

A HAZAI FÖLDTANI SZERKEZETEK FELMÉRÉSE A SZÉN-DIOXID- VISSZASAJTOLÁS SZEMPONTJÁBÓL

Falus György

PhD, tudományos főmunkatárs
falus@elgi.hu

Szamosfalvi Ágnes

tudományos segédmunkatárs

Vidó Mária

PhD, tudományos főmunkatárs

Török Kálmán

a földtudomány kandidátusa, tud. főmunkatárs

Jencsel Henrietta

tudományos munkatárs

Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet

Az Európai Tanács és az Európai Parlament 2009-ben elfogadta a Klíma- és Energiacsomagot. Az új irányelvek egyik célja a leválasztás és a föld alatti elhelyezés technológiájának támogatása. Az uniós intézkedések másik célja, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése mellett jelentősen növeljék a tagállamok energiabiztonságát.

A leválasztott CO₂ föld alatti tárolása tekintében Magyarországnak előnyös adottságai vannak. Ezen felül hazánk kivételes földtani tapasztalattal és tudással rendelkezik, amely megalapozza a hosszú távon is biztonságos szén-dioxid-elhelyezést.

Az európai és hazai projektek keretében végzett előzetes felmérés során a szén-dioxid szárazföldi elhelyezése esetén szóba kerülő tároló objektumok kapacitásvizsgálatát végeztük. A vizsgálatok alapján a leművelt szénhid-

rogén-előfordulások és sósvízes rezervoárok elméleti tárolókapacitása mintegy 2500–3000 Mt. Ugyanakkor a szenes rétegek tárolóként történő hasznosítása nem tűnik perspektivikusnak.

Az ok, amiért a szén-dioxid-visszasajtolás lehetőségével foglalkozni kell

Klímaváltozás • Az ipar által a levegőbe kibocsátott szén-dioxid mennyiségének csökkentése globális környezetvédelmi probléma, egy globális környezeti katasztrófa megelőzésének feltétele. A sarki jég olvadása, a melegebb tengervíz hőtágulása miatti tengerszint-emelkedés, a nagyerejű ciklonok növekvő száma a kezdődő klímaváltozás intő jele, amely jelenségek egyik legfőbb kiváltó okaként az üvegházhatású gázok, ezen belül is a szén-dioxid kibocsátásának növekedését és a globális hőmérséklet markáns emelkedését jelöl-

meg. Amennyiben az üvegházhatású gázok, köztük a szén-dioxid mennyisége a légkörben megnövekszik, az infravörös sugárzás csapdázódása jelentősebbé válik, ami globális hőmérséklet-emelkedéshez, illetve klímaváltozáshoz vezethet.

A légkör összetételét és ezen belül szén-dioxid-tartalmát a történelem előtti időkben nagyon finom egyensúlyi folyamatok szabályozták. Az antarktiszi jégbe záródott levegő buborékainak tanulmányozása lehetővé tette a levegő összetételének nyomon követését és a klíma kapcsolatának elemzését több száz ezer évre visszamenőleg (például European Project for Ice Coring in Antarctica [EPICA] az antarktiszi jég mélyfúrásos mintavételezésére és vizsgálatára). Az antarktiszi, illetve grönlandi jégbe záródott levegő elemzése teljesen világosan azt mutatja, hogy a CO₂ koncentrációja jól követi a hőmérséklet változásait (Petit et al. 1997, 1999). A melegebb, interglaciális időszakokban a CO₂ mennyisége 280–290 ppmv (milliomodnyi térfogategység) között volt, míg a hidegebb időszakokban 190–200 ppmv körül járt.

A mai időszak földtudományi értelemben egy interglaciális, amikor emberi „hozzájárulás” nélkül a levegőben 280–290 ppmv szén-dioxid-koncentrációt kellene mérnünk, ami így is volt az ipari forradalomig. Attól kezdve 1958-ig – amikor a légkör összetételének rendszeres mérései kezdődtek – 315 ppmv-re emelkedett a CO₂ koncentrációja a levegőben, majd napjainkban elérte a 370–380 ppmv-t, és évente kb. 1,5 ppmv-vel emelkedik ez az érték. Ha ez a növekedési trend folytatódik, akkor fél évszázad múlva az 560 ppm érték fölé juthat a szén-dioxid koncentrációja, amely 2050-re kb. 1,5–2 °C, 2100-ra pedig 3–6 °C hőmérséklet-emelkedést okozhat pusztán a CO₂ üvegházhatása nyomán. Egy ilyen

mértékű hőmérséklet-emelkedés pedig beláthatatlan következményekkel járna, elsősorban a fejlődő országokban (Wigley – Raper, 2001; Murphy et al., 2004; Meinhäuser, 2006).

