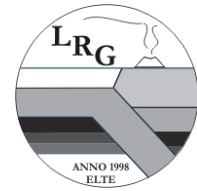




EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM  
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR



# Földtani képződmények geokémiai vizsgálata hidrogéntárolási potenciál szempontjából

**Gelencsér Orsolya**

*Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei*

Litoszféra Fluidum Kutató Laboratórium, Földrajz- és Földtudományi Intézet

Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) Természettudományi Kar (TTK)

Környezettudományi Doktori Iskola, Környezeti Földtudomány Program

Doktori Iskola vezető: Turányi Tamás, D.Sc.

Programvezető: Szalai Zoltán, Ph.D

## Témavezetők

Szabó-Krausz Zsuzsanna, Ph.D.

*Tudományos munkatárs, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Litoszféra Fluidum Kutató Laboratórium*

Falus György, Ph.D.

*Főosztályvezető, Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága, Földtani Főosztály*

## Konzulensek

Szabó Csaba, Ph.D.

*Eötvös Loránd Tudományegyetem, Litoszféra Fluidum Kutató Laboratórium*

Breitner Dániel, Ph.D.

*Green Ventures Kft. Hungary*

Sulyok Attila, Ph.D.

*HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont*

DOI: 10.15476/ELTE.2024.342

Budapest

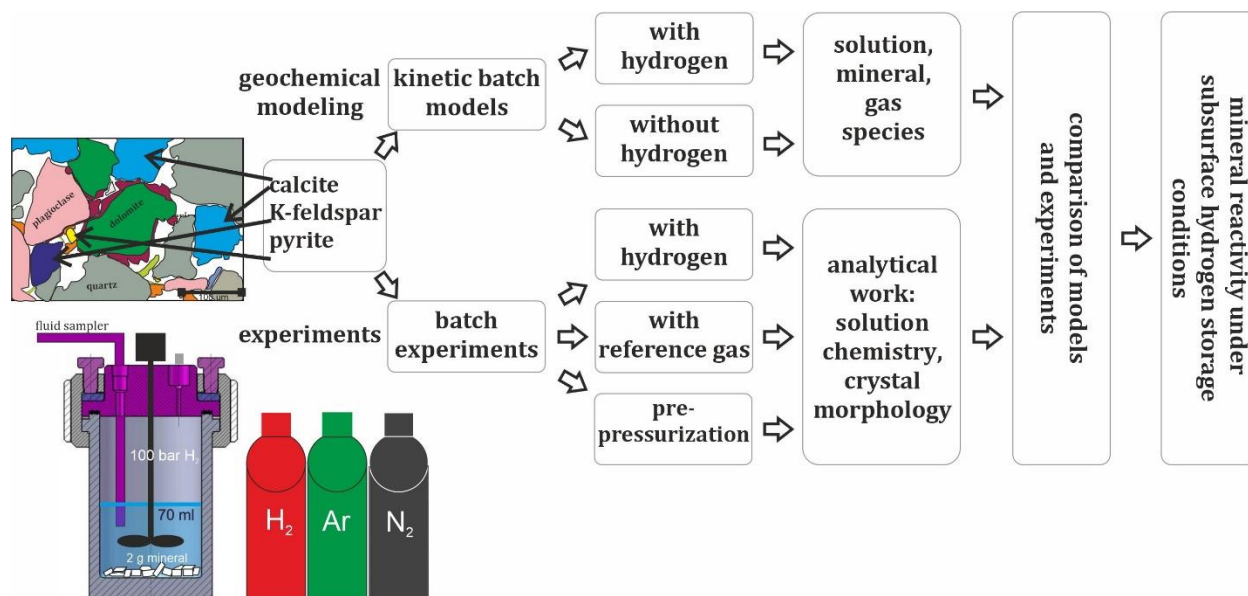
© 2024 – Gelencsér Orsolya

## 1. Bevezetés és célkitűzés

A 21. század kezdetét a globális energiaszektor fosszilis alapú energiaforrásokról a megújuló energiaforrásokra történő átállása, röviden az energetikai átmenet jellemzi. A hagyományos szénhidrogén-alapú energiatermeléssel szemben az egyre nagyobb teret nyerő megújuló energiaforrások, mint pl. a nap és szélenergia, időszakosan képesek energiát termelni (Simon *et al.* 2015). Ebben az összefüggésben az Európai Unió, ezzel együtt Magyarország fordulóponthoz érkezett az energiastratégiájában, amikor is át kell alakítania az energiarendszerét, a fenntartható és körforgásos gazdaságra való átállás céljából. Ennek egyik lépése az ún. power-to-gas (villamos energiából gáz) technológia alkalmazása a jellemzően megújuló energiaforrásból származó többlet energia nagy léptékű és hosszú távú tárolása hidrogén, (vagy metán) formájában (Lehner *et al.* 2014).

