supravodiče na báze (Tl, Pb) - vplyv dopovania s La a žihania v kyslíku. V našom výskume sme sa zamerali na supravodič na báze (Tl,Pb). Doteraz je technologicky náročné pripraviť jeho najzaujímavejšiu (Tl,Pb)-1223 fázu v čistej forme a dosiahnuť hodnoty jej parametrov vhodných pre aplikácie. Za týmto účelom sme študovali (Tl,Pb)(Sr,Ba)CaCuO - xLaO systém, kde x sa menilo v rozsahu 0 až 0,1. V spolupráci s KACH PriF UK boli pripravené série objemových vzoriek uvedenej nominálnej kompozície s využitím sol-gel procesu a skúmané ich vlastnosti. Analýza práškových XRD údajov ukázala, že dominantnou fázou (viacej ako 94 %) všetkých vzoriek bola (Tl,Pb)-1223 fáza. Dopovanie s La na jednej strane podporuje tvorbu (Tl,Pb)-1212 fázy a postupne zhoršuje objemové supravodivé vlastnosti. Na druhej strane pre nižšie koncentrácie La má pozitívny vplyv na transportné vlastnosti, T_c a ΔT_c , a tak homogenitu supravodivých nosičov elektrického náboja. Dlhodobé dodatočné žihanie vzoriek v kyslíku pri teplote 750 °C výrazne zlepšuje transportné vlastnosti supravodivých medzizrnových spojov a má pozitívny vplyv na T_c a ΔT_c . Najlepšie hodnoty s $T_c \sim -152,5$ °C a $\Delta T_c \sim 0,8$ °C boli získané pre dodatočne v kyslíku žihané vzorky s nízkou úrovňou ($x = 0,04$) dopovania s La. Pozorovali sme anomálnu polohu centrálnych špičiek magnetizačných hysteréznych kriviek pri teplote -196 °C.



Porovnanie magnetizačných kriviek typických sintrovaných vzoriek dopovaných s La s úrovňou $x = 0,1$ pred a po dodatočnom žihaní v kyslíku. Veľkosť šírky krivky je mierou veľkosti kritikej prúdovej hustoty vzoriek.

CIGÁŇ, Alexander - PLESCH, G. - MAŇKA, Ján - HANIC, František - KOPČOK, Michal - KOŇAKOVSKÝ, Anton - KLIMENT, J. Effects of post-oxygen annealing and lanthanum doping on inter- and intra-grain properties of (TlPb)-1223 superconductors. In *Ceramics-Silikáty*. ISSN 0862-5468. Vol.49, no.1 (2005), p. 23-28. (0.385 - IF2004).

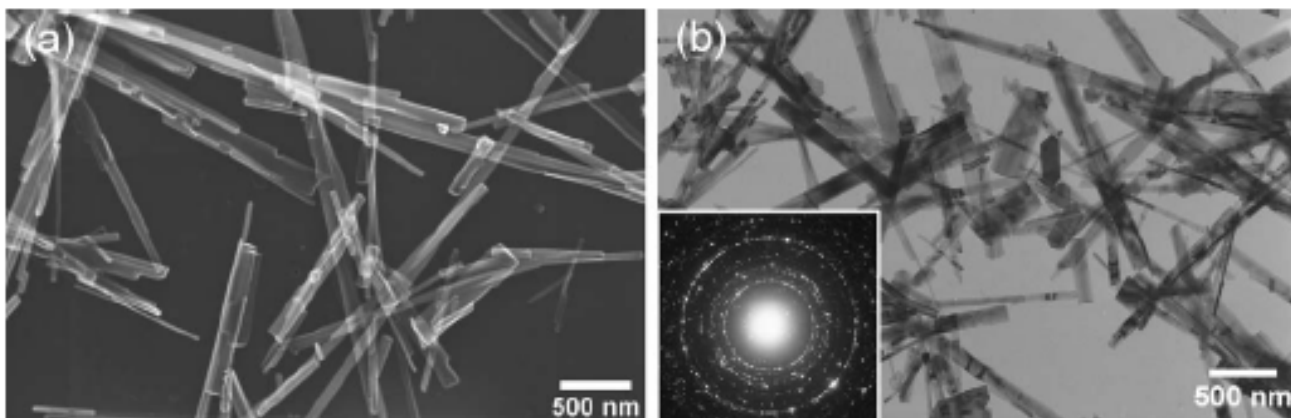
Magnetická biopsia ľudskej pečene. Bol zrealizovaný SQUID-biosusceptometer a odskúšaná metóda neinvazívneho merania obsahu železa (Fe) v pečeni. Meraním odoziev na striedavé magnetické pole aplikované na brušnú oblasť testovanej osoby je možné priamo stanoviť koncentráciu Fe v tkanive pečene. Bol navrhnutý spôsob korekcií nameraných výsledkov v závislosti na veľkosti, tvare a polohe pečene voči snímaču. Definovala sa základná citlivosť zariadenia a intervaly 95% spoľahlivosti pre stanovenie priemernej a individuálnej hodnoty koncentrácie Fe. Na základe dosiahnutej citlivosti a štatisticky spracovaných dát je biosusceptometer schopný

merať Fe v pečeni na pacientoch, ktorí majú z hľadiska klinickej praxe zvýšený resp. vysoký obsah Fe (koncentráciu väčšiu ako 1,2 miligramu železa v 1 grame tkaniva pečene). Zariadenie je vhodné na diagnostiku primárnej hemochromatózy, hemosiderózy a neinvazívne monitorovanie rizika vzniku cukrovky, cirhózy príp. ďalších ochorení. Spôsob merania bol overený na modeloch a experimentálne orientačne testovaný na štyroch pacientoch. Výsledky boli v dobrej zhode, korelovali ($r = 0,9$) s hodnotami koncentrácií Fe ktoré sa získali pomocou MRI vyšetrení pečene týchto osôb na Rádiologickej klinike Nemocnice L. Dérera v Bratislave

ŠIMÁČEK, Ivan - JURDÁK, Peter - MAŇKA, Ján - ŠKRÁTEK, Martin. Accuracy of the measurement with the second order axial gradiometer. In Measurement Science Review : journal published by Institute Measurement Science, Slovak Academy of Sciences. ISSN 1335-8871, 2009, vol. 9, no. 6, p. 179-182. (Thomson Reuters, Copernicus International)

JURDÁK, Peter - KOPÁNI, M. - ŠIMÁČEK, Ivan - MAŇKA, Ján - ŠKRÁTEK, Martin. Magnetometric measurements of ferro- or ferrimagnetic microparticles dispersed in medium approximating the intracellular environment. In Nanoscale Magnetic Materials and Applications : MRS Proceedings Volume 1032E. Editor Jian-Ping Wang. - Warrendale, PA : Materials Research Society, 2008, p. 1032-I04-19. CD-ROM.

Mechanochemické syntézy oxidových nano-materiálov. Intenzívny mlecí proces má unikátny vplyv na priebeh mechanochemických reakcií vedúcich k vzniku nových materiálov alebo nanoštruktúr, obr.1. S klesajúcim rozmerom častíc mletím dochádza k neobyčajným zmenám ich vlastností. Napríklad, pôvodne nemagnetické oxidové častice sa v nano-oblasti menia na paramagnetické. Výsledky našich prác boli zamerané na mechanochemickú syntézu TiO_2 , $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$, SnO_2 , ktoré majú významné využitie napr. v samočistiacich procesoch, vo vysokoteplotnej supravodivosti, alebo ako elektródy v lítiových batériach s veľkou kapacitou a životnosťou. Mechanochemické syntézy nanočastíc predstavujú cenovo výhodnú cestu ich priemyselného využitia. Výsledky boli dosiahnuté v spolupráci s Katedrou ložiskovej geológie a Katedrou anorganickej chémie PriF UK v Bratislave, ÚACH SAV, Ústavom fyzikálnej chémie a chemickej fyziky FCHPT STU Bratislave, a Ústavom materiálov MTF STU v Trnave.



SEM (a) a TEM (b) fotografie 1D nanočastíc $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$, pripravené mechanochemickou syntézou. (Foto: M. Čaplovičová).

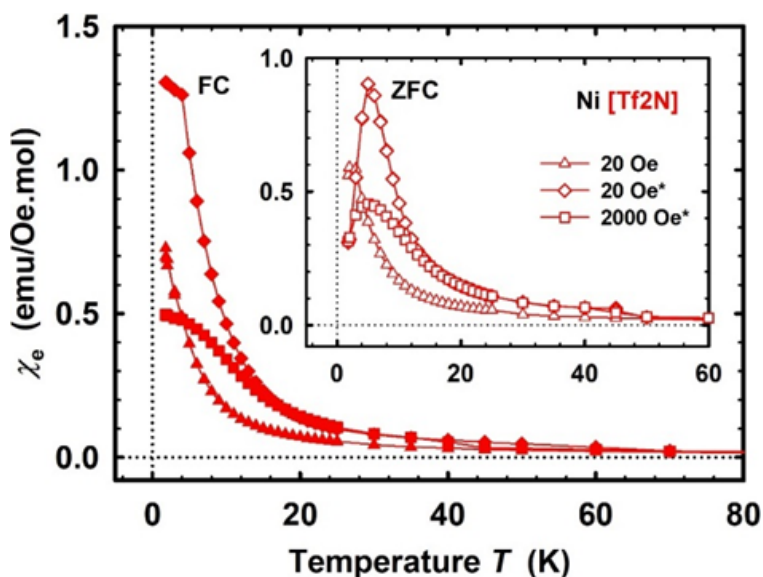
BILLIK, Peter - ČAPLOVIČOVÁ, M. - ČAPLOVIČ, Ľ. Mechanochemical-molten salt synthesis of $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$ nanobelts . In *Materials Research Bulletin*, 2010, vol. 45, p. 621-627. ISSN 0025-5408. (1.879 - IF2009)

BREZOVÁ, V. - BILLIK, Peter - VRECKOVÁ, Z. - PLESCH, G. Photoinduced formation of reactive oxygen species in suspensions of titania mechanochemically synthesized from TiCl_4 . In *Journal of Molecular Catalysis A : Chemical*, 2010, vol. 327, p. 101-109. ISSN 1381-1169. (3.135 - IF2009).

HRACHOVÁ, J. - BILLIK, Peter - FAJNOR, V.Š. Influence of organic surfactants on structural stability of mechanochemically treated bentonite. In *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2010, vol. 101, p. 161-168. ISSN 1388-6150. (1.587 - IF2009).

Nanotechnológia koloidov kovových nanočastíc s využitím iónových kvapalín.

Iónové kvapaliny - kvapaliny zložené iba z iónov, majú jedinečné fyzikálno-chemické vlastnosti, ako sú vysoká tepelná a chemická stabilita, schopnosť rozpúšťať rôzne látky a zanedbateľný tlak pár. Tieto vlastnosti dávajú predpoklad ich využitia pre vývoj nových technológií výroby kovových nanočastíc alebo ich koloidov pre priemyselné a biomedicínske aplikácie. Naša pozornosť bola zameraná na prípravu a charakterizovanie koloidov Ni a NiFe nanočastíc magnetronovým naprašovaním priamo na povrch dvoch iónových kvapalín [BMIM].[PF6] a [BMIM].[Tf2N] pri izbovej teplote. Podrobné výsledky štúdia najmä magnetických vlastností pripravených koloidov Ni a NiFe nanočastíc v priebehu ich uskladnenia po dobu 34 mesiacov umožňujú lepšie pochopenie interakcií medzi iónovými kvapalinami a nanočasticami, ako aj ich teoretické modelovanie. Získané výsledky naznačujú novú cestu prípravy stabilných magnetických kvapalín. Nanočastice s rozmerom Ni~10 nm a NiFe ~12 nm boli stabilné po dobu viac ako 2 roky bez náznakov aglomerácie a ich sedimentácie. Iónová kvapalina samotná chráni nanočastice pred ich degradáciou. Nanočastice vykazujú superparamagnetický charakter s blokovacou teplotou okolo 2,5 K. Výsledok bol dosiahnutý v spolupráci s Elektrotechnickým ústavom SAV, Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Sciences a Ústavom polymérov SAV.



Paramagnetická zložka FC molárnej magnetickej susceptability χ_e verus T koloidu nanočastíc Ni v iónovej kvapaline [BMIM.Tf2N] pred (trojuholník) a po 32-mesačnom starnutí (kosoštvorec) pri 20 Oe a pri magneticom poli 2 kOe (štvorec). Na vložnom grafe je zodpovedajúca ZFC charakteristika uvedeného nanokoloidu.

CIGÁŇ, Alexander – LOBOTKA, P. – DVUREČENSKIJ, Andrej – ŠKRÁTEK, Martin – RADNÓCZI, G. – MAJEROVÁ, Melinda – CZIGÁNY, Z. – MAŇKA, Ján – VÁVRA, I. – MIČUŠÍK, M. Characterization and magnetic properties of nickel and nickel-iron nanoparticle colloidal suspensions in imidazolium-based ionic liquids prepared by magnetron sputtering. In *Journal of Alloys and Compounds*, 2018, vol. 768, p. 625-634. ISSN 0925-8388. (3.779-IF2017).

Bizmutom dopované hlinitanové sklá s gelenitovou maticou. Hlinitanové sklá sú zaujímavé z hľadiska ich základnej štruktúry. Hlavným sieťotvorným prvkom v nich je hliník, kým v bežných sklách je to napr. kremík. Hlinitanové sklá majú výborné mechanické vlastnosti, výbornú odolnosť voči korózií, vykazujú lepšiu svetelnú a tepelnú odolnosť a lepšiu svetelnú vodivosť ako klasické kremičitanové sklá. Ďalšou dôležitou vlastnosťou týchto skiel je, že sú priepustné pre ultrafialové, viditeľné a infračervené žiarenie a preto môžu byť použité ako hostiteľské matrice pre opticky aktívne látky. Dopovaním vhodnými prvkami z kovov vzácnych zemín s fotoluminiscenčnými vlastnosťami nachádzajú uplatnenie ako luminofory v polovodičových laseroch, optických kábloch a LED diódach. Použitie prvkov vzácnych zemín v poslednej dobe ohrozuje bezproblémovú výrobu LED diód, v dôsledku prudkého nárastu ich cien, nedostatku na trhu a obmedzenými surovinovými zdrojmi. Preto je dôležité, aby sa pre výrobu luminoforov vyvinuli postupy a technológie, ktoré nevyžadujú použitie iónov vzácnych zemín. Jedným riešením je použitie iónov prechodných kovov, ktoré sú opticky aktívne. Gelenitové sklá patria do skupiny vápenato-hlinitanokremičitanových skiel, ktoré tvoria podskupinu hlinitanových skiel. Boli sledované optické vlastnosti gelenitových sklených mikrogulôčok, ktoré boli opticky aktivované prídavkom Bi. Bolo zistené, že pripravené sklá emitujú svetlo vo viditeľnej, hlboko-červenej a v blízkej infračervenej oblasti spektra, čo dokazuje, že Bi je zabudovaný do štruktúry gelenitu v troch oxidačných stupňoch: Bi^{3+} , Bi^{2+} a Bi^{+} . Výsledky boli dosiahnuté v spolupráci s Centrom kompetencie pre výskum skla VITRUM LAUGARICIO a Centrom pre funkčné a povrchovo funkcionalizované sklá FunGlass, Trenčianskej univerzity Alexandra Dubčeka v Trenčíne.

MAJEROVÁ, Melinda – KLEMENT, R. – PRNOVÁ, A. – KRAXNER, J. – BRUNEEL, E. – GALUSEK, D. Crystallization and visible–near-infrared luminescence of Bi-doped gehlenite glass. In *Royal Society Open Science*, 2018, vol. 5, no. 12, p. 181667. ISSN 2054-5703. (2.504-IF2017), Q1.

Magnetometrická metóda na určovanie extrémne nízkych koncentrácií železa v biologických materiáloch. Biogénne železo sa nachádza vo všetkých biologických systémoch. V poslednom období sa v biomedicíne využívajú aj ultra malé superparamagnetické nanočastice oxidov železa, ktoré, ako nosiče liečiv, umožňujú ciele dávkovanie pôsobením magnetického poľa. Stabilita týchto nanočastíc závisí od bunkového prostredia (chemické zloženie, pH a pod.). Ich degradácia môže zapríčiniť preťaženie organizmu železom, čo vyvoláva zápalové procesy v bunkách, narušenie metabolizmu železa, oxidačný stres a aj ďalšie negatívne faktory. V našom výskume, v spolupráci s Ústavom normálnej a patologickej fyziológie Centra

experimentálnej medicíny SAV, sme sa zamerali na určenie obsahu železa, ktorý má pôvod v uvedených nanočasticiach a na jeho odlíšenie od prirodzene prítomného železa v tkanivách a tekutinách na základe rôznych blokovacích teplôt. Bola vyvinutá metóda určovania obsahu železa v tkanivách potkanov po aplikácii malej dávky disperzie nanočastíc vo fyziologickom roztoku. Ukázali sme, že s využitím SQUID (Superconducting Quantum Interference Device) magnetometrie sa dá určiť, a odlíšiť od biogénneho železa, extrémne malé množstvo nanočasticového železa, ktoré sa nedá detegovať tradičnou Perlovou histochemickou metódou. Prínosom výsledku pre meráciu techniku je návrh metodiky a zostava experimentu pre meranie extrémne slabých magnetických signálov z biologických vzoriek.

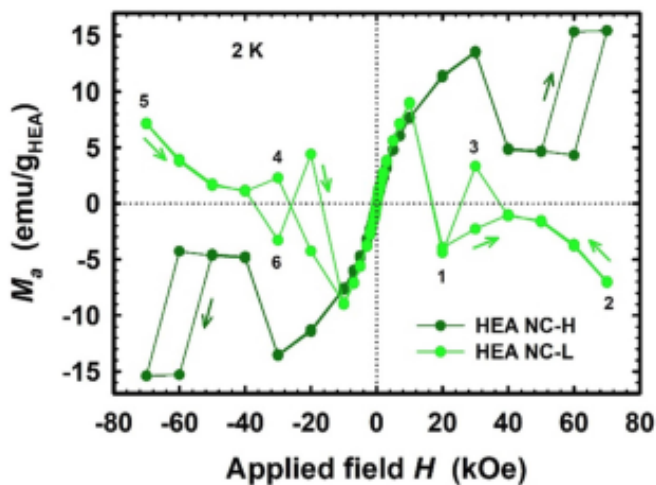
ŠKRÁTEK, Martin – DVUREČENSKIJ, Andrej – KLUKNAVSKÝ, M. – BARTA, A. – BALIŠ, P. – MIČUROVÁ, A. – CIGÁŇ, Alexander – ECKSTEIN-ANDICSOVÁ, A. – MAŇKA, Ján – BERNÁTOVÁ, I. Sensitive SQUID bio-magnetometry for determination and differentiation of biogenic iron and iron oxide nanoparticles in the biological samples. In *Nanomaterials*, 2020, vol. 10, no. 10, p. 1993. ISSN 2079-4991. (4.324-IF2019). Q1. CCC.

KLUKNAVSKÝ, Michal – BALIŠ, Peter – ŠKRÁTEK, Martin – MAŇKA, Ján – BERNÁTOVÁ, Iveta**. (-)-Epicatechin reduces the blood pressure of young borderline hypertensive rats during the post-treatment period. In *Antioxidants*, 2020, vol. 9, no. 2, article no. 96. (2019: 5.014 – IF, Q1 – JCR, 1.100 – SJR, Q1 – SJR). ISSN 2076-3921. Typ: ADMA.

LÍŠKOVÁ, S. – BALIŠ, P. – MIČUROVÁ, A. – KLUKNAVSKÝ, M. – OKULIAROVÁ, M. – PUZSEROVÁ, A. – ŠKRÁTEK, Martin – SEKAJ, I. – MAŇKA, Ján – VALOVIČ, P. – BERNÁTOVÁ, I. Effect of iron oxide nanoparticles on vascular function and nitric oxide production in acute stress-exposed rats. In *Physiological Research*, 2020. 69(6): 1067–1083, ISSN 0862-8408. (1.655-IF2019). Q2, CCC.

Nanotechnológia koloidov nanočastíc na báze vysoko-entropických zliatin s využitím iónových kvapalin. V koloidoch kovových nanočastíc na báze vysoko-entropických zliatin (HEA-High Entropy Alloys) v iónových kvapalinách na báze imidazolu sa stretávajú vlastnosti troch objektov: iónových kvapalín, HEA zliatin a nanočastíc. Každý z nich samostatne vykazuje unikátne vlastnosti, ktoré v posledných desaťročiach priťahujú značnú pozornosť v súvislosti s výrazným dopadom na vznikajúce aplikácie s vysokým potenciálom napr. pre nové „green“ technológie v oblasti výroby nových materiálov, zariadení, v oblasti ochrany životného prostredia, úspor energie a pod. Iónové kvapaliny majú jedinečné fyzikálno-chemické vlastnosti, ako je vysoká iónová vodivosť, nehorľavosť, vysoká tepelná a chemická stabilita. HEA sú zliatiny, ktoré obsahujú najmenej päť prvkov s rovnakou koncentráciou. Vykazujú pomalú difúziu pri namáhaní vedúcu k tzv. „self-healing“. V našom výskume sme študovali štrukturálne a magnetické vlastnosti koloidov CoCrCuFeNi HEA nanočastíc v iónovej kvapaline [BMIM.BF₄] získané magnetrónovým naprašovaním. Koloidy obsahujú ultra malé monokryštalické nanočastice veľkosti (2–3) nm. Tieto nanokoloidy (NK) vykazujú komplexné magnetické vlastnosti, ktoré sú funkciou teploty, aplikovaného magnetického poľa a hmotnostného obsahu nanočastíc v koloidoch, na obrázku. Získané výsledky patria medzi prvé, ktoré poukazujú na výraznú zmenu magnetických vlastností s teplotou už

napr. samotnej [BMIM.BF₄] a na konkurenčný charakter diamagnetickej a paramagnetickej zložky. Výsledok bol dosiahnutý v spolupráci s EIÚ SAV a Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Sciences.



Hmotnostná magnetizácia M_a [BMIM.BF₄] HEA NK-L a NK-H ako funkcia aplikovaného magnetického poľa H pri teplote 2 K. Šípky označujú smer zvyšovania resp. zníženie aplikovaného magnetického poľa hlavných magnetizačných slučiek oboch nanokoloidov s nízkou a vysokou koncentráciou nanočastíc, začínajúc od nulového poľa.

DVUREČENSKIJ, Andrej – CIGÁŇ, Alexander – LOBOTKA, P. – RADNÓCZI, G. – ŠKRÁTEK, Martin – BENYÓ, J. – KOVÁČOVÁ, E. – MAJEROVÁ, Melinda – MAŇKA, Ján. Colloids of HEA nanoparticles in an imidazolium-based ionic liquid prepared by magnetron sputtering: Structural and magnetic properties. In Journal of Alloys and Compounds, 2022, vol. 896, art. no. 163089. ISSN 0925-8388. (6.371 – IF2021) Q1.

ODDELENIE TEORETICKÝCH METÓD

<https://www.um.sav.sk/oddelenia/zameranie-vyskumu/?department=THEO>



Vedúca: RNDr. Anna Krakovská, CSc.

Anna.Krakovska@savba.sk

https://www.um.sav.sk/pracovnici/zakladne-informacie/?user_no=772

Akademické vzdelanie a zamestnanie:

V roku 1987 ukončila štúdium na Matematicko - fyzikálnej fakulte UK v Bratislave, odbor matematická analýza a nastúpila ako vedecko-výskumný pracovník na Ústav merania SAV. V roku 1993 obhájila kandidátsku dizertačnú prácu s názvom *Nelineárna dynamika vybraných biologických systémov*.

Vedúcou oddelenia sa stala v roku 2019 po doc. RNDr. V. Witkovskom, CSc.

Zoznam pracovníkov oddelenia v roku 2023:

Bajla Ivan, prof. RNDr. Ing. PhD. (emeritný profesor)

Grendár Marián, doc. Mgr., PhD.

Hajzoková Laura, Bc.

Chvosteková Martina, Mgr., PhD.

Jakubík Jozef, Mgr., PhD.

Krakovská Anna, RNDr., CSc. (vedúca oddelenia)

Maslíková Jana, Ing.

Mezeiová Kristína, Mgr., PhD.

Porubcová Natália, MUDr.

Rosipal Roman, Ing. Mgr., DrSc. (zástupca vedúcej oddelenia)

Rošťáková Zuzana, Mgr., PhD.

Rublík František, doc. RNDr., CSc.

Teplan Michal, Mgr., PhD.

Vu Viet Hoang, Ing. (doktorand)

Wimmer Gejza, Mgr., PhD.

Witkovský Viktor, doc. RNDr., CSc. (riaditeľ ústavu)

Orientácia vedeckého výskumu v oddelení:

Vedecký výskum Oddelenia teoretických metód je zameraný na rozvoj teoretických a výpočtových metód v matematickej štatistike a aplikovanej matematike pre meranie a metrológiu. V súčasnosti sa venujeme najmä nasledujúcim témam:

- vývoj modelov a techník na analýzu neistôt meraní a zlepšenie presnosti meraní v rôznych oblastiach

- poskytovanie inovatívnych riešení zložitých problémov merania kombináciou teoretických znalostí s praktickými aplikáciami
- lineárne a nelineárne regresné modely, kalibrácia, komplexné rozdelenia pravdepodobnosti, parametrické a neparametrické štatistické metódy, moderné strojové učenie a výpočtové metódy pre biomedicínske a technické aplikácie
- analýza biologických signálov (EKG, EEG) a ďalších experimentálnych časových radov
- aplikácie metód nelineárnych dynamických systémov na rekonštrukciu generujúcej dynamiky, modelovanie, redukciu šumu, predikciu a klasifikáciu nameraných údajov
- vývoj metód na detekciu kauzálnych vzťahov z nameraných časových radov
- vyhodnocovanie zložitosti meraných procesov a systémov s využitím charakteristík, známych z teórie chaosu a fraktálov
- výskum metód aplikovanej štatistiky a strojového učenia pri spracovaní a analýze EEG
- základný a experimentálny výskum v oblasti kognitívnej a výpočtovej neurovedy
- výskum využitia rozhrania mozog-počítač a virtuálnej reality pre neurorehabilitáciu pohybu
- aplikácie digitálnych metód obrazovej analýzy v optickej mikroskopii (napr. bunkových štruktúr) a metód rozpoznávania vzorov
- vývoj metód merania a analýzy biologických účinkov elektromagnetických polí

Projekty riešené v roku 2023:

Tréning v oblasti neistôt merania – projekt na zlepšenie kvality, efektívnosti a šírenia zručností v oblasti analýzy neistoty výsledkov merania – MATHMET

Multilaterálny projekt MATHMET-MUT-2021, 1.10.2021 – 30.9.2023, Viktor Witkovský

Smerovanie k spoľahlivej a užívateľsky prijateľnej symbióze BCI a VR: zameranie na kolaboratívnu neurorehabilitáciu po cievnej mozgovej príhode – ReHaB

ERA-net CHIST ERA IV, 1.1.2022 – 31.12.2024, Roman Rosipal

Európska sieť pre pokrok v elektromagnetických hypertermických medicínskych technológiách

COST CA17115, 4.9.2018 – 31.3.2023, Michal Teplan

Efektívne výpočtové metódy pre charakterizáciu materiálov v nano mierke – ECMeNaM

SK-CZ-RD-21-0109, 1.7.2022 – 30.6.2025, Viktor Witkovský

Pokročilé matematické a štatistické metódy pre meranie a metrológiu – MATHMER

APVV-21-0216, 1.7.2022 – 31.12.2025, Viktor Witkovský

Dôveryhodná interakcia človek–robot a terapeut–pacient vo virtuálnej realite – TInVR

APVV-21-0105, 1.7.2022 – 30.6.2026, Roman Rosipal

Kauzálna analýza nameraných signálov a časových radov

VEGA 2/0023/22, 1.1.2022 – 31.12.2025, Anna Krakovská

Rozdelenia pravdepodobnosti a ich aplikácie v modelovaní a testovaní

VEGA 1/0096/21, 1.1.2021 – 31.12.2023, MÚ SAV: Ján Mačutek (Viktor Witkovský)

Výskum biomedicínskych účinkov nízkofrekvenčných a pulzných elektromagnetických polí

VEGA 2/0124/22, 1.1.2022 – 31.12.2024, Michal Teplan

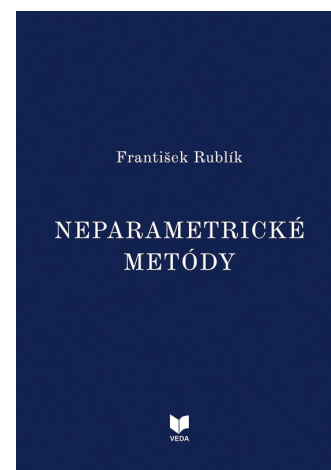
Inteligentná hĺbková mozgová stimulácia ako inovatívna stratégia pre liečbu mozgových porúch

VEGA 2/0057/22, 1.1.2022 – 31.12.2025, Centrum biovied SAV, v.v.i.: Eliyahu Dremencov (Roman Rosipal)

Najvýznamnejšie výsledky dosiahnuté v období rokov 2003-2023:

V rokoch 2003-2006 sme sa v rámci projektov agentúry VEGA (riešitelia V. Witkovský, M. Grendár, F. Rublík, A. Savin, B. Arendacká, K. Hornišová) venovali vyhodnocovaniu porovnávacích meraní. Navrhli sme nové metódy na určenie odhadu medzilaboratórneho rozptylu a na určenie intervalu spoľahlivosti pre konsenznú referenčnú hodnotu CRV. Ďalej boli študované a porovnané vlastnosti testov zhody pre Cauchyho rozdelenie a neparametrické metódy mnohonásobných porovnávaní. Pre vyhodnocovanie meraní v situáciách, keď dostupná informácia postačuje iba na to, aby určila množinu rozdelení, je jedným z cenných nástrojov na výber rozdelenia pravdepodobnosti metóda maximálnej entropie (MaxEnt). Dosiahnuté boli nové výsledky týkajúce sa metódy MaxEnt, predovšetkým pravdepodobnostné zdôvodnenie metódy, jej vzťah k iným štatistickým metódam a hranice jej aplikovateľnosti.