Jogi kötelezettségek • 2008. január 23-án az Európai Unió megfogalmazta a klímaváltozás elleni küzdelemmel, azaz a szén-dioxid-kibocsátás mérséklésével kapcsolatos terveit, az ún. *Klíma- és Energiacsomagot*. Ebben a tervzetben jelentős szerepet kap a megújuló energiaforrások komoly térnyerésének elősegítése mellett az energiahatékonyság növelésének, valamint a szén-dioxid leválasztásának és föld alatti elhelyezésének támogatása is. 2009 áprilisában az Európa Tanács és az Európa Parlament is jóváhagyta a tervezetet, és elfogadta a Klíma- és Energiacsomagot alkotó uniós direktívákat, melyeket a tagállamoknak 2011 júniusáig kötelező saját jogrendszerükbe integrálni.

A Klíma- és Energiacsomag részeként elfogadott, a klímaváltozás elleni küzdelem egyik fontos eszközének tartott CCS-technológia tökéletesítésében és alkalmazásában az Európai Unió vezető szerepet kíván betölteni. E vezető szerep elérése, illetve megtartása érdekében az elfogadott Klíma- és Energiacsomag több direktívája is a technológia mielőbbi alkalmazásának jogi kereteit adja meg.

A Klíma- és Energiacsomag a jelenleg még nem, vagy csak speciális feltételek mellett piacképes technológia széleskörű, biztonságos alkalmazhatósága európai szintű demonstrációjának finanszírozási alapját is megteremtette. Az elfogadott jogszabályok alapján az Unió az új belépők tartalékából 300 millió kibocsátási egységgel támogat úgynevezett *záslóshajó CCS-projektet*. A záslóshajó projektek kiválasztásának szempontja, hogy a leggyakrabban alkalmazott leválasztási és szállí-

tási technológia, a legkülönbözőbb tárolótípusok, valamint földtani, illetve földrajzi környezetet képviselve legyen.

Az általános jogi keretek és finanszírozási feltételek meghatározása mellett a jogszabályok konkrét operatív feladatokat és a feladat végrehajtására, annak ellenőrzésére alkalmas szervezeti változtatásokat is a tagállamokra rónak. A CCS-technológia alkalmazására vonatkozó közösségi jogszabályok esetében a tagállam feladata annak szakmailag igazolt megállapítása, hogy a területén végezhető-e az ipari tevékenységből leválasztott szén-dioxid föld alatti tárolása. Amennyiben a tagállam szándékozik engedélyezni területén a CO₂ geológiai tárolását, fel kell becsülni a területe egyes részein vagy egészén rendelkezésre álló tárolókapacitást, és létre kell hozni, vagy ki kell jelölni azt az egy vagy több, hatáskörrel rendelkező hatóságot, amely a föld alatti tárolással kapcsolatosan előírt feladatokat – engedélyezés, ellenőrzés – ellátja.

Gazdasági és energiabiztonsági tényezők • 2013. január 1-jétől megszűnnek az ingyenesen kiosztható kibocsátási kvóták. Minden kibocsátónak (meghatározott körből) minden kibocsátásért fizetnie kell. A kibocsátásmérséklés gazdasági szempontból lehető legkedvezőbb megoldásának keresése hazánk számára azért is kulcskérdés, mert Magyarország biztonságos és versenyképes energiaellátásához, hazai erőforrásként, hosszú távon csak a nagy mennyiségben rendelkezésre álló lignitkészlet képes hozzájárulni. A lignitvagyon felhasználása (a regionális szinten kiemelkedő foglalkoztatás mellett) a villamosenergia-termelésben csökkenti az importfüggőséget, és növeli a villamosenergia-ellátás biztonságát. A lignit használata – az Európai Unió által hazánkra is vonatkoztatott klímapolitikai célkitűzéseinek ismeretében – leginkább a

