



MISKOLCI EGYETEM
MIKOVINY SÁMUEL FÖLDTUDOMÁNYI DOKTORI
ISKOLA
A doktori iskola vezetője
Prof. Dr. Dobróka Mihály egyetemi tanár



**Mihályi-Répcelak természetes szén-dioxid tároló
mélyfúrás-geofizikai adatainak újraértelmezése a szén-dioxid
föld alatti tárolás feltételrendszerének kiemelt figyelembevételével**

**DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS
TÉZISEI**

Tudományos vezető:
Dr. Bódi Tibor
egyetemi docens, igazgató

Dr. Falus György
tudományos főmunkatárs, főosztályvezető

Konzulens:
Dr. Zilahi-Sebess László
tudományos főmunkatárs

Kutató hely: Miskolci Egyetem
Alkalmazott Földtudományi Kutatóintézet

Készítette:
Szamosfalvi Ágnes
okleveles műszaki
földtudományi mérnök

MISKOLC, 2014

I. Bevezetés, tudományos előzmények

Magyarországon és a világban az ipari tevékenység következtében kibocsátott szén-dioxid jelentős mennyisége nagymértékben hozzájárul a Föld gyorsütemű klimatikus változásához. A sarki jég olvadása, a melegedő tengervíz hő tágulása miatti tengerszint emelkedés, a nagy erejű ciklonok egyre szaporodó száma mind a kezdődő klímaváltozás jelei, amely jelenségek egyik legfőbb kiváltó okaként nevezik meg az üvegházhatású gázok, és ezen belül is a szén-dioxid kibocsátás növekedését. Ezen folyamatok lelassításához és megállításához szükséges a CO₂ légkörbe történő kibocsátásának mérséklése (IPCC 2007).

A szén-dioxid emisszió csökkenésére több lehetőség adódik, ilyen például az energiafelhasználás hatékonyságának növelése, atomenergia, alternatív energiatermelés, valamint a szén-dioxid föld alatti elhelyezése. Kulcs szerepet kell, hogy kapjon az energiahatékonyság növelésével és a megújuló energiatermelés széleskörű elterjedésével egyidejűleg az *ipari eredetű szén-dioxid leválasztása és föld alatti elhelyezése* is, mivel kizárólag együttesen alkalmazva érhető el a kívánt hatás. A CCS – technológiát (Carbon Capture and Storage - szén-dioxid leválasztása és föld alatti elhelyezése) alkalmazó szén-, lignit-, vagy gáztüzelésű erőművek esetében, a CO₂-kibocsátás mintegy 90%-kal mérsékelhető (Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS) 2013).

A szén-dioxid föld alatti elhelyezése – főként az Európai Unióban – egyre szélesebb körben elfogadott emisszió-csökkentési eljárás. Ezt jelzi az a tény is, hogy 2008. január 23-án az Európai Unió megfogalmazta a szén-dioxid-kibocsátás mérséklésével kapcsolatos terveit, azaz a „Klíma- és Energiacsomagot”. Ebben a tervzetben jelentős szerepet kap - többek között - a CCS-technológia támogatása is. 2009 áprilisában az Európai Tanács és az Európai Parlament is jóváhagyta a tervezetet és elfogadta a „Csomagot” alkotó Uniós direktívákat, amelyeket a Tagállamoknak – így Magyarországnak is –2011 júniusáig kötelező volt saját jogrendszerükbe integrálni (A jogharmonizáció hazánkban 2012 májusában valósult meg). Az elfogadástól számítva a CO₂ föld alatti tárolása elismert üvegházgáz-kibocsátáscsökkentési eljárás lett, és mint ilyen 2013-tól bekapcsolódott a kvótakereskedelmi rendszerbe (Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS) 2013).

Magyarország potenciálisan a kimerült kőolaj- és földgáztárolók, valamint mélyen fekvő sósvizes rétegek kihasználásával tudja megoldani szén-dioxid tárolási problémái zömét, továbbá jelentős perspektívái lehetnek a kimerült, illetve gazdaságosan nem kitermelhető mélyszinti szénbányák tárolóvá alakításának is (Falus 2011).

A természetes szén-dioxid analógok és -előfordulások megismerése rendkívül fontos a szén-dioxid tárolás szempontjából, mivel egy már szén-dioxidot tároló rezervoárról kapunk átfogó földtani-geofizikai képet. Éppen ezen célból több nemzetközi projekt és kutatás is megvalósult a természetes szén-dioxid analógok és -előfordulások megismerésére.

Magyarország egyik legjelentősebb természetes szén-dioxid előfordulása Mihályi-Répcelak területén található. Clayton és társai (1990) vizsgálataik alapján a szén-dioxid nagyrészt a területen a karbonátos képződmények regionális metamorfózisából származtatható. Koncz és Etler (1994) szerint is a Mihályi előfordulás szén-dioxid gázának eredete a karbonátok termális bomlásának eredménye. A szén-dioxid gáz mellett megjelenő szénhidrogén – uralkodóan metán – a neogén üledékek termikus érése során keletkezhetett.