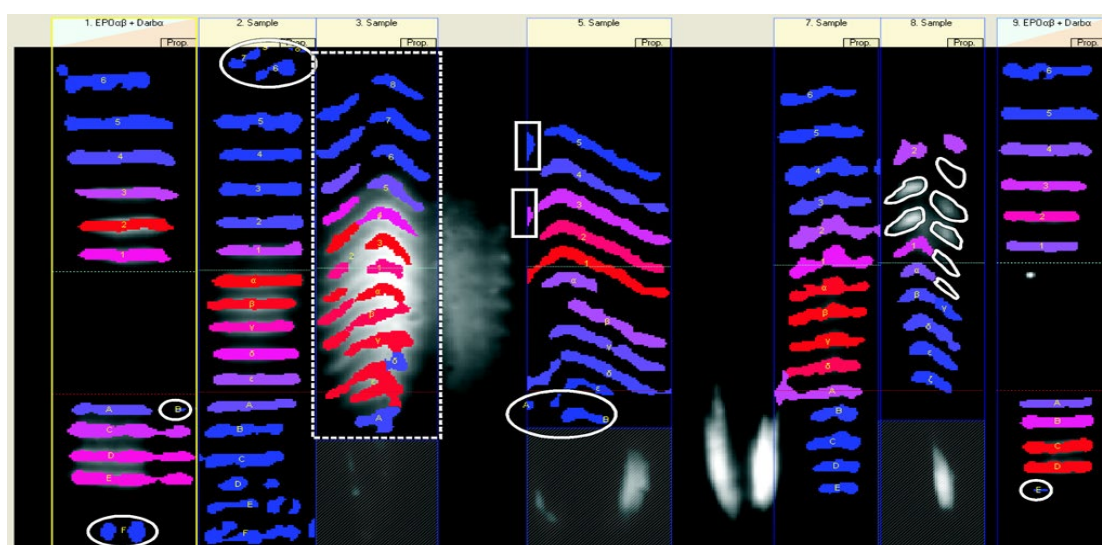
K významným výsledkom uplynulých rokov patrí vydanie monografie Doc. Františka Rublíka, *Neparametrické metódy* (Vydavateľstvo VEDA, ISBN 978-80-224-1187-5, 2011, 709 strán). Podáva rozsiahly výklad matematicko-štatistickej teórie neparametrických metód s dôrazom na ich praktické použitie. Kniha je napísaná tak, aby slúžila záujemcom o matematickú teóriu týchto metód, aj čitateľom prakticky orientovaným. Okrem klasických procedúr obsahuje mnohé nové výsledky (usudzovanie v lokačno-škálových modeloch, náhodné bloky a viacnásobné porovnávanie, simultánne intervaly spoľahlivosti pre podiely disperzií). Ponúka aj nové



detailné dôkazy niektorých fundamentálnych tvrdení, napríklad o štatistickom usudzovaní v prípade zhodných pozorovaní. Pretože aplikácia štatistických procedúr často vyžaduje použitie počítača, v dodatku knihy nájde čitateľ aj kapitolu o balíku programov MATLAB.

K dlhodobo skúmaným štatistickým problémom na našom pracovisku patrí analýza neistoty meraní. Tá vyžaduje vyhodnotenie funkcie hustoty pravdepodobnosti, funkcie kumulatívneho rozdelenia a/alebo kvantilovej funkcie náhodnej premennej primerane spojenej s meranou veličinou. Vo väčšine praktických situácií ich odvodzujeme numericky z charakteristickej funkcie. V metrologických aplikáciách možno takýto prístup použiť na vytvorenie rozdelenia pravdepodobnosti pre výstupnú veličinu meracieho modelu aditívneho, lineárneho alebo zovšeobecneného lineárneho tvaru. V úspešnom príspevku z roku 2016 [Witkovský, 2016] navrhujeme nové originálne algoritmické implementácie metód pre numerickú inverziu charakteristickej funkcie, ktoré sú vhodné najmä pre typické metrologické aplikácie.

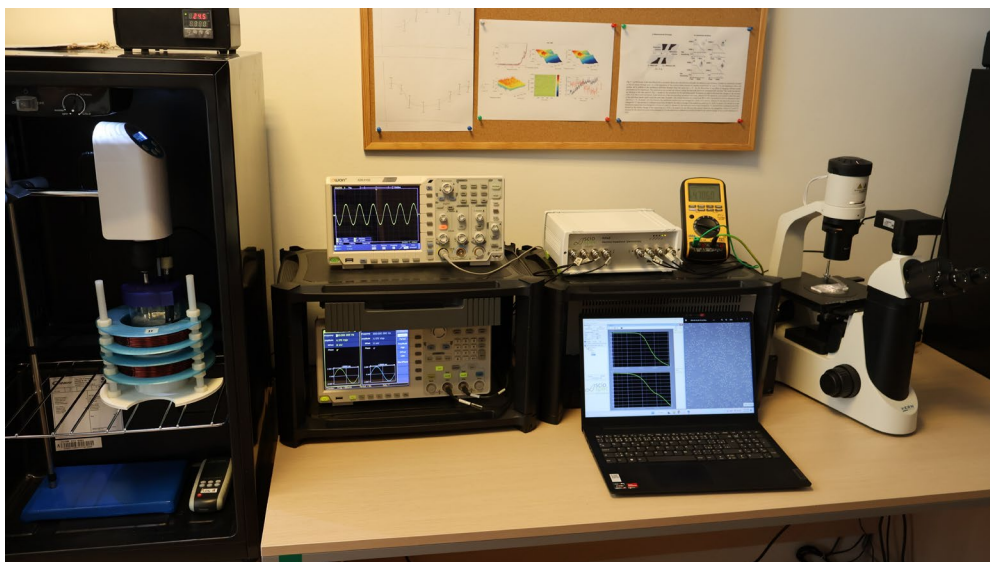
Počas uplynulých 20 rokov sa oddelenie intenzívne venovalo aj aplikačnému výskumu. Spomeňme napríklad výsledky prof. Ivana Bajlu a jeho doktorandov (S. Štolc, K. Valentín a R. Škoviera) a ďalších spoluriešiteľov (F. Rublík, B. Arendacká, K. Hornišová a V. Witkovský) v rámci projektov VEGA 2/7087/27, 1/0077/09 a 2/0019/10. Venovali sa napríklad zvýšeniu presnosti detekcie dopingovej látky erythropoetin u športovcov. V spolupráci s Austrian Research Centers GmbH, Seibersdorf bola vyvinutá originálna metóda predspracovania obrazu - Band Straightening Algorithm (BSA), ktorá významne znižuje klasifikačné chyby pri rozpoznávaní významných objektov v Epo obrazoch. Úspešnosť rozpoznávania významných objektov je jedným z kritických faktorov, ktoré ovplyvňujú konečné rozhodnutie o pozitívnom či negatívnom dopingu športovca. V roku 2006 bola navrhnutá metóda úspešne implementovaná do komerčného softvérového balíka GASepo využívaného v mnohých antidopingových laboratóriách po celom svete.



Epo obraz so segmentovanými objektmi a artefaktami, ktoré je nutné separovať pomocou klasifikácie. Publiko-vané výsledky umožnili optimalizáciu klasifikácie objektov v Epo obrazoch, ktorá bola v systéme GASepo mplementovaná.

Neskôr sa tím, v zostave I. Bajla, S. Štolc, K. Valentín, R. Škoviera, sústredil najmä na rozvoj modelu hierarchickej temporálnej pamäte (HTM) v úlohách počítačového videnia. Autori navrhli novú metódu zberu obrazových dát, ktorá umožňuje rýchlejšie a spoľahlivejšie tréningovanie HTM siete v úlohách klasifikácie statických obrazov. V roku 2018 bol publikovaný aj návrh viacstupňového algoritmu, kombinovaný systém HTM siete a algoritmu vizuálnej pozornosti, ktorý umožňuje lokalizovať jednotlivé objekty vo farebnom obraze komplexných scén [Škoviera, R., Bajla, I., Škovierová, J. Neurocomputing, 2018, 307, s.172-183].

Rozpoznávanie štruktúr a vyhodnocovanie obrazov je dôležité aj pri ďalšej problematike, riešenej M. Teplanom, M. Beretom a v súčasnosti aj doktorandským študentom H. Vu Vietom (projekty MAD SAV-18-11, COST Action CA17115 a VEGA-2/0157/19). Ide biologickú autoluminiscenciu ako neinvazívny nástroj na monitorovanie chemickej a fyzikálnej modulácie oxidácie v kultúrach kvasinkových buniek. Oxidačný metabolizmus je proces, ktorý sa deje v organizmoch počas ich fyziologických aj patofyziologických stavov. Na dátach, nameraných v partnerskom laboratóriu Ústavu fotoniky a elektroniky AV ČR v Prahe, sme ukázali, že biologickú autoluminiscenciu možno použiť na monitorovanie chemickej perturbácie kvasiniek v dôsledku indukovaného oxidatívneho stresu spôsobeného Fentónovými činidlami [Bereta, M., Teplan, M., Chafai, D., Radil, R., Cifra, M. Scientific Reports, 2021, vol. 11, art. no. 328. ISSN 2045-2322]. Ďalej sme ukázali, že pomocou tejto techniky možno študovať vplyv nízkofrekvenčného magnetického poľa na bunkové kultúry kvasiniek.

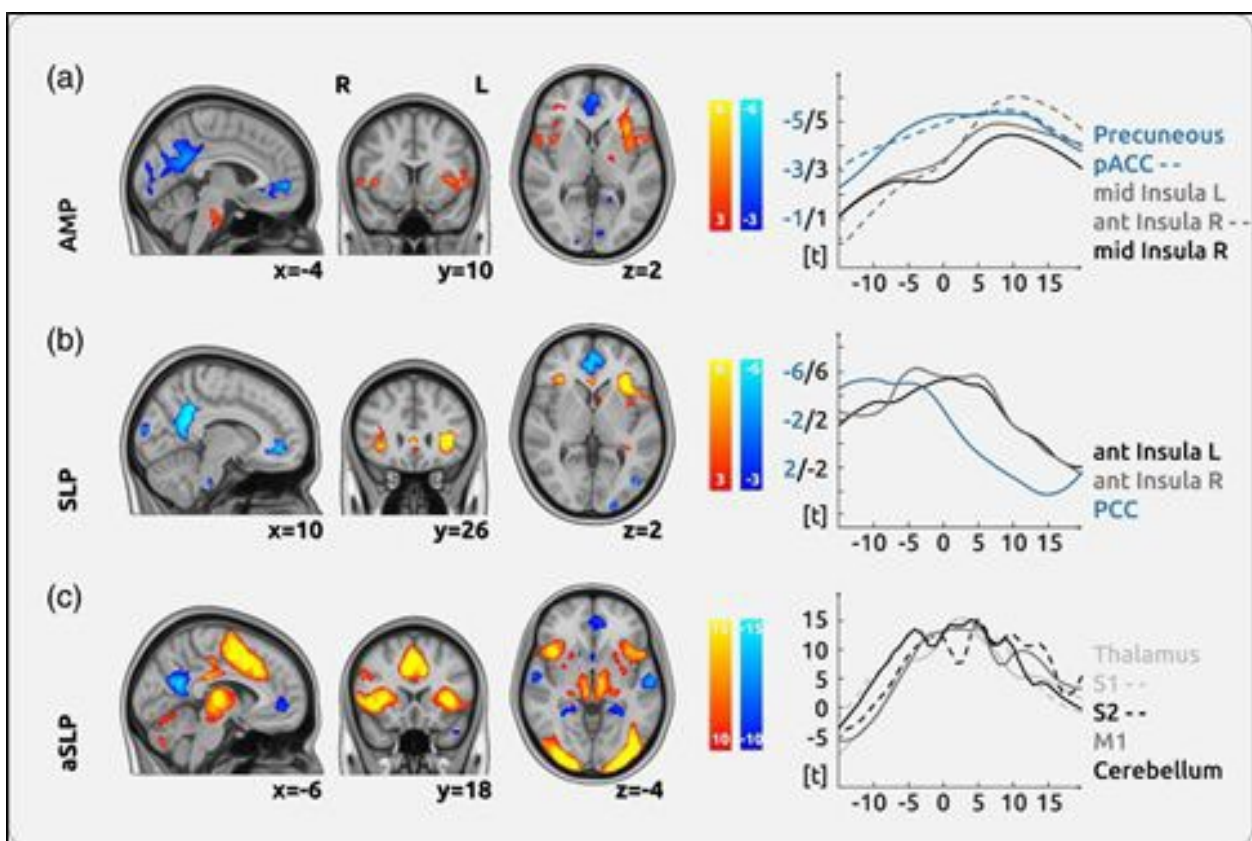


Budovanie experimentálnej platformy na meranie účinkov nízkofrekvenčného magnetického poľa na bunky.

V ďalšom medzinárodnom projekte, 6RP EÚ BAMOD (riešitelia za ÚM: V. Witkovský, B. Arendacká, K. Cimermanová, K. Hornišová, F. Rublík, S. Štolc., G. Wimmer Jr.), sme sa zamerali na výskum metód na diagnostikovanie rakoviny pľúc a pažeráka na základe analýzy prchavých organických zložiek v dychu. Navrhli sme metódy a algoritmy na štatistickú analýzu koncentrácií vydychovaných plynov. Na

základe rozsiahlych klinických štúdií, ktoré sa realizovali v partnerských inštitúciách, bola preskúmaná diskriminačná schopnosť jednotlivých meraných zložiek v dychu s cieľom vytypovania vhodných biomarkerov choroby. Výsledky štúdie boli úspešne publikované [Kushch, 2008], [Schwarz, 2009].

Medzinárodný charakter mal aj výskum, ktorý sa týkal aplikácie štatistických metód na analýzu efektívnosti kognitívnych stratégií na potláčanie bolesti. V spolupráci so zahraničnými partnermi (Neurologická klinika a Katedra lekárskej psychológie, Ludwig-Maximilians-Universität, Mníchov a Department of Clinical Neurosciences, University of Oxford) bol skúmaný efekt troch stratégií potláčania bolesti u zdravých jedincov a neskôr priebeh mozgovej aktivity u pacientov počas migrenózneho cyklu a u pacientov s chronickou bolesťou chrbta.



Ilustrácia kortikálneho spracovania pri chronickej bolesti chrbta (CBP). (a) Kortikálne kódovanie endogénnej intenzity bolesti. (b) Spracovanie zmien intenzity bolesti. (c) Pohybový proces, ktorý si vyžaduje motorickú aktivitu a rozhodovanie. Grafy vpravo ukazujú časovú dynamiku hemodynamického oneskorenia pre niekoľko oblastí vo vzťahu k aktuálnemu hodnoteniu bolesti.

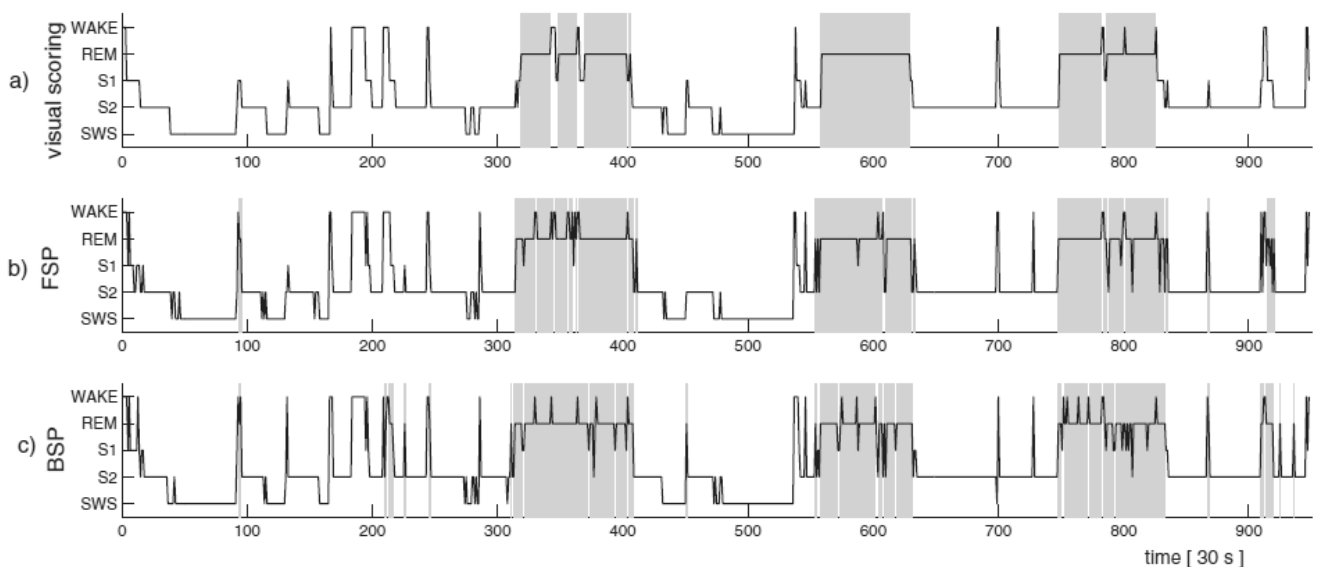
Pomocou funkčnej magnetickej rezonancie bola vykonaná longitudinálna štúdia na určenie rytmicity cerebrálnej perfúzie a hypotalamickej konektivity počas cyklu migrény. Výsledky potvrdzujú úlohu hypotalamu pri rozvoji záchvatov migrény. V našom prístupe sme sa zamerali na objasnenie toho, ako sa vnútorné funkčné siete vyvíjajú v reakcii na kolísavú intenzitu chronickej bolesti. Dôležitým aspektom bola pozorovaná variabilita. Zistili sme, že každý subjekt

má individuálnu úroveň modulácie mozgu. Ukázali sme, že malé zníženie mozgovej aktivity u jedného subjektu môže byť rovnako účinné pri zmene vnímania a správania ako veľké zníženie mozgovej aktivity u iného subjektu. Hlavnou úlohou Ústavu merania SAV bol vývoj softvéru a štatistická analýza dát pomocou lineárnych modelov so zmiešanými pevnými a náhodnými efektmi. Publikované výsledky dosiahli výrazný citačný ohlas [Schulz, Witkovský a spol., 2012], [Schulz, Witkovský a spol., 2015], [Michail, Witkovský a spol., 2016]. Výsledný návrh hodnotenia pretrvávajúcej endogénnej bolesti je sľubným nástrojom na hodnotenie kódovania bolesti pacienta s následným dizajnom kognitívnej stratégie na úľavu od bolesti.

Množstvo úsilia sme venovali aj neurovedeckému výskumu. Analyzovali sme napríklad zmeny elektroencefalografických (EEG) signálov počas tréningu s audiovizuálnou stimuláciou (AVS). Výsledkom sú úspešné publikácie o dlhodobých [Teplan, Krakovská, Štolc, 2006], aj okamžitých účinkoch [Teplan, Krakovská, Štolc, 2011] ovplyvňovania činnosti mozgu pomocou opakujúcich sa monotónnych zrakových a sluchových vnemov. AVS býva deklarovaná ako liečebný nástroj vhodný na korekcie určitých psychických a neurologických porúch. Exaktné štúdium tohto fenoménu pomohlo lepšie porozumieť možnostiam praktických aplikácií AVS a umožniť fundovanejší návrh dizajnu následných klinických štúdií.

V rokoch 2004-2012 sa rozsiahly výskum týkal aj spánku (napr. projekty VEGA 2/7087/27, 2/0019/10 a Bilaterálny projekt SAV - AV ČR, 2012-2014: Moderné metódy spracovania elektrofyziologických signálov). Analyzovali sme celonočné polysomnografické záznamy. Preskúmali sme desiatky charakteristík, zahrňajúcich spektrálne, aj menej tradičné miery známe z oblasti teórie nelineárnych dynamických systémov (napr. fraktálne dimenzie a entropie). Ukázalo sa, že niektoré z nich mimoriadne úspešne detegujú fázy spánku. Naš výskum tiež odhalil, že EEG signály sa vyznačujú mocninným poklesom spektra s fraktálnym exponentom okolo hodnoty 2,8. Prítomnosti škálovo invariantných štruktúr a stochastických procesov typu 1/f šumu sa postupne začína priznávať významná úloha v dynamike fungovania ľudského mozgu.

Úspešne klasifikujúce miery sú potenciálne využiteľné aj samostatne na jemnejšiu analýzu priebehu spánku, alebo ako ľudským rozhodovacím faktorom nezaťažený etalón pri ďalšom výskume spánku. Naše publikácie o spánkovom EEG [Šušmáková 2004], [Šušmáková, Krakovská, 2008], [Krakovská, Mezeiová, 2011] patria k najcitovanejším prácam z tohto obdobia. Nachádzajú potenciálne uplatnenie v spánkových laboratóriách, v neurodiagnostike, neuroterapii, ako aj pri návrhu efektívnych stratégií kontroly poklesu pozornosti. Výsledná metodika a softvér implementovaný v prostredí Matlab umožňujú kvalifikovanému odborníkovi zostaviť efektívny automatický klasifikátor spánkových stavov. Štyri až päť vhodne zvolených charakteristík stačí na dosiahnutie chyby klasifikácie pod 20 %. To je výsledok, zhodný s úrovňou špičkových expertov vizuálnej detekcie spánkových stavov.



(a) - hypnogram špecialistu, ktorý každému 30 sek. úseku celonočného merania po krátkom vizuálnom posúdení priradil jeden zo spánkových stavov; (b) - najlepšia automatická klasifikácia, založená na 14 charakteristikách; (c) - úspešný klasifikátor, využívajúci len 4 miery

Spánku, konkrétne pravdepodobnostného modelu pre lepšiu objektivizáciu jeho kvality, sa týkala aj časť výskumu R. Rosipala v rámci projektov VEGA 1/0503/13 a MZ SR 2012/56-SAV-6. Hoci niektoré štúdie čiastočnej spánkovej deprivácie a fragmentácie spánku už v minulosti odhalili dôležité indicie vedúce ku kognitívnym poruchám, veľkou výzvou bola otázka architektúry typického spánku dobrej kvality. Potreba objektívnej kvantifikácie kvality spánku je navyše podporená aj faktom, že subjektívne hodnotenia ospalosti alebo únavy vykazujú obmedzenú súvislosť so skutočnou schopnosťou kognitívneho výkonu. S cieľom obohatiť výsledky sme navrhli a experimentálne overili platnosť koncepčne nového spojeného pravdepodobnostného modelu spánku. Významným prínosom modelu pre danú oblasť je schopnosť modelovania detailnej mikroštruktúry spánkového procesu. Výskum prebiehal v spolupráci s kolegami z Lekárskej univerzity vo Viedni a vyústil do úspešných publikácií ako [Rosipal, Lewandowski, Dorffner, 2013]) a tiež publikácie, ktorá vznikala v období doktorandského štúdia Z. Rošťákovvej (2015-2018) [Rošťáková, Z., Rosipal, R. Profiling continuous sleep representations for better understanding of the dynamic character of normal sleep. *Artificial Intelligence in Medicine*, 2019, vol. 97, p. 152-167].

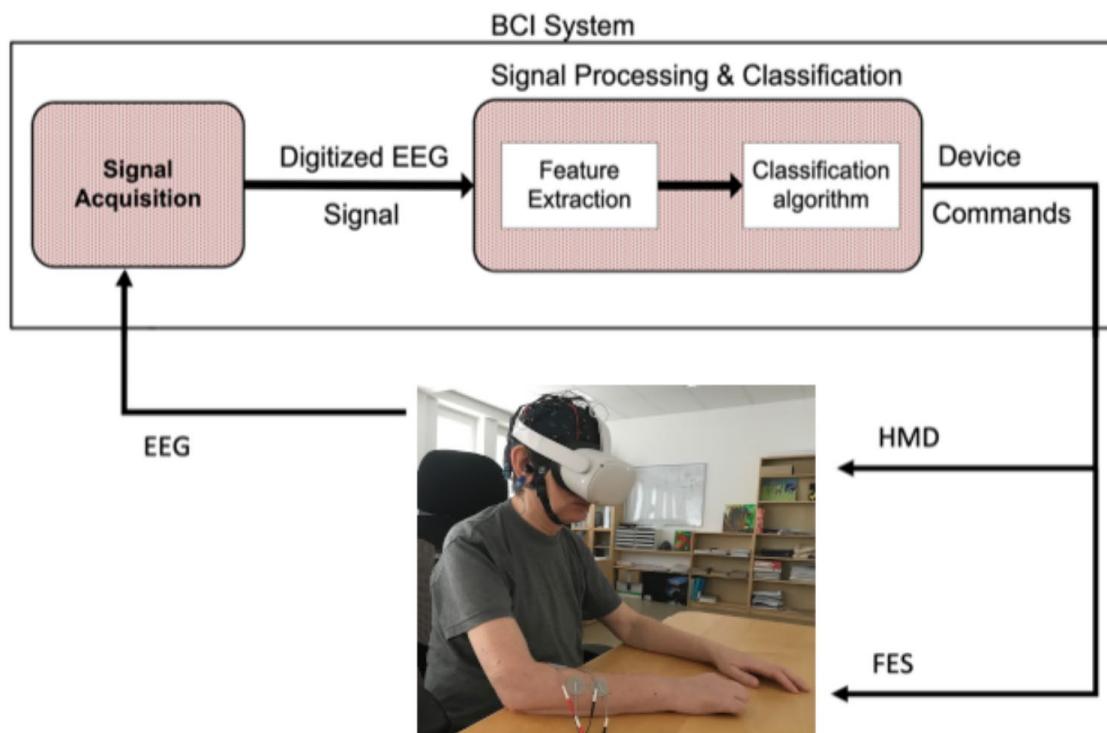
R. Rosipal prispel neskôr aj výskumom v oblasti monitorovania mentálnej únavy [Trejo, Rosipal a spol., 2015]. Následne, v rámci projektov APVV-0668-12, APVV-16-0202, APVV-21-0105 a VEGA 2/0011/16 a 2/0023/22, sa so svojim tímom sústredil na výskum rehabilitácie poškodených motorických dráh a funkcií pacientov po mozgovej príhode. Základom takzvanej zrkadlovej terapie je vizuálna spätná väzba imitujúca pohyb poškodenej končatiny. Po presnom meraní a použití novej metodológie extrakcie oscilačných EEG zložiek, bolo u pacienta po ischemickej mozgovej príhode zistené, že zrkadlová terapia vyvolala v oboch hemisférach dlhodobé zmeny niektorých motorických oscilačných rytmov.



Vľavo: pacient pri zrkadovej terapii. Vpravo: robotické rameno na motorickú neurorehabilitáciu

Jedná sa o nový poznatok, indikujúci, že terapia zlepšuje poškodenú motoriku nielen na behaviorálnej úrovni, ale vedie aj k zmenám mozgovej plasticity a poskytuje objektívny neurálny korelát efektu terapie [Rosipal, Porubcová et al., Journal of Neurophysiology, 2019, vol. 121, no. 2, p. 620-633]. Použitú metodológiu sme rozvinuli a aplikovali pri konštrukcii robotického ramena dizajnovaného pre účely efektívnej motorickej neurorehabilitácie.

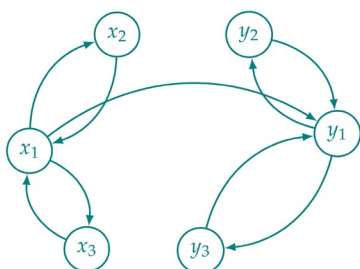
Pri ďalšej ambícii - budovať riešenia, využívajúce rozhranie mozog-počítač, je dôležitá dôkladná teoretická príprava. Detekcia a zmeny oscilačných rytmov v EEG signáli sú kľúčové pre pochopenie procesov prebiehajúcich v mozgu počas experimentov zameraných na moduláciu mozgovej aktivity.



Architektúra rozhrania mozog-počítač

V r. 2022 sme publikovali štúdiu, ktorá sa venuje simulácii EEG dát kopírujúc základné vlastnosti reálneho EEG s cieľom demonštrovať výhody navrhovaných metód (tenzorickej dekompozície PARAFAC a Tuckerovho modelu) [Rosipal, R., Rošťáková, Z., Trejo, L. J., Biological Psychology, 2022, vol. 169, art. no. 108287]. Simulované EEG dáta nám pomohli posúdiť vhodnosť aplikácie existujúcich metód stanovenia počtu latentných komponentov v modeli a potvrdili relevantnosť nami navrhovaného heuristického prístupu [Rošťáková, Z., Rosipal, R. Neural Computing & Applications, 2022, vol. 34, p. 14793-14805].

Na záver spomeňme oblasť kauzálnej analýzy nameraných signálov a časových radov. Aj tejto téme sa intenzívne venujeme už niekoľko rokov (napr. projekty VEGA 2/0011/16, 2/0081/19, APVV-15-0295, MAD - Bilaterálny mobilný projekt, SAV-AV ČR 15-18). Kľúčovými riešiteľmi sú A. Krakovská, M. Chvosteková a J. Jakubík a dôležitým zahraničným partnerom je Ústav informatiky AV ČR v Prahe. Testujeme existujúce metódy a navrhujeme vlastné riešenia (metóda optimalizovaných zmiešaných predikcií, metóda vzájomných predikcií, využitie korelačnej dimenzie). V rozsiahlej porovnávacej štúdií sme ukázali, že klasický test Grangerovej kauzality je vhodné použiť len pri časových radoch, umožňujúcich autoregresívne modelovanie. Novo-navrhnuté metódy sú účinnejšie pri výzvach, akými sú prepojenie medzi zložitými nelineárnymi systémami, alebo zdanlivá kauzalita v dôsledku externých vplyvov [Krakovská a spol, 2018].



Predpokladáme, že uzly v grafe symbolizujú systémy alebo podsystémy a sú charakterizované časovými radmi nameraných hodnôt. V rámci analýzy sa snažíme zrekonštruovať príslušný graf so smerovanými (kauzálnymi) interakciami.

Ukázali sme tiež, že detekcia oneskorenej kauzality je vo všeobecnosti problémom, ktorý nie je vyriešený, podobne ako aj paradox ohľadne smeru času v kauzálnych prepojených deterministických dynamických systémoch. Prvý princíp Grangerovej kauzality o chronologickom poradí príčiny a následku prináša ale prekvapenia aj pri štúdiu dôsledkov časového otočenia procesov generovaných obyčajným lineárnym autoregresným modelom. Ako sme zdôraznili v štúdií, vypracovanej s kolegami z AV ČR, v mnohých ohľadoch stojíme pred výzvou prehodnotiť od základov súčasné techniky kauzálnej analýzy [Paluš, Krakovská, Jakubík, Chvosteková, 2018].

