

Hidrogéntechnológiai kutatások a Megújuló Energiák Nemzeti Labor első évében

SZABÓ Rebeka és LENTE Gábor*

*Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Kémiai Intézet, Fizikai Kémiai és Anyagtudományi Tanszék,
7624, Pécs, Magyarország*

1. Bevezetés

A Megújuló Energiák Nemzeti Laboratórium tavaly kezdte meg működését a következő intézmények közreműködésével: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Debreceni Egyetem, Energiatudományi Kutatóközpont, Miskolci Egyetem, Neumann János Egyetem, Pannon Egyetem, Pécsi Tudományegyetem, Széchenyi István Egyetem, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi Kutatóközpont. A kutatási programok 2022 szeptemberében, ezen összefoglaló elkészülte előtt egy évvel indultak.

A konzorcium tudományos munkája két nagy téma köré csoportosul: az egyik hidrogén előállításával és felhasználásával kapcsolatos, a másik a szén-dioxid redukciójával. Ez a rövid, összefoglaló közlemény az első témakörben egy év alatt született nemzetközi publikációk tartalmáról ad tömör áttekintést. 2023 februárjától kezdve a Nemzeti Laboratórium működésének eredményeként publikált cikkekből kettőt minden hónapban meg lehet tekinteni a Magyar Kémikusok Lapja belső címlapján.

2. Fotokémia és reakciókinetika

A hidrogéntechnológiai kutatásokban nagy hangsúlyt kap a fotokémiai vízbontás vizsgálata. Ennek heterogén lehetőségei elég széles körben ismeretesek, de homogén rendszerekben is akadnak olyan fotokémiai redoxifolyamatok, ahol a víz az egyik reaktáns. Benzokinonok vizes oldatában megvilágítás hatására elemi oxigén és hidrokinon-származékok keletkeznek, itt a szubsztituensek hatását tanulmányozták részletesen.^{1,2} A cérium(III)ion vizes oldatban fotoreakcióban hidrogénkeletkezés közben redukálja a vizet, míg a cérium(IV)ion fotokatalizált folyamatban oxidálja a H₂O-t.³ A területen dolgozó kutatócsoport új, kvantitatív módszert dolgozott ki homogén fotokémiai reakciók kinetikájának tanulmányozására.⁴ A heterogén fotokatalízis területén vas(II)ionok 2-(2'-pyridil)benzimidazol ligandummal képzett komplexét használták arra, hogy BiVO₄ félvezető felületén *in situ* α-Fe₂O₃ nanorészecskéket hozzanak létre, ezzel egy nagyságrendet javítva a töltésvitel hatékonyságán.⁵

Elméleti reakciókinetikai vizsgálatokban elsősorban összetett sebességi egyenletek megoldásainak matematikai elemzése folyik. Egy nanorészecske-képződést leíró, gócképződés–növekedés típusú, végtelen sok anyagfajtát tar-

talmazó modellben sikerült olyan közelítést találni, amellyel zárt képleteket lehet megadni,⁶ illetve sebességi egyenletek megoldására javasoltak a Taylor-tételen alapuló módszert.⁷

3. Elektrokémia

A Nemzeti Laboratóriumban mind a kutatási témákat, mind a csoportokat befogadó intézményeket tekintve igen széles körű elektrokémiai tanulmányok folynak. Ezek jelentős része a szén-dioxid-redukció területét érintik, erről itt nem számolunk be. A hidrogéntechnológiai kapcsolódású eredmények elsősorban az elektrokémiai vízbontás, illetve az energiatárolás hatékonyságának növelését célozzák.

Kollégáink új módszert dolgoztak ki a potenciometriás pásztázó elektrokémiai mikroszkópia egyik lényeges, egyetlen felületek jellemzésénél tapasztalható problémájának megoldására.⁸ Egy másik munkában MoS₂-típusú MX₂ (M = Mo, W; X = S, Se) vegyületek elektrokémiai tulajdonságait sikerült javítani ammónia-borán (NH₃BH₃) segítségével, amelyet golyósmalomban, mechanokémiai reakcióval kötöttek a felülethez.⁹ Ciklohexánhexon és p-feniléndiamin kondenzációjával olyan vegyületeket állítottak elő, amelyek lítiumakkumulátorok elektródanyagaként kedvezőbbek lehetnek a jelenleg használtaknál.¹⁰ Hasonló alkalmazásokra dolgoztak ki kén-szén kompozitok előállítási módját szuperkritikus szén-dioxid felhasználásával.¹¹ Elektrolitikus folyamatok oxigénredukciós katódreakciójához szintetizáltak új anyagokat grafitból grafit-oxidból, melaminból és ammóniából kiindulva.¹² A tüzelőanyag-elemek protoncserélő membránjaként széles körben használatos Nafion különböző előkezeléseinek hatását is tanulmányozták az anyag fizikai kémiai és elektrokémiai sajátságaira.¹³