Mihályi térségében 1933-ban kezdődött meg a geofizikai kutatás. A Mihályi gerinc 1000-1200 méterrel kiemelkedik környezetéből (Mészáros et al. 1979). A szerkezet kb. 25 millió tonna szén-dioxidot tárol a pannóniai korú üledékes rétegekben nagyjából 1400 méter mélységben. A gáztároló rezervoárok vastagsága 5-10 méter, melyek fedője agyagmárga.

A szén-dioxid tároló paramétereinek becslésében nagy bizonytalanság adódik abból, hogy nem ismerjük a föld alatt a szén-dioxid jelenlétében lejátszódó mechanizmusokat és azok hatásait. Egy szén-dioxid tárolás szempontjából potenciálisan alkalmas rezervoár számos földtani és biztonsági feltételnek kell, hogy megfeleljen. Ezek közül is az egyik legtöbb és egyben egyik leghasznosabb információt a mélyfúrás-geofizikai szelvények nyújtják. Azonban ezen archív mélyfúrás-geofizikai szelvények akár az 1950-es évekből is származhatnak, mely minőségbeli és mérés típus- és számbeli korlátokat állít elénk.

A szakirodalmi feldolgozás alapján a következők állapíthatók meg:

- A legtöbb, természetes szén-dioxid rezervoárokkal foglalkozó projektben szinte kizárólag geokémiai oldalról vizsgálták a természetes szén-dioxid -analógokat, -előfordulásokat, azonban mélyfúrás-geofizikai oldalról nem történtek értelmezések vagy legalább is nincs fellelhető információ ezekről a vizsgálatokról.
- A Mihályi-Répcelak szén-dioxid előfordulással rengeteg hazai szakirodalmi publikáció foglalkozik. A szerzők a szén-dioxid származását tekintve nagyon hasonló megállapításokra jutottak, miszerint karbonátos képződmények termikus metamorfózisából származtathatók.

- A szakirodalmak alapján, az alsó pannóniai képződmények kialakulása idején eróziós esemény történt Mihályi-Répcelak területén. A kutatások arra a megállapításra jutottak, hogy a területen az alsó pannóniai képződmények az erózió miatt csak kis vastagságban vannak jelen és csak az Algyői Formáció maradt meg az alsó-pannóniai formációk közül.
- A Mihályi-Répcelaki hátról jelenleg elfogadott fejlődéstörténet alapján a hát az alsó pannóniai üledékek kifejlődése előtt emelkedett ki.
- A felső pannóniai rétegek tárolják a szén-dioxid legnagyobb részét.

II. Tudományos munkám célkitűzései

Az általam végzett kutatások, vizsgálatok fő célkitűzése, hogy régi mélyfúrás-geofizikai mérésekre alapozva komplexebb földtani képet és hidrogeológiai paramétereloszlást alakítsak ki egy természetes szén-dioxid előfordulásról. Az így létrehozott struktúra egy későbbi hidrodinamikai rezervoármodellezés bemenő adatrendszeréül szolgálhat.

- Áttekinteni a világban illetve Magyarországon megtalálható természetes szén-dioxid tárolókat illetve, ezek esetében milyen vizsgálatokat végeztek el. Mindezt annak érdekében, hogy teljes képet adjak a témában a világban zajló kutatásokról.
- A régi, gyakran rossz minőségű, kaotikus mélyfúrás-geofizikai adatrendszerekből egy valós földtani képet adni a vizsgált területről, ami hibajavítással, korrekcióval és területi összehitelesítéssel elérhető.
- A mélyfúrás-geofizikai szelvények alapján kijelölni a területen a formáció határokat és elvégezni – elsősorban a természetes potenciál és fajlagos ellenállás mérések alapján – a szelvények értelmezését.
- Az összehitelesítés és a formáció határ kijelölés ellenőrzését is elvégezni különböző módszerekkel.
- A szén-dioxid föld alatti elhelyezésének földtani kutatásához kapcsolódó rezervoár paramétereinek (porozitás, permeabilitás, tároló geometria) becslése a vizsgálati területen, főleg régi mélyfúrás-geofizikai mérések alapján.

- A származtatott paraméterekből készült paraméter eloszlás térképek, szelvények és cross-plotok elkészítése.
- A terület felépítése alapján a formációk fedő, fekü és vastagság térképeit megszerkeszteni.
- Az előző két pont eloszlás térképeit elkészíteni a vizsgált szén-dioxidos telepekre.
- A kapott eredmények alapján a terület fejlődéstörténetéről képet alkotni és új következtetéseket levonni.