Vybrané (najcitovanejšie) publikácie v období rokov 2003-2023

KRAKOVSKÁ, A. – JAKUBÍK, J. – CHVOSTEKOVÁ, M. – COUFAL, D. – JAJCAY, N. – PALUŠ, M. Comparison of six methods for the detection of causality in a bivariate time series. In

- Physical Review E, 2018, vol. 97, art. no. 042207. (2017: 2.284 – IF, Q1 – JCR, 0.979 – SJR, Q1 – SJR, CCC). (2018 – Current Contents, WOS, SCOPUS). ISSN 2470-0045
- PALUŠ, M. – KRAKOVSKÁ, A. – JAKUBÍK, J. – CHVOSTEKOVÁ, M. Causality, dynamical systems and the arrow of time. In Chaos : An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, 2018, vol. 28, no. 7, art. no. 075307. (2017: 2.415 – IF, Q1 – JCR, 0.716 – SJR, Q2 – SJR, CCC). (2018 – Current Contents). ISSN 1054-1500
- TRAFIMOW, D. – GRENDÁR, M. – et al. Manipulating the alpha level cannot cure significance testing. In Frontiers in Psychology, 2018, vol. 9, art. no. 699. (2017: 2.089 – IF, Q2 – JCR, 1.043 – SJR, Q1 – SJR, CCC). (2018 – Current Contents). ISSN 1664-1078
- MICHAIL, G. – DRESEL, C. – WITKOVSKÝ, V. – STANKEWITZ, A. – SCHULZ, E. Neuronal oscillations in various frequency bands differ between pain and touch. In Frontiers in Human Neuroscience, 2016, vol. 10, art. no. 182. (2015: 3.634 – IF, Q1 – JCR, 1.964 – SJR, Q1 – SJR). ISSN 1662-5161
- WITKOVSKÝ, V. Numerical inversion of a characteristic function: An alternative tool to form the probability distribution of output quantity in linear measurement models. In Acta IMEKO, 2016, vol. 5, no. 3, p. 32-44. (2015: 0.136 – SJR, Q4 – SJR). (2016 – SCOPUS). ISSN 2221-870X
- TREJO, L.J. – KUBITZ, K. – ROSIPAL, R. – KOCHAVI, R.L. – MONTGOMERY, L.D. EEG-based estimation and classification of mental fatigue. In Psychology, 2015, vol. 6, no. 5, p. 572-589. ISSN 2152-7180
- SCHULZ, E. – MAY, E.S. – POSTORINO, M. – TIEMANN, L. – NICKEL, M.M. – WITKOVSKÝ, V. – SCHMIDT, P. – GROSS, J. – PLONER, M. Prefrontal gamma oscillations encode tonic pain in humans. In Cerebral Cortex, 2015, vol. 25, no. 11, p. 4407-4414. (2014: 8.665 – IF, Q1 – JCR, 4.887 – SJR, Q1 – SJR, CCC). (2015 – Current Contents). ISSN 1047-3211
- KRAKOVSKÁ, A. – MEZEIOVÁ, K. – BUDÁČOVÁ, H. Use of false nearest neighbours for selecting variables and embedding parameters for state space reconstruction. In Journal of Complex Systems, 2015, article ID 932750, p. 1-12. ISSN 2356-7244
- ROSIPAL, R. – LEWANDOWSKI, A. – DORFFNER, G. In search of objective components for sleep quality indexing in normal sleep. In Biological Psychology, 2013, vol. 94, no. 1, p. 210-220. (2012: 3.399 – IF, Q1 – JCR, 1.909 – SJR, Q1 – SJR, CCC). (2013 – Current Contents). ISSN 0301-0511
- MEZEIOVÁ, K. – PALUŠ, M. Comparison of coherence and phase synchronization of the human sleep electroencephalogram. In Clinical Neurophysiology, 2012, vol. 123, no. 9, p. 1821-1830. (2011: 3.406 – IF, Q1 – JCR, 1.717 – SJR, Q1 – SJR, CCC). (2012 – Current Contents). ISSN 1388-2457
- SCHULZ, E. – TIEMANN, L. – WITKOVSKÝ, V. – SCHMIDT, P. – PLONER, M. Gamma oscillations are involved in the sensorimotor transformation of pain. In Journal of Neurophysiology, 2012, vol. 108, p. 1025-1031. (2011: 3.316 – IF, Q2 – JCR, 2.848 – SJR, Q1 – SJR, CCC). (2012 – Current Contents). ISSN 0022-3077
- KRAKOVSKÁ, A. – MEZEIOVÁ, K. Automatic sleep scoring: A search for an optimal combination of measures. In Artificial Intelligence in Medicine, 2011, vol. 53, no. 1, p. 25-33. (2010: 1.568 – IF, Q2 – JCR, 0.619 – SJR, Q2 – SJR, CCC). (2011 – Current Contents). ISSN 0933-3657
- TEPLAN, M. – KRAKOVSKÁ, A. – ŠTOLC, S. Direct effects of audio-visual stimulation on EEG. In Computer Methods and Programs in Biomedicine, 2011, vol. 102, no. 1, p. 17-24. (2010: 1.238 – IF, Q2 – JCR, 0.540 – SJR, Q2 – SJR, CCC). (2011 – Current Contents). ISSN 0169-2607

ROSIPAL, R. Nonlinear partial least squares: An overview. In Chemoinformatics and Advanced Machine Learning Perspectives: Complex Computational Methods and Collaborative Techniques. – IGI Global, 2010, p. 169-189. ISBN 978-1-61520-911-8

SCHWARZ, K. – PIZZINI, A. – ARENDACKÁ, B. – WITKOVSKÝ, V. et al. Breath acetone – aspects of normal physiology related to age and gender as determined in a PTR-MS study. In Journal of Breath Research, 2009, vol. 3, p. 027003. (2008: 0.418 – SJR, Q2 – SJR). (2009 – WOS, SCOPUS). ISSN 1752-7155

ŠUŠMÁKOVÁ, K. – KRAKOVSKÁ, A. Discrimination ability of individual measures used in sleep stages classification. In Artificial Intelligence in Medicine, 2008, vol. 44, p. 261-277. (2007: 1.825 – IF, Q1 – JCR, 0.993 – SJR, Q1 – SJR, CCC). (2008 – Current Contents). ISSN 0933-3657

KUSHCH, I. – ARENDACKÁ, B. – ŠTOLC, S. – WITKOVSKÝ, V. et al. Breath isoprene – aspects of normal physiology related to age, gender and cholesterol profile as determined in a proton transfer reaction mass spectrometry study. In Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, 2008, vol. 46, no. 7, p. 1011-1018. (2007: 1.741 – IF, Q2 – JCR, 0.662 – SJR, Q2 – SJR). ISSN 1434-6621

TEPLAN, M. – KRAKOVSKÁ, A. – ŠTOLC, S. EEG responses to long-term audio-visual stimulation. In International Journal of Psychophysiology, 2006, vol. 59, p. 81-90. (2005: 2.584 – IF, Q1 – JCR, 1.269 – SJR, Q1 – SJR, CCC). (2006 – Current Contents). ISSN 0167-8760

ŠUŠMÁKOVÁ, K. Human sleep and sleep EEG. In Measurement Science Review, 2004, vol. 4, p. 59-74. ISSN 1335-8871

ROSIPAL, R. – TREJO, L.J. – MATTHEWS, B. Kernel PLS-SVC for linear and nonlinear classification. In Twentieth International Conference on Machine Learning (ICML-2003). Editors T. Fawcett, N. Mishra. – 2003, p. 640-647. ISBN 0-1-57735-189-4

ROSIPAL, R. Kernel partial least squares for nonlinear regression and discrimination. In Neural Network World, 2003, vol. 13, no. 3, p. 291-300. ISSN 1210-0552

ODDELENIE ZOBRAZOVACÍCH METÓD

<https://www.um.sav.sk/oddelenia/zameranie-vyskumu/?department=MRI>



Vedúci: Ing. Pavol Szomolányi, PhD.

pavol.szomolanyi@savba.sk

https://www.um.sav.sk/pracovnici/zakladne-informacie/?user_no=791

Akademické vzdelanie a zamestnanie:

V roku 1990 ukončil štúdium na Elektrotechnickej fakulte STU v Bratislave, odbor Rádioelektronika, špecializácia Lekárska technika a nastúpil ako PhD študent na Elektrotechnickej fakulte STU v Bratislave, pričom školiacim pracoviskom bol Ústav merania SAV. V roku 1996 obhájil kandidátsku dizertačnú prácu s názvom: *Príspevok k meraniu nehomogenity bázoového magnetického poľa v experimentálnej NMR tomografii.*

Zoznam pracovníkov oddelenia v roku 2023:

Andris Peter, Ing., PhD. (do 31.12.2022 zástupca vedúceho oddelenia)

Dermek Tomáš, Ing.

Frollo Ivan, Prof., Ing., DrSc. (do 31.12.2022 vedúci oddelenia)

Gogola Daniel, Ing., PhD. (zástupca vedúceho oddelenia)

Kovačič Štefan

Krafčík Andrej, RNDr., PhD.

Přibíl Jiří, Ing., PhD.

Szomolányi Pavol, Ing., PhD. (vedúci oddelenia)

Valkovič Ladislav, Assoc. Prof. Ing., PhD.

Zoznam bývalých pracovníkov oddelenia v období rokov 2003 – 2023:

Bačiak Ladislav, Mgr. PhD., Budinský Ľuboš, Ing. CSc., Burda Andrej, Mgr., Holúbeková Zuzana, Ing., Jellúš Vladimír, Ing. CSc., Juráš Vladimír, Mgr. PhD., Krížik Miroslav, Ing., Kubíniová Jana, Ing., Obrcian Jaroslav, Ing., Plačková Anna, RNDr., Pietrzyk Boris, Ing., Senaj Viliam, RNDr. CSc., Strolka Igor, Ing. PhD., Štrbák Oliver, RNDr. PhD., Škvarček Lubomír, Ing., Vadovič Rastislav, Ing. CSc., Vojtíšek Lubomír, Ing. PhD., Weis Ján, Ing. CSc., Žembery Peter, Ing.

Orientácia vedeckého výskumu v oddelení:

Vedecký výskum Oddelenia zobrazovacích metód je zameraný na vývoj a implementáciu nových kvalitatívnych ako aj kvantitatívnych diagnostických metód pri zobrazovaní tkanív ľudského tela metódou Magnetickej rezonancie (MRI). Ďalej je výskum zameraný na nedeštruktívne merania neživých vzoriek pomocou MRI.

V súčasnosti sa venujeme najmä nasledujúcim témam:

- vývoj nových diagnostických metód určených na MRI kĺbových chrupaviek pri nízkom magnetickom poli – MRI skener Esaote OPERA,
- vývoj a testovanie prototypu nízkopolového celotelového MRI skenera, vyvinutého v podmienkach UM SAV,
- vývoj a realizácia etalónu magnetického poľa,
- riešenie dynamiky translačného a rotačného pohybu sférických častíc nestacionárne sa pohybujúcich v tekutom prostredí,
- vplyv koncentrácie makrocyclických kontrastných činidiel na báze gadolína v ľudskej plazme na intenzitu MRI signálov pri 1.5 T a 3.0 T pri rôznych pulzných sekvenciách,
- mapovanie hluku a vibrácií v prostredí NMR tomografov so slabým magnetickým poľom.

Projekty riešené v roku 2023:

MRChrupavky – Automatický nástroj na vyhodnocovanie kvantitatívnych MRI štúdií kĺbovej chrupavky

APVV-21-0299; 01.07.2022 – 30.06.2026, Pavol Szomolányi

ETMP - Vývoj a realizácia etalónu statického magnetického poľa na báze magnetickej rezonancie

APVV-19-0032; 01.07.2020 – 30.06.2023, Peter Andris

Zobrazovacie metódy na báze magnetickej rezonancie pre medicínsku diagnostiku a materiálový výskum.

VEGA 2/0003/20; 01.01.2020 – 31.12.2022, Peter Andris

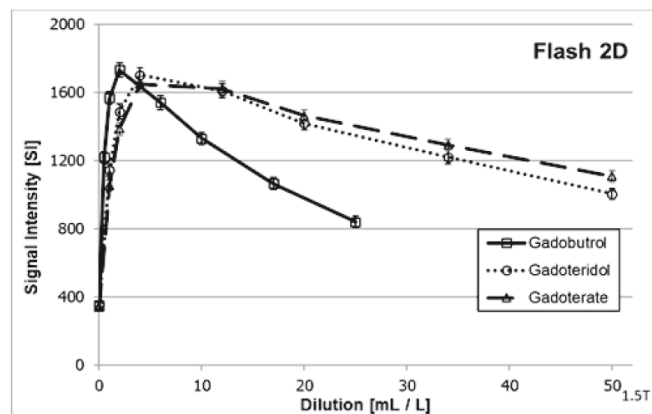
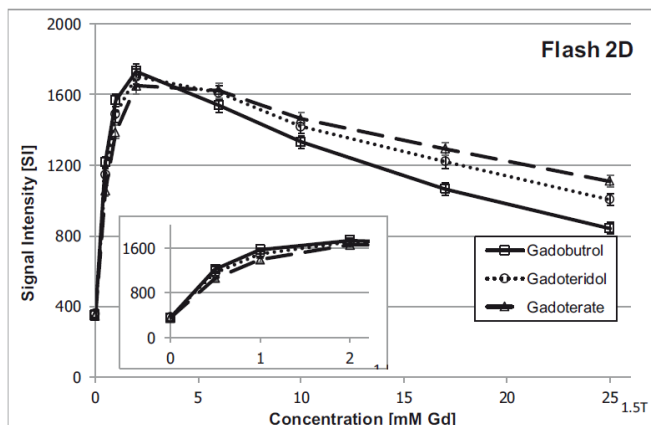
Výskum vlastností magnetických nanočastíc pre účely zobrazovania v biomedicínskej diagnostike na báze metód magnetickej rezonancie

VEGA 2/0004/23; 01.01.2023 – 31.12.2025, Jiří Přibíl

Najvýznamnejšie výsledky dosiahnuté v období rokov 2003-2023:

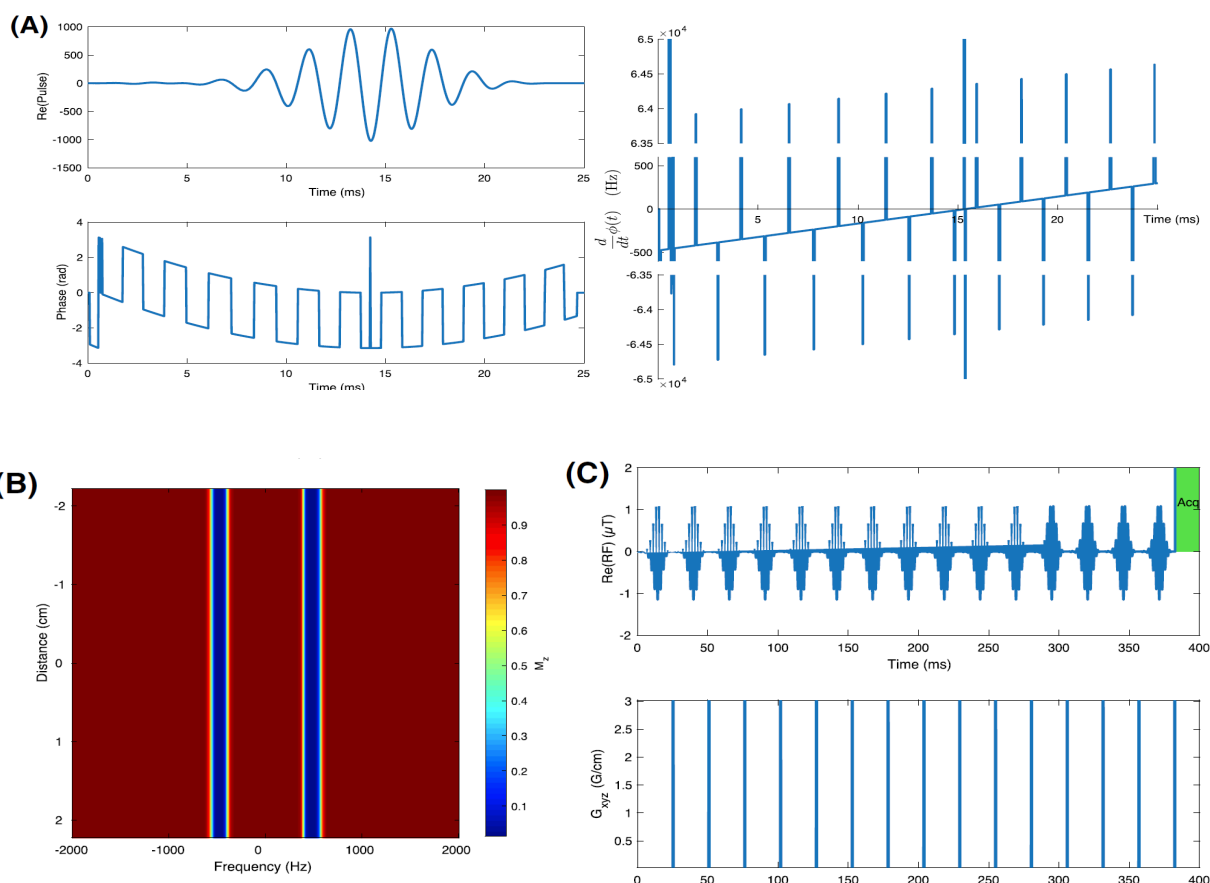
Mnoho faktorov viažúcich sa ku **aplikácii kontrastných látok v magnetickej rezonancii** (MRI) ovplyvňuje zvýšenie intenzity NMR signálu. Bol posúdený vplyv rôznych koncentrácií kontrastných látok založených na gadolínium a zriedení makrocyclických kontrastných látok na báze gadolína (GBCA) na intenzitu signálu. Realizovaná fantómová štúdia skúmala gadobutrol, gadoteridol a gadoterát pri teplote 37 °C v ľudskej plazme zdravého darcovského objektu. Rôzne molárne koncentrácie slúžili na overovanie podmienok, ktoré sú zvyčajne relevantné pri ustálenom zobrazovaní; rôzne riedenia slúžili na napodobňovanie vplyvu klesajúcej koncentrácie kontrastných látok na MRI zobrazovanie nasledujúcim po aplikovaní

dávky kontrastnej látky. Na meranie intenzity signálu boli použité dva magnetické skenery (Siemens). Merania boli uskutočnené v centrálnej vrstve testovaných skúmaviek. V sérii koncentrácií gadobutrol vykazuje najvyššiu intenzitu signálu zo všetkých troch GBCA, po ktorých nasledoval gadoteridol a gadoterát [1,2]. Medzi aplikovanými magnetickými poľami 1.5 T a 3.0 T neboli pozorované žiadne veľké rozdiely. V zriedovacej sérii gadobutrol vykazuje najvyššiu intenzitu signálu zo všetkých troch kontrastných látok na báze gadolína.



Intenzity signálu troch makrocyclických GBCA v rôznych koncentráciách a rôzne zriedenia pri 1,5 T v plazmatickej GBCA, kontrastnej látke na báze gadolína.

V spolupráci s Radcliffe Department of Medicine sme pracovali na štúdiu Adenozíntrifosfátu (ATP). Jedná sa o organickú zlúčeninu, ktorá poskytuje energiu na riadenie všetkých procesov v živých bunkách, ako napríklad: svalová kontrakcia či šírenie nervových impulzov. **Experimenty s využitím techník saturačného transferu fosforovej spektroskopie je možné využiť pre kvantifikáciu metabolických reakcií ATP neinvazívne.** Typicky sa v srdci skúma len syntéza ATP cez reakciu kreatínkinázy, pozorovaním poklesu fosfokreatínu (PCr) po saturácii γ -ATP. Kvantifikácia opačnej reakcie, čiže celkového využitia ATP je v súčasnosti nedostatočne preskúmaná, pretože si vyžaduje súbežnú saturáciu signálov anorganického fosfátu (Pi) i PCr. Preto bol navrhnutý nový kvázidiabatický rádiový impulz pre dvojitú saturáciu, čo umožnilo stanovenie celkového využitia ATP [3]. Impulzy boli hodnotené v simuláciách Blochovej rovnice v porovnaní s konvenčným saturačným pulzom. Následne bola technika aplikovaná na meranie v potkanom srdci pri 11,7 T.

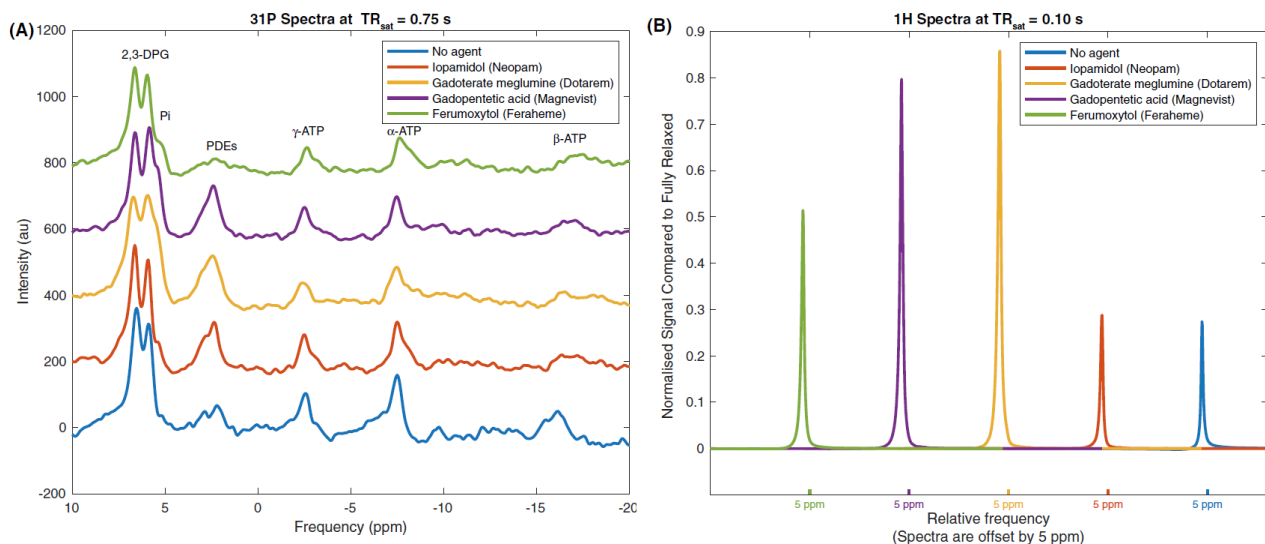


Navrhnutý kvázi-adiabatický optimálny riadiaci impulz, s reálnou časťou impulzu a jeho fázou (A, hore, dole) spolu s rýchlosťou zmeny fázy (vpravo). To ukazuje jasnú lineárnu frekvenčnú rampu s kompenzáciou a naznačuje adiabatickú povahu impulzu. Je tiež znázornený jeho excitačný profil ako funkcia priestoru a frekvencie (B) vyjadrená ako hodnota M_z po impulze, ktorá nevykazuje žiadnu spektrálnu ani priestorovú závislosť. Impulz môže byť potom integrovaný do saturačného reťazca, po ktorom nasleduje príjem signálu (hore) doplnený o rozfázovacie gradienty po každej excitácii (dole), ako je znázornené v (C).

V spolupráci s Radcliffe Department of Medicine sme ďalej pracovali na fosforovej MR spektroskopii (31P-MRS). Táto tvorí silný, neinvazívny výskumný nástroj na **kvantifikáciu energetického metabolizmu srdca a kostrového svalstva v rôznych populáciách pacientov**. V tejto práci sme najskôr kvantitatívne hodnotil vplyv kontrastných látok, používaných v rádiológii, na relaxačné parametre 31P energetických metabolitov. Okrem kontrastných látok na báze Gadolína, často používaných pri MR, sme skúmali i nízko osmolárnu kontrastnú látku na báze jódu, ktorá sa často používa pri CT vyšetreniach.

Naše výsledky ukazujú, že na rozdiel od konvenčného MR zobrazovania na báze vodíka, 31P-MRS nie je ovplyvnená týmito kontrastnými látkami a teda poskytuje verné meranie i u pacientov, ktorí mali predchádzajúce MRI alebo CT vyšetrenie. Ďalej sme skúmali zmeny v metabolizme svalov spôsobené starnutím. Protónová (1H) a fosforová (31P) MRS bola úspešne aplikovaná na neinvazívne vyšetrenie metabolizmu kostrového svalstva v pokoji i počas cvičenia. Starším dobrovoľníkom sa fosfokreatín (PCr) po cvičení obnovoval oveľa pomalšie ako mladým dobrovoľníkom. Seniori mali taktiež nižšie pH po telesnom cvičení, čo malo úzky

súvis s nižšou koncentráciou karnozínu vo svaloch u seniorou. Karnozín má teda potenciálne pozitívne účinky proti starnutiu svalových buniek. MRS sa použila aj na detekciu zmien v metabolizme srdca u pacientov so zlyhávajúcim srdcom. ^{31}P MRS preukázala slabšiu produkciu adenosín-tri-fosfátu a kvantifikovala znížené hladiny transportnej molekuly PCr, zatiaľ čo karbónová (^{13}C) MRS umožnila sledovať metabolizmus glukózy v reálnom čase [4]. Tieto techniky umožňujú testovať metabolické deficity srdcového zlyhania, a majú teda veľký klinický potenciál.

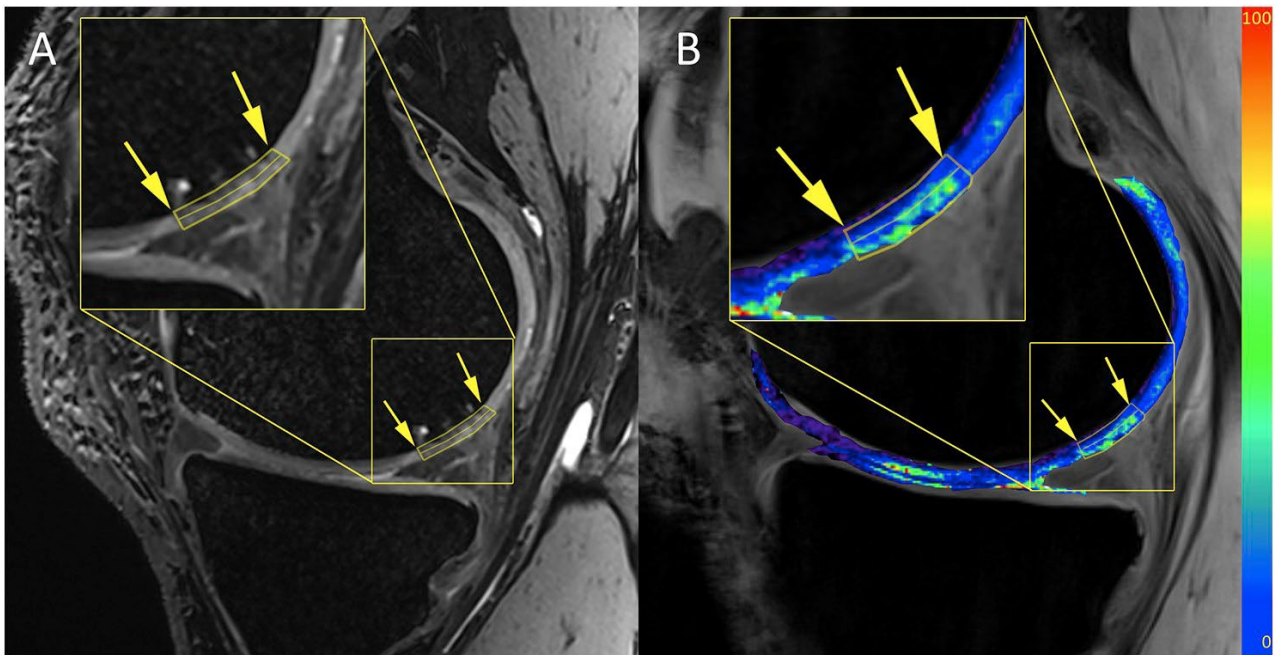


Reprezentatívne spektrá získané z ľudskej krvi pred a po pridaní kontrastných látok.

(A) Údaje ^{31}P -MRS ukazujú, že veľkosti 2,3-DPG, PDE, γ -ATP a α -ATP nie sú ovplyvnené akoukoľvek kontrastnou látkou.

(B) Údaje ^1H -MRS ukazujú, že vodíkový signál sa významne zvyšuje po pridaní kontrastných látok na báze Gadolinia ako aj po ferumoxytole.

V spolupráci s Centrom vysokého magnetického poľa Lekárskej univerzity vo Viedni sme pracovali na výskume chrupavky ľudskeho tela. Cieľom výskumu bolo navrhnúť metódu **mapovania T2-relaxačných parametrov ako možný marker pre neliečené ľudské kĺbové chrupavky** počas doby jedného roka, sledovanie možných zmien a porovnať spoľahlivosť a citlivosť navrhutej metódy pri vysokom magnetickom poli (3 T) a ultra-vysokom magnetickom poli (7T) MRI zobrazovacích systémov. Zmena hodnôt T2 získaná na 3T MRI bola nameraná metódou " three-dimensional triple-echo steady-state " môže slúžiť ako potenciálny marker jemných zmien kolagénovej štruktúry chrupavky v priebehu vývoja lézie. 7T T2 mapovanie neodráža tieto zmeny pravdepodobne kvôli veľmi krátkym T2 komponentom [5,6]. Nová metóda má možné využitie v klinickej praxi a ako zdroj pre ďalší výskum.

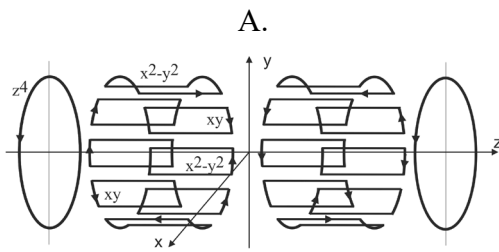


Příklad T2 máp a segmentácia chrupavky dvojitej vrstvy chrupavky u pacienta s poškodením chrupavky v počiatočnom štádiu získanej pri 7T.

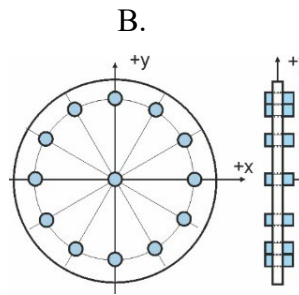
A) Obrázok získaný pomocou „three-dimensional double-echo steady-state“ sekvenciou s léziou vymedzenej žltými šípkami.

B) T2 mapa reprezentovaná F0 kontrastom zo sekvencie „three-dimensional double-echo steady-state“. Hodnoty T2 farebnej škály v milisekundách

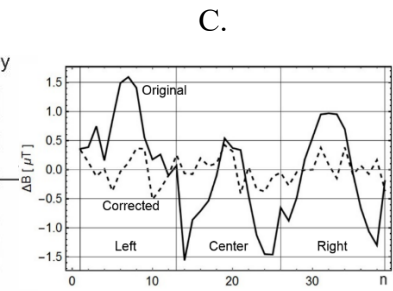
Pri ďalšom vývoji prototypu nízko-poľového MRI skenera v podmienkach Ústavu merania SAV sme sa zamerali na homogenitu bázo­vého magnetického poľa. Zobrazovanie na báze magnetickej rezonancie vyžaduje zdroj magnetického poľa najvyššej homogenity pre celý objem skúmaného objektu. Na dosiahnutie uvedeného cieľu sme návrhli sériu korekčných (shim) cievok, ktoré majú za úlohu jemne upraviť homogenitu magnetického poľa na požadovanú úroveň a to tak, že maximálna odchýlka ($\pm 1\text{ppm}$) teoretické výpočty a úprava homogenity celotelového tomografu, na základe troch metód merania statického magnetického poľa. Merania sa vykonali pomocou magnetometra na základe Hallovho javu, bodového MR magnetometra a Gradient-echo zobrazovacej metódy aplikované na testovacie kruhové skúmavky. Všetky merania magnetického poľa boli orientované na jeden bod v strede kruhu a 12 meracích bodov na jeho obvod. Sústava lineárnych rovníc, určovanie cieľovej funkcie a optimalizácia výpočtov sú postupy, ktoré zabezpečujú optimálne hodnoty prúdov korekčných cievok. Výsledky všetkých troch metód boli porovnané a analyzované. Z hľadiska aplikácií, navrhované metódy sú vhodné pre pravidelné testovanie a korekcie nehomogenít zdrojov magnetického poľa pre MRI prístroje. Vyvinutý matematický nástroj je možné využiť aj na iných fyzikálnych objektoch, ktorých parametre sú ovplyvniteľné externými zdrojmi polí, signálov či žiarení [7, 8].