CCS-technológiával összekötve valósítható meg. Mindezekben túlmenően, a kedvező hazai, föld alatti tárolási lehetőségek kiaknázása Magyarországot új iparágak számára teheti vonzóvá, amelyek kibocsátás-intenzív adottságaik miatt olyan területeket keresnek, ahol a CCS-technológia alkalmazására a lehetőségek rendelkezésre állnak. Az így létrejövő új iparágak nagyban hozzájárulhatnak a válság hatásainak csökkentéséhez, egyben elősegítik hazánk gazdasági megerősödését. Így Magyarország pozitív példaként szolgálhat a térség hasonló nehézségeivel küzdő államai számára.

Az éghajlatváltozást kezelő uniós intézkedések kiemelt célja az is, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkenése mellett jelentősen növeljék a tagállamok energiabiztonságát. Az olaj- és gázbehozatal mértéke ugyanis a tervezett intézkedések hatására 2030-ra mintegy 20%-kal csökkenne.

Hazai felmérési tevékenység

Magyarországon 2001 óta folyik célzott kutatás a hazai szén-dioxid föld alatti tárolási lehetőségeinek megismerésére. A vizsgálatok eleinte szinte kizárólag európai finanszírozásban valósultak meg három egymásra épülő K+F projekt keretében: NASCENT (2001–2003), CASTOR (2004–2008) és EU GeoCapacity (2006–2008). Hazai kutatási pénzeket 2006-tól sikerült mozgósítani a felszín alatti szén-dioxid tárolási lehetőségeinek vizsgálatára (Stratégiai Kutatások MTA–MEH számára; MOL–ELGI K+F projekt). A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet tevékenységében a téma állami kutatási feladatként 2006 óta szerepel.

A felsorolt kutatási projektek célja azoknak a geológiai objektumoknak a feltérképezése volt, amelyek alkalmasak lehetnek az

ipari eredetű szén-dioxid hosszú távú, biztonságos tárolására. A feltérképezés mellett cél volt a potenciális tároló szerkezetek tárolókapacitásának elsődleges meghatározása is egy egységes, európai módszertan alkalmazásával.

A szén-dioxid elhelyezésére szárazföldi körülmények között elméletileg négy lehetőség adott:

- leművelt szénhidrogén-tárolók;
- sósvizes rezervoárok;
- bányászatra alkalmatlan széntelepek (szenes rétegek);
- bázisos, ultrabázisos kőzettestek.

A magyarországi földtani adottságokat figyelembe véve részletesen vizsgáltuk a magyarországi leművelt szénhidrogén-tárolókat, sósvizes rezervoárokat valamint a bányászatra alkalmatlan szenes rétegeket.

Leművelt szénhidrogén-tárolók

A leművelt szénhidrogén-rezervoárok mint a CO₂ tárolásának lehetséges helyszínei mellett szóló egyik legjelentősebb érv, hogy ezek a rezervoárok bizonyítottan képesek voltak geológiai időskálán mérhető ideig a földfelszín alatt tartani cseppfolyós halmazállapotú anyagokat. Jelentős argumentum az is, hogy a rezervoárokhoz kapcsolódóan már létezik a kút- és csővezeték-infrastruktúra, amely – legalább részben – felhasználható lehet a besajtolás és monitoring elvégzésére.

A szén-dioxid föld alatti elhelyezése céljából földtani, műszaki, rezervoargeológiai és szénhidrogén-termelési stratégiai szempontok alapján megvizsgáltuk Magyarország szénhidrogéntelepeit. A gazdasági szempontok elsősorban a tároló potenciális méretére vonatkoznak, amely szerint a számba veendő előfordulásoknak minimálisan 2 Mt becsült tárolókapacitásúaknak kell lenniük. A föld-

tani feltétel elsősorban a telepeket záró vastag, területileg kitaró impermeábilis fedőrétegek megléte volt, de lényeges szempontnak bizonyult a potenciális telepek tektonikai, rétegtani (sztratigráfiai) helyzete is. A műszaki alkalmasságot a tárolókat harántoló fúrások minőségének vizsgálata alapján határoztuk meg. Lényeges szempont volt a telepek rezervoargeológiai tulajdonságainak elemzése, hiszen a porozitás, permeabilitás és víztelítettség értékei, valamint a hidrodinamikai tulajdonságok lényegesen befolyásolják egy telep alkalmazhatóságát tárolóként. Figyelmet fordítottunk a telepek jelenlegi és tervezett felhasználására, hiszen ez a tényező határozza meg elsődlegesen a telepek rendelkezésre állását CO₂-tárolás céljára.