III. Az alkalmazott vizsgálati- kutatási és értékelési módszerek

A mélyfúrás-geofizikai mérések segítségével, a mért értékek fizikai összefüggéseinek ismeretében számos földtani szempontból informatív, származtatott paramétert lehet becsülni. Ennek segítségével a harántolt kőzetek - többek között - petrofizikai tulajdonságaira vonatkozóan is nagy felbontású információkat kapunk. A Mihályi-Répcelak terület mélyfúrás-geofizikai szelvényeinek (ellenállás és természetes potenciál) vizsgálata során meghatároztam: agyagosság, vízellenállás, porozitás (elektromos porozitás, effektív porozitás), permeabilitás. A számítások végrehajtása előtt a szelvények javítását, korrekcióit és összehitelesítését kellett elvégezni

Kutatómunkám során tudományosan megalapozott, nemzetközileg elfogadott képleteket illetve ezek módosított változatát alkalmaztam. A feldolgozást, számításokat, értelmezést és a képi megjelenítést a WellCAD szoftverrel végeztem el.

Agyagosság meghatározásánál kétszelvényes kiértékelésnél (Természetes potenciál (SP), fajlagos ellenállás) Bock 1984-es képletét alkalmaztam, ahol az agyagosságot az SP szelvény felhasználásával számítjuk. Az egyenletben azt feltételezik, hogy az SP eltérítés az agyag alapvonal és az SP érték között egyenesen arányos az agyagossággal egy szénhidrogénmentes zónában:

$$V_{sh} = \frac{SP_{mért} - SP_{min}}{SSP} \quad (1)$$

ahol, V_{sh} = agyagosság,

SSP = statikus SP.

A fajlagos ellenállásmérésen alapuló egyszelvényes kiértékelésnél a teljes ellenállás szelvényen határozzuk meg a homok- és agyagvonalat, amely a mélység szerint a mindenkori rétegtartalomnak megfelelően változhat. A kijelölést az összes fúrás standardizált ellenállás szelvényén egyszerre végezzük el, azaz az összes fúrás esetén egy agyag-homok vonal kerül megállapításra. Ez segíti az összehitelesítést illetve a különböző mélységből származó ellenállásmérések helyes ellenállás-összeillesztés jóságának ellenőrzését. Homoktartalom (eh) becslése egyszelvényes kiértékelés esetében a következőképpen történik (Zilahi-Sebess 2009):

$$eh = \frac{\log(R) - av}{hv - av} \quad (2)$$

ahol, av=agyagvonal

hv=homokvonal

R= fajlagos ellenállás (ohmm)

Ebből az agyagosság (esh) számítása a következő képlettel történik (Zilahi-Sebess 2009):

$$esh = \frac{1 - eh + |1 - eh|}{2} \quad (3)$$

Effektív porozitás becslésénél szintén Zilahi-Sebess László képletét használtam, ami kétszelvényes kiértékelésnél a következő:

$$\Phi_e = EFI - 0,14 \cdot V_{sh} - 0,35 \cdot V_{sh}^2 \quad (1)$$

ahol, Φ_e = effektív porozitás (-),

EFI = elektromos porozitás (-),

V_{sh} = agyagosság (-).

A képletben kétféle módon is szerepel az agyagosság, a ~14% (0,14) látszólagos porozitás az adszorpciós rétegből adódik, amelynek vastagsága alapvetően csak a hőmérséklettől és a szabadvíz ionkoncentrációja és a Gouy-Chapman réteg ionkoncentrációja közti kontraszttól függ. A 35% (0,35) - agyagfajtától függően - a szubkapilláris porozitás, amely az agyag kompaktációs állapotától függ. Számításaimnál azért használtam ezt a képletet, mert ez

különbséget tesz a redukálható és kismértékben mozgatható kötött víz és a ténylegesen nem redukálható kötött víz között.

A képletben lévő elektromos porozitás számítás a következő (Archie 1942):

$$EFI = \left(\frac{R_w (SSP)}{R_0} \right)^{1/m} \quad (5)$$

ahol, R_w = formációvíz fajlagos ellenállása (ohmm),

R_0 = formáció fajlagos ellenállás (ohmm).

m = cementációs faktor

Az elektromos porozitás számításnál a kitevőt 0,5-nek vettem, ami az m cementációs faktor reciproka. Így végig egy 2-es cementációs faktorról számoltam, ami a konszolidált tároló kőzetekre jellemző érték.

Egyszelvényes kiértékelésnél a trend effektív porozitás (tep) becsléséhez szintén Zilahi-Sebess László képletét használtam fel, mely a szemcsék geometriájából adódott:

$$tep = (0.11 \cdot e^{-1 \cdot (0.0008 \cdot DEPTH)^4} + 0.26 \cdot e^{-1 \cdot (0.00051 \cdot DEPTH)^4}) \cdot eh \quad (6)$$

ahol, DEPTH= mélység (m)

eh = elektromos homoktartalom (-).