Zobrazenie vybraných korekčných cievok celotelového NMR tomografu

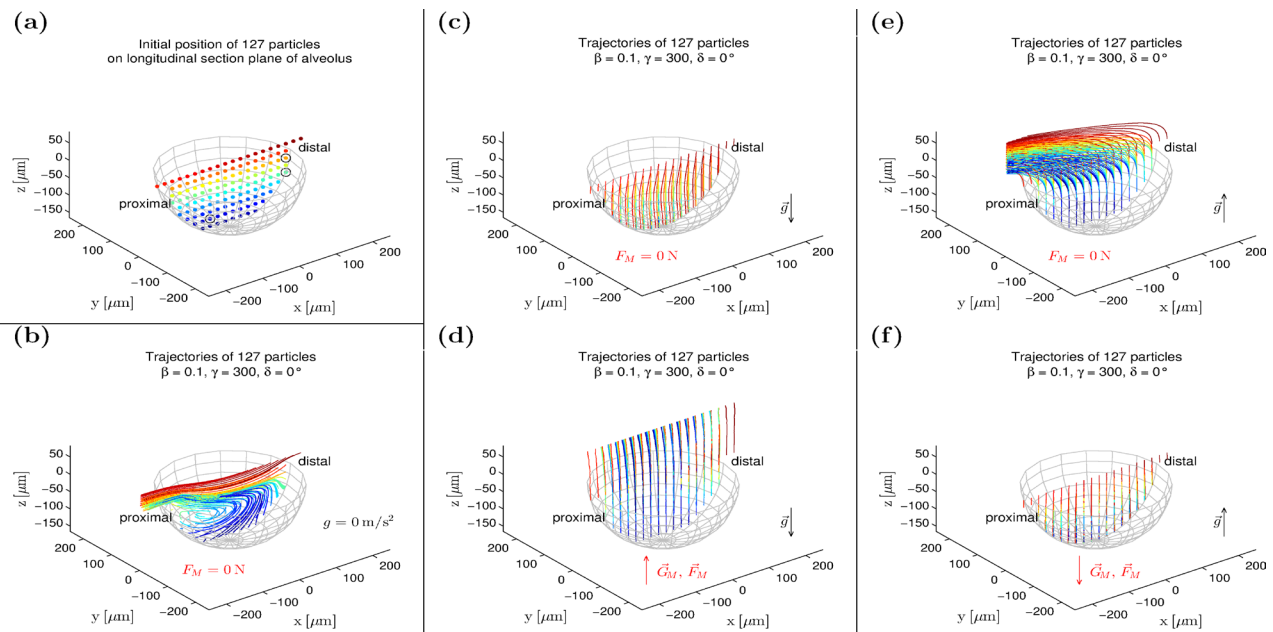


Kruhový merací modul osadený meracími kapsulami



Grafické zobrazenie hodnôt magnetického poľa v troch rovinách (ľavá, centrálna, pravá), originálne hodnoty a korigované hodnoty

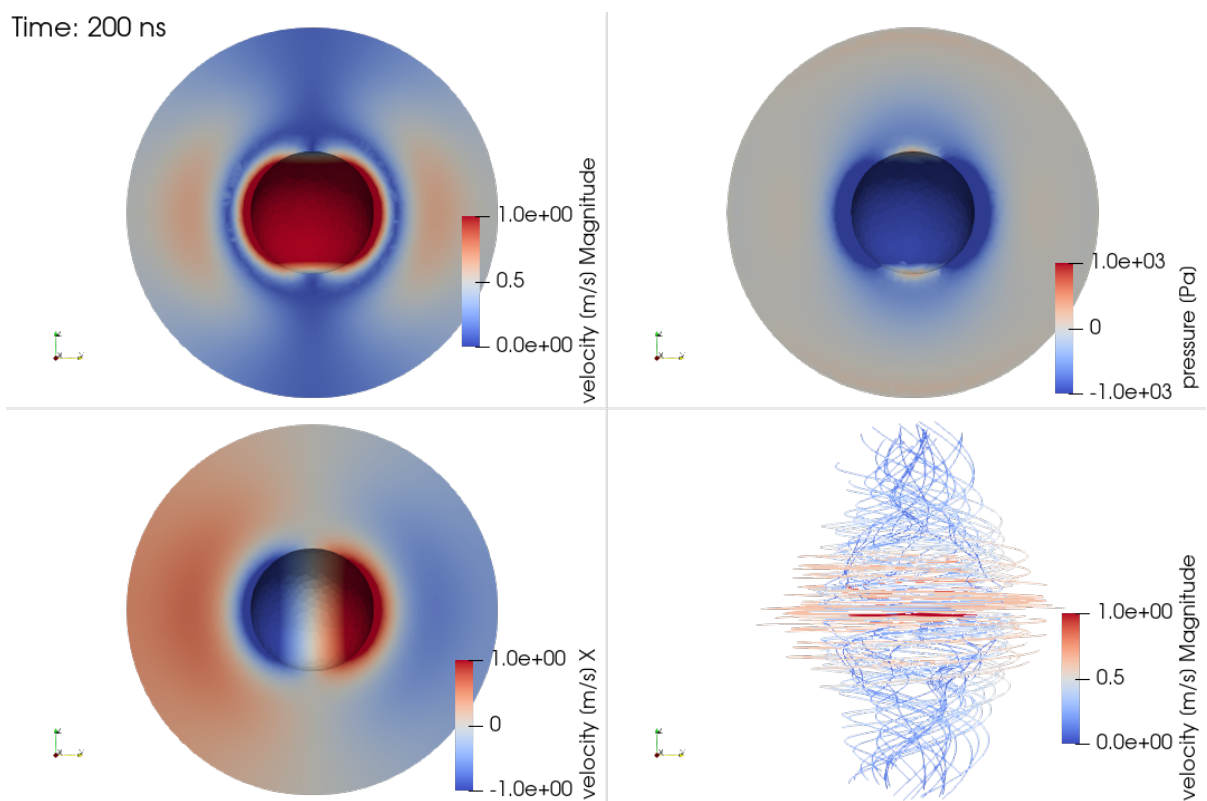
Podarilo sa navrhnúť teoretický model a simulovať dynamiku pohybu sférických kvapiek aerosolu z magnetických nanočastíc v 3-D modeli rytmicky expandujúceho a kontrahujúceho pľúcneho alveolu v gradientných magnetických poliach. Motiváciou bolo využitie magnetickej uľahčenej depozície liečiv v pľúcach v podobe aerosolu z magnetických nosičov ako potenciálnej účinnej techniky cielenia liečiv. Až dovtedy nebola teoreticky opísaná dynamika ich depozície v terminálnom pľúcnom acíne vplyvom vonkajšieho gradientného magnetického poľa, ako tomu bolo v prípade depozície kvapôčiek aerosolu účinkom gravitácie v expandujúcom pľúcnom alveole počas rytmického dýchania. Výsledkom bola práca [9] s významnými citačnými ohlasmami.



Ukážka riešenia pohybu aerosolu zo superparamagnetických nanočastíc v pľúcnom alveole počas jedného respiračného cyklu pre rôzne nastavenia magnetického gradientu (G_M) a sily (F_M), a tiež gravitačného poľa so zrýchlením g .

V posledných niekoľkých rokoch naše úsilie bolo ďalej zamerané aj na riešenie dynamiky translačného a rotačného pohybu sférických častíc nestacionárne sa

pohybujúcich v tekutom prostredí, kedy okrem quasi-stacionarných Stokesových viskózných efektov hrá významnú rolu aj nelokálny integro-diferenciálny príspevok k viskóznym efektom, ako dôsledok vírivého prúdenia v okolí častice, ktoré je generované zotrvačnosťou a vnútorným trením prúdiacej kvapaliny. Krafcík a spol. prišiel s integrálnou schémou prvého rádu s variabilným časovým krokom, ktorá na riešenie týchto integro-diferenciálnych rovníc používa vstavané nástroje Matlab-u na riešenie obyčajných diferenciálnych rovníc [10,11,12]. Dynamika rotácie magnetickej nanočastice v magnetickom poli a tekutom prostredí bola v rovnakom duchu popísaná aj zahrnutím stochastických efektov v práci [13]. V súčasnosti pracujeme na potvrdení riešenia tejto integro-diferenciálnej rovnice bez stochastických efektov pomocou numerického riešenia FEM Navier-Stokesových rovníc, ako prvotných princípov. Rovnako pracujeme na riešení stochastických Landau-Lifshitz-Gilbertových rovníc popisujúcich dynamiku Brownovej a Néelovej rotácie magnetickej častice v externom magnetickom poli a viskóznom prostredí v závislosti na type magnetickej anizotropie častice.



Snímka Brownovej rotácie častice počas jej magnetického zorientovania v silnom magnetickom poli a vodnom prostredí, získaná numerickým riešením Navier-Stokesových rovníc ako prvotných princípov pomocou FEM.

Vybrané publikácie za obdobie rokov 2003-2023:

- [1] Szomolányi, P., Rohrer, M., Frenzel, T., Noebauer-Huhmann, I.M., Jost, G., Endrikat, J., Trattnig, S., Pietsch, H., Comparison of the relaxivities of macrocyclic gadolinium-based contrast agents in human plasma at 1.5, 3, and 7 T, and blood at 3 T. In *Investigative Radiology*, 2019, vol. 54, no. 9, p. 559-564. ISSN 0020-9996. (6.091-IF2018) **Q1**
- [2] Szomolányi, P., Frenzel, T., Noebauer-Huhmann, I.M., Rohrer, M., Trattnig, S., Pietsch, H., Endrikat, J. Impact of concentration and dilution of three macrocyclic gadolinium-based contrast agents on MRI signal intensity at 1.5T and 3T and different pulse sequences: Results of a phantom study in human plasma. In *Acta Radiologica*, 2020, vol. 62, no. 1, p. 51-57. ISSN 0284-1851. (1.990 – IF2020) **Q2**
- [3] Apps, A., Valkovič, L., Peterzan, M., Lau, J.Y.C., Hundertmark, M., Clarke, W., Tunnicliffe, E.M., Ellis, J., Tyler, D.J., Neubauer, S., Rider, O.J., Rodgers, C.T., Schmid, A.I., Quantifying the effect of dobutamine stress on myocardial Pi and pH in healthy volunteers: A 31P MRS study at 7T. In *Magnetic Resonance in Medicine*, 2021, vol. 85, no. 3, p. 1147-1159. ISSN 0740-3194. (4.668 – IF2020) **Q1**
- [4] Valkovič, L., Lau, J.Y.C., Abdesellam, I., Rider, O.J., Frollo, I., Tyler, D.J., Rodgers, C.T., Miller, J.J.J., Effects of contrast agents on relaxation properties of 31P metabolites. In *Magnetic Resonance in Medicine*, 2020, ISSN 0740-3194. (3.635-IF2019) <https://doi.org/10.1002/mrm.28541>. **Q1**
- [5] Juráš, V., Schreiner, M., Laurent, D., Zbýň, Š., Mlynarik, V., Szomolányi, P., Hager, B., Scotti, C., Goldhahn, J., Heule, R., Bieri, O., Trattnig, S. The comparison of the performance of 3 T and 7 T T2 mapping for untreated low-grade cartilage lesions. In *Magnetic Resonance Imaging*, 2019, vol. 55, p. 86-92. ISSN 0730-725X. (2.112-IF2018) **Q1**
- [6] Juráš, V., Mlynarik, V., Szomolányi, P., Valkovič, L., Trattnig, S., Magnetic resonance imaging of the musculoskeletal system at 7T: Morphological imaging and beyond. In *Topics in Magnetic Resonance Imaging*, 2019, vol. 28, no. 3, p. 125-135. ISSN 0899-3459.
- [7] Frollo, I., Andris, P., Krafčík, A., Gogola, D., Dermek, T. Magnetic field homogeneity adjustment for magnetic resonance imaging equipment. In *IEEE Transactions on Magnetics*, 2018, vol. 54, no. 5, p. 6500309. ISSN 0018-9464. (1.467-IF2017)
- [8] Frollo, I., Andris, P., Krafčík, A., Gogola, D., Dermek, T., Comparative magnetic field measurements for homogeneity adjustment of magnetic resonance imaging equipments. In *MEASUREMENT 2017: Proceedings of the 11th International Conference on Measurement*. Editors: J. Maňka, M. Tyšler, V. Witkovský, I. Frollo. – Bratislava, Slovakia: Institute of Measurement Science, Slovak Academy of Sciences, 2017, p. 259-262. ISBN 978-80-972629-0-7.
- [9] Krafčík, A., Babinec, P., Frollo, I., Computational analysis of magnetic field induced deposition of magnetic particles in lung alveolus in comparison to deposition produced with viscous drag and gravitational force. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2015, 380, s. 46-53
- [10] Krafčík, A., Babinec, P., Frollo, I. Stokes versus Basset: Comparison of forces governing motion of small bodies with high acceleration. *European Journal of Physics*, 2018, 39 (3), art. no. 035805
- [11] Krafčík, A., Babinec, P., Babincova, M., Frollo, I., High gradient magnetic separation with involved Basset history force: Configuration with single axial wire. *Powder Technology*, 2019, 347, s. 50-58
- [12] Krafčík, A., Babinec, P., Babincova, M., Frollo, I., Importance of Basset history force for the

description of magnetically driven motion of magnetic particles in air. *Measurement Science Review*, 2020, 20 (2), s. 50-58

- [13] Krafcik, A., Babinec, P., Strbak, O., Frollo, I. A theoretical analysis of magnetic particle alignment in external magnetic fields affected by viscosity and Brownian motion. *Applied Sciences (Switzerland)*, 2021, 11 (20), art. no. 9651
- [14] Mayerhoefer, M.E., Szomolanyi, P., Jirak, D., Materka, A., Trattnig, S., Effects of MRI acquisition parameter variations and protocol heterogeneity on the results of texture analysis and pattern discrimination: An application-oriented study(2009) *Medical Physics*, 36 (4), pp. 1236-1243. Cited 163 times., DOI: 10.1118/1.3081408
- [15] Trattnig, S., Millington, S.A., Szomolanyi, P., Marlovits, S., MR imaging of osteochondral grafts and autologous chondrocyte implantation (2007) *European Radiology*, 17 (1), pp. 103-118. Cited 159 times., DOI: 10.1007/s00330-006-0333-z
- [16] Trattnig, S., Marlovits, S., Gebetsroither, S., Szomolanyi, P., Welsch, G.H., Salomonowitz, E., Watanabe, A., Deimling, M., Mamisch, T.C., Three-dimensional delayed gadolinium-enhanced MRI of cartilage (dGEMRIC) for in vivo evaluation of reparative cartilage after matrix-associated autologous chondrocyte transplantation at 3.0T: Preliminary results, (2007) *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 26 (4), pp. 974-982. Cited 140 times., DOI: 10.1002/jmri.21091
- [17] Welsch, G.H., Mamisch, T.C., Hughes, T., Zilkens, C., Quirbach, S., Scheffler, K., Kraff, O., Schweitzer, M.E., Szomolanyi, P., Trattnig, S., In vivo biochemical 7.0 tesla magnetic resonance: Preliminary results of dGEMRIC, zonal T2, and T2* mapping of articular cartilage, (2008) *Investigative Radiology*, 43 (9), pp. 619-626. Cited 123 times., DOI: 10.1097/RLI.0b013e31817e9122
- [18] Mlynárik, V., Szomolányi, P., Toffanin, R., Vittur, F., Trattnig, S., Transverse relaxation mechanisms in articular cartilage (2004) *Journal of Magnetic Resonance*, 169 (2), pp. 300-307. Cited 111 times., DOI: 10.1016/j.jmr.2004.05.003
- [19] Trattnig, S., Mamisch, T.C., Welsch, G.H., Glaser, C., Szomolanyi, P., Gebetsroither, S., Stastny, O., Horger, W., Millington, S., Marlovits, S., Quantitative T2 mapping of matrix-associated autologous chondrocyte transplantation at 3 Tesla: An in vivo cross-sectional study (2007) *Investigative Radiology*, 42 (6), pp. 442-448. Cited 103 times., DOI: 10.1097/01.rli.0000262088.67368.49
- [20] Kurdiova, T., Balaz, M., Vician, M., Maderova, D., Vlcek, M., Valkovic, L., Srbecky, M., Imrich, R., Kyselovicova, O., Belan, V., Jelok, I., Wolfrum, C., Klimes, I., Krssak, M., Zemkova, E., Gasperikova, D., Ukropec, J., Ukropcova, B., Effects of obesity, diabetes and exercise on Fndc5 gene expression and irisin release in human skeletal muscle and adipose tissue: In vivo and in vitro studies (2014) *Journal of Physiology*, 592 (5), pp. 1091-1107. Cited 299 times, DOI: 10.1113/jphysiol.2013.264655

ODDELENIE BIOMERANÍ

<https://www.um.sav.sk/oddelenia/zameranie-vyskumu/?department=BIOM>



Vedúca: Ing. Jana Švehlíková, PhD.

Jana.Svehlikova@savba.sk

https://www.um.sav.sk/pracovnici/zakladne-informacie/?user_no=796

Akademické vzdelanie a zamestnanie:

V roku 1986 ukončila štúdium na Elektrotechnickej fakulte SVŠT v Bratislave v odbore Technická kybernetika, špecializácia Riadiaca technika a Biokybernetika a nastúpila ako PhD študent na Ústav merania SAV, oddelenie biomeraní. Po prerušení štúdia kvôli materskej dovolenke pracovala ako výskumný pracovník. V roku 2011 obhájila kandidátsku dizertačnú prácu s názvom *Identifikácia ischemických lézií z mnohozvodového merania elektrického poľa srdca na hrudníku*. V roku 2021 sa stala vedúcou Oddelenia biomeraní po doc. Ing. Milanovi Tyšlerovi, CSc.

Zoznam pracovníkov oddelenia v roku 2023:

Bukor Gabriel, Ing.

Cocherová Elena, Ing., PhD.

Lehocki Fedor, Ing. PhD. MPH

Ondrušová Beáta, Ing. (doktorand)

Přibilová Anna, Ing., PhD.

Švehlíková Jana, Ing. PhD. (vedúca oddelenia, popredsedkyňa VR ÚM SAV)

Tyšler Milan, doc. Ing., CSc. (zást. vedúcej oddelenia, vedecký sekretár ústavu)

Zelieska Lukáš, Ing. (doktorand)

Zelinka Ján, Ing.

Zoznam bývalých pracovníkov oddelenia v období rokov 2003 – 2023:

Foltín Miroslav, Mgr., Haška Miroslav, Ing., Hebláková-Nagyová Eva, Mgr., Holčík

Jiří, Prof. Ing. CSc., Kadanec Ján, Ing., Kaľavský Peter, Ing. PhD., Karas Slavomír,

Ing. PhD., Mačugová-Lenková Jana, Ing., Rosík Vladimír, Ing., Šarišská-Fialová

Stanislava, Mgr., Turzová Marie, Ing., Ždiňák Jaroslav, Ing.

Orientácia vedeckého výskumu v oddelení:

Oddelenie biomeraní je dlhodobo orientované na výskum meracích metód a prístrojov pre biológiu a medicínu. S využitím modelov a počítačových simulácií sa navrhujú nové metódy merania biosignálov, analyzujú sa možnosti ich

využitia na neinvazívne určenie stavu a charakteristík vybraných biologických objektov a vyvíjajú sa špecializované meracie systémy umožňujúce ich aplikáciu v biologicko-lekárskom výskume a pri diagnostike a terapii ochorení.

V uvedenom období bol výskum zameraný najmä na meracie metódy slúžiace na diagnostiku a terapiu ochorení srdca a kardiovaskulárneho systému, najmä na:

- mnohokanálové meranie elektrického poľa srdca na povrchu hrudníka, ktorého cieľom je neinvazívne určenie fyziologického stavu srdca a diagnostické a terapeutické využitie získanej informácie,
- modelovanie srdca a hrudníka ako nehomogénneho objemového vodiča a procesov aktivácie srdca a generovania elektrického poľa srdca v hrudníku. Overovanie možností použitia modelov na simuláciu normálnych a patologických EKG,
- inverznú identifikáciu vybraných patológií (napr. arytmogénneho tkaniva alebo ložísk lokálnej ischemie v srdci) s použitím mnohozvodových meraní EKG, zobrazenia geometrie a štruktúry hrudníka pomocou CT a modelovania patologických zdrojov elektrického poľa srdca. Výskum zahŕňal tiež vyhodnotenie citlivosti riešení na chyby reálnych meraní údajov, umiestnenie meracích elektród a chyby a zjednodušenia v použitých modeloch,
- výskum a vývoj špecializovaných meracích systémov na mnohozvodové meranie EKG a meraní niektorých ďalších biosignálov.

Projekty riešené v roku 2023:

Inteligentná náplast' pre systémy na udržanie života – SP4LIFE

NATO Science for Peace and Security G5825, 10.3.2021 – 10.3.2024, Milan Tyšler

Vyhodnotenie neinvazívneho elektrokardiografického zobrazovania pre lokalizáciu predčasnej komorovej kontrakcie z klinických dát - ClinECGI

JRP SAV – TUBITAK 536057, 1.2.2021 – 1.2.2024, Jana Švehlíková

Predikcia náhlej srdcovej zástavy a systém resuscitácie: Zvýšenie kvality zdravotnej starostlivosti

COST CA19137, 26.10.2020 – 25.10.2024, Jana Švehlíková

Personalizovaná optimalizácia resynchronizačnej liečby srdcového zlyhávania na základe mnohozvodového merania EKG - ReSynCard

APVV-19-0531, 1.7.2020 – 31.12.2023, Milan Tyšler

Využitie mnohozvodového merania EKG a modelovania elektrického poľa srdca pri neinvazívnej diagnostike a terapii komorových arytmií a zlyhávajúceho srdca

VEGA 2/0109/22, 1.1.2022 – 31.12.2024, Jana Švehlíková

Najvýznamnejšie výsledky dosiahnuté v období rokov 2003-2023:

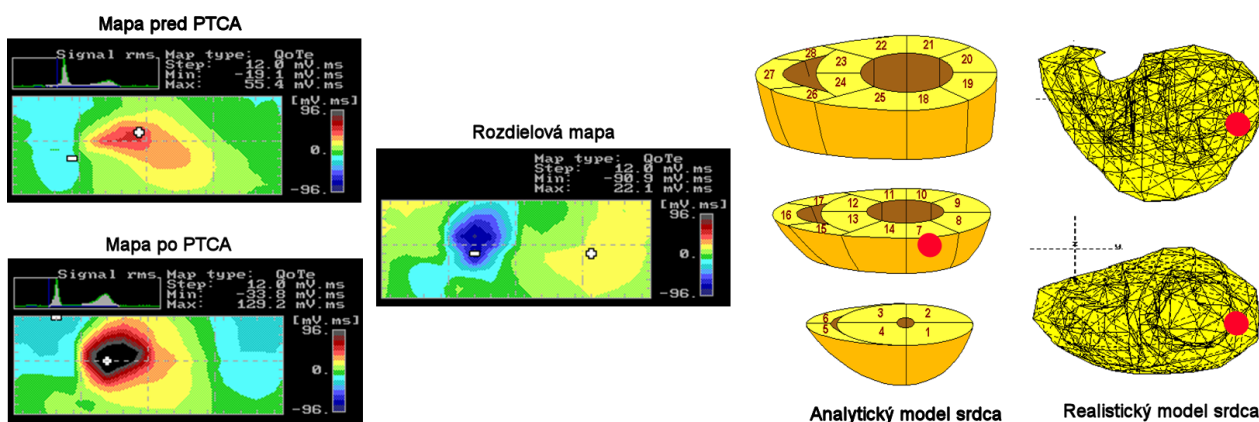
Výsledky získané v tomto období možno zaradiť do niekoľkých oblastí:

1. Neinvazívne určovanie oblastí srdca so zmenenou repolarizáciou

V rokoch 2003-2012 sme sa zaoberali riešením inverznej úlohy elektrokardiografie s cieľom neinvazívne lokalizovať v srdci ischemické oblasti so zmenou repolarizáciou. V rámci riešenia projektu VEGA 2/1135/21 (Tyšler, Szathmáry, Turzová, 2003) bola navrhnutá a na modeli otestovaná metóda založená na hodnotení rozdielov integrálových máp QRST intervalu EKG, pričom merania EKG sa robia v kľude a po zát'aži. Na modeli srdca umiestnenom v modeli hrudníka sa hľadá dipólový zdroj, ktorý generuje potenciálovú mapu, najviac podobnú nameranej rozdielovej integrálovej mape. Za oblasť so zmenenou repolarizáciou sa považuje segment srdca, v ktorom je dipól nájdený. Pomocou počítačových simulácií boli overované možnosti lokalizácie oblastí rôznych veľkostí a v rôznych častiach srdca. Metóda sa potvrdila ako použiteľná pre menšie netrasmurálne oblasti, kde dipól je vhodným modelom generátora elektrického poľa [1].

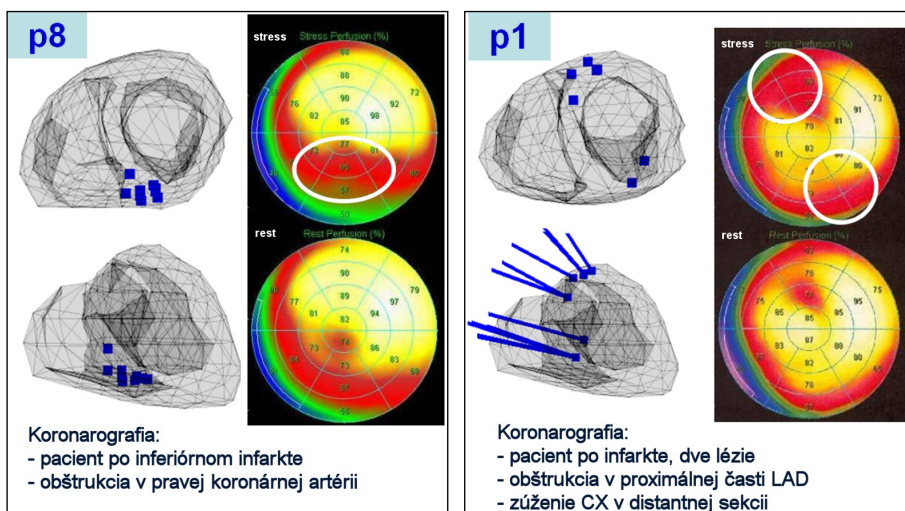
Metóda bola použitá v projekte VEGA 2/4089/24 (Hebláková, Turzová, Švehlíková, Tyšler, Filipová, 2004) na **zist'ovanie účinnosti terapie** na skupine 11 pacientov, ktorí prekonali infarkt myokardu a následne sa podrobili koronárnej angioplastike (PTCA). Metóda sa aj pri použití štandardného modelu hrudníka ukázala ako použiteľná u 8 pacientov s menšími léziami. V jednom prípade ukázala, že hoci bola terapia technicky úspešná, nebola účinná [2]. Neskôr bola metóda rozšírená aj na 2 súčasné ložiská [3].

Pacient N693



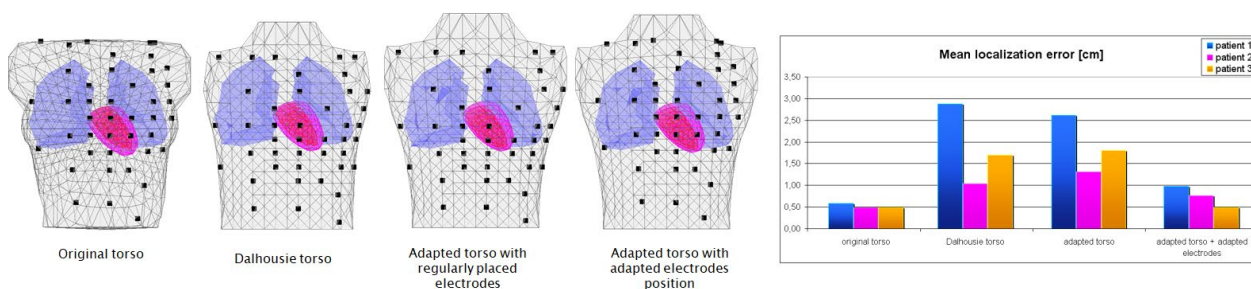
Vľavo integrálové mapy pred a po PTCA, rozdielová mapa v strede je vstupom pre výpočet ekvivalentného dipólového generátora v analytickom alebo realistickom modeli srdca. Zmenená ischemická oblasť bola správne lokalizovaná v strede prednej steny ľavej komory.

Metóda bola overovaná v rámci medziakademickej spolupráce s IBIB PAN Varšava na 10 pacientoch, u ktorých sa meralo 64 zvodov EKG. U 8 pacientov charakter rozdielových máp spĺňal kritériá pre použitie navrhnutej metódy (malá lokálna ischemia) a porovnanie výsledkov s dokumentáciou z koronarografie a SPECT ukázalo, že u 5 pacientov (traja s dvojcievnym poškodením, dvaja s jedným ložiskom) bola neinvazívna lokalizácia ložísk v súlade s ich dokumentáciou. U zvyšných 3 pacientov bol správne určený charakter poškodenia (1 ložisko), ale jeho poloha nesúhlasila presne s polohou podľa dokumentácie, čo mohlo byť spôsobené použitím štandardného modelu hrudníka. [4]



Príklad lokalizácie jednej (p8) a dvoch lézií (p1). Výsledky lokalizácie na modeli srdca (z viacerých EKG cyklov) sú vyznačené bodmi alebo úsečkami, pohľad na model srdca je od apexu k báze a spredu dozadu), vpravo označené zmeny v SPECT po záťaži (pohľad od apexu).

Následne bol preto v rámci projektov VEGA 2/0210/10 a APVV-0513-10 (Lenková, Švehlíková Tyšler, 2012) vyšetrovaný **vplyv tvaru hrudníka a jeho nehomogenít** a tiež **presnosti polôh elektród** na výsledok inverznej lokalizácie. Výsledky ukázali, že ak nie je dostupný individuálny model hrudníka získaný pomocou CT, je lepšie použiť model prispôbený skutočnému tvaru hrudníka pacienta, než použiť štandardný model, pričom je tiež dôležité dodržať aj vzájomnú polohu srdca a meracích elektród [5].