4. Homogén katalízis

A homogén katalitikus vizsgálatok elsőrendű, távlati célja a hidrogéntárolással, illetve felhasználással kapcsolatos folyamatok tanulmányozása. Új, rezorcín[4]arén-alapú kavítandókat állították elő palládium-komplexek katalitikus hatását felhasználva, és szisztematikusan megvizsgálták a külső körülmények hatását a szintézis folyamatára.¹⁴ Feltérképezték két, egymáshoz hasonló, foszfinligandumot és szén-monoxid-molekulát is tartalmazó ruténiumkomplex alkalmazhatóságát a fenilacetilén és fahéjaldehid hidrogénezésében vizes-szerves kétfázisú oldószer-rendszerekben.¹⁵

* Tel.: +36 72 501500/24208; e-mail: lenteg@gamma.ttk.pte.hu.

5. Anyagtudomány

A hidrogéntechnológiai kutatásoknak számtalan, igen szerteágazó anyagtudományi kapcsolódási pontja van, ezt a Nemzeti Laboratórium eredményei is tükrözik. Négy tanulmány is foglalkozott fröccsöntési technológiák fejlesztésével: az első a hűlési időn rövidített réz és acél, valamint egy lézeres technológia használatával,¹⁶ a második a folyamat során nyomásérzékelők felhasználási lehetőségeit vizsgálta,¹⁷ a harmadikban az akrilnitril-butadién-sztirol (ABS) anyag alkalmazásának hatását tanulmányozták,¹⁸ a negyedikben pedig az ABS ráfröccsöntés után mérhető felületi kötési tulajdonságainak előjelzésére dolgoztak ki elméleti módszert.¹⁹ Az előzőekhez nem kapcsolódó munkában a protoncserélő membránok szerkezetének kis szögű neutronszerkezetvizsgálatairól számoltak be szindiotaktikus polisztirolt használva modellrendszerként.²⁰

6. Zárógondolatok

Napjaink energiaválságában élve egyértelmű, hogy a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos kutatások társadalmi haszna egyre közvetlenebb, ezért az új eredményeket a szakmai fórumokon kívül, közérthető, ismeretterjesztő formában a nagyközönséggel is meg kell osztani. A Megújuló Energiák Nemzeti Laboratóriumkeretében erre is folyamatos lehetőség van. A Laboratórium anyagi támogatása azt is lehetővé tette, hogy az egyik konzorciumi tag a Nobel-díjas Oláh György kémikus egykori munkahelyével, a Los Angeles-i LOKER Szénhidrogén-kutató Intézzel kezdjen együttműködést, amint erről a Külgazdasági és Külügyminisztérium Internetes oldala is beszámolt.²¹

Köszönetnyilvánítás

Ezen cikk elkészülését a Megújuló Energiák Nemzeti Laboratórium támogatta, amelynek létrehozását a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatta az RRF-2.3.1-21-2022-0009 azonosító számú projekt keretében.

Hivatkozások

1. Kiss, V.; Kecskeméti, Á.; Hülvely, B. M.; Tarczali-Sarudi, P.; Csépes-Ruzicska, L. J.; Mercs, F.; Tóth, Á.; Fábrián, I.; Ösz, K. *J. Sulf. Chem.* **2023**, *44*, online. <https://doi.org/10.1080/17415993.2023.2214267>
2. Józsa, É.; Jenei, L. B.; Kégl, T.; Ösz, K. *J. Mol. Struct.* **2022**, *1261*, 132916. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2022.132916>
3. Michnyóczy, J.; Kiss, V.; Ösz, K. *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.* **2021**, *408*, 113110. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2020.113110>

