

7. PŘESHRANIČNÍ SEMINÁŘ ORGANIZOVANÝ UNIVERZITOU KARLOVOU A UNIVERZITOU V REGENSBURGU Hojsova Stráž, 15. – 17. dubna 2025

Tento příspěvek je věnován 100. výročí Katedry analytické chemie na PŘF UK

JIRÍ BAREK

*Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra analytické chemie, UNESCO laboratoř elektrochemie životního prostředí, Albertov 6, 128 00 Praha 2, Česká republika
barek@natur.cuni.cz*

Došlo 27.5.25, přijato 4.6.25.

Tento článek stručně charakterizuje příspěvky prezentované na již 7. přeshraničním semináři společně organizovaném Katedrou analytické chemie PŘF UK v Praze a Ústavem analytické chemie, chemosenzorů a biosenzorů Fakulty chemie a farmacie Univerzity Regensburg v oblasti moderní elektroanalytické chemie. Na základě těchto příspěvků se pak autor zamýšlí nad moderními trendy v oblasti elektroanalytické chemie, jejich praktickými aplikacemi v nejrůznějších oblastech přírodních věd a jejich kombinacemi s moderními separačními a spektrometrickými metodami.

Klíčová slova: přeshraniční spolupráce, moderní elektroanalytické metody, elektrochemie v průtokových systémech, miniaturizace v elektroanalytické chemii, kapilární elektroforéza a související metody

Bayerisch-Tschechische
Hochschulagentur



Česko-bavorská
vysokoškolská agentura



Metrohm
Deutschland



Metrohm
Česká republika



Obsah

1. Úvod
2. Přehled a charakterizace prezentovaných příspěvků
3. Moderní trendy v elektroanalytické chemii
 - 3.1. Voltametrické metody
 - 3.2. Elektrochemická měření v průtokových systémech
 - 3.3. Miniaturizace v elektroanalytické chemii
 - 3.4. Kapilární elektroforéza a příbuzné metody
4. Závěr

1. Úvod

Ve dnech 15. – 17. 4. 2025 proběhl v nádherném prostředí Školícího střediska Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR (ÚOCHB) v Hojsové Stráži na Šumavě

(viz obr. 1) již 7. ročník přeshraničního semináře elektroanalytické chemie (Cross-Border Seminar on Electroanalytical Chemistry – CBSEC). Hned na začátku se sluší poděkovat sponzorům a institucím, jejichž loga jsou uvedena v záhlaví tohoto článku a jejichž materiální, organizační i morální podpora umožnila, že ani letos účastníci tohoto semináře nemuseli platit ani žádný konferenční poplatek, ani poplatek za ubytování či stravování. To se v dnešní době rostoucí komercializace v oblasti prezentace výsledků vědeckého bádání ať již ve vědeckých časopisech, nebo na vědeckých konferencích stává zářnou výjimkou. Zvláště velké poděkování patří vedení Univerzity Karlovy, jejíž program POINT (POdpora INternacionalizace na UK) určený právě na podporu extrakurikulárních mezinárodních akcí¹ významnou měrou přispěl k financování tohoto netradičního semináře. Stejně poděkování patří i vedení Přírodovědecké fakulty UK a jmenovitě Mgr.



Obr. 1. Skupinové foto účastníků 7. CBSEC před budovou Školícího střediska ÚOCHB AV ČR (Bečvářův srub) v Hojsové Stráži

Pavle Pouskové a Mgr. Kateřině Lapiszové ze Zahraničního oddělení PřF UK, jejichž ochota, schopnosti a vstřícnost usnadnily život organizátorům tohoto semináře. A naše další poděkování patří řediteli ÚOCHB AV ČR prof. Janu Konvalinkovi za jeho podporu našeho semináře a za umožnění jeho konání ve školicím středisku ÚOCHB. A pochopitelně nesmíme zapomenout na prof. F.-M. Matysika a další německé kolegy z Regensburgu, bez nichž by tato akce vůbec nemohla proběhnout, a na pracovní skupinu Elektrochemické metody analýzy (Elektrochemische Analysenmethoden – ELACH) Německé chemické společnosti (GDCh), která finančně podpořila účast německých doktorandů a báječnou večeři v bavorské části Železné Rudy.