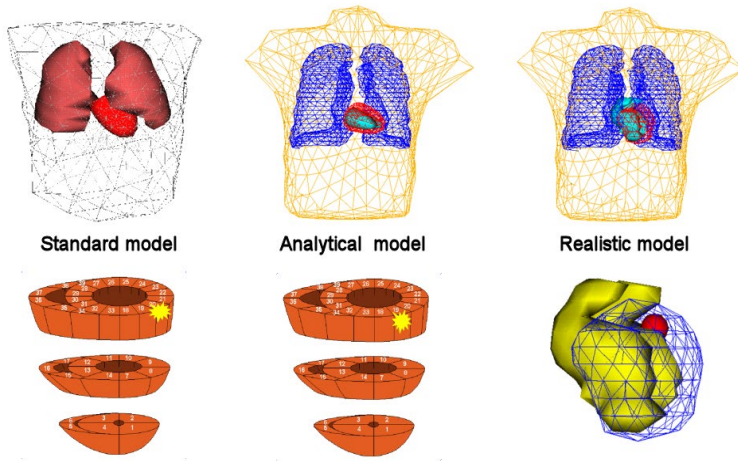
Originálne torzo pacienta, modelové torzo a prispôbené torzá tvarom a tvarom aj polohou elektród. Graf napravo zobrazuje zodpovedajúce chyby výslednej lokalizácie ischemie u 3 pacientov (5 - 30 mm).

2. Neinvazívna lokalizáciu ektopických ložísk srdcovej aktivity

V období rokov 2013 – 2022 bola pozornosť oddelenia zameraná na inverznú lokalizáciu srdcových tkanív, ktoré sú zdrojom arytmií. Neinvazívna predoperačná lokalizácia ložiska ektopickej aktivity môže významne skrátiť čas zákroku a zvýšiť úspešnosť ablačnej terapie. Bola navrhnutá metóda na lokalizáciu ložiska ako riešenie inverznej úlohy elektrokardiografie a nájdenie polohy dipólu, ktorý reprezentuje počiatočnú ektopickú aktiváciu (približne do 30 ms). Metóda vyžaduje povrchové EKG mapovanie a model srdca a hrudníka pacienta ako objemového vodiča.

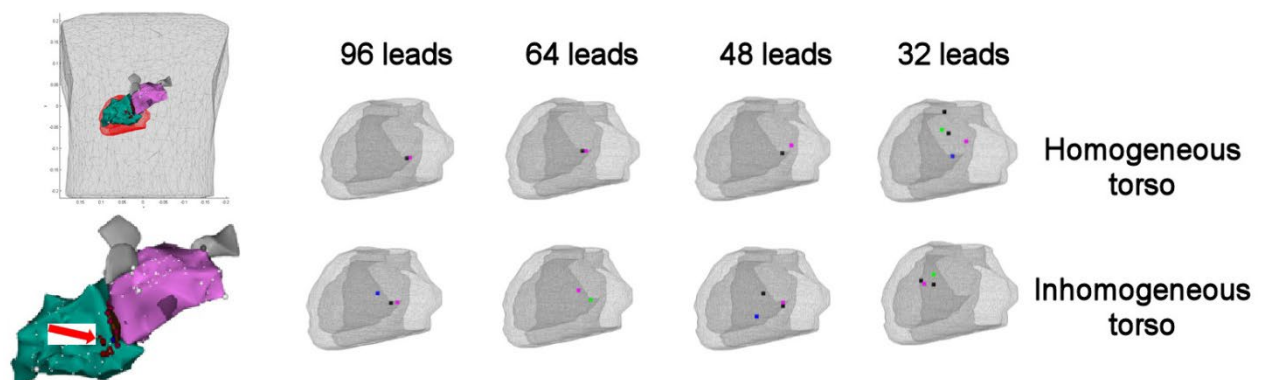
V prvej fáze riešenia sme v rámci projektov APVV-0513-10 a VEGA 2/0131/13 (Tyšler, Švehlíková, Lenková, 2013) skúmali možnosť **lokalizovať tzv. aksesórnú dráhu v prípade WPW syndrómu** - patologické vodivé prepojenie medzi predsieňou a komorou. Overovanie metódy na simuláciách aj v experimentálnej

klinickej štúdií ukázalo, že pri použití približného antropometrického modelu hrudníka a srdca sa dá očakávať chyba lokalizácie viac ako 3 cm, avšak pri použití modelu srdca z CT, bola priemerná chyba lokalizácie 1,0 cm a pri použití modelu srdca aj hrudníka z CT klesla na 0,7 cm. V posledných 2 prípadoch metóda dosiahla akceptovateľnú presnosť [6].



Rôzne použité modely srdca a hrudníka a im zodpovedajúce lokalizácie akcesórnej dráhy. Skutočná akcesórna dráha bola v oblasti segmentov 19-21

V ďalšej fáze výskumu sme sa v rámci projektov APVV-14-0875 a VEGA 2/0071/16 (Tyšler, Švehlíková, Punshchykova, Osmančík, Hatala, 2016) venovali neinvazívnej **lokalizácii predčasných komorových kontrakcií (PVC)**. Metóda bola otestovaná na 7 vybraných pacientoch zo skupiny 18 pacientov vo FN Kráľovské Vinohrady v Prahe (96 EKG zvodov) a 45 pacientov v NÚSCH v Bratislave (128 EKG zvodov), u ktorých boli bezprostredne po EKG mapovaní urobené CT snímky hrudníka aj s naloženými elektródami. Pri riešení úlohy bol použitý nehomogénny (NT) alebo homogénny (HT) model hrudníka. Vypočítané polohy dipólu boli porovnávané s pozíciou katétra počas úspešnej ablácie arytmogénneho ložiska.

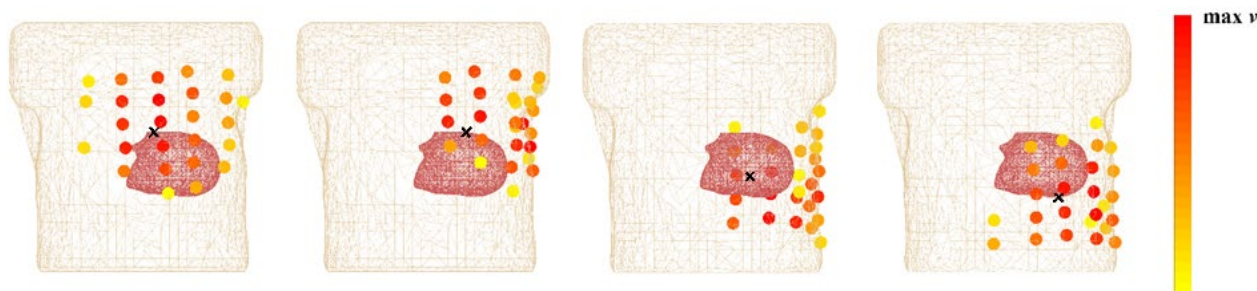


Príklad lokalizácie ložiska ektopickej aktivácie v bazálnej inferiórnej oblasti ľavej komory srdca (pohľad zozadu). Vľavo: model hrudníka a srdca s vyznačením pozícií ablačného katétra. Vpravo: lokalizácia ložiska z 5 ektopických cyklov s použitím rôzneho počtu zvodov a rôznych modelov hrudníka.

Navrhnutou metódou bolo ložisko určené v správnej oblasti srdca s chybou do 2 cm, okrem jedného pacienta, kde ložisko v RVOT bolo lokalizované v ľavej komore, pričom chyba lokalizácie bola menšia ako 2 cm. Použitie homogénneho hrudníka nepreukázalo výraznejšie zväčšenie chyby lokalizácie a viedlo k menšiemu rozptylu

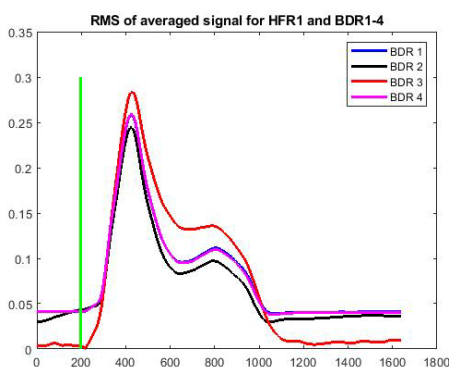
výsledkov z rôznych ektopických cyklov. Použitie len 48 alebo menej zvodov zvýšilo počet nesprávnych lokalizácií a pri použití nehomogénneho hrudníka sa zvýšil aj počet nesprávnych lokalizácií zo 64 zvodov [7].

V štúdií v rámci projektov VEGA 2/0125/19 a APVV-19-0531 (Ondrušová, Švehlíková, Zelinka, 2021) **bola analyzovaná významnosť signálov z jednotlivých elektród** pre riešenie inverznej úlohy na lokalizáciu PVC. Výsledky ukázali, že elektródy, ktorých signály najvýznamnejšie ovplyvňujú inverzné riešenie sú umiestnené v blízkosti miesta vzniku PVC a sú závislé od polohy zdroja PVC. Použitím podmnožiny, ktorá obsahuje iba najvýznamnejšie signály, môžeme v niektorých prípadoch (napr. pri zašumených EKG) získať presnejšiu inverznú lokalizáciu [8].

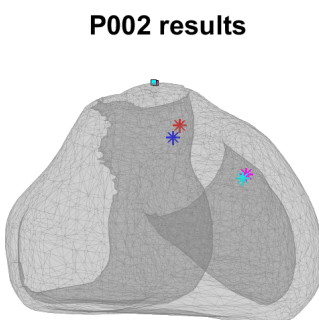


Pozície 20% elektród, ktorých signály najvýznamnejšie ovplyvňujú riešenie inverznej úlohy na lokalizáciu zdroja ektopickej komorovej aktivity. Ukázané sú pozície elektród pre štyri rôzne miesta vzniku PVC (čierny krížik), významnosť pozícií je odlišená farebne od najvýznamnejšej (max v).

V rámci projektu VEGA 2/0125/19 a medzinárodnej spolupráce na projektoch TUBITAK a s konzorciom pre EKG zobrazovanie (www.ecg-imaging.org) sme sa podieľali na štúdií (Švehlíková, Zelinka, Dogrusoz, Bear, Hlivák, 2019) **o vplyve metód predspracovania EKG** na výsledok inverzných riešení pri neinvazívnej lokalizácii zdroja komorovej stimulácie. Najväčší vplyv na presnosť lokalizácie mal konštantný posun signálu (ofset), ktorý zostal aj po aplikácii rôznych filtrov.



Vľavo: Príklad RMS spriemerneného EKG signálu po aplikácii 4 rôznych metód na odstránenie kolísania nulovej línie, pri 3 zostal výrazný ofset signálu.



Vpravo: Inverzná lokalizácie zdroja PVC pacienta P002 pre 4 metódy predspracovania EKG signálov bez korekcie ofsetu (hviezdičky) a s jeho korekciou (štvorčeky, všetky ukazujú rovnaké miesto v oblasti výtokového traktu pravej komory - RVOT).

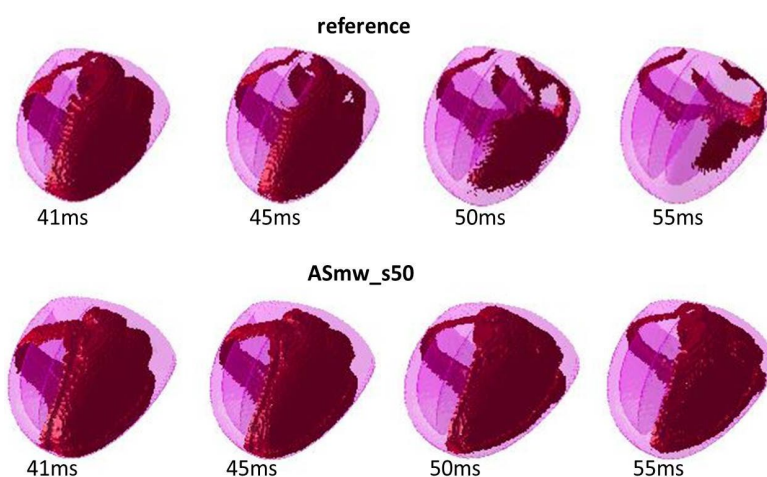
Po odstránení tohto posunu sa chyba lokalizácie podstatne zmenšila, z 5,5 cm na 0,7 až 1,3 cm. Najmenšia chyba inverznej lokalizácie stimulačného katétra bola dosiahnutá pri použití spriemernených signálov. Analogické výsledky boli získané aj z meraní na pacientoch: ak nebol dôsledne korigovaný ofset, inverzné riešenie bolo nestabilné [10].

3. Modelovanie elektrického poľa srdca

Pre lepšie pochopenie vzniku a charakteru elektrického poľa srdca v hrudníku a aj na riešenie inverzných úloh sa v oddelení dlhodobo zaoberáme aj priamou úlohou elektrokardiografie, teda modelovaním aktivácie srdca a výpočtom elektrického poľa v hrudníku. Pri riešení konkrétnych úloh používame dva typy modelov.

Prvým z nich je **model aktivácie srdca na princípe celulárneho automatu (CA)**, kde srdcové komory sú tvorené malými elementmi, ktoré predstavujú elementárne dipólové zdroje elektrického poľa a po stimulácii generujú definovaný priebeh akčného potenciálu. Zároveň je pre všetky elementy definovaná rýchlosť šírenia aktivácie, ktorá sa riadi Huygensovým princípom. Celkový srdcový generátor je tvorený súčtom takýchto elementárnych zdrojov. Komory môžu mať buď zjednodušený tvar, alebo realistický tvar získaný napr. z CT. Potenciály na povrchu hrudníka boli vypočítavané pomocou Laplacovej rovnice metódou konečných rozhraní.

Model typu CA bol v projekte VEGA 2/0071/16 použitý na modelovanie možných faktorov ovplyvňujúcich zmeny QRS komplexu v EKG signáloch pri hypertrofii ľavej komory srdca (Bachárová, Švehlíková, Zelinka, Tyšler, 2016). Zväčšené EKG signály QRS komplexu pri hypertrofii sa vo všeobecnosti pripisujú zväčšeniu ľavej komory. Ukázali sme, že na zväčšenie signálov väčší vplyv ako zhrubnutie stien komory má spomalenie šírenia aktivačného frontu. Takáto situácia môže nastať pri kombinácii fibrózy a zhrubnutia srdcovej steny hypertrofovaného srdca. Získané výsledky poukazujú na potrebu zmeny paradigmy diagnostiky hypertrofie ľavej komory [12].

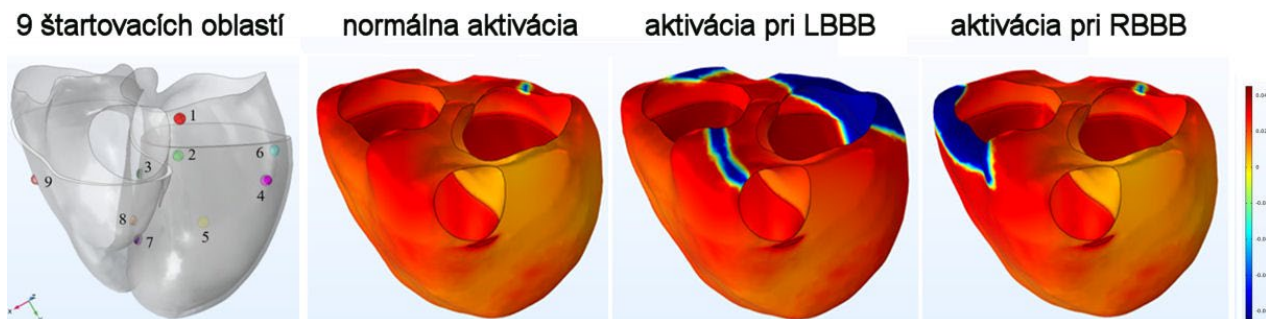


Vizualizácia aktivačného frontu v rôznych časových okamihoch QRS komplexu pri normálnom šírení (hora) a pri spomalení šírenia o 50% v anteroseptálnej oblasti ľavej komory (dole).

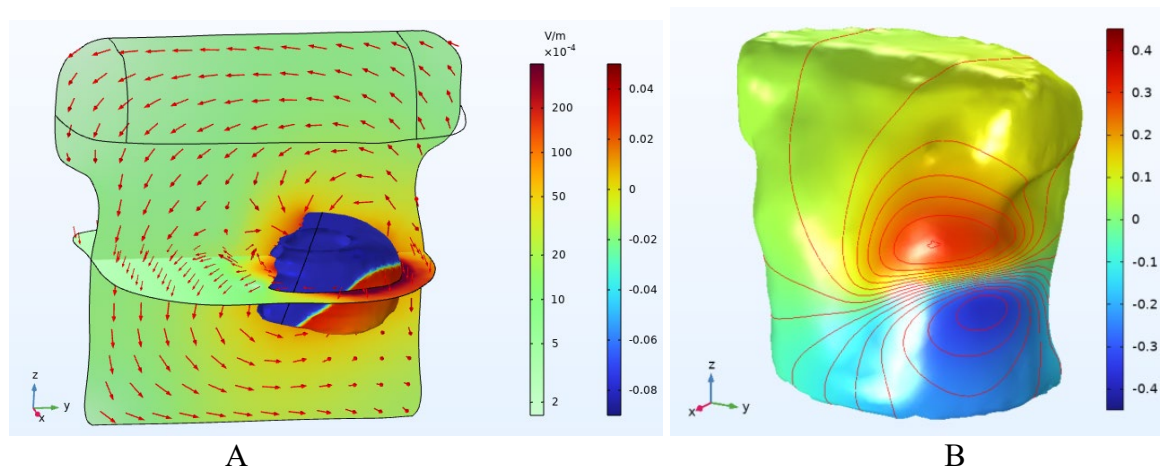
Druhý typ modelu, ktorý v posledných rokoch rozvíjame s cieľom skúmať procesy aktivácie pri blokádach vo vodivom systéme srdca, pri zlyhávajúcom srdci alebo počas stimulácie srdca, je **model aktivácie srdcových komôr na báze reakčno-difúzných rovníc (RD)**. Na ich základe sa metódou konečných prvkov počítajú EKG potenciály v hrudníku a na jeho povrchu. Boli vytvorené modely srdcových komôr s analytickou aj realistickou geometriou na základe CT snímok, homogénne modely ako aj modely zahŕňajúce vodivý systém.

Použitím monodoménového RD modelu boli v projektoch VEGA 2/0125/19 a APVV-14-0875, (Cocherová, Tyšler, Švehlíková, 2019) simulované zmeny aktivácie komôr pri vybraných patológiách, napr. ektopická komorová aktivácia, blokády

Tawarových ramienok, a tiež pri stimulácii komôr. Použitím bidoménového RD modelu s realistickou geometriou srdcových komôr a hrudníka boli v projektoch VEGA 2/0109/22 a APVV-19-0531 simulované povrchové potenciály na hrudníku a priebehy EKG signálov pri zlyhávajúcom srdci a pre rôzne režimy kardiostimulácie [13].

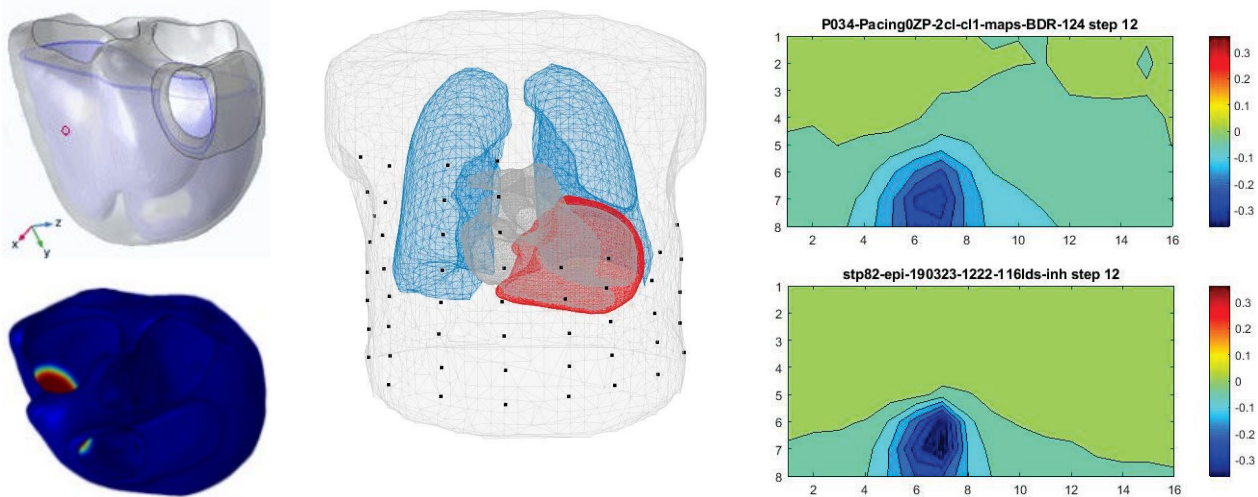


Simulácia aktivácie srdca pri blokáde ľavého (LBBB) a pravého (RBBB) Tawarovho ramienka. Polohy 9 štartovacích oblastí normálnej aktivácie a rozloženie transmembránového potenciálu V_m [V] v záverečnej fáze aktivácie (v čase $t=107$ ms) pri rôznych typoch aktivácie komôr.



- Príklady zobrazenia modelovania elektrického poľa v hrudníku pomocou RD modelu.*
- A. Zobrazenie vektorov a intenzity elektrického poľa v hrudníku [V/m] a transmembránových potenciálov v srdci [V] v čase $t = 115$ ms po stimulácii v pravej komore blízko apexu.*
 - B. Zobrazenie povrchových potenciálov [V] voči Wilsonovej svorke v čase $t = 115$ ms po stimulácii v pravej komore blízko apexu.*

Výsledky simulácií pre oba typy modelov boli porovnávané v projektoch VEGA 2/0125/19 a APVV-14-0875 pri modelovaní aktivácie komôr po stimulácii pravej komory (Švehlíková, Cocherová, Zelinka, Tyšler, 2019). Na rozdiel od konštantnej rýchlosti postupu frontu v CA modeli, bola v RD modeli rýchlosť závislá na tvare šíriaceho sa frontu. Simulované potenciálové mapy počas prvých 20 ms aktivácie boli porovnané s mapami nameranými na tom istom pacientovi počas stimulácie katétrom v pravej srdcovej komore. Najvyššia korelácia medzi nameranými a simulovanými mapami (0,91) bola pri štartovaní simulácie 22 mm od skutočnej pozície katétra, čo ukazuje do akej miery je uvedené modely možné použiť na overovanie výsledkov získaných pri lokalizácii zdrojov komorových arytmií [14].

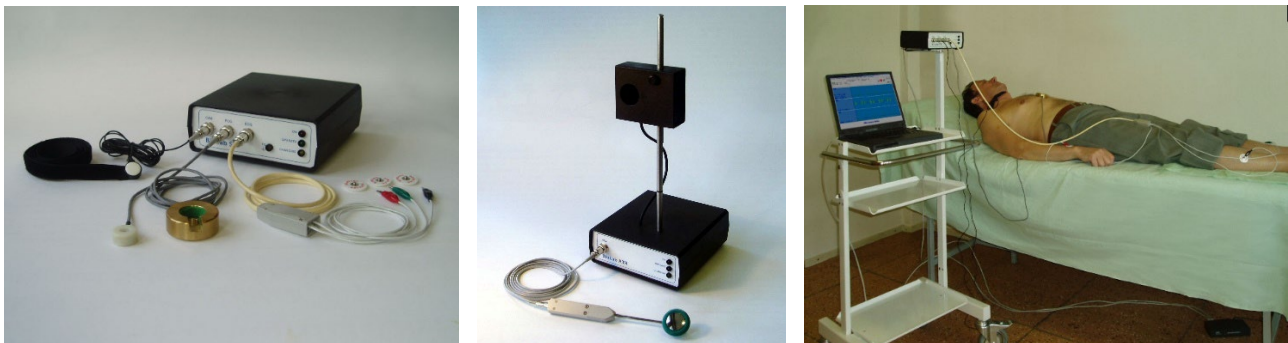


Vľavo: Realistická geometria srdca (spredu, vo zvislej polohe) s vyznačeným bodom stimulácie (hore) a aktivovaná oblasť komôr v čase 12 ms (pohľad od bázy srdca k apexu). V strede: nehomogénny model hrudníka pacienta a pozície meracích elektród. Vpravo: nameraná (hore) a simulovaná (dole) mapa povrchových potenciálov [mV] v čase 12 ms po stimulácii v pravej komore.

4. Vývoj a realizácia biomedicínskych meracích prístrojov

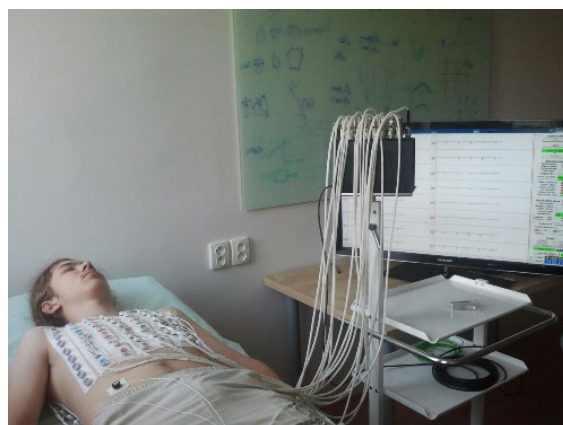
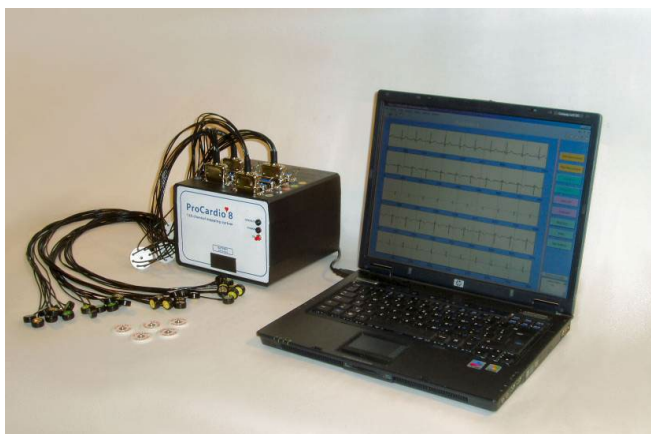
Počas uplynulých 20 rokov sa oddelenie venovalo aj aplikačnému výskumu zameranému na realizáciu meracích prístrojov pre potreby výskumu aj klinických pracovísk. V ďalšom uvedieme niektoré z nich.

BIOLAB - systém na biofyzikálne vyšetrenia bol vyvinutý v projekte APVT 51-017802 v spolupráci s firmou Datalan, a.s., pre Biofyzikálne laboratórium FNŠP akademika L. Déreera (Rosík, Ždiňák, Švehlíková, Tyšler, 2003). Systém umožňuje hodnotenie stavu štítnej žľazy na základe charakteristík kardiovaskulárneho, neuromuskulárneho a termoregulačného systému získaných zo signálov EKG, KTG, FKG, z trvania reflexu Achillovej šľachy a z vyhodnotenia sálavého tepla z povrchu tela. Systém tvorí notebook, ku ktorému je prostredníctvom Ethernetu pripojená sada inteligentných snímačov: ATR - snímač reflexu Achillovej šľachy, RHT – snímač sálavého tepla, STI – terminál na snímanie signálov EKG, KTG, FKG. Systém umožňuje monitorovanie signálov, ich spracovanie a interpretáciu získaných parametrov formou tolerančného kruhového diagramu [15].



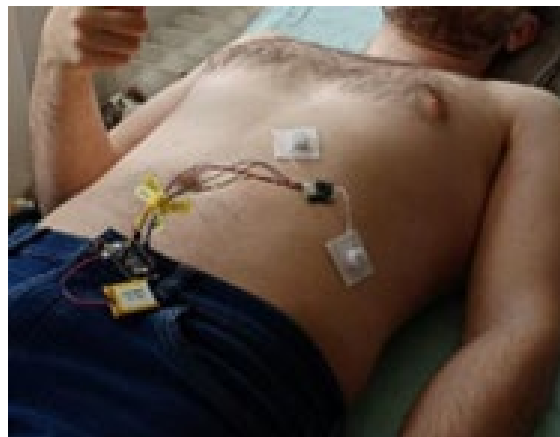
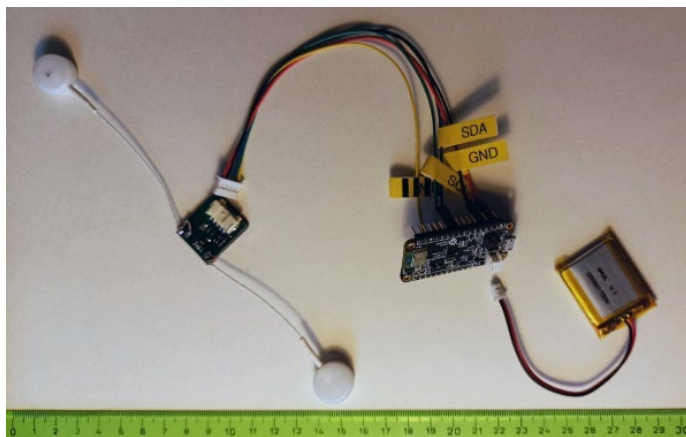
Prístroj Biolab so snímačmi RAŠ a EKG, KTG, FKG na určenie systolických časových intervalov

Prenosný EKG mapovací systém bol navrhnutý v rámci projektov VEGA 2/7092/27 a APVV-0513-10 (Rosík, Karas, Hebláková, Tyšler, 2008). Merací systém s inteligentnou jednotkou zberu dát umožňuje súčasné meranie až 144 EKG zvodov. Aktívne elektródy, napájanie z Li-ion článku a optické pripojenie na USB port riadiaceho notebooku redukujú rušenie v EKG a garantujú bezpečnosť pacienta. Modulárny softvér umožňuje riadenie merania, monitorovanie a záznam EKG a mapovanie EKG potenciálov na hrudníku. Boli zrealizované aj systémy pre SZU v Bratislave a pre FBMI ČVUT v Kladne, ktoré sa dodnes používajú [17].



Systém ProCardio 8 sníma 4+128 EKG signálov. Počas merania sú EKG signály monitorované na displeji notebooku, následne sú v režime off-line spracované a sú vypočítané mapy EKG potenciálov na hrudníku.

Inteligentná náplast' na monitorovanie životne dôležitých parametrov obetí masových nešťastí po ich prvom triedení bola navrhnutá v rámci projektu NATO SPS G5825. (Tyšler, Lehocki, Gogola, Bagín, 2022) Zariadenie monitoruje signály EKG, PPG a dýchanie a spustí alarm a signalizuje ohrozenie života obete, ak srdcová frekvencia alebo frekvencia dýchania prekročí určené limity. Na získanie robustného a spoľahlivého riešenia sú rovnaké parametre odvodené z dvoch alebo troch nezávislých signálov [18].