A képletben az első tag fejezi ki a mélységbeli tömörödési trendet, azaz a szemcseátrendeződést tömörödés közben. A második tag a diagenézisből eredő kompaktációs trend, ami a bekérgeződés hatására jön létre.

Az ellenállás szelvény alapján számolt trend effektív porozitásból történő permeabilitás meghatározása Zilahi-Sebess 2008-as képletével a **szivárgási tényező** számítása, mely ezek után átszámítható permeabilitássá ($I D$ permeabilitású közeg szivárgási tényezője: $10^{-3} \text{ cm/s} = 10^{-5} \text{ m/s}$):

$$K(m/s) = \frac{0.136 \cdot 10^{-5} \cdot tep^{4.4}}{((1 - eh) \cdot 0.14)^2} \quad (7)$$

Az összefüggés a Timur-egyenlet ($k = \frac{0.136 \cdot \Phi^{4.4}}{S_{wi}^2}$) egy továbbfejlesztett változata.

A digitalizált anyagoknál az ellenállás és természetes potenciál szelvények a legtöbb esetben, több darabban mélység szakaszonként álltak rendelkezésre. Ennek oka, hogy a csövezések alkalmával mindig új szelvényezés kezdődött, illetve sok esetben több különböző, de azonos fizikai paramétert mérő szondával mérték (vagy a dokumentációban csak ezek maradtak meg) az egyes szakaszokat. Éppen ezért az első feladat az volt, hogy kiszűrjem az esetleg hibás méréseket, vagy a mérések lokális csak korlátozott mélységintervallumot érintő hibáit (Szamosfalvi 2013). Ezután illesztettem össze a megfelelő, azaz ugyanazon típusú szondával mért korrigált, szelvényeket (ha szükséges volt), mivel ezek a szelvények különböző mélység intervallumokból származtak.

A hibajavítást követően, de még az összehitelesítést megelőzően, el kellett végezni az ellenállás görbék hőmérsékleti korrekcióját a kétszelvényes (SP, ellenállás) kiértékeléshez, amelynek hatására az ellenállás görbén látható változékonyság hőmérsékletfüggése kiküszöbölhető. A hibajavításokat és korrekciókat követően, külön-külön területenként elvégeztem a Mihályi terület és Répcelak terület görbéinek összehitelesítését.

IV. Tudományos eredmények, tézisek

Tézisek:

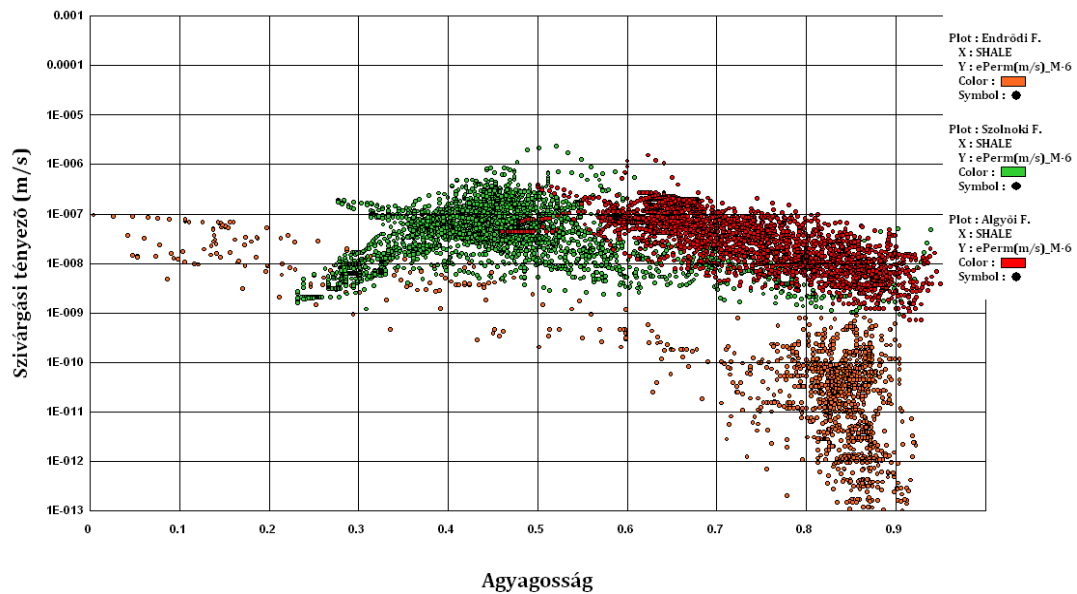
1) Kidolgoztam egy olyan kiértékelési módszert, mely segítségével egyszerű, alapszelvényekből (ellenállás, SP) származtatott adatok felhasználásával elkészített ellenállás agyagosság- trend effektív porozitás és ellenállás agyagosság- permeabilitás „cross-plot”- ok segítségével objektíven szétválaszthatóvá váltak az egyes üledékes formációk. A különböző formációk jól elkülönülő, fúrásonként egyértelműen azonosítható pontfelhőket alkotnak a „cross-plot”-okon. Ezek segítségével így a formációhatár kijelölés helyessége is ellenőrizhető. A formációk jól elkülöníthetőek a fajlagos ellenállás hisztogramokon is.