2. Přehled a charakterizace prezentovaných příspěvků

Stejně jako v minulých letech (viz cit.²) byl seminář určen pro studenty doktorského studia zaměřené na moderní elektroanalytické metody (viz cit.³). S potěšením můžeme konstatovat rostoucí počet českých i německých univerzit a institucí, jejichž doktorandi se tohoto semináře zúčastnili. Dalším pozitivem je rostoucí záběr prezentovaných elektroanalytických studií zahrnujících nejen typické a dnes již klasické aplikace moderních elektroanalytických metod na stanovení různých zajímavých analytů v nejrůznějších maticích, ale i moderní analytické metody používané při vývoji a testování nových baterií či

v jednotlivých prvcích vodíkového hospodářství. Tuto skutečnost jasně dokumentuje následující seznam prezentovaných příspěvků a jejich autorů uvedený v angličtině, která byla pochopitelně oficiálním jazykem tohoto semináře.

1. **Seydehelahe Bagherimetkazini** (Uni Regensburg, DE): Hyphenation of Electrochemistry with Capillary Electrophoresis and Mass Spectrometry.
2. **Michelle Brandao Silva de Assis** (K Schwabe Inst, Meinsberg, DE): Design and Development of a Potentiometric Nitrate Sensor for *In-Situ* Water and Soil Monitoring.
3. **Jan Dismas Buriánek** (Univ Chem Technol, Prague, CZ): Methodology of Evaluating the Activation Energy of Oxygen Reduction Reaction on Pt-Based Electrodes.
4. **Peter Čambal** (Charles Uni, Prague, CZ): Functionalization of BDD Surface by Reductive Electrografting.
5. **Lucie Dostálková** (Heyrovsky Inst, Prague, CZ): The Influence of Functional Groups of Selaginpulvins on Their Oxidation Properties.
6. **Marius Engler** (Tech Uni Ilmenau, DE): *In-Situ* Microgravimetry for the Determination of Deposition Rates and Efficiencies for the Cycling of All-Iron Redox-Flow Batteries.
7. **Lukas Esper** (Tech Uni Ilmenau, DE): Coulometric Analysis of Additively Manufactured Alloys for Electropolishing.
8. **Ján Labuda** (Slovak Tech Uni, Bratislava, SK): Flow-Through Analytical Systems with Electrochemical

- Detection for Monitoring of Biologically Active Species. (Tato speciální prezentace prof. Labudy byla součástí diseminace dosavadních výsledků projektu Divize V (analytická chemie) IUPAC zaměřeného na využití moderních elektroanalytických metod v průtoku ke sledování biologicky významných organických látek – viz cit.^{4,5})
9. **Kristýna Havelková** (Uni Chem Technol, Prague, CZ): Applications of Polymer Films in Forensic Practice.
 10. **Sofiia Ivakh** (Charles Uni, Prague, CZ): Pilot Study on Modification Strategies to Access Fairly Negative Potential Range on Silver Screen-Printed Electrodes for Salinomycin Voltammetric Sensing.
 11. **Martin Jirásko** (Uni Chem Technol, Prague, CZ): Electrochemical Synthesis and Separation of Iodylbenzoic Acid.
 12. **Hyesung Kim** (FAU, Erlangen-Nürnberg, DE): Thin Semiconductor Film Deposition by DC Reactive Magnetron Sputtering for Photoelectrochemical and Photocatalytic Applications.
 13. **Martin Koall** (Uni Regensburg, DE): Coupling Non-Aqueous Capillary Electrophoresis and Electrochemistry – Concepts for Electrochemical Detection and Mechanistic Investigations.
 14. **Karolína Kukralová** (Uni Chem Technol, Prague, CZ): Dual-Mode Electrochemical SERS Detection of PFAS Using Functional Porous Substrate.
 15. **Oleksandra Labzová** (Heyrovsky Inst, Prague, CZ): Voltammetric Determination of Antidepressant Drug Trazodon in Biological Samples After a Hollow Fiber-Based Liquid-Phase Microextraction.
 16. **Svetlana Pucovski** (Charles Uni, Prague, CZ): Voltammetric Determination of Genotoxic Fluoren-9-one on a Bare and Copper Film Modified Silver Solid Amalgam Electrode.
 17. **Shanshan Qin** (FAU, Erlangen-Nürnberg, DE): Ultra-Low Amount of Pt Single Atoms Selectively Loaded on Minor (101) Facet of Anatase Crystallites Enables Outstanding Utilization Efficiency for Photocatalytic H₂ Production.
 18. **Jana Rosenkranzová** (Uni Chem Technol, Prague, CZ): Electrochemical Preparation of Mesoporous Au Nanostructures for Multimodal Detection.
 19. **Sabrina Schöneemeier** (Uni Regensburg, DE): Analysis of Thermal Degradation Products in Lithium-Ion Cell Electrolytes.
 20. **Martin Šefčík** (Charles Uni, Prague, CZ): Studying Electrochemical Oxidation of Pharmaceuticals in Wastewater Treatment: Utilization of Custom 3D-Printed Cell.
 21. **Patrik Švejda** (Uni Chem Technol, Prague, CZ): Electrochemical Behaviour of Ferrocene-Based Redox Polymer for Catalyst Recycling.
 22. **Jakub Vobořil** (Uni Pardubice, CZ): The First Study of Systemic Herbicide Dicamba Oxidation and Its Voltammetric Determination on Boron-Doped Diamond Electrode.
 23. **Xin Zhou** (FAU, Erlangen-Nürnberg, DE): Pt Single Atoms Loaded on Thin-Layer TiO₂ Electrodes: Electrochemical and Photocatalytic Features.