Funkčný vzor inteligentnej náplasti so snímačmi EKG, PPG a dýchania a jeho testovanie.

Vybrané publikácie za obdobie rokov 2003-2023:

1. TYŠLER, Milan - SZATHMÁRY, Vavrinec - TURZOVÁ, Marie. Model study of assessment of local heart repolarization changes by several ECG methods. In *International Journal of Bioelectromagnetism*, 2003, vol. 5, no. 1, p. 252-253. ISSN 1456-7857. Typ: ADEB, Citácie: 1
2. TYŠLER, Milan - TURZOVÁ, Marie - ŠVEHLÍKOVÁ, Jana - HEBLÁKOVÁ, Eva - FILIPOVÁ, S. Noninvasive detection of ischemic regions in the heart. In *IFMBE Proceedings*, 2005, vol. 11, no. 1, p. 2207. ISSN 1680-0737. Typ: ADEB
3. ŠVEHLÍKOVÁ, Jana - TEPLAN, Michal - TYŠLER, Milan. Noninvasive identification of two lesions with local repolarization changes using two dipoles in inverse solution simulation study. In *Computers in Biology and Medicine*, 2015, vol. 57, p. 96-102. (2014: 1.240 - IF, Q3 - JCR, 0.457 - SJR, Q2 - SJR, karentované - CCC). (2015 - Current Contents). ISSN 0010-4825. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2014.11.020> Typ: ADCA, Citácie:2
4. TYŠLER, Milan - ŠVEHLÍKOVÁ, Jana - ROSÍK, Vladimír - KARAS, Slavomír - HEBLÁKOVÁ, Eva - KNEPPO, P. - MUŽÍK, J. - KANIA, M. - ZACZEK, R. - KOBYLECKA, M. Model-based method and instrumentation for noninvasive identification of local ischemic lesions in the heart. In *IFMBE Proceedings*, 2009, vol. 25, no. 4. (2009 - INSPEC). ISSN 1680-0737. Dostupné na: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-03882-2-372> Typ: ADMB
5. LENKOVÁ, Jana - ŠVEHLÍKOVÁ, Jana - TYŠLER, Milan. Individualized model of torso surface for the inverse problem of electrocardiology. In *Journal of Electrocardiology*, 2012, vol. 45, no. 3, p. 231-236. (2011: 1.141 - IF, Q4 - JCR, 0.537 - SJR, Q2 - SJR, karentované - CCC). (2012 - Current Contents). ISSN 0022-0736. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2012.01.006> Typ: ADCA, Citácie:2
6. TYŠLER, Milan - TURZOVÁ, Marie - TIŇOVÁ, Mária - SZATHMÁRY, Vavrinec - FILIPOVÁ, S. Possible use of high resolution BSPM data for model-based methods for heart state assessment. In *High Resolution ECG and MCG Mapping : Lecture Notes of the ICB Seminars*. Editors L. De Ambroggi, T. Katila, R. Maniewski. - Warszawa, Poland : MCB PAN, 2004, p. 27-38. Typ: AEC
7. PUNSHCHYKOVA, O. - ŠVEHLÍKOVÁ, Jana - TYŠLER, Milan - GRÜNES, R. - SEDOVA, K. - OSMANČÍK, P. - ŽDÁRSKÁ, J. - HEŘMAN, D. - KNEPPO, P. Influence of torso model complexity on the noninvasive localization of ectopic ventricular activity. In *Measurement Science Review*, 2016, vol. 16, no. 2, p. 96-102. (2015: 0.969 - IF, Q3 - JCR, 0.380 - SJR, Q2 - SJR). (2016 - WOS, SCOPUS). ISSN 1335-8871. Dostupné na: <https://doi.org/10.1515/msr-2016-0013> Typ: ADNA
8. ONDRUŠOVÁ, Beáta - ŠVEHLÍKOVÁ, Jana - ZELINKA, Ján - TYŠLER, Milan - TIŇO, P. Model-Based Relevance of Measuring Electrodes for the Inverse Solution with a Single Dipole. In *Computing in Cardiology*, 2021, vol. 48, p. non. (2020: 0.257 - SJR). ISSN 2325-8861. Dostupné na: <https://doi.org/10.22489/CinC.2021.077> Typ: ADMB
9. ŠVEHLÍKOVÁ, Jana - TYŠLER, Milan. Noninvasive localization of premature ventricular activity using different equivalent point sources. In *Computing in Cardiology : 43rd Computing in Cardiology Conference, CinC 2016*, 2016, vol. 43, p. 313-316. (2015: 0.193 - SJR). ISSN 2325-8861. Dostupné na: <https://doi.org/10.22489/CinC.2016.091-239> Typ: ADMB
10. ŠVEHLÍKOVÁ, Jana - PŘIBILOVÁ, Anna - ZELINKA, Ján - ONDRUŠOVÁ, Beáta - KROMKOVÁ, K. - HLIVAK, P. - HATALA, R. - TYŠLER, Milan. The importance of ECG offset correction for premature ventricular contraction origin localization from clinical data. In *Measurement Science Review*, 2022, vol. 22, no. 5, p. 202-208. (2021: 1.697 - IF, Q3 - JCR, 0.376

– SJR, Q3 – SJR, karentované – CCC). (2022 – Current Contents). ISSN 1335-8871. Dostupné na: <https://doi.org/10.2478/msr-2022>, Typ: ADDA

11. JANUSEK, D.** - ŠVEHLÍKOVÁ, Jana - ZELINKA, Ján - WEIGL, W. - ZACZEK, R. - OPOLSKI, G. - TYŠLER, Milan - MANIEWSKI, R. The roles of mid-myocardial and epicardial cells in T-wave alternans development: A simulation study. In *BioMedical Engineering OnLine*, 2018, vol. 17, no. 1, p. 57. (2017: 1.676 - IF, Q3 - JCR, 0.542 - SJR, Q2 - SJR). (2018 - WOS, Scopus). ISSN 1475-925X. Dostupné na: <https://doi.org/10.1186/s12938-018-0492-6> Typ: ADMA, Citácie: 3
12. ŠVEHLÍKOVÁ, Jana - ZELINKA, Ján - BACHAROVA, L. - TYŠLER, Milan. Modeling and visualization of the activation wavefront propagation to improve understanding the QRS complex changes indicating left ventricular hypertrophy. In *Journal of Electrocardiology*, 2016, vol. 49, no. 5, p. 755-762. (2015: 1.290 - IF, Q4 - JCR, 0.559 - SJR, Q2 - SJR, karentované - CCC). (2016 - Current Contents). ISSN 0022-0736. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2016.05.007> Typ: ADCA, Citácie: 1
13. COCHEROVÁ, Elena** - ŠVEHLÍKOVÁ, Jana - TYŠLER, Milan. Activation propagation in cardiac ventricles using the model with the conducting system. In *IFMBE Proceedings*, 2019, vol. 68, no. 1, p. 799-802. (2018: 0.150 - SJR). ISSN 1680-0737. Dostupné na: https://doi.org/10.1007/978-981-10-9035-6_147 Typ: ADMB, Citácie: 1
14. ŠVEHLÍKOVÁ, Jana** - ZELINKA, Ján - HAŠKA, Miroslav - TYŠLER, Milan. Simulation of measured body surface potential map during early right ventricular pacing. In *MEASUREMENT 2019 : Proceedings of the 12th International Conference on Measurement*. - Bratislava, Slovakia : Institute of Measurement Science, Slovak Academy of Sciences, 2019, p. 34-37. (2019 - WOS, SCOPUS). ISBN 978-80-972629-2-1. Dostupné na: <https://doi.org/10.23919/MEASUREMENT47340.2019.8780020> Typ: ADNB
15. ROSÍK, Vladimír - KNEPPO, P. - TYŠLER, Milan - ŽDINÁK, Jaroslav - ŠVEHLÍKOVÁ, Jana. Modular system for assessment of the thyroid gland functional state - BIOLAB. In *IFMBE Proceedings*, 2005, vol. 11, no. 1, p. 2949-2953. ISSN 1680-0737. Typ: ADEB
16. KALAVSKÝ, Peter - ROSÍK, Vladimír - KARAS, Slavomír - TYŠLER, Milan. Measuring system with compound software architecture for measurement and evaluation of biosignals from isolated animal hearts. In *MEASUREMENT 2011 : 8th International Conference on Measurement*. Editors J. Maňka, V. Witkovský, M. Tyšler, I. Frollo. - Bratislava : Institute of Measurement Science SAS, 2011, p. 379-382. ISBN 978-80-969-672-4-7. Typ: AED, Citácie: 1
17. TYŠLER, Milan - KNEPPO, P. - ROSÍK, Vladimír - KARAS, Slavomír - HEBLÁKOVÁ, Eva - MUŽÍK, J. Body surface potential mapping for noninvasive ischemia detection. In *IFMBE Proceedings*, 2008, vol. 20, p. 339-342. ISSN 1680-0737. Dostupné na: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-69367-3-90> Typ: ADMB
18. GOGOLA, Daniel - ACKOVSKA, Nevena - BAGÍN, Richard - KOTESKA, Bojana - BOGDANOVA, Ana Madevska - KOSTOSKA, Magdalena - LEHOCKI, Fedor - TYŠLER, Milan. Integrated Smart Patch for Heart Rate and Respiratory Rate Monitoring. In *MEASUREMENT 2023: 14th International Conference*, Bratislava: Institute of Measurement Science SAS, 2023 (v tlači)

ODDELENIE VÝVOJA A INOVÁCIÍ PRÍSTROJOVEJ TECHNIKY



Vedúci: Ing. Vlado Jacko, PhD.

Vlado.Jacko@savba.sk

https://www.um.sav.sk/pracovnici/zakladne-informacie/?user_no=759

Akademické vzdelanie a zamestnanie:

V roku 1982 ukončil štúdium na Elektrotechnickej fakulte SVŠT v Bratislave, odbor Rádioelektronika a nastúpil ako vedecko technický pracovník na vtedajší Ústav merania a meracej techniky CEFV SAV. V roku 2010 obhájil vo vednom odbore Elektronika kandidátsku dizertačnú prácu s názvom *Tenkovrstvové bolometrické štruktúry*. Vedúcim

oddelenia je od roku 2010. Je zároveň vedeckým pracovníkom Oddelenia optoelektronických meracích metód.

Zoznam pracovníkov oddelenia v roku 2023:

Gürth Manfred

Jacko Vlado, Ing. PhD. (vedúci oddelenia)

Kulišov Andrej

Tanglmajer Rudolf

Zoznam bývalých pracovníkov oddelenia v období rokov 2003 – 2023:

Černáková Mária, Šlesár Ján

Zameranie činnosti oddelenia:

Oddelenie je neoddeliteľnou súčasťou pracoviska od jeho založenia v roku 1953. Na počiatku sa ako súčasť *Laboratória meracích prístrojov* aktívne podieľalo na stavbe nových prístrojov a experimentálnych zariadení. V súčasnosti komplexne rieši vývoj a konštrukciu vedeckých zariadení a prístrojov. Jedná sa o:

- technickú podporu vedeckých oddelení ústavu, ale aj spoluprácu s mnohými inými vedeckými inštitúciami a priemyselnými podnikmi,
- návrh prístrojov, ich častí a tvorbu výkresovej dokumentácie,
- výrobu komponentov a prístrojov pre realizáciu experimentov,
- výrobu prípravkov pre meranie a kalibráciu,
- stavbu prístrojov a zariadení pre spoločenskú prax.

Podpora činnosti vedeckých oddelení ústavu:

Výsledkom 70 ročnej práce Ústavu merania SAV je mnoho špeciálnych prístrojov

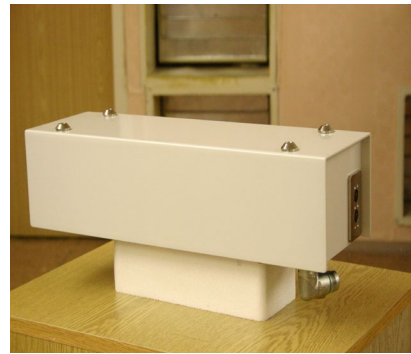
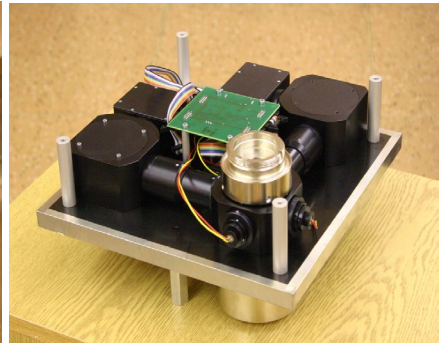
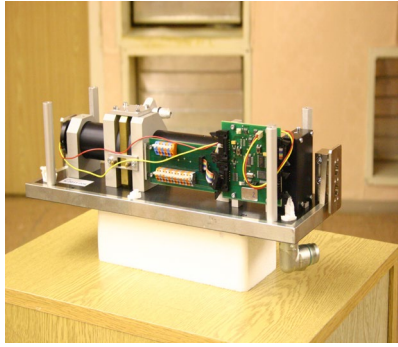
pre lekárov, strojárův, elektrotechnikův, technologův, výskum atď. V posledných 20 rokoch sa ťažisko vedeckej činnosti ústavu presunulo viac k teoretickej práci čo viedlo k zníženiu počtu zamestnancův v oddelení. V predchádzajúcom období ich bolo až 25. Základom prác sú však experimentálne dáta a tie sa aj dnes získavajú meraním na zložitých experimentálnych aparátúrach. Ich konštrukcie sa neustále zdokonaľujú a upravujú. Touto cestou sa oddelenie podieľa na práci všetkých vedeckých oddelení ústavu. Pri výskume činnosti srdca, NMR tomografii, pri výskume aktivít mozgu, pri výrobe meracích prístrojův atď. Vhodné prístrojové vybavenie spravidla predstavuje základ vedeckého výskumu v akejkoľvek oblasti.

Realizácia prístrojův pre partnerské organizácie:

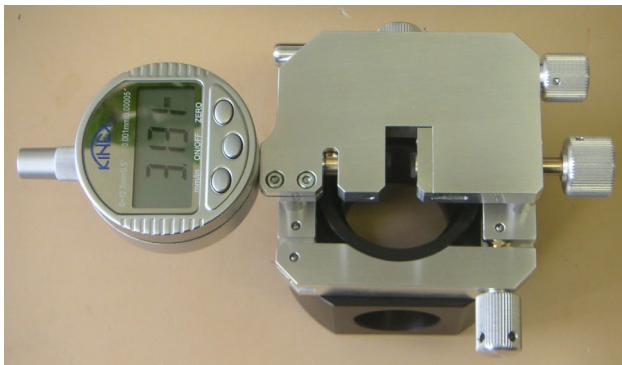
V období rokov 2003-2023 dnešné Oddelenie vývoja inovácií prístrojovej techniky formou spoluprác na projektoch alebo formou zákaziek zabezpečovalo vývoj a realizáciu početných unikátnych meracích prístrojův pre Chemický ústav SAV, Ústav informatiky SAV, Fyzikálny ústav SAV, Ústav materiálov a mechaniky strojův SAV, Elektrotechnický ústav SAV, Ústav anorganickej chémie SAV, Katedru chémie Prírodovedeckej fakulty UK Výskumný ústav zvaračský, Biomedicínske centrum SAV, firmy UNIBA anorganická chémia, Tatramed s.r.o., TECTRA s.r.o., Siemens, Legálna metrologia, Datalan a.s., B&K, Mesing Brno, Galaalumínium, a ďalšie. Zláštno postavenie mala spolupráca so Slovenským metrologickým ústavom, ktorá prebieha mnoho rokov súčasne a s viacerými oddeleniami ústavu. Nižšie sú ukázané príklady realizovaných prístrojův.



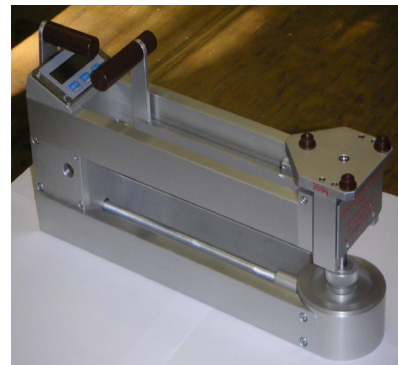
Vývoj a výroba snímačov na testovanie odliatkov blokov automobilových motorův v spolupráci s firmou Datalan



Významnými výstupmi oddelenia sú originálne systémy na monitorovanie priestorovej stability reaktorových nádob v jadrových elektrárnach Jaslovské Bohunice a Mochovce



Kalibrátor prístroja Vertimat pre atómové elektrárne



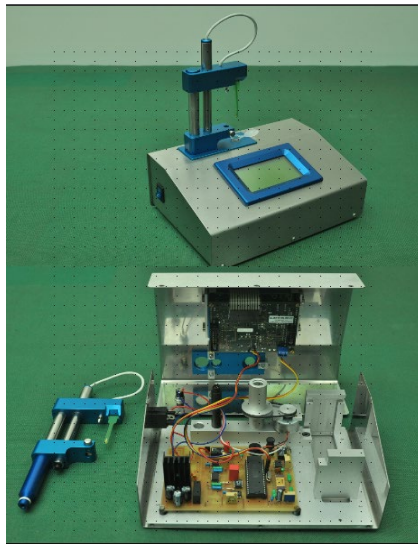
Prístroj na meranie tvrdosti kože



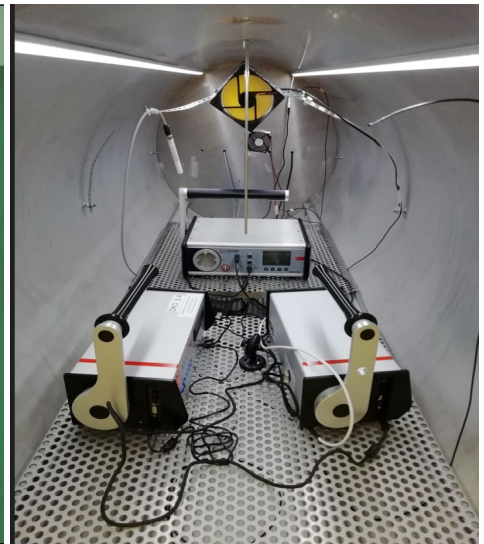
Laserové optické snímače na zisťovanie povrchových vád automobilových súčiastok



*Fantóm
pre operácie mozgu*



*Prístroj na analýzu vína
pre firmu Biorealis*



*Vybavenie radónovej komory
pre Slovenský metrologický ústav*



Mlyn na prípravu práškov



*Laserový optický prístroj
na meranie rozmerov komutátorov*

Potreba vývoja a výroby špeciálnych meracích prístrojov pre vedecký výskum pretrváva, aj keď v menšej miere ako v minulosti. Aj v praxi sa vyskytuje veľa problémov v oblasti merania. Často ide o neštandardné veličiny, alebo podmienky za akých je potrebné meranie urobiť. V takom prípade je potrebné upraviť, alebo úplne od základu navrhnuť metódu merania a vyvinúť a vyrobiť merací prístroj alebo merací systém spĺňajúci potreby budúceho užívateľa. Veľký význam nadobúdajú meracie systémy napríklad pri výstupnej kontrole v masovej výrobe na moderných výrobných linkách. Ich uplatnenie vedie k zvýšeniu kvality výroby, k ekonomickým úsporám, alebo aj k ochrane zdravia a života ľudí. To je priestor, v ktorom sa uplatňujú vedomosti, skúsenosť a remeselná zručnosť pracovníkov oddelenia.

Vedecká výchova

Ústav merania SAV sa v roku 1961 stal riadnym školiacim pracoviskom a súčasne pracoviskom pre obhajoby kandidátskych (doktorandských) dizertačných prác v odbore 39-71-9 Meracia technika a neskôr aj v odbore 39-52-9 Bionika a biomechanika. Výchova vedeckých pracovníkov v týchto vedných odboroch naposledy prebiehala na základe Vyhlášky MŠ SR č.131/1997 Z.z. o doktorandskom štúdiu až do roku 2005 a na ústave dobehla poslednými obhajobami v roku 2010. Do roku 2003 štúdium ukončilo úspešnou obhajobou dizertačnej práce celkove viac ako 100 interných a externých študentov, z toho 8 v odbore Bionika a biomechanika.

V roku 2005, pri akreditácii doktorandského štúdia podľa nového zákona 131/2002 Z.z. o vysokých školách, získal ústav akreditáciu MŠ SR podieľať sa ako externá vzdelávacia inštitúcia (EVI) Fakulty elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave na doktorandskom študijnom programe Meracia technika v študijnom odbore 5-2-54 Meracia technika pre dennú aj externú formu v anglickom aj slovenskom jazyku a garantom štúdia na ústave sa stal prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc. V roku 2009 sa ústav reakreditoval pre ten istý študijný program a garantom štúdia na ústave sa stal prof. Ing. Jiří Holčík, CSc.

Ďalšia akreditácii všetkých foriem doktorandského študijného programu Meracia technika prebehla v pozmenenej forme v roku 2015. Študijné programy v dennej forme (ID 104353 a 10354) a externej forme (ID 104351 a 104352) sa akreditovali v rámci študijného programu Elektrotechnika len na FEI STU. Ústav ako EVI získal právo podieľať sa na doktorandskom štúdiu na základe splnenia kvalitatívnych požiadaviek definovaných vnútornými predpismi univerzity a SAV (Vnútorného systému kvality) a uzatvorením Rámcovej dohody o spolupráci medzi FEI STU a ÚM SAV ako EVI pri uskutočňovaní doktorandského študijného programu Meracia technika v študijnom odbore Meracia technika. V rámci SAV sa garantom štúdia na ústave stal prof. Ing. Alexander Šatka, PhD.

V roku 2020 ústav uzatvoril aj Rámcovú dohodu o spolupráci medzi Fakultou matematiky, fyziky a informatiky UK v Bratislave a ÚM SAV ako EVI pri uskutočňovaní doktorandského študijného programu Aplikovaná matematika v študijnom odbore 5-2-9 Matematika, čím získal právo školit' aj v tomto študijnom programe. V rámci SAV sa garantom štúdia na ústave v tomto študijnom programe stal doc. RNDr. Viktor Witkovský, CSc.

Od roku 2020 prebieha schvaľovanie a kontrola študijných programov na univerzitách na základe Štandardov pre vnútorný systém zabezpečovania kvality vysokoškolského vzdelávania, pričom univerzity museli svoje vnútorné dokumenty zosúladiť s týmto dokumentom do 1. septembra 2022.

V súčasnosti doktorandské štúdium na Ústave merania SAV ako EVI naďalej prebieha v študijných programoch Meracia technika (v odbore 2675 Elektrotechnika) a Aplikovaná matematika (v odbore 1113 Matematika), pričom právo zadávať témy

dizertačných prác a školiť doktorandov v študijnom programe Meracia technika má 15 vedeckých pracovníkov a v študijnom programe Aplikovaná matematika 6 vedeckých pracovníkov. Ústav má takisto zastúpenie v odborových komisiách na FEI STU (3 členovia) a FMFI UK (1 člen).

Okrem uvedených aktivít na ústave, viacerí vedeckí pracovníci ústavu pôsobili ako členovia vedeckých rád univerzít: RNDr. Karol Karovič, DrSc. (FEI STU a Fakulta mechatroniky TnU AD), doc. Ing. Milan Tyšler, CSc. (FEI STU a Fakulta biomedicínskeho inžinýrství ČVUT v Praze, Kladno), Doc. RNDr. Viktor Witkovský, CSc. (Breath Research Institute, Austrian Academy of Sciences, Austria), Prof. Ing. Jiří Holčík, CSc. (Lékařská fakulta, Masarykova univerzita, Brno), Prof. RNDr. Ignác Capek, DrSc. (Fakulta priemyselných technológií TnUAD v Púchove).

Početní pracovníci ústavu tiež pôsobili a pôsobia ako členovia odborových komisií v iných študijných odboroch (metrológia, telekomunikácie, kvantová elektronika a optika, elektronika, teoretická elektrotechnika, pravdepodobnosť a matematická štatistika, biomedicínske inžinierstvo) alebo ako externí členovia komisií pre štátne skúšky.

V období rokov 2003 – 2022 boli ročne prijatí najviac 3 študenti, s výnimkou roku 2005, kedy boli prijatí 7 študenti, pretože na financovanie 5 štipendií počas 3 rokov boli získané zdroje z Európskeho štrukturálneho fondu na projekt „Výchova doktorandov a odborných pracovníkov pre výskum, vývoj, inovácie a aplikácie v oblasti merania a meracej techniky (MERTECH)“. Celkove bolo v tomto období prijatých 38 študentov a 26 študentov štúdiom úspešne ukončilo, z toho 15 v študijnom programe Meracia technika, 9 v študijnom programe Bionika a biomechanika a 2 obhájili práce v študijnom programe Pravdepodobnosť a matematická štatistika.

Prehľad počtu doktorandov v období rokov 2003 - 2022

Rok	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Celkom denní/externí	7/3	6/5	11/5	8/4	7/4	2/4	4/3	5/3	5/1	4/1
Prijatí denní/externí	3/0	2/2	6/1	0/1	1/0	1/0	2/1	2/1	1/0	1/0
Obhájili denní/externí	0/0	1/0	1/1	1/1	0/0	1/0	4/1	3/1	2/1	1/0

Rok	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Celkom denní/externí	3/1	3/1	4/2	3/1	3/1	2/1	3/1	4/1	4/2	3/2
Prijatí denní/externí	1/0	2/0	2/0	0/1	0/0	2/0	1/0	2/0	1/1	1/0
Obhájili denní/externí	2/0	0/0	0/0	0/2	0/0	2/0	0/0	0/0	0/0	1/0

Organizovanie konferencií

Ústav merania SAV sa počas svojej existencie podieľal na organizovaní mnohých vedeckých seminárov, workshopov, konferencií a sympózií. Informácie o konferenciách organizovaných v predchádzajúcom období možno nájsť v [brožúre vydanéj k 50 výročiu vzniku ústavu](#).

Medzi najvýznamnejšie organizované podujatia patria série medzinárodných vedeckých konferencií MEASUREMENT a ProbaStat, ústav však bol a je aj organizátorom mnohých medzinárodných putovných kongresov, konferencií a workshopov. Okrem toho, jednotliví pracovníci ústavu boli členmi programových a organizačných výborov mnohých ďalších domácich a medzinárodných vedeckých podujatí, o čom sa možno dozvedieť z ročných správ o činnosti ústavu.

Konferencie MEASUREMENT

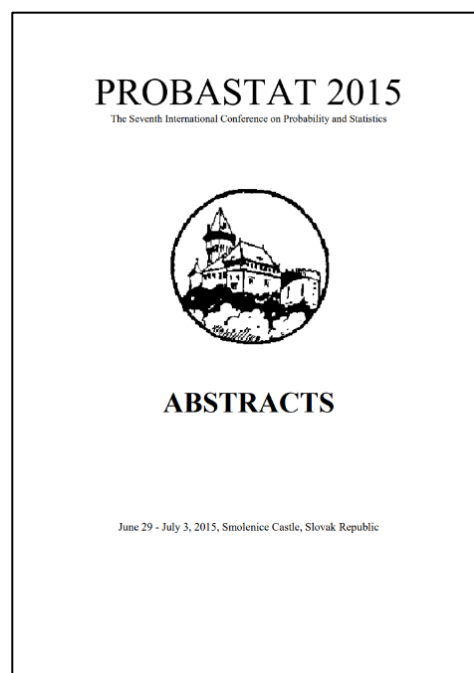
Po prerušení tradície konferencií EMISCON v roku 1991 ústav inicioval založenie nového vedeckého fóra pre témy súvisiace s prácou výskumných laboratórií ústavu – medzinárodného workshopu MEASUREMENT. V rokoch 1991 – 1996 sa uskutočnilo 6 takýchto workshopov a ich tradičným miestom konania sa stalo Kongresové centrum SAV na zámku v Smoleniciach. Na tradíciu workshopov nadviazala prvá medzinárodná konferencia o meraní MEASUREMENT 1997, ktorá sa konala v KC SAV v Smoleniciach 29. – 31. mája 1997. Od roku 1997 sa konferencie MEASUREMENT organizujú v pravidelnom dvojročnom cykle a ich cieľom je vytvoriť priestor pre konfrontáciu výsledkov dosiahnutých pracovníkmi ústavu s výsledkami dosiahnutými na špičkových pracoviskách a prezentovanými pozvanými expertmi a umožniť diskusiu a nadviazanie spoluprác v rôznych oblastiach merania. Tradičnými nosnými témami konferencií sú *Teoretické problémy merania*, *Meranie fyzikálnych veličín* a *Merania v biológii a medicíne*, ktoré bývajú doplnené o špeciálne sekcie podľa aktuálnych riešených problémov. Jednotlivé ročníky konferencie sú organizované v spolupráci s ďalšími domácimi a zahraničnými univerzitami, výskumnými inštitúciami a vedeckými a odbornými spoločnosťami. V roku 2023 sa koná už 14. ročník konferencie.