A vizsgálat során lényeges szempont volt a lakott területek közelében elhelyezkedő leművelt telepek kizárása is a lehetséges CO₂-tárolók listájából. Kizártuk a vizsgálatokból a szén-dioxiddal feltöltött, illetve földtanilag alkalmatlan mezőket is.

Nem vizsgáltuk részletesen a jelenleg gáz-tárolóként működő mezőket sem. Ugyanakkor ezekre a területekre vonatkozóan, hosszú időtávon belül elméletileg bevezethető előfordulásokként, mező szintű kapacitásbecslést végeztünk. Nem végeztünk részletes vizsgálatot, csak kapacitásbecslést adtunk azon mezők esetében is, amelyeket tíz éven belül fedeztek fel, így a készletek és a rendelkezésre állás várható időpontja még bizonytalan.

Részletesen vizsgáltuk viszont azokat a leművelt mezőket, amelyek rendelkezésre állás szempontjából rövid (10 éven belül), illetve közepes időtávon (25 éven belül) alkalmasak lehetnek CO₂ befogadására. Ezen mezők esetében részletes, telepszintű feldolgozást végeztünk az alkalmasság, illetve befogadóképesség tekintetében. A becsült CO₂-

befogadó képesség a rövid, illetve középtávon belül rendelkezésre álló telepek esetében meghaladja a 170 Mt-t, míg a csak hosszú távon rendelkezésre álló telepekkel együtt a tárolókapacitás mintegy 400–450 Mt lehet (1. ábra).

A szén-dioxid-elhelyezés szempontjából felmerülő objektumok közül a leművelt szénhidrogén-tárolók – bár a tárolási projektek korai szakaszában vélhetően jelentős szerepet játszhatnak – tárolókapacitása csak korlátozott (Magyarország esetében ez maximálisan mintegy 400–450 Mt, amely több mint negyven tároló kapacitásából adódik össze). Ráadásul ezek az objektumok gyakran a kibocsátóktól távol esnek. A leművelt szénhidrogén-tárolók esetében további problémát jelenthet a nagyszámú, gyakran a CO₂ tárolása szempontjából alkalmatlan, nem saválló cementezéssel készített kút is.

Sós vizű rezervoárok

A leművelt szénhidrogén-előfordulásoknál lényegesen elterjedtebb potenciális tároló

objektumok az ún. *sós vizű rezervoárok*. A sós vizű tárolókat porózus és áteresztő rezervoár kőzetekként definiálhatjuk, melyek sós vizet tartalmaznak a pórusaikban. Ezek a kőzetek általában a szokásos ivóvíztárolóknál mélyebben helyezkednek el, és vizük nagy sótartalma és/vagy a nagy mélység miatt gazdaságosan nem hasznosíthatók. Megjegyzendő, hogy sem Magyarországon, sem pedig az Európai Unióban nincsen definiálva a 'sós víz' fogalma.

Rendkívüli tárolási potenciáljuk miatt a sós vizű rezervoárok a CO₂-elhelyezéssel foglalkozó kutatások homlokterébe kerültek. Az intenzív kutatást indokolja kisfokú ismertségük is, különösen a leművelt szénhidrogén-telepekkel kapcsolatos ismeretekhez képest.

A sós vizű rezervoárok esetében, annak érdekében, hogy alkalmasak legyenek az ipari szén-dioxid hosszú távú, biztonságos tárolására, az alábbi feltételek teljesülése szükséges (Chadwick et al., 2007):



1. ábra • Leművelt szénhidrogén-telepek, amelyeken előzetes tárolópotenciál-vizsgálat történt

1. elég nagy a rezervoár porozitása, valamint kiterjedése ahhoz, hogy elegendő mennyiségű szén-dioxidot tároljon,
2. eléggé szeparált az ivóvízként és termálvízként használható vízbázistól,
3. valamint a permeabilitású, jól záró fedője van, ami megakadályozza a szén-dioxid felfelé szivárgását.