Vybrané prezentace lze nalézt na www stránce tohoto semináře³. Z výše uvedeného přehledu je patrné, že v případě klasických elektroanalytických aplikací (viz např. prezentace 2, 10, 15, 16, 22) je pozornost v souladu s aktuálními trendy věnována zejména novým elektrodo- vým materiálům a upořádáním a případně jejich kombinaci s vhodnou předběžnou separací sledovaného analytu. Řada dalších prezentací (např. 1, 12, 14, 23) pak využívá elegantní kombinace moderních elektroanalytických a spektrometrických či separačních metod. A konečně prezentace 6, 11, 17, 19, 21 inovativně využívají moderní elektroanalytické metody při studiu mechanismů, syntetických procesů, studiu procesů v různých typech baterií a procesů souvisejících s anticipovaným vodíkovým hospodářstvím.

3. Moderní trendy v elektroanalytické chemii

Rostoucí poptávka po co nejlevnějších, nejrychlejších a uživatelsky co nejprívětivějších analytických metodách odpovídajících požadavkům „zelené“ (cit.⁶) i „bílé“ (cit.⁷) analytické chemie se pochopitelně odráží i v oblasti moderních elektroanalytických metod, které často mohou splnit požadavky související s velkoplošným monitorováním významných analytů přímo v terénu⁸ (*on-site* analysis) či u lůžka pacienta⁹ (POCT, point-of care testing). Podle názoru autora tohoto článku na to výzkum a vývoj v oblasti moderních voltametrických metod reaguje zejména vývojem a testováním nových elektrodových materiálů a jejich uspořádáním a přípravou chemicky, biologicky či jinak modifikovaných elektrod. Další významnou oblastí reagující na stále rostoucí požadavky na vývoj analytických metod je oblast elektrochemických měření v průtokových systémech. Rostoucí požadavky na „zelené“ analytické metody pak nepochybně katalyzují vývoj v oblasti miniaturizace elektroanalytických metod a rostoucí požadavky na selektivitu pak otevírají cestu pro další spektakulární rozvoj moderních elektroforetických metod. Je potěšitelné, že v roce, kdy si připomínáme 100. výročí osamostatnění naší Katedry analytické chemie na PrF UK v Praze, lze konstatovat, že všechny výše uvedené moderní trendy se úspěšně prosazují ve výzkumu i ve výuce na naší katedře. A je evidentní, že se stále více promítají i do zaměření našeho CBSEC. Důležité je i připomenout, že zejména vysokoškolská pracoviště se musí soustředit na překonání významné mezery mezi základním výzkumem a jeho praktickými aplikacemi. Zatímco v základním výzkumu jsou preferovány novátorské a poměrně složité přístupy a postupy odpovídající představě analytické komunity o tzv. excelentním výzkumu, analytická praxe naopak dává přednost co nejjednodušším a uživatelsky nejprívětivějším postupům.