A formációk nemcsak a karotázsgörbék lefutásában, hanem a fizikai paraméterek hisztogramjában (fajlagos ellenállás) és a mért illetve származtatott fizikai paraméterek egymás közti kapcsolatában (cross-plotok) is különböznek egymástól.

Egy régi, helyenként kaotikus adatrendszerből a hibajavítás és összehitelesítés után megtörtént az egyes fúrásokban a formáció határok kijelölése. Ezt követően az agyagosság és effektív porozitás meghatározását végeztem el továbbá a szivárgási tényező becslését

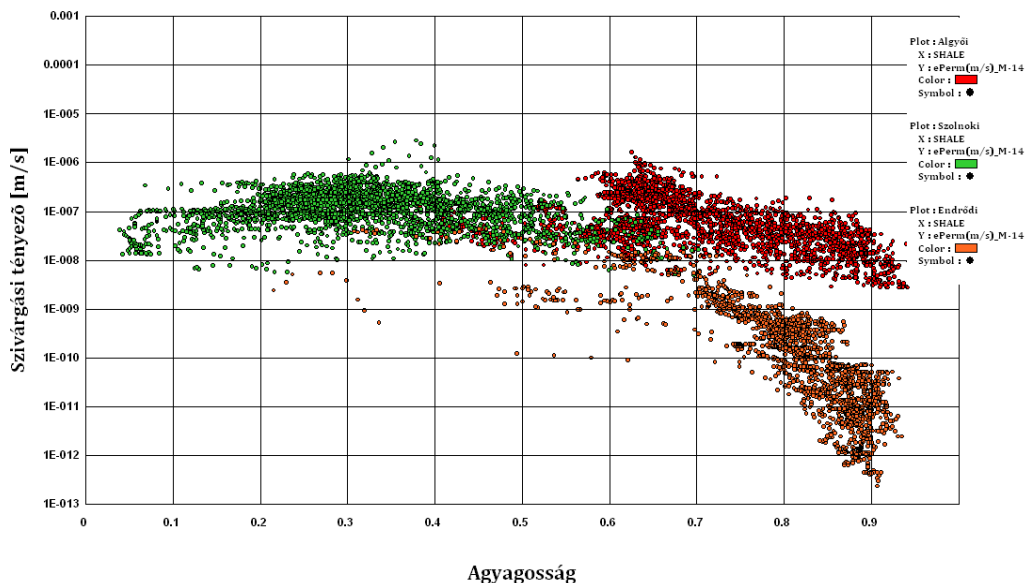
egyszelvényes kiértékeléssel. Répcelak területén a szén-dioxidos fúrásokra, a származtatott paraméterek segítségével cross-plotokat szerkesztettem a WellCAD szoftver segítségével.

Az eredmény szelvényekből a formációkat különböző színnel jelölve készítettem el a cross-plotokat, abból a célból, hogy megvizsgáljam, milyen földtani megállapítások vonhatók le az egyes paraméterpárok által generált pontfelhők elhelyezkedéséből. Színezés után felfedezhető volt, hogy az agyagosság- trend effektív porozitás és agyagosság- permeabilitás cross-plottokon is jól elkülöníthetők a különböző formációk, az egyes formációk egy-egy változó szélességű és vastagságú sávot alkotnak (1-4. ábra).



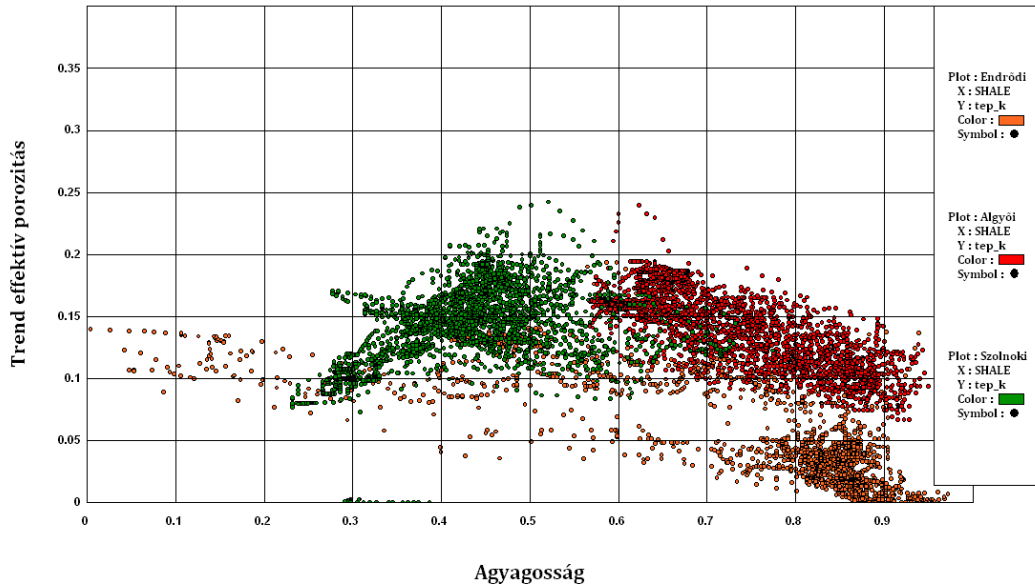
11. ábra M-6 fúrás agyagosság-szivárgási tényező értékei formációnkénti színezés (perm= szivárgási tényező; Shale= agyagosság)