A geológiai képződmények (kimerült földgáztelepek, kősó testek, mély sós rezervoárok) szerepe az energetikai átmenetben megkérdőjelezhetetlen, ugyanis ezek adnak teret a gáz alapú energiátárolásnak (Carden and Paterson 1979; Ozarslan 2012; Tarkowski 2017). A Kárpát-Pannon régió középső területét nagyvastagságú (3-6 km) sziliciklasztos neogén üledék töltik ki, amely jól ismert földgáz telepeiről és földgáztárolási potenciáljáról (Király *et al.* 2010). A sziliciklasztos kőzetek mellett a Kárpát-Pannon régió legkeletibb részmedencéjében, az Erdélyi-medencében, jelentős kősó előfordulás is található, amely jelenleg több km-es diapír szerkezeteket alkot, amely szintén megfontolandó gáz tárolás szempontjából.

Az alkalmazott geokémia egyik legnagyobb kihívása a felszín alatti hidrogéntárolás során végbemenő kőzet-víz-gáz kölcsönhatások megértése (Flesch *et al.* 2018; Yekta *et al.* 2018). A doktori kutatásom fő célja a felszín alatti hidrogéntárolás hatására bekövetkező lehetséges abiotikus reakciók azonosítása és azok hatásának feltárása. A dolgozatban három kőzetalkotó ásványt (kalcit, káliföldpát és pirit) tettem górcső alá és viselkedését vizsgáltam kísérletekkel és geokémiai modellezéssel. Mivel még kevés ismerettel rendelkezünk a hidrogén természetéről a felszín alatti tárolás körülményei között, ezért egy összetett kísérleti és geokémia modellezési eljárást dolgoztam ki, amellyel hatékonyan lehet következtetéseket levonni a hidrogén kőzetalkotó ásványokra gyakorolt hatásáról (1. ábra). Továbbá, célul tűztem ki egy hidrogén kísérleti labor kialakítását, amely kifejezetten a felszín alatti hidrogéntárolást célzó kísérleti munkára alkalmas. Összességében, a hidrogén kísérleti és modellezési eredményeket, valamint az erdélyi kősó mikroszerkezeti adatait is a felszín alatti hidrogéntárolás kontextusába helyeztem.



1. ábra. Az ásvány-hidrogén kölcsönhatás vizsgálatának elvi ábrája a doktori kutatásban.

## 2. Kutatási terület és minták

A doktori kutatás alapjául az Öcsöd település közelében található földgáztelep rezervoárközete szolgált. A rezervoár az ún. Öcsöd-Martfű szerkezeti magaslat és a Kunsági-medence között helyezkedik el. A tároló kiterjedése ÉNY-DK irányban maximálisan kb. 1300 m-es, míg ÉNY-DK irányban kb. 600 m. A rezervoár mért mélysége 2104-2120 m. A minták az Öcsöd-1 (fúrómag) és OGD-Öcsöd-K-2 (furadék minták) fúrásokból származnak, amelyeket az O&GD Central Kft.-vel együttműködésben választottam ki.