3.1. Voltametrické metody

Úspěšný vývoj nových elektrodových materiálů a uspořádání na naší katedře a v naší UNESCO laboratoři elektrochemie životního prostředí dokumentují např. recentní publikace věnované borem dopovaným diamantovým elektrodám^{10–12}, které se již čtvrt století systematicky studují na našem pracovišti^{13–15}. Zajímavým příkladem je studium vybraných nukleotidů a dsDNA na ultrananokrystalickém borem dopovaném diamantu při extrémně negativních potenciálech¹⁶. Za úvahu stojí, zda by nebylo dobře věnovat pozornost terminaci povrchu pracovních elektrod kyslíkem či vodíkem, běžně studované u borem dopovaných diamantových elektrod, i u ostatních uhlíkových materiálů. Obecně je zajímavé konstatování, že podle serveru Academia¹⁷ se termín „Solid State Electrochemistry“ objevil celkem v 112 492 publikacích, což dokumentuje mimořádný význam této problematiky v současném výzkumu. Kromě pracovních elektrod je značná pozornost věnována i elektrodám referenčním, bez nichž si správnou funkci moderních voltametrických technik nelze představit. Kvalitní srovnání referenčních elektrod na bázi různých kovových materiálů lze nalézt v práci¹⁸. Pro monitorování elektrochemicky redukovatelných látek nabízí zajímavé možnosti různé typy amalgámových elektrod rovněž systematicky studovaných na našem pracovišti¹⁹. Sítotiskové elektrody jsou dnes pravděpodobně nejvýznamnějšími substráty pro biochemicky modifikované elektrody pro nejrozličnější typy biosenzorů²⁰, přičemž kvalitní přehled použitelných materiálů pro 3D sítotisk v elektrochemii lze nalézt v práci²¹. Známe rčení „enzymy jsou nejlepší chemici“ potvrzuje i vynikající citlivost a selektivita nejrozličnějších typů takto modifikovaných biosenzorů, jejichž problematickou stránkou však zůstává zpravidla omezená stálost a někdy i dosti komplikovaná příprava. Praxe proto často dává přednost elektrodám modifikovaným stálejšími chemickými modifikátory, jako jsou studované elektrody ze skelného uhlíku modifikované polyethyleniminem a stříbrnými nanočásticemi na oxidu titaničitém, které se osvědčily při stanovení kreatininu²², elektrodám na bázi laserem redukováného oxidu grafenu, které jsme použili ke stanovení insekticidu Carbosulfanu²³, uhlíkovým elektrodám modifikovaným uhlíkovým inkoustem s chromatografickým sorbentem obsahujícím nikl použitým ke stanovení pesticidu Carbofuranu²⁴ a v neposlední řadě je zajímavý neenzymatický senzor pro stanovení cholesterolu založený na chemické modifikaci látkou, jejíž struktura odpovídá aktivnímu centru příslušného enzymu^{25,26}, avšak která je podstatně stabilnější nežli tento enzym. Další rozšíření nejrozličnějších typů voltametrických metod v praxi bude nepochybně vyžadovat jednak zdůraznění jejich významu při vysokoškolské výuce analytické chemie²⁷ a jednak jejich výraznější propagaci na nejrozličnějších širokospektrálních analytických konferencích. V této souvislosti může hrát významnou roli i Studijní skupina elektroanalytické chemie²⁸ Divize analytické chemie EuChemS.