Először az agyagosság - szivárgási tényező között fennálló összefüggés látható (1-2. ábra), itt a szivárgási tényezőt logaritmikus skálán ábrázoltam. Az agyagosság értéke ebben az esetben csak a természetes potenciál függvénye, míg a szivárgási tényező értéke a fajlagos ellenállás szelvényen alapszik, így elmondható, hogy a két származtatott paraméter egymástól független módon lett meghatározva.



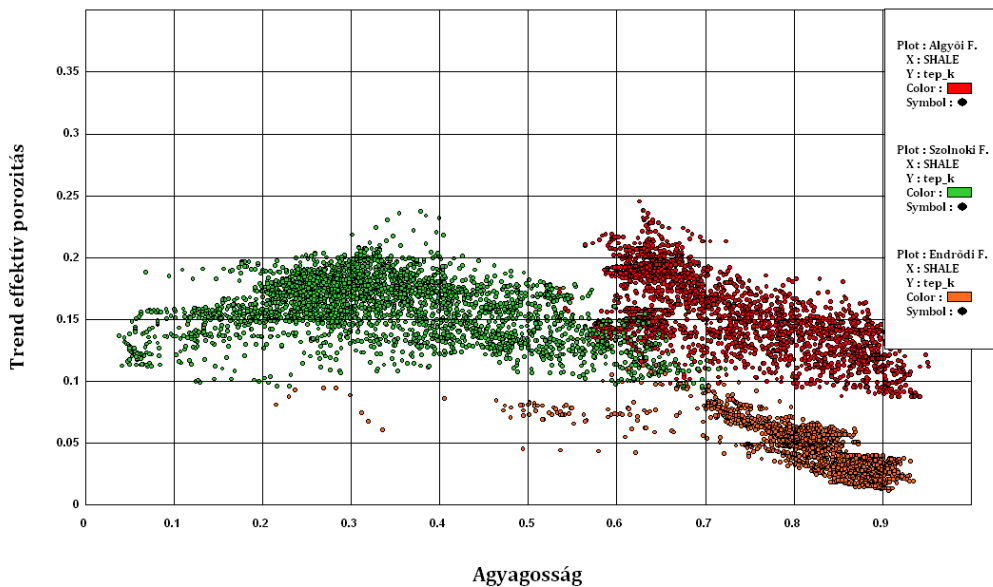
2. ábra M-14 fúrás agyagosság-szivárgási tényező értékei formációnkénti színezés (perm= szivárgási tényező; Shale= agyagosság)

A formációk elkülönülése a cross-ploton egyben annak is a bizonyítéka, hogy az ellenállás és az SP mint bemenő görbék közti összefüggés a formációra jellemző és az összefüggések közti különbség nagyobb, mint ami a mérések hibájából adódik. A cross-plotokról leolvasható, hogy az Endrődi Formáció rendelkezik az egyes fúrásokon belül a legnagyobb agyagossággal, a legkisebb effektív porozitással illetve a legkisebb szivárgási tényezővel. Az Endrődi Formáció esetében a szivárgási tényező értéke az agyagosság függvényében a logaritmikusnál nagyobb mértékben csökken, aminek az oka, hogy az egyébként is erősen kompaktált képződmény tortuozitása fokozottabban érzékeny külön-külön is az agyagosság és a kompakcióbeli változásokra, ami elsősorban az SP változásaiban tükröződik.



3. ábra M-6 fúrás s agyagosság-trend effektív porozitás értékei formációnkénti színezés (tep = trend effektív porozitás, esh=ellenállás agyagosság)

A trend effektív porozitás –agyagosság cross-plot minden esetben az Algyői, Szolnoki és Endrődi Formációra készült el és a színezése az előző cross-plotokéval megegyező.