4. Lehóczki, J.; Józsa, É.; Ösz, K. *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.* **2013**, *251*, 63. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2012.10.005>
5. Benkó, T.; Shen, S.; Németh, M.; Su, J.; Szamosvölgyi, Á.; Kovács, Z.; Sáfrán, G.; Al-Zuraiji, S. M.; Horváth, E. Z.; Sági, A.; Kónya, Z.; Pap, J. S. *Appl. Catal. A: Gen.* **2023**, *652*, 119035. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2023.119035>
6. Szabó, R.; Lente, G. *Chem. Eng. J.* **2022**, *445*, 137377. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.137377>
7. Lente, G.; Fursenko, A.; Szabó, R. *Chem. Eng. J.* **2022**, *445*, 136676. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.136676>
8. Bin Sowad, R. S. R.; Kiss, L.; Kiss, A. *Electrochem. Commun.* **2023**, *152*, 107515. <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2023.107515>
9. Biliškov, N.; Milanović, I.; Milović, M.; Takáts, V.; Erdélyi, Z. *J. Alloys Compd.* **2023**, *945*, 169293. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2023.169293>
10. Ovc-Okene, D.; Gnanavel, A.; Szabó, Á.; Szarka, G.; Iván, B.; Kun, R. *J. Electroanal. Chem.* **2023**, *929*, 117113. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2022.117113>
11. Shankar, L. S.; Zalka, D.; Szabó, T.; Székely, E.; Körösi, M.; Pászti, Z.; Balázs, K.; Illés, L.; Czígány, Z.; Kun, R. *Mater. Today Chem.* **2022**, *26*, 101240. <https://doi.org/10.1016/j.mtchem.2022.101240>
12. Ayyubov, I.; Tóth, E.; Berghian-Grosan, C.; Románszki, L.; Borbáth, I.; Pászti, Z.; Szegedi, Á.; Mihály, J.; Vulcu, A.; Tompos, A. *Reac. Kinet. Mech. Catal.* **2023**, *136*, 125. <https://doi.org/10.1007/s11144-022-02331-6>
13. Selim, A.; Szijjártó, G. P.; Tompos, A. *Polymers* **2022**, *14*, 3385. <https://doi.org/10.3390/polym14163385>
14. Akash; Kollár, L.; Kégl, T. *Molecules* **2022**, *27*, 8404. <https://doi.org/10.3390/molecules27238404>
15. Horváth, H.; Papp, G.; Joó, F.; Kathó, Á. *Catalysts* **2023**, *13*, 197. <https://doi.org/10.3390/catal13010197>
16. Török, D.; Zink, B.; Ageyeva, T.; Hatos, I.; Zobač, M.; Fekete, I.; Boros, R.; Hargitai, H.; Kovács, J. G. *J. Manuf. Process.* **2022**, *81*, 748. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2022.07.034>
17. Párizs, R. D.; Török, D.; Ageyeva, T.; Kovács, J. G. *Sensors* **2023**, *23*, 1735. <https://doi.org/10.3390/s23031735>
18. Krizsma, S.; Suplicz, A. *Mater. Today Commun.* **2023**, *35*, 106294. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2023.106294>
19. Szuchács, A.; Ageyeva, A.; Kovács, J. G. *Polym. Test.* **2023**, *125*, 108133. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2023.108133>
20. Schiavone, M. M.; Lamparelli, D. H.; Daniel, C.; Golla, M.; Zhao, Y.; Iwase, H.; Arima-Osonoi, H.; Takata, S.; Szentmiklósi, L.; Maróti, B.; Allgaier, J.; Radulescu, A. *J. Appl. Cryst.* **2023**, *56*, 947. <https://doi.org/10.1107/S1600576723005496>
21. <https://tdf.kormany.hu/emlektablak-avattak-olah-gyorgy-magyar-szarmazasu-vegyszerprofesszor-tiszteletre-los-angelesben> (utolsó elérés: 2023. szeptember 23.)

Hydrogen technology research in the first year of the operation of the National Laboratory for Renewable Energy

This article summarizes some results of the first year of the operation of the National Laboratory for Renewable Energy in the field of hydrogen technology. A short overview of 20 published papers is given in four fields: photochemistry and chemical kinetics, electrochemistry, homogeneous catalysis, and materials science.

Funding for this paper was provided by project no. RRF-2.3.1-21-2022-00009, titled National Laboratory for Renewable Energy, which has been implemented with the support provided by the Recovery and Resilience Facility of the European Union within the framework of Programme Széchenyi Plan Plus.