3.2. Elektrochemická měření v průtokových systémech

Hlavními výhodami tohoto přístupu je výrazné zkrácení doby stanovení, snížení spotřeby různých činidel a rozpouštědel, možnost snadné automatizace a miniaturizace, dobrá kompatibilita se „zelenou“ i s „bílou“ analytickou chemií (jejichž výuka je dobře zpracována v práci²⁹) a v neposlední řadě i minimalizace problémů s pasivací pracovních elektrod³⁰. Problematika elektroanalytických měření v průtokových systémech a jejich výhod i omezení je podrobně diskutována v již citovaném výstupu z projektu IUPAC zaměřeném na tuto oblast⁵. Zde proto jenom stručně odkážeme na zajímavé vybrané práce z naší katedry v posledním období. Jedná se např. o využití netradiční uhlíkové filmové elektrody založené na mikrokrytalickém přírodním grafitu ke stanovení 5-aminochinolinu pomocí průtokové injekční analýzy³¹, o využití vsádkové injekční analýzy (BIA, batch injection analysis) pro monitorování DNA³² a o přehledný referát o možnostech BIA³³. Zajímavé možnosti nabízí i průtoková injekční analýza (FIA, flow injection analysis) s využitím prostorově odděleného reaktoru s imobilizovaným enzymem a tubulárního či sítotiskového detektoru na bázi tuhého amalgámu sledujícího vznikající produkt^{34,35}. Netradiční uspořádání představuje již zmíněná průtoková pracovní elektroda na bázi porézního diamantu¹². Další zajímavé podrobnosti lze najít i v článku vyšlém v Chemických listech³⁶.

3.3. Miniaturizace v elektroanalytické chemii

Hnací silou tohoto procesu je jednak snaha o co nejvyšší kompatibilitu se „zelenou“ analytickou chemií a jednak snaha o co nejnižší pořizovací a provozní náklady související se zmenšenou spotřebou různých činidel a rozpouštědel. Přechod od práce s objemy řádově 10–100 ml k objemům řádově 1 ml až 10 μ l proběhl celkem plynule a bez problémů. Přechod k menším objemům řádově ve zlomcích μ l až v nl přináší přeci jenom určité snížení uživatelské přívětivosti, větší požadavky na experimentální zručnost elektroanalytických chemiků, problémy se samovolným odpařováním vzorku zejména při práci ve smíšeném vodně-organickém prostředí a při případném odstraňování kyslíku ze vzorku. Proto se do tohoto nejnižšího měřítka přechází zpravidla pouze v případě minimálního dostupného objemu vzorku, viz např. mozkomíšní mok novorozeněte. Jako zajímavé příklady z naší laboratoře mohou posloužit práce věnované možnostem miniaturizovaných sítotiskových elektrod na bázi uhlíkových elektrod modifikovaných ethylcelulosou a biocharem³⁷, obnovitelné stříbrné filmové amalgámové elektrody na bázi klikací tužky³⁸ či na bázi jediného krystalu stříbrného amalgámu³⁹ a v neposlední řadě i studie zaměřená na nové typy tuhých referenčních elektrod použitelných v miniaturizovaných průtokových elektrochemických celcích¹⁸.

3.4. Kapilární elektroforéza a příbuzné metody

Přestože kapilární elektroforéza (CE) je logicky zařazována do skupiny separačních metod, využívá jak při separační fázi, tak i ve fázi detekce elektrochemické principy a procesy. Fascinující možnosti těchto technik v oblasti lékařských věd a biologických věd dokumentují např. práce věnované studiu metabolismu enantiomerů ketaminu v krevní plazmě krys pomocí CE s chirálním selektorem na bázi cyklodextrinů a s MS detektorem s ionizací elektrosprejem (ESI/MS)⁴⁰, přehledné referáty zaměřené na pokroky CE v analýze rostlin⁴¹ či v oblasti bezkontaktních vodivostních detektorů⁴², či inspirativní práce popisující koaxiální průtokovou sondu pro elektro-membránovou extrakci methadonu spojenou on-line s CE (cit.⁴³), mikrodialýzu tělních tekutin pro monitorování aminokyselin pomocí CE s bezkontaktní vodivostní detekcí⁴⁴ či přímé spojení úpravy vzorku s CE či elektroforézou na mikročipu⁴⁵. Z dalších inspirujících prací v této oblasti vzniklých na našem pracovišti lze uvést využití liposomální elektrokinetické chromatografie pro sledování interakce léčiv s membránami⁴⁶ a modifikace povrchu kapiláry pro CE separaci liposomů⁴⁷.