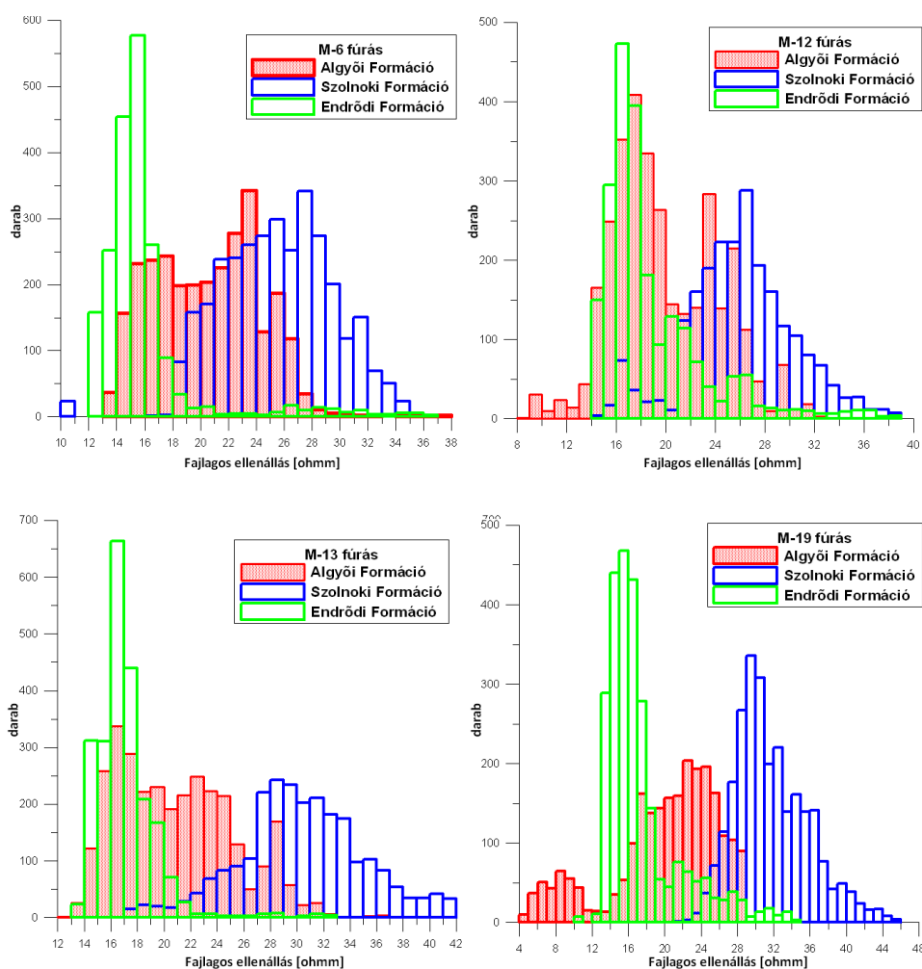


4. ábra M-14 fúrás agyagosság-trend effektív porozitás értékei formációnkénti színezés (tep = trend effektív porozitás, shale=agyagosság)

Az Algyői és Endrődi Formáció agyagossága nagyobb, mint Szolnoki Formációjé. Az Algyői Formáció mivel agyagosabb kifejlődésű, de kisebb mélységben helyezkedik el, mint a másik két formáció, így kevésbé kompaktálódott, ezért a trend effektív porozitás és szivárgási tényező szempontjából hasonló intervallumban mozognak az értékei, mint a Szolnoki

Formáció esetén. Az Endrődi Formáció rendelkezik a legkisebb trend effektív porozitás és szivárgási tényező értékkel.

Összefoglalva elmondható, hogy már meglévő szelvényekből származtatott adatokból elkészített cross-plotok segítségével objektíven szétválaszthatók az egyes formációk és ezzel többek között ellenőrizhető a formációhatár kijelölésének helyessége is. A formációk azonban nem csak a karotázsgörbék lefutásában, hanem a fizikai paraméterek hisztogramjában (fajlagos ellenállás, 5. ábra) és a mért illetve származtatott fizikai paraméterek egymás közti kapcsolatában (cross-plotok,) is különböznek egymástól.