A kísérletekhez természetes, tiszta ásványfázisokat használtam. A kalcit (izlandi pát (BE24569, BE40764, BE40763)), káliföldpát (BE40763) és pirit (BE40766) minták az ELTE Ásványtárában jegyzett minták, amelyeknek kémiai összetételét, szerkezetét, homogenitását különböző analitikai módszerekkel (pl. XRD, SEM) előzetesen megvizsgáltam. A kísérletekhez a kristályokat először kalapáccsal kisebb darabokra törtem, majd tovább porítottam a rezervoárt alkotó ásványoknak megfelelő méretre (100-200  $\mu\text{m}$ ).

## 3. Alkalmazott módszerek

A rezervoárközete ásványainak szöveti megfigyelését a Litoszféra Fluidum Kutató Laboratóriumban (ELTE, Természettudományi Kar, Földrajz és Földtudományi Intézet) található

optikai mikroszkóppal, továbbá egy Hitachi TM4000Plus elektronmikroszkóppal vizsgáltam (Központi Kutató és Ipari Kapcsolatok Centrum ELTE TTK). Az OGD-Öcsöd-K2 furadékból származó mintákban a földpátok és karbonátok fő- és mellékelem vizsgálatát egy JEOL JXA-8230 SuperProbe elektron mikroszondával végeztem az Izlandi Egyetem Földtudományi Intézetében.

A kísérletekből vett oldatminták elemösszetételét induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrometriával (ICP-OES) határoztuk meg egy, egy HORIBA Jobin Yvon® ULTIMA 2C típusú készülék segítségével (Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága)

A röntgen-fotoelektron spektroszkópiai (XPS) vizsgálat a HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpontban készült egy Thermo Fisher Escalab Xi+ berendezéssel. A módszerrel a pirit felszínén a hidrogén okozta kémiai változást vizsgáltam.

A doktori kutatásban statikus áztatásos kísérletekkel vizsgáltam három ásványt (kalcit, kálicföldpát, pirit), amelyek gyakori alkotói a rezervoárközeteknek. A kísérletekben 2 g előzetesen leporított (100-200  $\mu\text{m}$ ) ásványhoz 70 mL desztillált vizet adtam, amely keveréket 105 °C hőmérsékleten 100 bar nyomás alatt reagáltattam, amely körülmények megfeleltethetők a felszín alatti hidrogéntárolás fizikai körülményeinek (1. ábra). Folyamatos kevertetést alkalmazva a kísérletek során az ásvány szemcsék egyformán érintkeztek az oldattal és a gázzal. A rendszerből adott időközönként (3, 24, 76 óra) oldatmintát (kb. 2 mL) vettem, amellyel követtem a vizsgált ásvány oldódását. A hidrogénes kísérleteket megismételtem referencia gázzal (nitrogén vagy argon) is.

A PhD kutatás másik pillérét a geokémiai modellezés adja, amelyet a PHREEQC ver. 3 szoftvercsomaggal (Parkhurst and Appelo 2013) végeztem. Kétféle modellezési megközelítést használtam a kutatás során. A kinetikus modellezéssel a hidrogén okozta reakciók időbeliségét vizsgáltam egy-egy közetalkotó ásványra hidrogéntárolás nyomásán és hőmérsékletén. Míg az egyensúlyi (termodinamikus) modellezéssel a hidrogén hosszú távú hatását (Hassannayebi *et al.* 2019) vizsgáltam az öcsödi rezervoár paramétereit felhasználva.

## 4. A PhD kutatás tézisei

1. Számos felszín alatti hidrogéntárolás geokémiai kockázatainak megbízhatóbb előrejelzése érdekében egy olyan kombinált módszert fejlesztettem, amellyel a hidrogén kőzetalkotó ásványokra gyakorolt hatása vizsgálható mind kísérlettel és modellezéssel, továbbá, az eredmények összehasonlíthatók. Az eredményeimmel rámutattam arra, hogy több, általánosan elfogadott és széleskörűen használt, geokémiai adatbázisban szereplő karbonát-hidrogén kölcsönhatás során nem valós reakciók bekövetkezésével számolnak a reális földtani tárolási körülmények – rezervoár nyomás és hőmérséklet – között. Továbbá, javaslatot tettem az adatbázisban szereplő termodinamikai adatok felülvizsgálatára (Gelencsér *et al.* 2023). Összességében rámutattam, hogy a felszín alatti kőzet–víz–gáz kölcsönhatások vizsgálatakor fontos, hogy a geokémiai modellek folyamatosan kalibrálva, pontosítva legyenek a kísérletek által, mivel az ezekből nyert információ elengedhetetlen a hidrogén tárolók nagyobb léptékű tervezéséhez.