4. Závěr

Na závěr bych rád uvedl některé další moderní trendy v oblasti elektroanalytických metod, které se zatím na přeshraničním semináři neobjevily, ale které bychom tam rádi viděli v příštích letech. Jako příklad lze uvést elektrochemické senzory založené na kombinaci VMSF (vertically-ordered mesoporous silica films, vertikálně uspořádané mezoporézní filmy na bázi oxidu křemičitého) a ErGO (elektrochemicky redukováného oxidu grafenu) s výraznými anti-biofouling vlastnostmi (odolnost vůči pasivaci různými mikroorganismy či řasami)⁴⁸, elektrody na bázi tzv. „bucky paper“ připraveného z polystyrenu a MWCNT (mnohostěnných uhlíkových nanotrubiček) ve formě disku⁴⁹, elektrochemické metody na bázi papíru (electrochemical paper-based analytical devices, ePADs) (cit.^{50,51}), elektrody na bázi tetraedrického amorfního uhlíku se zabudovaným dusíkem (ta-C:N)⁵², které jsou opticky transparentní a mají podobné vlastnosti jako BDD, a řadu dalších. Aktivita v těchto oblastech bude tím nejdůležitějším připomenutím výrazného vývoje naší katedry.

LITERATURA

1. <https://cuni.cz/UK-9030.html>, staženo 13. 5. 2025.
2. Barek J.: Chem. Listy 118, 405 (2024).
3. <https://web.natur.cuni.cz/~krizek/7th-CBSEC/>, staženo 14. 5. 2025.
4. <https://iupac.org/project/2023-010-2-500/>, staženo 14. 5. 2025.
5. Labuda J. a 10 spoluautorů: Pure Appl. Chem., zasláno k otištění 5. 5. 2025.
6. Tobiszewski M., Mechlinska A., Namiesnik J.: Chem. Soc. Rev. 39, 2869 (2010).
7. Nowak P. M., Wietecha-Poslusznny R., Pavliszyn J.: TrAC, Trends Anal. Chem. 138, 116223 (2021).
8. Morioka K., Shoji A., Hemmi A., Nakajima H.: Bunseki Kagaku 73, 457 (2024).
9. Seifert B., Springer D., Racek J., Zima T.: POCT metody: doporučený diagnostický a terapeutický postup pro všeobecné praktické lékaře 2020. Centrum doporučených postupů pro praktické lékaře, Společnost všeobecného lékařství ČLS JEP, Praha 2020, ISBN 978-80-88280-20-0.
10. Vymyslický F., Hert J., Fischer J., Křížek T.: Results Chem. 7, 101336 (2024).
11. Zelenský M. a 14 spoluautorů: Carbon 203, 363 (2023).
12. Baroch M. a 10 spoluautorů: Electrochim. Acta 426, 140758 (2022).
13. Cvačka J., Swain G., Barek J., Zima J.: Chem. Listy 96, 22 (2002).
14. Pecková K., Mocková V., Opekar F., Swain G. M., Zima J., Barek J.: Chem. Listy 100, 124 (2006).
15. Pecková K., Musilová J., Barek J.: Crit. Rev. Anal. Chem. 39, 148 (2009).
16. Augustin M. a 8 spoluautorů: Electrochim. Acta 514, 145549 (2025).
17. <https://www.academia.edu/search?q=Solid%20State%20Electrochemistry>, staženo 7. 7. 2025.
18. Baroch M., Dejmková H.: Electroanalysis 37, e202400139 (2025).
19. Barek J.: TrAC, Trends Anal. Chem. 170, 117416 (2024).
20. https://www.sunchemical.com/product/sunsens_sensors/, staženo 15. 5. 2025.
21. Choínska M. a 7 spoluautorů: Biosensors (Basel) 12, 308 (2022).
22. Khursheed S., Sarwar S., Hussain D., Shah M. R., Barek J., Malik M. I.: Anal. Chim. Acta 1353, 343978 (2025).
23. Saqib M., Dorozhko E. V., Barek J., Korotkova E. I., Semin V. O., Kolobova E., Erkovich A. V.: Microchem. J. 207, 112253 (2024).
24. Solomonenko A. N., Dorozhko E. V., Barek J., Korotkova E. I., Semin V. O., Erkovich A. V., Aseeva N. V.: Talanta 267, 125116 (2024).
25. Derina K., Korotkova E., Taishibekova Y., Salkeeva L., Kratochvil B., Barek J.: Anal. Bioanal. Chem. 410, 5085 (2018).
26. Derina K., Korotkova E., Barek J.: J. Pharm. Biomed. Anal. 191, 113538 (2020).
27. Barek J., Šmejkal P.: J. Solid State Electrochem. 28, 643 (2024).
28. <https://www.euchems.eu/wp-content/uploads/2024/10/DAC-overview-Sep-2024.pdf>, staženo 15. 2. 2025.
29. Dicks A. P.: Green Anal. Chem. 7, 100082 (2023).
30. Barek J.: Chemosensors 9, 12 (2021).