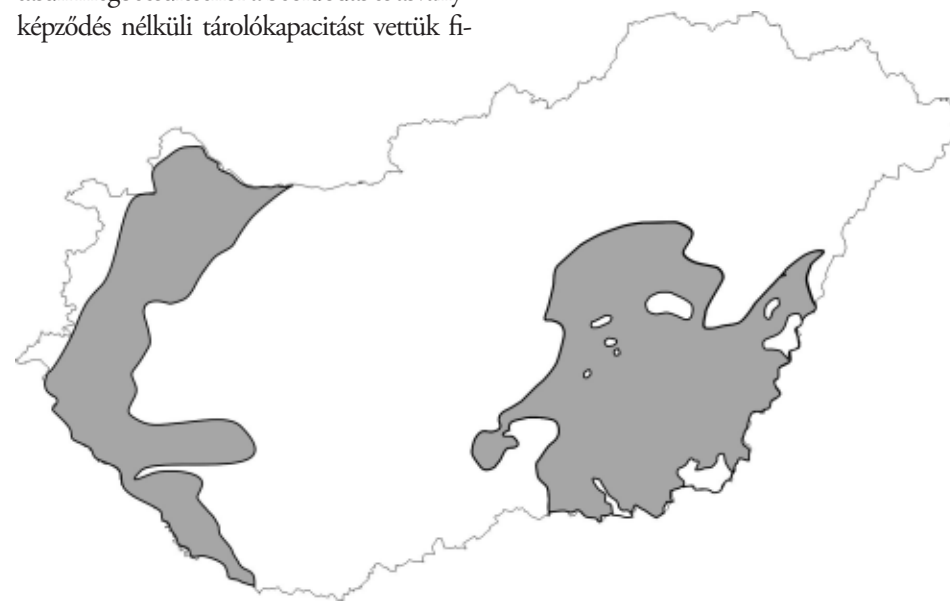
A beinjektált szén-dioxid egy része oldódik a vízben, valamint reakcióba léphet a kőzettel, egy része pedig karbonát ásványként kicsapódhat. Ez az ásványképződés tovább csökkentheti a fedő porozitását, ezzel együtt pedig a szén-dioxid elszivárgásának mértékét is. Azonban a beoldódás és az ásványképződés folyamata igen lassú, tíz-százéves időintervallumban lehet jelentősége, így a kiszemelt sós vizű rezervoárnak a folyamatok lejárásodása nélkül is alkalmasnak kell lennie a besajtott szén-dioxid hosszú távú (több ezer év) visszatartására. Ennek alapján a hazai sós vizű rezervoárok számbavételekor és tárolókapacitásuk megbecsülésekor a beoldódás és ásványképződés nélküli tárolókapacitást vettük fi-

gyelemben. A becsült tárolókapacitás a szoba jövő magyarországi formációk esetében összesen mintegy 2100–2700 Mt. Ez az érték a formációk egészében elméletileg maximálisan tárolható CO₂-mennyiséget jelenti. A sós vizű formációkon belül az alsó pannoni Szolnoki Formáció tűnik a legperspektivikusabbnak (2. ábra). Az említett formáció elvi tárolókapacitása mintegy 1800–2200 Mt CO₂.

A sós vizű rezervoárok CO₂-tárolásra történő hasznosítása során nem szabad figyelmen kívül hagyni a rezervoárok geotermikus hasznosítási lehetőségét sem. Meg kell vizsgálni azt is, hogy milyen mód nyílik a geotermikus és tárolási tevékenység együttes megvalósítására.

Bányászatra alkalmatlan széntelepek

A tárolás földtani kockázatait a le nem bányászott kőszéntelepekben való tárolás hosszú távú biztonsága és az alkalmazott technológia környezetre gyakorolt hatásai jelenthetik.