2. Kísérleti úton vizsgáltam a kalcit reaktivitását hidrogénnel és megállapítottam, hogy a nitrogénnel azonos körülmények között végzett kísérletekhez képest nincs érdemi különbség, tehát a hidrogén nem okoz jelentős kalcit oldódást. Ez az eredmény cáfolja korábbi, kizárólag geokémiai modellezésen alapuló kutatások eredményeit, amelyek arra következtettek, hogy a kalcit a hidrogén gázzal felszín alatti hidrogéntárolás nyomás és hőmérsékleti körülményei között reakcióba lép, amely a hidrogén fogyását és a kalcit nagy mérvű oldódását eredményezi (Gelencsér *et al.* 2023).

3. Kísérleteket és geokémiai modellezést végeztem a sziliciklasztos kőzetek egyik jellemző ásványával a káliföldpáttal, hogy felmérjem a hidrogén hatását az ásványra felszín alatti hidrogéntárolás körülményei között. Az eredmények alapján a káliföldpát oldódása kismértékben megnövekszik a hidrogén jelenlétében a referencia (nitrogénnel végzett) kísérlethez képest. A hidrogén hatására kezdetben intenzívebb K oldódás tapasztalható. A káliföldpát oldódására felszín alatti hidrogéntárolás körülményei között, a kísérleti és modellezési eredményeim és a korábbi irodalom alapján az alábbi lépéseket feltételezem: a hidrogénionok az alkáliák (K és Na) helyére lépnek a földpát kristályszerkezetében, majd további kölcsönhatás következtében az Al–O és Si–O kötések is felbomlanak. A kísérletek közben vett oldatmintákban mért folyamatosan

kismennyiségű alumínium-tartalomból arra következtettem, hogy a káliföldpátból felszabaduló alumínium egy új szilárd fázist képez. Valós földtani közegbe helyezve az eredményeket, arra következtettem, hogy a hidrogén injektálás elősegítheti a kőzetalkotó káliföldpát oldódását, amelynek következtében a pórusfluidumba kerülő elemek másodlagos ásványfázisokat képezhetnek (Gelencsér *et al.* 2024c).

**4.** A homokkövek járulékos ásványnak, a pirit reaktivitásának vizsgálatára az előző kísérletekhez (kalcit, káliföldpát) képest egy összetettebb kísérleti összeállítást alkalmaztam. A kísérletekben 2 g kalcitot használtam, a pórusteret határoló közeg leegyszerűsítéseként, amelyhez különböző részarányban adtam piritet (1, 5 és 10 m/m%) hogy leképezsem az üledékes kőzetekre jellemző pirit részarányt. A földtudományokban még kevésbé alkalmazott analitikai módszert, a röntgenfotoelektron spektroszkópiát (XPS), sikeresen alkalmaztam a pirit felszínén végbement kémiai változások követésére. Az XPS segítségével kimutattam, hogy a pirit felületén hidrogén hatására pirrhotin válik ki és megbecsültem a pirit felületén képződött pirrhotin réteg vastagságát. A számítások alapján átlagosan 2 nm (+/- 1 nm hibahatárral) pirrhotin réteg képződött, amely értéket felhasználva megbecsültem, hogy kalcit mellé 5 m/m% mennyiségű piritet hozzáadva egy 50 µm átmérőjű pirit szemcsén mintegy 0,02 m/m%-nyi pirrhotin képződik 76 óra elteltével, felszín alatti hidrogéntárolás nyomás és hőmérséklet körülményei között (105 °C, 100 bar). A pirit redukzív oldódásának eredményeként keletkező kénhidrogén a kísérleti tapasztalatok és modellezési eredmények alapján is vízben oldott állapotban marad, azaz nem alkot gáz fázist az említett nyomáson és hőmérsékleten. Bár a pirit-hidrogén kölcsönhatás mértéke a doktori kutatásom eredményei alapján mérsékeltnek tekinthető, további vizsgálatok szükségesek a témakörben, különös tekintettel a kén-hidrogén képződésre és a rezervoárközet kőzetfizikai paramétereinek változására (pl. porozitás, permeabilitás) (Gelencsér *et al.* bírálat alatt2).