Konferencie ProbaStat

Ústav merania SAV je spoluorganizátorom medzinárodných konferencií ProbaStat, tradične v spolupráci s Fakultou matematiky, fyziky a informatiky Univerzity

Komenského v Bratislave, Matematickým ústavom SAV a Jednotou slovenských matematikov a fyzikov. Prvá medzinárodná konferencia o pravdepodobnosti a matematickej štatistike ProbaStat '91 sa konala v dňoch 26. – 30.8.1991 v Bratislave a nadviazala na dlhoročnú tradíciu československých konferencií (prvá bola v roku 1975). Ďalšie konferencie v dávnejšom období sa konali v rokoch 1994, 1998 a 2002. Témy konferencií zahŕňajú široký okruh problémov a patria sem napríklad *mnohorozmerná analýza, analýza časových radov, optimálne navrhovanie experimentu, nelineárna regresia, neparametrické a robustné metódy, kvantové pravdepodobnosti, pravdepodobnostné modelovanie, finančná matematika, stochastické procesy a aplikácie.*



Konferencie organizované ústavom v období rokov 2003 – 2023

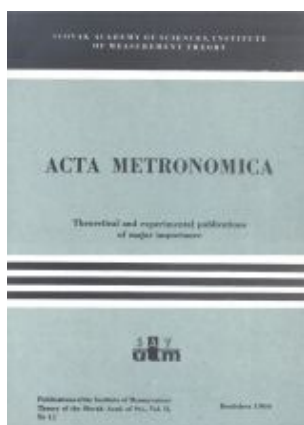
- **MEASUREMENT 2003** – 4. medzinárodná konferencia o meraní sa konala 15. – 19.6.2003 v KC SAV v Smoleniciach. Konferenciu organizoval Ústav merania SAV pod záštitou medzinárodných organizácií IMEKO TC-7, IMEKO TC-13 a IEEE a v spolupráci s viacerými vedeckými spoločnosťami a zahraničnými pracoviskami.
- **Measurement 2005** – 5. medzinárodná konferencia o meraní sa konala v KC SAV v Smoleniciach v dňoch 15. – 19.5.2005.
- **Dni lekárskej biofyziky 2006** - XXIX. konferencia DLB2006 sa konala v dňoch 16. - 18.5.2006 v ExpoClube Incheba v Bratislave. Konferenciu organizoval Ústav lekárskej fyziky a biofyziky LFUK v spolupráci s Inchebou, I. rádiologickou klinikou LF UK a FNŠP, Ústavom ošetrovateľstva LF UK, Slovenskou rádiologickou spoločnosťou a Ústavom merania SAV.
- **ProbaStat 2006** – 5. medzinárodná konferencia o pravdepodobnosti a štatistike sa konala v KC SAV v Smoleniciach v dňoch 5.- 9. júna 2006. Konferenciu organizoval Ústav merania SAV v spolupráci s Fakultou matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave, Matematickým ústavom SAV a Jednotou slovenských matematikov a fyzikov.
- **Measurement 2007** – 6. medzinárodná konferencia o meraní sa konala v KC SAV v Smoleniciach v dňoch 20. - 24. 5. 2007. Konferencia bola organizovaná Ústavom merania SAV v spolupráci s viacerými zahraničnými a domácimi pracoviskami.
- **Meditech 2008** – konferencia so zahraničnou účasťou projektu Európskeho sociálneho fondu MEDITECH - Innovative Program of Modern Biomedical Technologies sa konala dňa 26.5. 2008 na FCHPT STU v Bratislave. Organizátormi konferencie boli FCHPT STU, FEI STU a Ústav merania SAV.

- **ROBUST 2008** – česko-slovenská konferencia a letná škola venovaná vybraným trendom z matematickej štatistiky a teórie pravdepodobnosti sa konala v Pribyline v dňoch 8.-12.9.2008. Podujatie organizovala Jednota českých matematikov a fyzikov a spoluorganizátormi konferencie boli Česká štatistická spoločnosť, Matematicko-fyzikálna fakulta, Univerzita Karlova, Praha a Ústav merania SAV.
- **Winter Workshop on Mathematical Statistics 2008** – medzinárodný zimný workshop z matematickej štatistiky sa konal v dňoch 15. – 16.12.2008 v Malom kongresovom centre vydavateľstva VEDA v Bratislave pri príležitosti životného jubilea prof. Andreja Pázmana.
- **Annual Meeting PHeLINet 2009** – medzinárodné stretnutie k projektu 6. RP EÚ PHeLINet sa konalo v KC SAV v Smoleniciach v dňoch 25.03.-28.03.2009.
- **Measurement 2009** – 7. medzinárodná konferencia sa konala v KC SAV v Smoleniciach v dňoch 20.05.-23.05.2009. Konferenciu organizoval Ústav merania SAV s viacerými zahraničnými a domácimi spoluorganizátormi. Ďalšie informácie možno nájsť aj na [web stránke konferencie](#).
- **International Workshop on Matrices and Statistics 2009** – 8. medzinárodný workshop o maticiach a štatistike sa konal v KC SAV v Smoleniciach v dňoch 23. až 27. júna 2009.
- **Trendy v biomedicínskom inžinierstve 2009** – 8. ročník česko-slovenskej konferencie s medzinárodnou účasťou sa konal v priestoroch FEI STU v Bratislave v dňoch 16. až 18. septembra 2009.
- **ISABEL 2009** – 2. medzinárodné sympóziu o aplikovanom výskume v biomedicíne a komunikačných technológiách sa konalo v Bratislave v dňoch 24.11.-27.11.2009.
- **Measurement 2011** – 8. medzinárodná konferencia o meraní sa uskutočnila v KC SAV v Smoleniciach v dňoch 27. až 30. apríla 2011. Okrem tradičných oblastí témou konferencie boli aj merania v oblasti mikro- a nanorozmerov. Viac informácií možno nájsť na [web stránke konferencie](#).
- **ProbaStat 2011** – 6. medzinárodná konferencia o pravdepodobnosti a štatistike sa konala v KC SAV v Smoleniciach v dňoch 4.-8. júla 2011.
- **Measurement 2013** – 9. medzinárodná konferencia o meraní sa uskutočnila v KC SAV v Smoleniciach v dňoch 27. až 30. mája 2013. Viac informácií o konferencii možno nájsť na [web stránke konferencie](#).
- **ETAT 2013** – 1. letná škola IEEE EMBS o nových technológiách a aplikáciách v telemedicíne (ETAT 2013) organizovaná Ústavom merania SAV spolu s FEI STU v Bratislave pod záštitou medzinárodnej spoločnosti Engineering in Medicine and Biology Society (IEEE EMBS) sa konala v KC SAV v Smoleniciach v dňoch 26. – 31.8.2013. Viac informácií na [web stránke podujatia](#).
- **ICE 2014** – 41. Medzinárodný elektrokardiologický kongres organizovaný Ústavom merania SAV v spolupráci so Slovenskou arytmiologickou asociáciou a Slovenskou kardiologickou spoločnosťou z poverenia Medzinárodnej

elektrokardiologickej spoločnosti sa uskutočnil v dňoch 4. až 7. júna 2014 v Bratislave. Podrobnejšie informácie možno nájsť [web stránke kongresu](#).

- **[MEASUREMENT 2015](#)** – 10. medzinárodná konferencia o meraní organizovaná Ústavom merania SAV sa uskutočnila v dňoch 25. – 28.5.2015 KC SAV v Smoleniciach. Ďalšie informácie a zborník konferencie možno nájsť na jej [web stránke](#).
- **[ProbaStat 2015](#)** – 7. medzinárodná konferencia o matematickej štatistike sa uskutočnila v KC SAV v Smoleniciach v dňoch 29. júna až 3. júla 2015. Jej cieľom je stimulovať výmenu myšlienok a výskumu vo oblastiach matematickej štatistiky. Konferenciu organizoval Ústav merania SAV v spolupráci s Fakultou matematiky, fyziky a informatiky UK a Matematickým ústavom SAV. Ďalšie informácie sú na [web stránke konferencie](#).
- **[ETAT 2015](#)** – 2. letná škola IEEE EMBS o nových technológiách a aplikáciách v telemedicíne sa konala v dňoch 16. – 22.8.2015 v KC SAV v Smoleniciach. Letnú školu organizoval Ústav merania SAV v spolupráci s Národným centrom telemedicínskych služieb a FEI STU v Bratislave pod záštitou IEEE. Ďalšie informácie sú na [web stránke konferencie](#).
- **[MEASUREMENT 2017](#)** – 11. medzinárodná konferencia o meraní sa uskutočnila v KC SAV Smoleniciach v dňoch 29. – 31.5.2017. Ďalšie informácie a zborník konferencie možno nájsť na jej [web stránke](#).
- **[MEASUREMENT 2019](#)** – 12. medzinárodná konferencia o meraní sa konala v dňoch 27. – 29. mája 2019 v KC SAV v Smoleniciach. Ďalšie fakty, zborník a fotografie z konferencie sú dostupné na [web stránke konferencie](#).
- **[mODa12](#)** – 12. workshop o modelovo orientovanej analýze dát a optimálnom dizajne sa konal v dňoch 23. – 28. júna 2019 sa v KC SAV v Smoleniciach. Spoluorganizátormi boli Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK v Bratislave a Ústav merania SAV. Ďalšie informácie sú na [web stránke konferencie](#).
- **[LinStat 2020](#)** – Medzinárodná konferencia o trendoch a perspektívach v lineárnych štatistických inferenciách sa kvôli pandémie COVID-19 konala o rok neskôr hybridnou formou v dňoch 30. augusta – 3. septembra v Bedlewe (Poľsko). Ďalšie informácie sú na [web stránke konferencie](#).
- **[MEASUREMENT 2021](#)** – 13. medzinárodná konferencia o meraní, meracích technikách a prístrojoch sa konala od 17. do 19. mája 2021. Vzhľadom na pandemickú situáciu sa konala virtuálne on-line. Ďalšie informácie sú na [web stránke konferencie](#).
- **[CEI Satellite Symposium](#)** – sympóziu organizované Konzorciom pre elektrokardiografické zobrazovanie v spolupráci s ÚM SAV sa konalo 08.09.2022 v Tampere, (Fínsko).
- **[MEASUREMENT 2023](#)** – 14. medzinárodná konferencia o meraní, meracích technológiách a prístrojoch sa koná od 29. do 31. mája 2023 v KC SAV v Smoleniciach. Ďalšie informácie sú na [web stránke konferencie](#).

Vydávanie časopisu



V rokoch 1965 – 1977 ústav vydával vlastný časopis **ACTA METRONOMICA**. Pracovníci ústavu spolu 12 rokov vydávali v tomto časopise svoje prvé oznámenia a výsledky svojej výskumnej činnosti. Zodpovedným redaktorom časopisu bol RNDr. Ing. J. Bolf, CSc.

Z podnetu konferencie MEASUREMENT 2001 začal Ústav merania Slovenskej akadémie vied v septembri 2001 vydávať v elektronickej podobe v on-line edícii medzinárodný vedecký časopis **MEASUREMENT SCIENCE REVIEW** ako oficiálny časopis ústavu a tiež časopis medzinárodnej konferencie MEASUREMENT, ktorého ISSN (International Standard Serial Number) je 1335-8871.

Cieľom časopisu je publikovať príspevky z vedných disciplín pokrývajúcich vedu o meraní so zameraním na teoretické problémy merania, meranie fyzikálnych veličín a meranie v biomedicíne.

Časopis poskytuje prostredie na výmenu informácií medzi vedcami, inžiniermi, matematikmi a fyzikmi pracujúcimi v oblasti vedy a výskumu, priemyslu a medicíny, ako aj podporu ich efektívnej a koordinovanej výskumnej spolupráce. Výhodou elektronickeho časopisu je rýchlosť publikovania, ihneď po získaní pozitívnych hodnotení od recenzentov.

Zárukou vysokej kvality vedeckého obsahu časopisu je jeho šéfredaktor prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc., medzinárodná redakčná rada časopisu, ktorá má v súčasnosti 44 členov z 26 krajín a početní recenzenti článkov. Garantom ich výberu je Ústav merania SAV, ktorý na základe svojej činnosti aj ako hlavný organizátor konferencií MEASUREMENT má rozsiahle vedecké kontakty v rámci komunity vied o meraní a početné vedecké spolupráce s medzinárodnými inštitúciami. Do redakčnej rady a databázy recenzentov sú zapojení práve odborníci z týchto inštitúcií.



Parametre časopisu a jeho zameranie, kde publikované články autorov z európskych aj mimoeurópskych krajín zachytávajú najnovšie trendy v oblasti teórie merania, výskumu a vývoja meracích metód a systémov predovšetkým v oblasti meraní fyzikálnych veličín a v biomedicíne, sú atraktívne pre mnohých domácich a zahraničných autorov. Časopis naďalej zostáva významnou možnosťou pre publikovanie najlepších príspevkov z medzinárodných konferencií MEASUREMENT. Počas celého obdobia vydávania časopisu rastie záujem o publikovanie v ňom a udržuje sa slušná citovanosť jeho článkov. O odbornom renomé časopisu svedčí pri narastajúcom počte predložených príspevkov a podiel tých, ktoré sú zamietnuté. Takisto narastá počet záujemcov o členstvo v medzinárodnej edičnej rade časopisu MSR, najmä zo zahraničia. Napríklad v roku 2022 bolo autormi podaných spolu 161 článkov. Z toho len 36 najkvalitnejších, vybraných na základe recenzných posudkov, bolo publikovaných a 125 bolo zamietnutých, pričom percento zamietnutia bolo 77,6 %.

Časopis Measurement Science Review ako on-line časopis sa postupne stal renomovaným medzinárodným vedeckým časopisom, ktorý je v súčasnosti evidovaný v 44 svetových databázach, vrátane najvýznamnejších: ISI Web of Knowledge, Web of Science (Q3, IF2021 1.697), Scopus (CiteScore 2021 2.8, SJR 2021 0.376, SNIP 2021 0.669) a Current Contents Connect (od roku 2018).

Od roku 2008 sa vydavateľom časopisu stalo vydavateľstvo Versita – Central European Science Publisher. Od roku 2012 bol časopis vydávaný vo vydavateľstve Walter de Gruyter, ktoré Versitu prevzalo, a od roku 2018 je vydávaný v jeho divízii SCIENDO zameranej na open-access publikácie.

Časopis je voľne dostupný na web stránke vydavateľstva SCIENDO <https://sciendo.com/journal/MSR>, všetky čísla vrátane archívnych ročníkov sú dostupné na internej stránke Ústavu merania SAV <http://www.measurement.sk/>, a od ročníka 2023 tiež na web stránke časopisov SAV redigovaných cez Open Journal System <https://journals.savba.sk/index.php/msr/>.

Ústav merania SAV, ako vlastník časopisu, v spolupráci so zahraničným vydavateľom Walter de Gruyter, divízia SCIENDO, hodlá vydávať tento časopis aj v nasledujúcich rokoch ako on-line open-access periodikum. Bude garantovať jeho vysokú odbornú kvalitu, dbať o kvalitu geografickej a odbornej štruktúry autorov a zvyšovať nároky na recenzný proces. Pri vydávaní časopisu a výbere článkov bude aj naďalej spolupracovať najmä s medzinárodnými organizáciami, ktoré predstavujú celosvetovú úroveň a garantujú vedný odbor „veda o meraní“.

Popularizačné aktivity

Ústav sa dlhodobo snaží propagovať výsledky svojej činnosti v rozhlase a televízii, v tlačových médiách aj na internete. Dôležitou aktivitou sú aj prednášky a besedy na vybrané témy, riešené na ústave. Od roku 2005 ústav pravidelne každoročne organizuje exkurzie pre študentov, najmä z vysokých škôl zo Slovenska, ale aj z Českej republiky. Akciou otvorenou pre všetkých záujemcov sú tradičné Dni otvorených dverí, ktoré sú od roku 2005 organizované v rámci Európskeho týždňa vedy a techniky. Od roku 2008 ústav vydáva propagačné leporelá v slovenčine aj angličtine, kde informuje o svojich aktuálnych výskumných aktivitách. Od roku 2014 sa ústav zúčastňuje na akcii Noc výskumníkov, kde prezentuje verejnosti, ale najmä mladej generácii, aktuálne vedecké problémy riešené na ústave.

Výnimkou boli roky 2020 a 2021, kedy sa väčšina aktivít kvôli pandémie COVID-19 nekonala a deň otvorených dverí sa konal vo virtuálnom priestore formou videí a prezentácií na internete.

Okrem týchto pravidelných alebo opakujúcich sa akcií spomenieme aj niektoré príležitostné aktivity:

- v marci 2009 sa na ústave konalo slávnostné otvorenie Centra pre NMR zobrazovanie materiálov ako súčasť Národného centra NMR, spojené s prehliadkou ústavu, kde bolo uvedené NMR zobrazovacie zariadenie firmy ESAOTE a riadiaca konzola firmy TECMAG,
- v novembri 2010 bolo slávnostne otvorené Laboratória RTG mikrotomografie, kde bol predstavený mikrotomograf NANOTOM 180,
- v novembri 2011 bolo otvorené Laboratórium röntgenovej mikrotomografie a riadkovej elektrónovej mikroskopie, kde bol predstavený analytický elektrónový mikroskop JSM 7600F,
- v roku 2013 sa ústav podieľal na publikáciách Dejiny SAV a Kto je kto v SAV, ktoré boli vydané pri príležitosti 60. výročia vzniku SAV,
- od roku 2016 sa ústav podieľa na internetovom projekte Otvorená akadémia,
- v júni 2019 sa ústav zúčastnil na prezentácii pracovísk SAV v rámci akcie Víkend so SAV na Primaciálnom námestí v Bratislave,
- v septembri 2019 magazín RTVS VaT o vede a technológii s Gregorom Marešom odvysielal reláciu Robotický asistenčný systém, v ktorej boli prezentované výsledky výskumu ÚM SAV zamerané na tému Neurorehabilitácia pomocou mentálnej predstavy pohybu, zodpovedný riešiteľ Dr. Roman Rosipal,
- v októbri 2019 mal Doc. Tyšler v centre Western Plazza v rámci cyklu SAVinci prednášku na tému Nové technológie pri liečbe srdca,

- v roku 2022 prezentoval Dr. Hain výsledky ústavu v oblasti infračervenej reflektografie, indukovanej ultrafialovej fluorescencie a röntgenovej rádiografie, najmä pre oblasť ich využitia v testovaní artefaktov kultúrneho dedičstva, na svetovej výstave Expo 2020 v Dubaji v Spojených arabských emirátoch.

V nasledujúcej tabuľke je súhrn vybraných popularizačných aktivít ústavu za obdobie rokov 2002 – 2022 na základe podkladov z ročných správ o činnosti ústavu.

Prednášky a besedy	46
Popularizačné články v tlači	69
Príspevky v televízii	21
Relácie v rozhlase	15
Príspevky na internete	57
Exkurzie pre študentov	31
Podiel na publikáciách	2
Filmové dokumenty	2
Iné aktivity	24
Exkurzie v rámci dní otvorených dverí	18
Účasť na noci výskumníkov	5

Fotografie z vybraných popularizačných aktivít:



Deň otvorených dverí 3.12. 2006



Deň otvorených dverí 26.11.2008



Otvorenie Centra pre NMR zobrazovanie materiálov ako súčasti Národného centra NMR 13.3.2009



Slávnostné otvorenie Laboratória RTG mikrotomografie 8.11.2010



Deň otvorených dverí 9.11.2010



Deň otvorených dverí 7.11.2012



Deň otvorených dverí 12.11.2013



Noc výskumníkov 26.9.2014



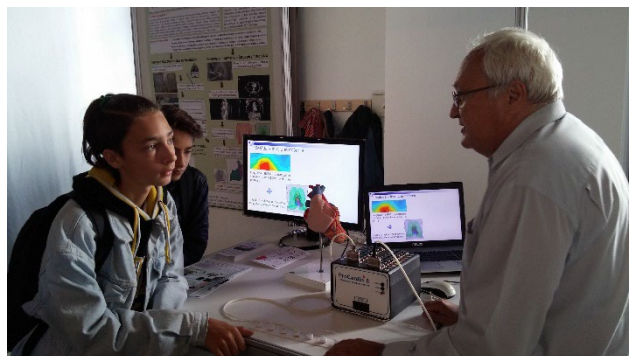
Noc výskumníkov 25.9.2015



Exkurzia z TU Liberec 12.5.2017



Slávnosť k 65. výročiu vzniku ústavu 28.5.2018



Noc výskumníkov 28.9.2018



Deň otvorených dverí 6.11.2018



Víkend so SAV 27.6.2019



*Relácia RTVS VaT Robotický asistenčný systém
26.9.2019*



Deň otvorených dverí 8.11.2022

Ocenenia pracovníkov ústavu

V období rokov 2003 – 2022 pracovníci a pracovné kolektívy ústavu získali početné ocenenia, ktoré sú uvedené v nasledovnom prehľade.

2004

Kolektív Ing. Ľubomíra Ondriša, PhD.

Udelenie Ceny Slovak Gold za „Merací systém na meranie náklonu veľkých objektov“

Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc., RNDr. Ing. Ján Bartl, CSc.

Medaila za spoluprácu s Katedrou automatizácie a merania SjF STU Bratislava pri príležitosti 40. výročia jej založenia

RNDr. Karol Karovič, DrSc., Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc.

Zlata medaila Johanna Andrea von Segnera udelená Úradom pre normalizáciu metrologiu a skúšobníctvo SR k 85. výročiu metrologie na Slovensku

Doc. RNDr. Igor Farkaš, PhD.

Cena Petra Fedora na podporu a ocenenie mladých vedcov udelená rektorom Slovenskej technickej univerzity v Bratislave

Ing. Ľubomír Ondriš, CSc., Ing. Dušan Krušínský

Čestné uznanie za zásluhy v oblasti rozvíjania a upevňovania vedeckotechnickej spolupráce pri príležitosti 50. výročia založenia Laboratória vysokých energií SÚJV Dubna, Rusko.

2005

Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc.

Veľká medaila sv. Gorazda za celoživotnú prácu vo výchovno-vzdelávacom procese a mimoriadne výsledky medzinárodného významu v oblasti vedy, udelená MŠ SR

RNDr. Karol Karovič, DrSc.

Cena J.A. Segnera za metrologiu, udelená predsedom ÚNMS SR za dlhoročný príspevok k rozvoju metrologie na Slovensku

Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc.

Pamätný list predsedu ÚNMS SR za rozvoj metrologie na Slovensku pri príležitosti 130. výročia Metrickej konvencie a 50. výročia založenia Medzinárodnej organizácie pre legálnu metrologiu.

2007

Doc. Ing. František Hanic, DrSc.

Udelenie čestného členstva v Kryštalografickej spoločnosti českých a slovenských kryštalografov

2008

Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc., RNDr. Karol Karovič, DrSc., doc. Ing. Milan Tyšler, CSc.

Diplom a poďakovanie za prácu vo Vedeckej rade Slovenského metrologického ústavu pri príležitosti 40. výročia založenia ČSMÚ.

Doc. RNDr. Viktor Witkovský, CSc.

Diplom, zaslúžilý člen Jednoty slovenských matematikov a fyzikov

2009

Kolektív Prof. Ing. Ivana Frolla, DrSc.

Cena SAV za budovanie prístrojovej infraštruktúry pre kolektív pracovníkov Národného

Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc.

Zlatá medaila za celoživotnú prácu v oblasti vedy

Andrej Kulišov

Pamätná plaketa SAV

2011

Doc. Ing. Milan Tyšler, CSc.

Čestná plaketa Aurela Stodolu za zásluhy v technických vedách

RNDr. Ing. Ján Bartl, CSc.

Zlatá medaila Zväzu slovenských vedecko-technických spoločností

2012

RNDr. Ing. Ján Bartl, CSc.

Čestné uznanie za zásluhy o vzdelávanie a osvetu v rámci Kalibračného združenia SR, udelené predsedom KZ SR Ing. Františkom Drozdom a predsedom ÚNMS SR. Dr.h.c. mult. prof. Ing. Jozefom Mihokom, PhD.

Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc.

Pamätná medaila dekana Strojníckej fakulty TU v Košiciach Dr.h.c. mult. prof. Ing. Františka Trebuňu, CSc., udelená pri príležitosti 60. výročia založenia Strojníckej fakulty TU v Košiciach

Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc.

Prémia Literárneho fondu za rozvoj slovenskej vedy doma i v zahraničí

Ing. Mgr. Roman Rosipal, DrSc.

Prémia Literárneho fondu za I. miesto v súťaži Prémia za výnimočný vedecký ohlas na jedno dielo v kategórii technické vedy a geovedy.

Doc. RNDr. František Rublík, CSc.

Prémia Literárneho fondu za vedeckú a odbornú literatúru za rok 2011 v kategórii prírodné a technické vedy, za dielo F. Rublík: Neparametrické metódy, VEDA 2010.

Doc. RNDr. Viktor Witkovský, CSc.

Pamätný list predsedu Jednoty slovenských matematikov a fyzikov, udelený na zjazde JSMF

2013

Ing. Dušan Krušínský

Pamätná plaketa SAV udelená pri príležitosti významného životného jubilea

2014

Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc.

Blahoprajný list ÚM SAV, blahoželanie a poďakovanie za mimoriadnu vedeckú, pedagogickú a vedecko-organizačnú činnosť na pôde ústavu, udelené pri príležitosti životného jubilea

Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc.

Ocenenie osobnosť SAV 2014, poďakovanie a uznanie za mimoriadnu vedeckú, pedagogickú a vedecko-organizačnú činnosť na pôde SAV, udelené pri príležitosti životného jubilea

2015

Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc.

Cena SAV za vedecko-popularizačnú a vzdelávaciu činnosť

Kolektív vedený prof. Ing. Ivanom Frollom, DrSc. v zložení: Ing. Ladislav Valkovič, PhD., Ing. Daniel Gogola, PhD., RNDr. Andrej Krafčík, PhD., RNDr. Oliver Štrbák, PhD.

Cena SAV pre kolektív mladých vedeckých pracovníkov za výsledky výskumu na báze metód nukleárnej magnetickej rezonancie v oblastiach energetického metabolizmu ľudských orgánov a slabo magnetických materiálov, makro a nanočastíc v súvislosti s ich aplikáciami v medicíne

Ing. Ladislav Valkovič, PhD.

Tretie miesto (I. OV SAV) v Súťaži mladých vedeckých pracovníkov SAV

2017

Ing. Mgr. Roman Rosipal, DrSc.

Ocenenie P SAV za vedeckú publikáciu s mimoriadne veľkým počtom citácií získaných v priebehu rokov 2013 – 2015, ktoré zároveň podľa parametrov databázy Essential Science Indicators Web of Science patria medzi tzv. Highly Cited Papers.

Ocenenie získali autori práce Roman ROSIPAL a L. J. TREJO: Kernel partial least squares regression in reproducing kernel Hilbert space. Journal of Machine Learning Research, Vol. 2, pp. 97-123, 2002.

Ing. Ladislav Valkovič, PhD.

Prvé miesto (I. OV SAV) v Súťaži mladých vedeckých pracovníkov SAV

Mgr. Michal Teplan, PhD.

Ocenenie P SAV za vedeckú publikáciu s mimoriadne veľkým počtom citácií získaných v priebehu rokov 2013 – 2015, ktoré zároveň podľa parametrov databázy Essential Science Indicators Web of Science patria medzi tzv. Highly Cited Papers.

Ocenenie získal autor práce M. TEPLAN: Fundamentals of EEG measurement, Measurement Science Review, vol. 2, no. 2, pp. 1–11, 2002.

2018

Doc. Mgr. Peter Billik, PhD.

Výročná cena SAV, Ocenenie za vedeckú publikáciu s vysokým počtom citácií

Prof. RNDr. Ignác Capek, DrSc.

Ocenenie Literárneho fondu, Prémia za vedeckú odbornú literatúru za rok 2017 v kategórii prírodných a technických vied za dielo Noble Metal Nanoparticles, Preparation, Composite Nanostructures, Biodecoration and Collective Properties

Mgr. Michal Teplan, PhD.

Ocenenie Literárneho fondu, Prémia za trojročný vedecký ohlas v kategórii technické vedy a geovedy ako prejav verejného uznania za výrazný vedecký ohlas za predchádzajúce tri roky

2019

Mgr. Martina Chvosteková, PhD.

Druhé miesto (I. OV SAV) v Súťaži mladých vedeckých pracovníkov SAV do 35 rokov za prácu "Modifikovaná Grangerova kauzalita"

Mgr. Zuzana Rošťáková, PhD.

Získanie podporného fondu Štefana Schwarza na základe výsledkov konkurzu na obsadenie pracovných miest najlepšími absolventmi doktorandského štúdia

Mgr. Zuzana Rošťáková, PhD.

Čestné uznanie (I. OV SAV) v Súťaži mladých vedeckých pracovníkov SAV do 35 rokov za prácu "Funkcionálna dátová analýza štruktúry spánku"

Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc.

Cena za vedu a techniku 2019 v kategórii Celoživotné zásluhy v oblasti vedy a techniky za mimoriadne celoživotné zásluhy o rozvoj vedného odboru Meracia technika , udelená MŠVVaŠ SR

2020

Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc.

Pamätná medaila pri príležitosti 20. výročia Biomedicínskeho inžinierstva, udelená rektorom Žilinskej univerzity

2021

Doc. Ing. Milan Tyšler, CSc.

Medaila SAV za podporu vedy, udelená Vedeckou radou SAV pri príležitosti významného životného jubilea, ktoré vyjadruje poďakovanie za prínos do vedeckého a vedecko-organizačného diela

Ing. Ladislav Valkovič, PhD.

Čestné uznanie predsedu SAV v Súťaži mladých vedeckých pracovníkov SAV

Ing. Ladislav Valkovič, PhD.

Ocenenie ESET Science Award 2021 v kategórii Výnimočný mladý vedec do 35 rokov, udelené nadáciou ESET

2022

Assoc. Prof. Ing. Ladislav Valkovič, PhD.

Uznanie za zásluhy o rozvoj a reprezentáciu mesta, udelené mestom Žilina a odovzdané primátorom mesta.

Výskumné zámery ústavu do budúcnosti

Úloha merania, vrátane modelovania meraných objektov a spracovania nameraných údajov s využitím matematicko-štatistických a výpočtových metód v meraní a metrológii, je dôležitejšia ako kedykoľvek predtým a má významné dôsledky pre medzinárodnú vedeckú a priemyselnú spoluprácu. Táto oblasť výskumu dobre zapadá do cieľov Stratégie výskumu a inovácií pre inteligentnú špecializáciu SR (SK RIS3).

Ako vyplýva aj zo zakladacej listiny, Ústav merania SAV, v. v. i. sa v súčasnosti špecializuje na základný výskum v oblasti vied o meraní (*measurement science*) a matematických metód spracovania nameraných dát. Oblasť výskumu sa zaraďuje do inžinierskych, prírodných a biomedicínskych vied a zameriava sa predovšetkým na matematické vedy, elektrotechniku, automatizáciu a riadiace systémy, strojárstvo, materiálové inžinierstvo a biotechnológie pre zdravotníctvo. V rámci výskumu sa ústav zameriava na vývoj nových metód merania, modelovania a počítačového spracovania vybraných fyzikálnych veličín, vlastností materiálov a biologických objektov. Zameriava sa aj na bioniku a biomechaniku, biomedicínu a inžinierstvo pre zdravotníctvo.

Vedecké smerovanie ústavu, definované pri ostatnej akreditácii ústavu, bude v nasledujúcom období zamerané na rozvoj vied o meraní v národnom a medzinárodnom kontexte, s rastúcim dôrazom na špecifické problémy biomeraní a ich aplikácie v biomedicíne a zdravotníctve. Interdisciplinarita, inkluzivita a internacionalizácia sú hlavnými koncepciami rozvoja ústavu.

V oblasti optoelektronických meracích metód bude výskum zameraný na vývoj nových meracích metód a riešenie špecifických problémov súvisiacich s ich aplikáciou v rôznych oblastiach vedy, spoločnosti a priemyslu, vrátane kalibrácie zariadení microCT, eliminácie artefaktov a navrhovania nových noriem. Ústav bude úzko spolupracovať s inými oblasťami vedy a priemyslu, ako sú materiálový výskum, mikroelektronika, paleontológia, biológia, geológia, strojárstvo a elektrotechnika, kriminalistika a ochrana kultúrneho dedičstva.

Vysoko citlivá SQUID magnetometria bude využívaná na štúdium mnohých procesov v medicíne, biológii a materiálovom výskume. V budúcnosti sa plánuje zamerať na štúdium interakcií medzi iónovými kvapalinami (IL) a bio-objektmi, najmä proteínmi obsahujúcimi železo ako sú hemoglobín, myoglobín, feritín a transferín.