2. ábra • A Szolnoki Formáció elterjedése Magyarországon (Juhász, 1992; 1998 alapján)

Az ideális kőszéntelepi tároló földtani feltételei az alábbiak:

- a kőszéntároló szerkezete homogén legyen;
- a körülvevő fedő és fekvő képződményektől jól elhatárolódjon;
- a törések és gyűrődések minimálisan zavarják a telepet;
- permeabilitása 1–5 mDarcy vagy nagyobb;
- 300–1500 m mélységben helyezkedjen el;
- a kőszénelőfordulásban a telep vastagsága nagy és homogén;
- hamutartalma alacsony;
- le nem bányászott kőszéntelep;

Magyarországon kilenc kőszénmedencét különböztetünk meg (3. ábra), melyek kora a jurától a felső miocénig terjed, a lignittől az alacsony szénültési fokú feketeszen állapotig. A magyarországi kőszén teleptani helyzete változó. Míg barnakőszénünk döntően 400 m-nél nem mélyebb fekvésűek, a felső miocén lignitek és jurakorú feketekőszének elterjedése a felszíntől több ezer méter mélységig igazolt.



3. ábra • Magyarországi kőszén-előfordulások területi elhelyezkedése (Vangkilde-Pedersen et al., 2008)

A széntelepek esetében a szén-dioxid tárolása szempontjából a földtani adatok mellett csak a legfontosabb minőségi adatok vizsgálata történt meg. A CO₂-tárolás szempontjából jelentős adatok (porozitás, permeabilitás, gáztartalom, gázösszetétel és sokszor a talphőmérséklet) hiányoznak, nem is beszélve a telepes csoportok hidrodinamikai jellemzéséről. A potenciális tárolók további kutatása a hiányzó paraméterek pontosítását, a szerkezeti és hidrodinamikai rendszer modellezését igényli.

A tárolás szempontjából egyik perspektivikus előfordulás a jurakorú Mecseki Kőszén Formáció igen magas metántartalmával lehet potenciális jelölt az ECBM (Enhanced Coal Bed Methane – növelt hozamú metántermelés) technológia számára. Ismerve a kőzet átlagosan nagyon alacsony átteresztőképességét, alacsony porozitását, rendkívül alacsony víz-

tartalmát és plasztikus tulajdonságait, a CO₂-tárolás esélyei a medence területén általában kedvezőtlenek. Ugyanakkor a felső miocén eleji tektonikai mozgások utóhatásai (mikro-rengések) a feszültségtér változásaira vezethetők vissza, ami azt is jelenti, hogy a nyomásos-húzásos tektonika a medence egyes részein változó.

Másik potenciális tárolónak az Ajkai Kőszén Formáció tűnik megfelelő mélysége és szénültése alapján. A telepes csoport fedő felé zárása a litológiai adatok alapján feltételezhető, de a triász alaphegység karszttrendszere esetleges veszélyforrásként értelmezhető. Az északi, legmélyebben fekvő Somlósárhelyi-medence megkutatottsága igen alacsony, ezért a képződmény alkalmasságát csak további kutatással és a kőzetfizikai paraméterek ismeretében lehet meghatározni.

Legnagyobb területi elterjedésű potenciális képződményünk az Újfalui Formáció, mely az Alföld és a Zala-, Dráva-, Mura-medencék területén nagy mélységben is megtalálható. A mélyen fekvő medencékben az eddigi ismeretek alapján általában vékonytelepek várhatók. Veszélyforrást a szén képződmények folytonosságának hiánya és a közvetlenül érintkező homokos összetételek keresztül a besajtott gáz szivárgása jelenthet.

Előzetes becsléseink alapján a kőszén formációkban tárolható szén-dioxid mennyisége 75–110 Mt lehet. A nagyfokú bizonytalanság és a viszonylag kis tárolási potenciál mellett a szén formációk tárolóként való hasznosítását egyelőre elvetettük.

Lesz-e Magyarországon ipari szén-dioxid-visszasajtolás?

Bár Magyarország nem tartozik az Unió legnagyobb szén-dioxid-kibocsátói közé, természeti adottságai, az energiabiztonság szem-

pontjából rendkívüli kitétsége és geopolitikai pozíciója miatt komoly esélye lehet egy európai zászlóshajó projekt hazai megvalósítására. Az európai támogatástól függetlenül, az uniós jogszabályi környezet miatt mindenképpen szükséges a kérdéssel mélyrehatóan, tudományos igényességgel foglalkozni.