**5.** Az öcsödi földgáz rezervoárból származó minták részletes petrográfia és geokémiai vizsgálata alapján geokémiai modellezést végeztem, amellyel meghatároztam a besajtolts hidrogén hosszú távú hatását a rezervoár kőzetre. Az eredményeim azt mutatják, hogy az injektált hidrogén hatására végbemenő egyetlen érdemi reakció a pirit pirrhotinná alakulása (Gelencsér *et al.* 2024a). Tekintve a vizsgált rezervoárközet elterjedésére a Pannon-medence központi területén, a kőzettípus jelentős szerepet játszhat a jövőbeni felszín alatti hidrogéntárolásban (Gelencsér *et al.* bírálat alatt1). Az

Erdélyi-medence kősója szintén számításba vehető földtani képződmény hidrogéntárolás szempontjából, azonban a parajdi kősón végzett mikroszerkezet vizsgálatok a sótest viszonylag gyors mozgását feltételezi, ezért további elemzés szükséges pontosabb következtetések levonására (Gelencsér *et al.* 2024b).

## 5. Következtetések

A Pannon-medence felszín alatti hidrogéntárolásra potenciális kőzetei közül a késő miocén homokkő három kőzetalkotó ásványának viselkedését vizsgáltam statikus áztatásos kísérletekkel és geokémiai modellezéssel, valamint az Erdélyi-medence kősójának szerkezeti stabilitását tanulmányoztam. A kőzet–víz–gáz kölcsönhatások vizsgálati eredményei alapján a tárolókőzet geokémiai alkalmasságára vontam le következtetést a felszín alatti hidrogéntárolás körülményein.

A kőzetalkotó ásványok közül a nagy nyomású hidrogén

- a kalcit oldódására nem volt hatással,
- a kálföldpát oldódását kismértékben elősegítette,
- a pirit redukzív oldódását előidézte, amely pirrotin és kén-hidrogén képződéssel járt.

A geokémiai modellezés önmagában nem helyettesítheti a kísérleti munkát. Továbbá, a parajdi kősó deformációs rátája eddigi mikroszerkezet vizsgálatok alapján elfogadható lehet gáz tároló üregek kialakításához, azonban ez a kérdés további vizsgálatot igényel. Mindezek biztató eredmények a térségre nézve a geológiai formációk hidrogén gáz tárolási hasznosításának tekintetében.

## 6. Irodalomjegyzék

Carden, P.O. and Paterson, L. 1979. Physical, chemical and energy aspects of underground hydrogen storage. *International Journal of Hydrogen Energy*, **4**, 559–569, [https://doi.org/10.1016/0360-3199\(79\)90083-1](https://doi.org/10.1016/0360-3199(79)90083-1).

Flesch, S., Pudlo, D., Albrecht, D., Jacob, A. and Enzmann, F. 2018. Hydrogen underground storage—Petrographic and petrophysical variations in reservoir sandstones from laboratory experiments under simulated reservoir conditions. *International Journal of Hydrogen Energy*, **43**, 20822–20835, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.09.112>.