31. Jiránek I., Barek J.: *J. Electroanal. Chem.* **885**, 115085 (2021).
32. Svitková V., Labuda J., Vyskočil V.: *Electroanalysis* **31**, 2001 (2019).
33. Dvořák P., Vyskočil V.: *Chem. Listy* **113**, 703 (2019).
34. Tvorynska S., Barek J., Josypcuk B.: *Electrochim. Acta* **445**, 142033 (2023).
35. Tvorynska S., Barek J., Josypcuk B.: *Bioelectrochemistry* **148**, 108223 (2022).
36. Barek J.: *Chem. Listy* **114**, 570 (2020).
37. Gemeiner P., Sarakhman O., Hatala M., Ház A., Roupčová P., Mackuřák T., Barek J., Švorc L.: *Electrochim. Acta* **487**, 144161 (2024).
38. Gajdár J., Štafurová K., Barek J., Fischer J.: *Sens. Actuators, B* **329**, 129057 (2021).
39. Tvrdíková J., Daňhel A., Barek J., Vyskočil V.: *Electrochim. Acta* **73**, 23 (2012).
40. Konášová R., Koval D., Tůma P., Vaculín S., Kašička V.: *Talanta* **293**, 128129 (2025).
41. Tůma P.: *Talanta* **293**, 128171 (2025).
42. Tůma P.: *Anal. Chim. Acta* **1337**, 343325 (2025).
43. Opekar F., Tůma P.: *Anal. Chim. Acta* **1300**, 342461 (2024).
44. Tůma P.: *Anal. Chim. Acta* **1287**, 342113 (2024).
45. Tůma P.: *Anal. Chim. Acta* **1261**, 341249 (2023).
46. Šimonová A., Balouch M., Štěpánek F., Křížek T.: *Anal. Bioanal. Chem.* **417**, 2029 (2025).
47. Šimonová A., Píplová R., Balouch M., Štěpánek F., Křížek T.: *Monatsh. Chem.* **155**, 835 (2024).
48. Lv N., Qiu X., Han Q., Xi F., Wang Y., Chen J.: *Molecules* **27**, 8640 (2022).
49. Lema C., Alvarez-Lueje A., Moscoso R., Squella J. A.: *J. Electrochem. Soc.* **171**, 066503 (2024).
50. Shahid Z., Veenuttranon K., Lu X. B., Chen J. P.: *Biosensors (Basel)* **14**, 561 (2024).
51. Isa A., Gharibi M., Cetinkaya A., Ozkan S. A.: *Microchem. J.* **212**, 113210 (2025).
52. Baule N., Haubold L., Schuelke T.: *J. Vac. Sci. Technol., A* **42**, 053103 (2024).

J. Barek (*Charles University, Faculty of Science, Department of Analytical Chemistry, UNESCO Laboratory of Environmental Electrochemistry, Prague, Czech Republic*): **7th Cross-border Seminar Organized by Charles University and University of Regensburg, Hojsova Stráž, April 15 – 17, 2025**

This article briefly characterizes presentations of PhD students in electroanalytical chemistry at this cross-border seminar organized jointly by Department of Analytical Chemistry, Faculty of Science, Charles University in Prague and the Institute of Analytical Chemistry, Chemo- and Biosensors of the Faculty of Chemistry and Pharmacy of the University of Regensburg. On the basis of these presentation new trends in recent electroanalytical chemistry are discussed together with their application in different natural sciences and with their combination with different separation and spectrometric methods.

Full text English translation is available in the on-line version.

Keywords: cross-border cooperation, modern electroanalytical methods, electrochemistry in flowing systems, miniaturization in electroanalytical chemistry, capillary electrophoresis and related methods



Užití tohoto díla se řídí mezinárodní licencí Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.cs>), která umožňuje neomezené využití, distribuci a kopírování díla pomocí jakéhokoli média, za podmínky řádného uvedení názvu díla, autorů, zdroje a licence.