A korábbi vizsgálatok alapján egyértelműen kijelenthetők az alábbiak:

A magyarországi szénhidrogén-tárolókra vonatkozóan a több évtizedes tapasztalatnak köszönhetően magas szintű ismeretekkel rendelkezünk. Ezen ismeretek alapján megállapítható, hogy nincs földtani, illetve műszaki akadálya az ipari szén-dioxid ilyen típusú tárolásának. A gazdasági relevancia kérdése azonban további vizsgálatokat igényel.

A sós vizet rezervoárok számbavétele európai és hazai projektek keretében alapszinten megtörtént. Elvégeztük a perspektivikus formációk kijelölését, amelyek közül a Szolnoki Formáció bizonyult a legalkalmasabbnak további vizsgálatok elvégzésére. Annak érdekében, hogy a kijelölt formációk tényleges alkalmasságát bizonyítani lehessen, a következő területeken szükséges az előrelépés:

- az általános földtudományi megismerési szint növelése Magyarországon;
- a tárolókapacitás becslésének folyamatos pontosítása, a kapacitással mint földi erőforrással történő gazdálkodás szempontjainak kidolgozása;
- a potenciális tárolótérsegek alapállapot-felmérése, kapacitásának becslése, biztonsági szempontú kockázatainak értékelése;
- a besajtott CO₂ és a környezet (kőzet, fluidum, oldott anyag) kölcsönhatásának vizsgálata;
- a besajtott CO₂ nyomom követése a tárolóban, a migráció vizsgálata, monitoring eljárások kidolgozása;

- az optimális tároló kiválasztás szakmai szempontjainak kidolgozása a fentiekben elvégzett vizsgálatokra is alapozva;
- a hosszú távú földtani stabilitás vizsgálata, veszélyforrás-előrejelzés, értékelés (földrengés-veszélyeztetettség, a rezervoár hosszú távú stabilitása stb.);
- a tároló stabilitásának biztonsági elemzését elősegítő módszertan kidolgozása a hatások teljes körű elemzése érdekében.

A CCS-technológia alkalmazásának egyik kritikus része – vagyis a leválasztott CO₂ földalatti tárolása – tekintetében Magyarországnak előnyös adottságai vannak. Az elmúlt

kilenc évben a hazai és európai kutatási projektek keretében végzett előzetes áttekintő vizsgálatok kedvező eredményei mellett, a Magyarországon több mint egy évszázada folyó földtudományi kutatásnak és ezen belül a szénhidrogén-kutatásnak és -termelésnek köszönhetően kivételes földtani tapasztalattal és tudásanyaggal rendelkezünk, amely megalapozza a CO₂-elhelyezés hosszú távon is biztonságos megvalósításának lehetőségét.

Kulcsszavak: *szén-dioxid-elhelyezés, leművelt szénhidrogén-tárolók, sósvizes rezervoárok, klíma- és energiacsomag, tárolási potenciál*

IRODALOM

- Chadwick, Andy – Arts, R. – Bernstone, C. et al. (eds.) (2007): *Best Practice for the Storage of CO₂ in Saline Aquifers: Observations and Guidelines from the SACS and CO₂STORE Projects*. • <http://www.bgs.ac.uk/downloads/directDownload.cfm?id=1520&noexcl=true&t=Best%20opractice%20of%20the%20stor-age%20of%20CO2%20in%20Saline%20Aqu>
- Juhász Györgyi (1992): A pannóniai s. l. formációk térképezése az Alföldön: elterjedés, fácies és üledékes környezet. (Pannonian S.L. Lithostratigraphic Units in The Hungarian Plain: Distribution, Facies And Sedimentary Environments). *Földtani Közlemény/Acta Geologica Hungarica*. 122, 2–4, 133–165.
- Juhász Györgyi (1998): A magyarországi neogén mélymedencék pannóniai képződményeinek litosztrati-gráfája. In: Bérczi István – Jámor Áron (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*. Magyar Olajipari Részvénytársaság–Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 469–484.
- Meinshausen, Malte (2006): What Does a 2°C Target Mean for Greenhouse Gas Concentrations? A Brief Analysis Based on Multi-Gas Emission Pathways and Several Climate Sensitivity Uncertainty Estimates. In: Schellhuber, Hand Joachim – Cramer,