Hassannayebi, N., Azizmohammadi, S., De Lucia, M. and Ott, H. 2019. Underground hydrogen storage: application of geochemical modelling in a case study in the Molasse Basin, Upper

- Austria. *Environmental Earth Sciences*, **78**, 1–14, <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8184-5>.
- Király, A., Milota, K., Magyar, I. and Kiss, K. 2010. Tight gas exploration in the Pannonian Basin. *Petroleum Geology Conference Proceedings*, **7**, 1125–1129, <https://doi.org/10.1144/0071125>.
- Lehner, M., Tichler, R., Steinmüller, H. and Koppe, M. 2014. *Power-to-Gas: Technology and Business Models*, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-03995-4>.
- Ozarslan, A. 2012. Large-scale hydrogen energy storage in salt caverns. *International Journal of Hydrogen Energy*, **37**, 14265–14277, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2012.07.111>.
- Parkhurst, D.L. and Appelo, C.A.J. 2013. *Description of Input and Examples for PHREEQC Version 3: A Computer Program for Speciation, Batch-Reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations*, <https://doi.org/10.3133/tm6A43>.
- Simon, J., Ferriz, A.M. and Correas, L.C. 2015. HyUnder - Hydrogen underground storage at large scale: Case study Spain. *Energy Procedia*, **73**, 136–144, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.661>.
- Tarkowski, R. 2017. Perspectives of using the geological subsurface for hydrogen storage in Poland. *International Journal of Hydrogen Energy*, **42**, 347–355, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.10.136>.
- Yekta, A.E., Pichavant, M. and Audigane, P. 2018. Evaluation of geochemical reactivity of hydrogen in sandstone: Application to geological storage. *Applied Geochemistry*, **95**, 182–194, <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2018.05.021>.

## 6. Releváns publikációk

### 6.1. Doktori értekezéshez kapcsolódó publikációk

- Gelencsér, O.,** Árvai, C., Mika, L. T., Breitner, D., LeClair, D., Szabó, C., Falus, G. and Szabó-Krausz, Z. 2023. Effect of hydrogen on calcite reactivity in sandstone reservoirs: Experimental results compared to geochemical modeling predictions. *Journal of Energy Storage*, **61**, 106737, <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.106737>.
- Gelencsér, O.,** Tóth, P., Németh, T., Szabó-Krausz, Z. and Falus, G. 2024a. A felszín alatti hidrogéntárolás közetalkotó ásványokra gyakorolt hatása a Pannon-medencében. *Scientia et*



*Securitas*, **4**, 1–9, <https://doi.org/10.1556/112.2023.00182>.

**Gelencsér, O.**, Szakács, A., Gál, Á., Szabó, Á., Dankházi, Z., Tóth, T. Breitner, D., Szabó-Krausz, Z., Szabó, C. and Falus, G. 2024b. Microstructural study of the Praid Salt Diapir (Transylvanian basin, Romania) and its implication on deformation history and hydrogen storage potential. *Acta Geodaetica et Geophysica*, **59**, 343–365. <https://doi.org/10.1007/s40328-024-00436-z>.

**Gelencsér, O.**, Szabó-Krausz, Z., Németh, T., Árvai, Cs., Mika, L.T., Kővágó, Á. Breitner, D. Tóth, P. and Falus, G. 2024c. K-feldspar – H<sub>2</sub> interaction in the context of underground hydrogen storage. *Földtani Közlöny*, **154**, 267–276, <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2024.154.3.267>.

**Gelencsér, O.**, Cseresznyés, D., Szamosfalvi, Á., Breitner, D., Kővágó, Á., Szabó, C. and Falus, G. (bíráló alatt1, *Geological Society Special Publication*) *Geological potential of hydrogen storage in the Pannonian Basin complex*.

**Gelencsér, O.**, Sulyok, A., Árvai, C., Mika, L.T., Breitner, D., Szabó, C., Szabó-Krausz, Z. and Falus, G. (bíráló alatt2, *Journal of Energy Storage*) *Pyrite reactivity under subsurface hydrogen storage conditions – experimental and modeling study*.

## 6.2. Doktori értekezéshez nem kapcsolódó publikációk

Lange, T.P., Szabó, C., Liptai, N., Patkó, L., **Gelencsér, O.**, Aradi, L.E. and Kovács, I.J. 2019. Rheology study on the earth's mantle: Application of quantitative fourier transform infrared spectroscopy on upper mantle xenolith from the perşani mountains. *Bulletin of the Hungarian geological society*, **149**, 233–254, <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2019.149.3.233>.