Výskum IL prináša veľký potenciál v štúdiu procesov a identifikácii regulačných mechanizmov, ako aj vo farmaceutickom priemysle pre riešenie problémov s rozpustnosťou, stabilitou a toxicitou liečiv. IL majú potenciál byť použité aj pri kontrole vlastností nukleových kyselín a ich aplikácie zahŕňajú manipuláciu s DNA a RNA, skladovanie a extrakciu nukleových kyselín, detekciu nezhodných párov báz a génovú terapiu. Výskum IL má tiež nové aplikácie v meracích metódach a zariadeniach na chemickú analýzu, ako aj v oblasti ekologického zneškodňovania odpadovej biomasy a syntézy antimikrobiálnych a cytotoxických látok. Polymerizované IL môžu

byť použité ako elektrolyty pre palivové a solárne články, organické tranzistory a úložné zariadenia, a ako materiály reagujúce na svetlo, oxid uhličitý a antimikrobiálne látky. Pokročilé metódy magnetometrie sú dôležitou doplnkovou metódou na štúdium nových látok a nových foriem biomateriálov a interferenčných účinkov IL.

Hlavným cieľom v oblasti rozvoja matematických metód pre meranie a metrológiu je vývoj pokročilých matematických a štatistických metód a algoritmov na vyhodnocovanie výsledkov meraní s dôrazom na technické a biomedicínske aplikácie. Zameriavame sa na viacrozmernú kalibráciu meracích prístrojov a určovanie neistôt meraní. Naša práca zahŕňa teoretický výskum matematických a štatistických modelov a metód pre viacrozmernú kalibráciu, vývoj teórie kalibrácie snímačov a prevodníkov a vývoj metód a algoritmov na určenie presného alebo približného rozdelenia pravdepodobnosti výsledkov meraní.

Okrem toho, v rámci riešenia problémov spracovania a analýzy nameraných údajov sa budeme špecificky zameriavať na výskum kauzality. Cieľom je vyvinúť univerzálne platnú metódu kauzálnej analýzy, ktorú môžu používať výskumníci v širokom spektre neurovied. Naším cieľom je efektívne riešiť konektivitu v mozgu pomocou kauzálnej analýzy. Plánujeme rozšíriť detekciu kauzality aj na mnohorozmerné prípady, dynamické siete s uzlami charakterizovanými časovými radmi, ako napríklad mozgová aktivita určená elektroencefalografickými signálmi. Naša práca bude prínosná pre lepšie pochopenie rozdielov v efektívnej konektivite medzi zdravými subjektami a pacientmi počas vybraných kognitívnych experimentov a motorického neurorehabilitačného tréningu pacientov po mozgovej príhode. Naším dlhodobým cieľom je zlepšiť detekciu kauzality, aby sa stala silným klasifikačným nástrojom pre generické súbory údajov.

Integrované technológie rozhrania mozog-počítač (BCI) a prostredia virtuálnej reality (VR) poskytujú flexibilnú platformu pre neurorehabilitačné terapie, vrátane motorickej obnovy po mozgovej príhode a kognitívno-behaviorálnej terapie. Cieľom v blízkej budúcnosti je vyvinúť užívateľsky prívetivý, nositeľný, inteligentný systém BCI s nízkou spotrebou energie a ekologicky platným VR prostredím. To umožní pacientovi kontrolu svojich aktivít a komunikáciu s terapeutom prostredníctvom mentálnych predstáv riadeného BCI, zatiaľ čo terapeut plne ovláda prostredie a môže flexibilne meniť scenáre terapie podľa potrieb pacienta.

Experimentálnym skúmaním vplyvu nízkofrekvenčných elektromagnetických polí (EMP) pomocou monitorovania bunkového rastu impedančnou spektroskopiou a štúdiom distribúcie inhibičných a stimulačných účinkov v priestore frekvencie a magnetického toku sa snažíme objasniť vplyv elektromagnetických polí na živé štruktúry. Záujem o škodlivé a prospešné biologické účinky EMP stále pretrváva. V našom výskume využijeme pokročilé metódy spracovania obrazu na kvantifikáciu priamych účinkov pulzných elektrických polí na mikrotubuly a na posúdenie pohybu molekúl kinezínu. Cieľom tejto oblasti výskumu je skúmanie fyzikálnych metód s potenciálnym prínosom pre diagnostiku a terapiu.

Budeme sa venovať výskumu metód magnetickej rezonancie pri štúdiu magnetických nanočastíc v biomedicínskej diagnostike. V rámci toho sa budeme zaoberať výskumom vlastností magnetických nanočastíc, analýzou účinkov MRI skenovania na kardiovaskulárny systém, metabolickými procesmi, automatizovaným spracovaním MR snímok a kalibráciou gradientových polí. Cieľom je zlepšiť zobrazovacie metódy a diagnostické možnosti, a zabezpečiť bezpečnosť MRI skenovania pre pacientov.

V rámci výskumu v oblasti nukleárnej magnetickej rezonancie (MRI) sa zameriame na niekoľko špecifických cieľov:

- Skúmanie vplyvu magnetických nanočastíc na Brownov a Néelov rotačný proces vo vonkajších magnetických poliach a následné experimentálne overovanie účinkov týchto častíc na makroskopické veličiny vzorky.
- Mapovanie fyziologických a psychologických účinkov MRI tomografie na skúmaný subjekt a hľadanie spôsobov minimalizácie týchto účinkov. Analyzovanie a monitorovanie kardiovaskulárnych parametrov človeka pomocou prenosných optických senzorov na základe fotopletyzmografie (PPG) a detekcia stresových účinkov.
- Vývoj techník na mapovanie metabolických procesov v ľudskom srdci a svaloch a diagnostikovanie srdcových ochorení.
- Automatické spracovanie MR snímok kolenej chrupavky a klinické testovanie softvéru na segmentáciu tejto chrupavky. Spojenie segmentovaných trojrozmerných MR obrazov s kvantitatívnymi T2 a T2* MR obrazmi a sodíkovými MR obrazmi. Aplikácia v klinických štúdiách zameraných na pacientov s osteoartrózou.
- Overovanie správnej kalibrácie gradientových polí na nameraných MR snímkach a skúmanie metód merania vhodných pre statické magnetické pole. Experimentálna časť výskumu prebieha na zariadeniach s magnetickou indukciou 0,1 T, 0,2 T a 4,7 T a s MRI skenermi 3 T a 7 T v spolupracujúcich inštitúciách.
- Vývoj experimentálnych prototypov senzorov s bezdrôtovým prenosom dát v reálnom čase pre kontinuálne dlhodobé meranie PPG signálov v prostredí magnetického poľa MRI prístrojov.

V oblasti kardiovaskulárneho výskumu je v súčasnosti používaných viacero sofistikovaných biomedicínskych meraní a vyšetrení, ktoré umožňujú získať nové informácie o stave srdca. V ústave sa zameriavame na elektrokardiografické zobrazovanie, ktoré umožňuje neinvazívny pohľad na lokálnu funkčnosť srdcového svalu. Používame kombináciu mnohohzvodových meraní EKG a CT zobrazenia hrudníka na získanie informácií o polohe srdca a ďalších orgánov, ktoré ovplyvňujú potenciály na povrchu tela. Modelovanie srdca a hrudníka ako aj modelovanie procesu aktivácie srdca využívame na simulácie elektrického poľa v hrudníku (priama úloha) ako aj na odhad parametrov srdca ako generátora nameraného elektrického poľa srdca (inverzná úloha).

V oblasti merania a diagnostického hodnotenia povrchových EKG potenciálov, ako aj ich terapeutického využitia plánujeme ďalšiu spoluprácu s Národným ústavom srdcových a cievnych chorôb v Bratislave a medzinárodným konzorciom pre

elektrokardiografické zobrazovanie. Taktiež sa aktívne budeme podieľať na spracovaní signálov a tvorbe modelov srdcového generátora. Nové metódy elektrokardiografického zobrazovania a modelovania budeme zlepšovať na základe klinických údajov v rámci medzinárodnej spolupráce a prebiehajúceho slovensko-tureckého projektu. Aby sme uľahčili meranie, začali sme vývoj nového prístroja na mnohozvodové meranie EKG s bezdrôtovým prenosom údajov do riadiaceho počítača.

Zoznam pracovníkov

Aktuálny zoznam pracovníkov ústavu v roku 2023

Andris Peter, Ing. PhD.	Jusková Mária, Ing.	Rosipal Roman, Ing. Mgr. DrSc.
Billik Peter, doc. Mgr. PhD.	Keppert Miroslav, RNDr.	Rošťáková Zuzana, Mgr. PhD.
Brunovská Mária	Klembara Jozef, prof. RNDr. DrSc.	Rublík František, doc. RNDr. CSc.
Bukor Gabriel, Ing.	Kovačič Štefan	Šašov Michal, MUDr.
Chvosteková Martina, Mgr. PhD.	Kozáková Katarína	Šatka Alexander, prof. Ing. CSc.
Cigán Alexander, RNDr. CSc.	Krafčík Andrej, RNDr. PhD.	Škrátek Martin, Mgr. PhD.
Cocherová Elena, Ing. PhD.	Krakovská Anna, RNDr. CSc.	Štrbová Andrea
Dermek Tomáš, Ing.	Králová Soňa	Švantner František, Ing.
Dvurečenskij Andrej, Ing. PhD.	Kromková Katarína, Mgr.	Švehlíková Jana, Ing. PhD.
Frollo Ivan, prof. Ing. DrSc.	Kulišov Andrej	Švrčičová Eva
Gogola Daniel, Ing. PhD.	Kuruczová Joana	Szomolányi Pavol, Ing. PhD.
Grendár Marián, doc. Mgr. PhD.	Lehocki Fedor, Ing. PhD. MPH	Tanglmajer Rudolf
Gurišová Eva	Majerová Melinda, Ing. PhD.	Teplan Michal, Mgr. PhD.
Gürth Manfréd	Maňka Ján, Ing. CSc.	Trutz Marian
Hain Miroslav, RNDr. PhD.	Maslíková Jana, Ing.	Tyšler Milan, doc. Ing. CSc.
Hajzoková Laura, Bc.	Mezeiová Kristína, Mgr. PhD.	Valkovič Ladislav, Ing. PhD.
Hanák Peter, MUDr.	Miškufová Zuzana	Vu Viet Hoang, Ing.
Hatala Robert, prof. MUDr. CSc.	Ondrášová Iveta, Ing. PhD.	Wimmer Gejza, Mgr. PhD.
Hlivák Peter, MUDr. PhD.	Ondrejkovič Peter	Witkovský Viktor, doc. RNDr. CSc.
Jacko Vlado, Ing. PhD.	Ondrušová Beáta, Ing.	Zátopková Mária
Jakubík Jozef, Mgr. PhD.	Porubcová Natália, MUDr.	Zelieska Lukáš, Ing.
Jánošíková Margita	Příbil Jiří, Ing. PhD.	Zelinka Ján, Ing.
Juhanesovičová Margita, Ing.	Přibilová Anna, doc. Ing. PhD.	

Zoznam ďalších pracovníkov ústavu, ktorí pracovali v ústave v rokoch 2003 – 2022

Arendacká Barbora, Mgr. PhD.	Buzáši Ján, Ing.	Horecká Silvia, Ing.
Babinec Peter, prof. RNDr. CSc.	Bystrický Roman, Mgr. PhD.	Hornišová Klára, Mgr. PhD.
Bačiak Ladislav, Mgr.	Capek Ignác, prof. RNDr. DrSc.	Horváth Rudolf
Badáková Monika	Černáková Mária	Horváthová Iveta
Bajla Ivan, prof. RNDr. PhD.	Cibulková Zuzana, Ing.	Hrabina Ľubomír
Balážová Petra, Ing.	Danižová Mária	Hrmová Ľudmila
Balejčíková Lucia, RNDr. PhD.	Ďurišová Jana, Mgr.	Hudáková Mária
Baránek Martin, Ing.	Farahani Hamed, Mgr.	Janková Mária, Mgr.
Bartkovjak Jozef, Ing. CSc.	Farkaš Igor, doc. Ing.	Jankovits Tibor
Bartl Ján, RNDr. CSc.	Foltin Miroslav, Mgr.	Jellúš Vladimír, Ing. CSc.
Bartošová Katarína, Ing. PhD.	Garaj Ivan, RNDr. CSc.	Juráš Vladimír, Mgr. PhD.
Bereta Martin, Ing. PhD.	Gömöryová Anna, PhD.	Jurča Karol
Bodorová Petra, Ing.	Haláková Júlia	Jurdák Peter, Ing.
Bratinková Irena	Hanic František, doc. Dr. Ing. DrSc.	Kadanec Ján, Ing.
Brehovská Leona	Haška Miroslav, Ing.	Kaľavský Peter, Ing. PhD.
Buchta Štefan, prom. chem.	Havlíková Helena	Karas Slavomír, Ing. PhD.
Budáčová Hana, Mgr. PhD.	Hebláková-Nagyová Eva, Mgr.	Karovič Karol, RNDr. DrSc.
Budinský Ľuboš, Ing. CSc.	Holčík Jiří, prof. Ing. CSc.	Kesselbauer Jozef
Burda Andrej, Mgr.	Holecyová Mária, Mgr.	Klimentová Judita
Burdík Karel, RNDr.	Horecká Jarmila	Kocmundová Irena

Komadel Daniel, Mgr.	Mózová Marta	Slamová Mária
Koňakovský Anton, RNDr. PhD.	Nagyová Eva	Smieško Viktor, prof. Ing. PhD.
Kopčok Michal, Mgr.	Ondriš Lubomír, Ing. CSc.	Sojáková Margita
Kováč Miroslav, Ing.	Osuská Emília	Štolc Svorad, Mgr. PhD.
Kozelová Marta, Ing.	Palenčár Rudolf, prof. Ing. PhD.	Štrbák Oliver, RNDr. PhD.
Krakovská Hana, Mgr.	Paškala Marek, Ing.	Stríbrnská Františka
Krušínský Dušan, Ing.	Pavlovičová Anna	Strolka Igor, Ing. PhD.
Latta Peter, Ing. CSc.	Pigošová Jana, Mgr.	Szathmáry Vavrinec, RNDr. CSc.
Leščáková Božena	Polovková Júlia, Ing. PhD.	Szigl Jozef, Ing.
Liptaj Tibor, doc. Ing. CSc.	Prnová Anna, Ing. PhD.	Tiňová Mária, Ing. PhD.
Lukačovičová Jarmila	Prvoničová Anna	Tórók Peter, RNDr.
Mačugová - Lenková Jana, Ing.	Rosík Vladimír, Ing.	Turzo Ján, Mgr.
Majdiš Mojmír, Mgr.	Rosipalová Eva, Mgr.	Turzová Marie, Ing.
Majdišová-Holúbeková Zuzana, Ing.	Rusina Viktor, Ing.	Valentín Kristián, Mgr.
Markošová Mária, RNDr. CSc.	Šarišská - Fialová Stanislava, Mgr.	Vilhan Martin, Ing.
Marková Editá	Savin Alexander, Mgr.	Vojtišek Lubomír, Ing. PhD.
Martinická Fatima, Mgr.	Seifpour Saman, Mgr.	Volaufová Júlia, doc. RNDr. CSc.
Masárová Marta, Ing.	Senaj Viliam, RNDr. CSc.	Wimmer Gejza, prof. RNDr. DrSc.
Matejová Miroslava	Ševčík Róbert, Mgr. PhD.	Zálešáková Anna
Mezei Michal, Mgr.	Šimáček Ivan, Ing. CSc.	Ždiňák Jaroslav, Ing.
Mihalyová Danka	Šišová Martina	Zrubec Vladimír, Ing. DrSc.
Mlynárik Vladimír, Ing. DrSc.	Škoviera Radoslav, Mgr. PhD.	

Zoznam ďalších pracovníkov ústavu, ktorí pracovali v ústave v rokoch 1953 – 2002

Adámek Adrián	Bystričanová Klára	Ertlová Jana, RNDr.
Arpáš Oliver, Ing.	Cagáň Milan	Fajnor Štefan, Ing.
Babirád Ján, Ing.	Cehlárik Jozef	Fandel Peter, Ing.
Babitzová Viera	Čergel Lubomír, Ing. PhD. Dr.h.c.	Farnbauer Gabriel, Ing.
Báčová Helena	Černá Zdenka, Ing.	Felix Jozef, prof. Ing. CSc.
Balla Jozef, Ing.	Černák František	Fillo Štefan
Banič Branislav, Ing.	Čerňanský Peter, RNDr. CSc.	Florián Martin, Ing. CSc.
Bartók Karol, Ing.	Černý Július, Ing. CSc.	Foltánová Eva
Bartoš Juraj, doc. Ing. CSc.	Chmela Anton	Frýbertová Alena
Baumgartner Richard, Ing. PhD.	Chmela Ľudovít	Gablovská Klára, Ing.
Bednár Jozef, Ing.	Chudý Lucius, prom. fyz. CSc.	Gálik Marián
Bednárová Mária, PhDr.	Čičatková Lívia, PhDr.	Gašparovič Ľudovít
Belošičová Františka	Čieško Ján, Ing. CSc.	Gašparovičová Rosemarie, prom. fyz.
Bernát Ján, Ing.	Cocher Alfonz, Ing.	Gauzer Emil
Bielik Jozef	Cziko Gabriel, Ing.	Gažo Dušan
Biskupič František	Dandul Ján, Bc.	Godányi Peter
Blaško Peter	Dekanová Dana	Grék Lubomír
Bognárová Marta, RNDr.	Dömötör Zoltán, prof. Ing. PhD.	Grígel Jozef
Boháček Eduard	Drahošová Katarína	Grolmusová Miroslava
Bolf Juraj, RNDr. Ing. CSc.	Drgoncová Vlasta	Guštafík Ján
Bratinka Ľudovít	Dřimal Ján	Guťanová Margita
Breck Ferdinand	Dubnička Štefan, RNDr. CSc.	Hajda Jaromír, RNDr. CSc.
Breck Ľudovít	Duong van Tuan	Hajko Dušan
Brichtová Božena	Dvonč Ladislav	Halada Ladislav, doc. RNDr. PhD
Brilla Ján	Dvurečenskij Anatolij, prof. RNDr.	Halmo Milan
Bučič Štefan	DrSc.	Hatina Teodor, Ing.
Burian Dušan	Ečedy Ladislav	Herchel Alojz
Burian Milan, Ing.	Eckhardt Jozef	Herzan Miroslav, Ing.
Buzgovič Karol	Eliáš Juraj, Ing. CSc.	Hlavatý Vladislav

Hnátová Mária
 Holländer Igor, Ing. CSc.
 Horinková Oľga
 Horná Jana, RNDr.
 Hornák Igor, Ing. CSc.
 Horváth Michal, Ing. CSc.
 Hoss Andrej, RNDr.
 Hraško Dušan, Ing.
 Hric Juraj
 Hruškovič Vladimír, Ing.
 Hrušovský Jozef
 Hudec Vladimír, Ing. CSc.
 Hudecová Dagmar
 Hudek Vladimír, Ing. CSc.
 Huječek Oliver, Ing.
 Hulejová Anna, Ing.
 Huťa Anton, prof. RNDr. CSc.
 Hvizdová Terézia
 Ivančajová Marta
 Ivančík Vladimír, Ing.
 Jajcai Ladislav
 Jančulová Helena
 Janglová Danica, Ing. CSc.
 Jankovič Peter
 Januš Miroslav
 Javorka Jozef
 Javorský Eduard, Ing.
 Jedlička Rudolf
 Jesenský Ján, Ing.
 Ješko Milan
 Juranka Jozef, Ing.
 Jurík Štefan, Ing. CSc.
 Jurko Štefan, Ing.
 Kaclíková Iveta, Ing.
 Kacvinská Elena, RNDr.
 Kadúch František, Ing.
 Kaliarik Rudolf, Ing.
 Karaba Vladimír, Ing.
 Karovičová Margarita, Ing.
 Kaššáková Helena
 Kincel Peter, RNDr.
 Kissová Edita
 Kissová Etela
 Klas Rudolf, Ing.
 Kleja Peter, Mgr.
 Klíma Jozef
 Klinovský Dárius, Ing. CSc.
 Klobucká Eva
 Klobucká Mária
 Kneppo Ľudovít, akademik
 Kneppo Peter, prof. Ing. DrSc.
 Kojda Peter, Ing.
 Kolník Štefan
 Komada Stanislav, RNDr.
 Königstein Pavol, Ing.
 Korčáková Jaroslava, prom. mat.
 Košík Eduard, Ing.
 Koska Miloš, Ing.
 Košová Emília
 Köszeghi Jozef
 Kovács Vladimír
 Kovalovská Katarína
 Krajčí Juraj, Ing.
 Krajčíriková Veronika
 Krajčovič Gregor, Mgr.
 Krajčovič Igor, Ing.
 Krajčovič Zdeno
 Krajčovičová Edita
 Krakovský Pavol, Ing.
 Krasulová Mária
 Kravárik Dalibor
 Kričfaluši Michal, Ing.
 Kriško Karol
 Krížik Miroslav, Ing.
 Kubáček Lubomír, prof. Ing. RNDr. DrSc.
 Kubiniová Jana, Ing.
 Kubošek Pavol, RNDr. CSc.
 Kudela Zdenko
 Kudeláš Jaromír, RNDr.
 Kudelová Magda
 Kukuča Ján, Ing. DrSc.
 Kuruc Andrej, Ing.
 Kuruc Erik, Ing.
 Kužma Erich, Ing.
 Kužmová Janka, RNDr.
 Lacanič Peter, Ing.
 Lajda Boris
 Lančaričová Ľubica
 Landlová Ružena
 Lantay Andrej, Ing. CSc.
 Lelovský Július, Ing.
 Lengyel Oliver
 Levický František
 Liegler Jaroslav
 Lišaník Miroslav
 Lopašovský Juraj
 Lošák Dušan
 Luhová Oľga
 Lukáč Imrich
 Lukáč Martin, Mgr.
 Lukačovičová Marianna
 Luknár Bohumil
 Lukovičová Jozefa, doc. Ing. CSc.
 Mach Ivan
 Machatová Anna
 Maco Michal, RNDr. CSc.
 Madel Pavol, Ing.
 Málek Mojmír, Ing.
 Malík Milan
 Mankovický Štefan, Ing.
 Marčák Peter, Ing. CSc.
 Marcinekova Nadežda
 Markoš Peter, RNDr. CSc.
 Martišovitšová Marta, RNDr. CSc.
 Marušiak Miloš, Ing.
 Marušiaková Magdaléna
 Masarovič Milan
 Matej Ľudovít, Ing.
 Matej Samuel, Ing. CSc.
 Mates Gustáv
 Matovský František
 Matula Miroslav
 Mauerová Pavla, Ing.
 Michalík Vladimír, Ing. CSc.
 Mihalíková Eva, PhDr.
 Miklík Karol
 Mikula Peter
 Mikušková Mária, Ing.
 Minarovič Ján
 Minarovjech Milan, Ing. CSc.
 Minich Michal, Ing.
 Mišíková Ivica, prom. mat.
 Mitka Miroslav
 Moravský Ján
 Mrázková Irena
 Musil Peter, Ing.
 Mušuta Vladimír
 Mydliarik Marek, Ing.
 Nánásiová Oľga, RNDr.
 Nečas Jaromír, Ing.
 Nemcová Iveta, prom. mat.
 Nemeč Ján, Ing.
 Nemeč Rudolf
 Némethová Mariana, prom. fyz.
 Nerádová Eva
 Nič Dušan
 Nosko Ľubomír
 Nyársik Ľudovít, RNDr. CSc.
 Obrcian Jaroslav, Ing.
 Ondrejkočová Mária
 Orešanský Jozef
 Orgoň Jaroslav
 Orolín Ján
 Pacltová Viera
 Páleník Ladislav, Ing.
 Palka Pavol, Ing.
 Paľová Helena
 Pápež Stanislav, Ing.
 Pavlík Juraj
 Pavlová Ľubov, Ing.
 Pázman Andrej, prof. RNDr. DrSc.
 Pažourek Dušan
 Pažourek Ľuboš
 Pecha Václav
 Peck Eugen
 Petráš Pavol
 Petrová Margita
 Pietrzyk Boris, Ing.
 Pijak Michal, Ing.
 Pilka Kamil, Ing.

Píš Pavol, doc. Ing. CSc.	Sihocký Ladislav, Ing.	Trančík Michal, Ing.
Pisár Anton, Ing.	Šimková Helena	Trenčina Jaromír, Ing.
Píšová Daniela	Šišolák Jozef	Treuer Ferdinand
Plačková Anna, RNDr.	Skákala Marián, Ing.	Trnovec Martin, Ing.
Plečeník Andrej, doc. RNDr. DrSc.	Škrabal Rudolf, Ing.	Turiničová Mária
Plevčík František	Škrovanová Helena	Uberal Pavol, JUDr.
Plhoňová Elena	Skrúcaný Rudolf, Ing.	Urban Anton, Ing.
Pocisk René	Škultétyová Emília	Urban Miroslav, Ing.
Podhorská Mária	Škvarček Ľubomír, Ing.	Urgoš Miloš, Ing.
Podolec Anton, prom. fyz. CSc.	Šlepecká Lýdia	Vadovič Rastislav, Ing. CSc.
Poliačik Ivan, RNDr.	Šlesár Ján	Vajsábelová Katarína
Ponecová Vlasta	Slobodová Anna, RNDr. Ing. CSc.	Valentíková Marianna
Pravda Jozef	Šrámek Miloš, Ing. PhD.	Valentová Emília
Prejšová Eva, Ing.	Šramko Ľudovít, Ing.	Valko Branislav, Ing.
Priam Štefan, Dr. Ing. CSc.	Štariček Imrich, RNDr. CSc.	Vaniček Augustín
Prokeš Gustáv, Ing.	Šteffek Marián	Vanková Milka
Prokeš Jozef, RNDr. CSc.	Stein Juraj, Ing. CSc.	Varga Juraj, Ing.
Pulmannová Sylvia, RNDr. DrSc.	Štofková Júlia	Vaško Jozef, Ing.
Rabenseifer Valér, Ing. CSc.	Straško Branislav, Ing.	Veľký Peter, Ing.
Radová Ľubica	Štulajter František, doc. RNDr. CSc.	Verbók František
Rajtáková Oľga	Štulajterová Viera, prom. fyz.	Viceník Klaudius, Ing. CSc.
Ralbovský Peter, Ing. CSc.	Štuller Gabriel, Ing. CSc.	Viktorín Konštantín, Ing. CSc.
Rášo Róbert, Ing.	Štúr Miloš, Dr.	Viktorínová Božena, prom. mat. CSc.
Reviliaková Andrea	Sudek Ján, Ing.	Vincze Attila, Ing.
Richter Ervín, Ing.	Suja Juraj, Ing.	Vlachová Dorota, PhDr.
Ritomský Marián, RNDr.	Šujan Štefan, RNDr. CSc.	Volčko Dušan, RNDr.
Šalát Marian, RNDr.	Svitková Stella, Ing.	Vrabček Peter, Ing. CSc.
Salay Alojz	Svitok Peter, Ing.	Vrábelová Mária
Šaradínová Ľudmila	Sýkorová Renáta	Vykouk Bohuslav, Ing. CSc.
Savko Jozef, Ing.	Syrový Jozef	Weis Ján, Ing. CSc.
Schauer Peter	Szalay Alexander, Ing.	Wilfling Ján
Scheer Peter, Ing.	Szarvaš Pavol	Žáková Alžbeta
Schmidt Henrich, Dr.	Szurdi Stefan, Ing.	Zeger Karol
Schmidt Tibor	Tačovský Juraj	Žembery Peter, Ing.
Schügler Alexander	Takáč Ladislav	Zimová Viera
Ščípa Vladimír, Ing.	Tekel' Pavol, Ing. CSc.	Žitňanská Mária, PhDr.
Ščípková Gabriela, Ing.	Thoma Karol	Žižlavský Miroslav, Ing.
Sedlák Blažej	Tischler Ján, Ing. CSc.	Zoltán Ondrej, Ing.
Sedlák Ľudovít, Ing.	Toman Ondrej, Ing.	Zoňová Libuša
Sedláková Jozefa	Tomáš Martin	Zorbach Ralf, Ing.
Sedliak Július, Ing. CSc.	Tóthová Lea, Ing.	Žužicová Terézia
Serejová Dana, prom. mat.		

OBSAH

Úvodná stránka	1
Organizačná štruktúra Ústavu merania SAV, v. v. i. v roku 2023	3
Stručná história Ústavu merania Slovenskej akadémie vied (1953 - 2023)	5
Riaditelia ústavu a zástupcovia riaditeľa	9
Vedecké zameranie a výsledky výskumu v období rokov 1953 – 1989	11
Vedecké zameranie a výsledky výskumu v období rokov 1990 – 2003	19
Vedecké zameranie a výsledky výskumu v období rokov 2003 – 2023	31
Oddelenie optoelektronických meracích metód	35
Oddelenie magnetometrie	45
Oddelenie teoretických metód	55
Oddelenie zobrazovacích metód	67
Oddelenie biomeraní	77
Oddelenie vývoja a inovácií prístrojovej techniky	89
Vedecká výchova	93
Organizovanie konferencií	95
Vydávanie časopisu	99
Popularizačné aktivity	101
Ocenenia pracovníkov ústavu	105
Výskumné zámery ústavu do budúcnosti	111
Zoznam pracovníkov	115
Obsah	119

V brožúre sme na základe dostupných materiálov, bez nároku na úplnosť, prezentovali 70-ročnú históriu ústavu so zameraním na obdobie posledných 20 rokov, teda od roku 2003 po súčasnosť. Obdobie prvých 50 rokov bolo zhrnuté podrobnejšie v [brožúre vydanéj k 50 výročiu vzniku ústavu](#).

Pri obhliadnutí sa za doterajšími výsledkami môžeme s uspokojením konštatovať, že Ústav merania SAV prispel nezanedbateľnou mierou k rozvoju poznania v oblasti vedy o meraní a meracej techniky nielen v domácom ale aj v medzinárodnom meradle. Obstál v medzinárodných hodnoteniach kvality a má definované smerovanie do budúcnosti. Na vedecký výskum sú kladené stále vyššie nároky, ale veríme, že aj v týchto podmienkach prinesú pracovníci ústavu veľa kvalitných vedeckých výsledkov a prispesú k rozvoju svetovej vedy o meraní.

Editori ďakujú všetkým, ktorí prispeli do tejto brožúry.

Milan Tyšler, Viktor Witkovský



Ústav merania SAV

ISBN 978-80-972629-9-0



9 788097 262990

Ústav merania Slovenskej akadémie vied, v. v. i.
Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava, Slovensko

Telefón: +421 2 5910 4511

Fax: +421 2 5910 4594

E-mail: umersekr@savba.sk,

Web: <https://www.um.sav.sk>