- W. et al. (eds.): *Avoiding Dangerous Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, 265–280.
- Murphy, James M. – Sexton, D. M. H. – Barnett, D. N. et al. (2004): Quantification of Modelling Uncertainties in a Large Ensemble of Climate Change Simulations. *Nature*. 430, 768–772.
- Petit, Jean Robert – Basile, I. – Leruyet, A. et al. 1997. Four Climate Cycles in Vostok Ice Core. *Nature*. 387, 359–360.
- Petit, Jean Robert – Jouzel, J. – Raynaud, D. – Barkov, N. I. et al. (1999): Climate and Atmospheric History of the Past 420,000 Years from the Vostok Ice Core, Antarctica. *Nature*. 399, 429–436.
- Vangkilde-Pedersen, Thomas – Neele, F. – Wójcicki, A. et al. (2008): Storage Capacity Standards. EU Geo-Capacity deliverable D24 (2008) 22.
- Wigley, Tom M. L. – Raper, Sarah C. B. (2001): Interpretation of High Projections for Global-Mean Warming. *Science*. 293, 451–454. (amely cikk a Houghton, J. T. – Ding, Y. – Griggs, D. J. et al. (eds.): *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Intergovernmental Panel on Climate Change (2001) alapján készült)

A CCS-PROJEKT REALITÁSA A HAZAI OLAJIPAR SZEMPONTJÁBÓL

Kubus Péter

tanácsadó,
MOL Nyrt. Kutatás-Termelés Divízió
pkubus@mol.hu

A Földön az elmúlt évszázadban történt CO₂-kibocsátás hatására jelentősen nőtt az atmoszférában az üvegházhatást keltő CO₂-gáz koncentrációja. A légkör CO₂-koncentrációja 1960-ban 315 ppm volt, manapság pedig több mint 370 ppm, és folyamatosan növekszik. Ez a cikk megpróbálja bemutatni a klímaváltozás hátterét és egy lehetséges módját annak, hogy miként lehetne a CO₂-emissziót csökkenteni egy újfajta technológia, a CCS, azaz a szén-dioxid-leválasztás és -tárolás megvalósításával. A MOL számára a meglévő geológiai formációk, rezervoárok lehetőséget adhatnak a saját vagy más részére történő szén-dioxid elhelyezésére.

A klímaváltozás háttere – Vosztok-projekt

Az Antarktisz jége alatt 140 édesvízű, nagy kiterjedésű tó közül az egyik az Ontario-tóval közel azonos méretű Vosztok-tó. 1998-ban egy orosz–amerikai–francia projekt az orosz Vosztok-állomásról 3623 m mélységű jégmagot fúrt. A jégbe befagyott légbuborékok a mélységgel arányosan mutatják az akkori földtörténeti időszakban lévő atmoszféra összetételét.

A Vosztok-projekt kutatási eredményei (Barnola et al.) szerint az elmúlt 400 ezer évben erős összefüggés mutatkozott az Ant-

arktisz hőmérséklete és az atmoszféra CO₂-koncentrációja között (1. ábra). Az antarktiszi légkör CO₂-koncentrációja 180 és 300 ppm között ingadozott kb. 100 ezer éves intervallumokban, és sosem volt olyan magas a CO₂-koncentráció, mint manapság.

A 2. ábrán látható, hogy az atmoszféra szén-dioxid-koncentrációja a Mauna Loa Observatórium mérései szerint 50 év alatt 315-ről 390 ppm-re nőtt, s ez a jelenlegi energiafogyasztási trend mellett évi 2 ppm-mel növekszik!

Több egymást kiegészítő módszer is létezik, melyekkel a klíma CO₂-terhelését együttesen csökkenthetjük, s ezek egyike a CCS (Carbon Capture and Storage) eljárás.

CCS, szén-dioxid-leválasztás és -tárolás

A CCS-technológia gyakorlatilag három egymáshoz kapcsolódó projektből áll:

CO₂-leválasztás: Egy vegyipari technológiával leválasztják a legnagyobb emissziós tevékenységű erőművek füstgázának szén-dioxid-tartalmát, vízmentesítik, és sűrítik a szállításnak megfelelő nyomásszintre. Attól függően, hogy a CO₂ befogása az adott erőművi folyamat előtt vagy után történik, megkülönböztetjük a *pre-combustion* és a *post-combustion* technológiát, illetve az *oxifuel*