Lange, T. P., Palcsu, L., Szakács, A., Kővágó, Á., **Gelencsér, O.**, Gál, Á., Gyila, S., M. Tóth, T., Matenco, L., Krézsek, C., Lenkey, L., Szabó, C., Kovács, I. J. 2023. The link between lithospheric scale deformations and deep fluid emanations: Inferences from the Southeastern Carpathians, Romania. *Evolving Earth*, **1**, 100013. <https://doi.org/10.1016/j.eve.2023.100013>

## 6.3. Válogatott konferencia kivonatok

Cseresznyés, D., **Gelencsér, O.** Király, C., Szabó-Krausz Z., Szamosfalvi, Á., Kővágó, Á., Szabó, C., Czuppon, G., Breitner, D. and Falus G. 2024. Potential of subsurface CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> utilization and storage in Hungary. AAPG Europe Region Conference „Energy Transition, Is the European approach different?” Abstract Book, 173.

**Gelencsér, O.,** Árvai, C., Mika, L.T., Kővágó, Á., Cseresznyés, D., Szabó, C., Tóth, P., Breitner, D., Szabó-Krausz, Z. and Falus, G. 2024. Mineral reactivity under subsurface hydrogen storage conditions from the Carpathian-Pannonian region: an experimental and geochemical modeling study. EGU General Assembly, April 14-19, 2024, Vienna (Austria), EGU24-15536, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-15536>.

**Gelencsér, O.,** Sulyok, A., Szabó, C., Szabó-Krausz, Z. & Falus, G. 2024. Pyrite-hydrogen interactions in the context of subsurface hydrogen storage (*in Hungarian*). 19<sup>th</sup> Winter school in Mineral Sciences, January 18-19. 2024, 2.

**Gelencsér, O.,** Árvai, C., Mika, L.T., Breitner, D., Szabó, C., Falus, G., Sonnenthal, E. and Szabó-Krausz, Z. 2023. The Current State of Geochemical Modelling in Subsurface Underground Hydrogen Storage. AGU Fall Meeting, December 11-15, 2023, San Francisco (US), GC51O-0841.

**Gelencsér, O.,** Árvai, C., Mika, L.T., Szabó, Cs., Breitner, D., Szabó-Krausz, Z. & Falus, G. 2023. Rock forming minerals reactivity in hydrogen environment—experimental and modeling study. Goldschmidt Conference, July 09-14, 2023, Lyon (France), Abstracts, 20576.

**Gelencsér, O.,** Árvai, C., Szabó-Krausz, Z. 2023. Energy storage in hydrogen, hydrogen storage in porous rocks. 53<sup>rd</sup> Meeting of Young Geoscientists, 31 March – 1 April, 2023, Nagybörzsöny (Hungary), Abstracts, 38-39.

**Gelencsér, O.,** Szabó, C., Breitner, D., Falus, G. and Szabó-Krausz, Z. 2022. The role of sulfides in underground hydrogen storage (*in Hungarian*). Conference on Mining, Metallurgy and Geology, May 09-12, 2022, Kézdivásárhely (Romania), 35-37.

**Gelencsér, O.,** Szabó-Krausz, Z., Árvai, C., Mika, L.T., Szabó, C., Breitner, D. & Falus, G. 2022. Effect of hydrogen on calcite from reservoir sandstones: experimental answer to numerical modelling predictions. In: Mihal, M. (eds.) Proceedings – 48th International Conference of the Slovak Society of Chemical Engineering SSCHE 2022 and Membrane Conference PERMEA, May 23-26, 2022, Tatranské Matliare (Slovakia), Proceedings, 62.

**Gelencsér, O.,** Szabó, C., Berkesi, M., Szakács, A., Gál, A., Szabó, Á., Tóth, T. and Falus, G. 2021. Insight into a salt diapir: microstructural study of Praid (Transylvanian Basin, Romania) salt rocks. EGU General Assembly, April 19-30, 2021, (online), 15287.