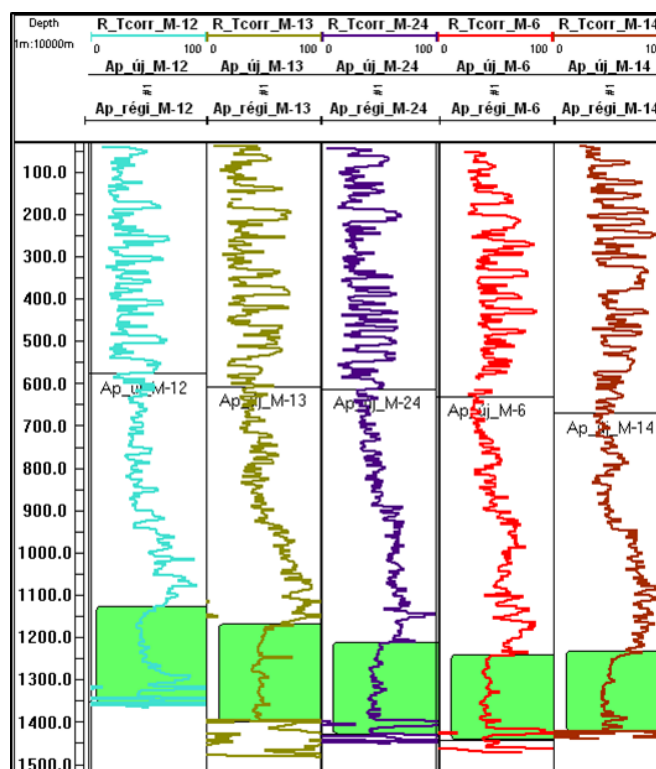


5. ábra Répcelak területén található fúrások ellenállás hisztogramja formációkra bontva

2) *Megállapítottam, a Mihályi-Répcelak területen a mélyfúrás-geofizikai (látszólagos fajlagos elektromos ellenállás, természetes potenciál és természetes gamma) szelvények alapján történt formáció kijelölés eredményeként, hogy az alsó pannóniai formációk, azaz az Endrődi, Szolnoki és Algyői Formációk jelen vannak a területen. Felettük a már felső pannóniai Újfalui Formáció még megtalálható, de a Zagyvai és Nagyalföldi Formáció*

hiányzik a területen, ami a medencefejlődés utolsó fázisában kompresszió hatására bekövetkezett emelkedés okozta erózió következménye lehet.

Az eredeti, irodalmi elképzelésnek ellentmondani látszanak az új eredményeim Mihályi-Répcelak területről. Az összehitelesítést követően az ellenállás szelvényeken kezdtem el kijelölni a kútkönyvek alapján az alsó pannóniai rétegeket (6. ábra zöld színnel jelezve). Mivel a nagyalföldi területeken a szén-dioxid tárolás szempontjából a Szolnoki Formáció a leginkább perspektivikus ennek kijelölését is céломul tűztem ki, de ennél a lépésnél észleltem, hogy az általam görbe alakok alapján kijelölt Szolnoki Formáció tető mélysége jóval kisebbek, mint ahogy az alsó pannóniai üledékek települési mélysége elhelyezkedik a kutatási dokumentumok alapján. Ennek fényében elvégeztem az alsó pannóniai rétegek új-kijelölését.

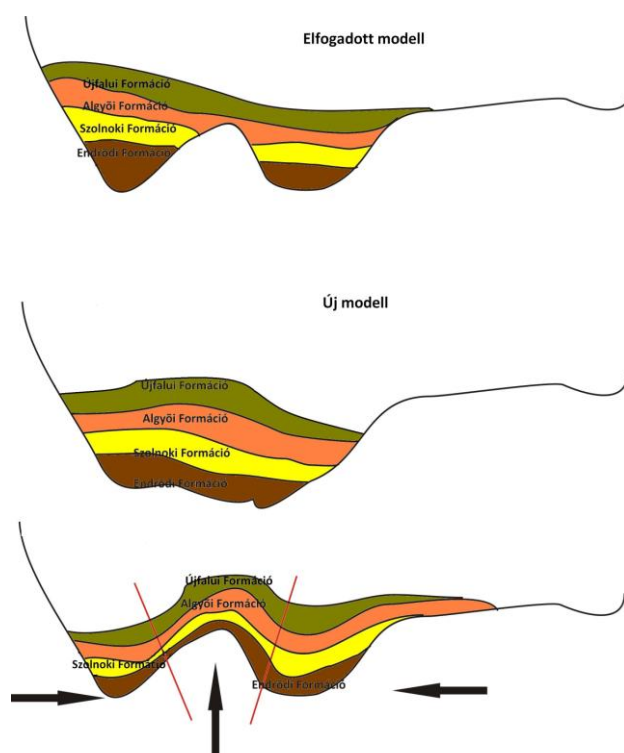


6. ábra Répcelak terület 5 db jellemző fúrásán és azon belül is az látszólagos fajlagos ellenállás [ohmm] szelvényeken bemutatta a kútkönyv által megadott (zöld színnel jelölve) illetve az új értelmezése az alsó pannóniai határoknak. (Szamosfalvi 2013)

Az ábrán a jó átláthatóság érdekében 5 fúrást jelenítettem meg a Répcelaki területről. A fúrásokban Algyői, Szolnoki és Endrődi Formációk tető és talp mélység illetve vastagság értékeit határoztam meg. A 6. ábrán jól látható, hogy több 100 méterrel nagyobb vastagságok

adódtak jelen dolgozat értelmezése alapján. Illetve a régi értelmezés és az új értelmezésnél az alsó pannóniai rétegek aljának kijelölése terén gyakorlatilag megegyezik és az eltérés az alsó pannóniai rétegek tetejének megállapításában van. Az eredmények azt mutatják, hogy a régi papír alapú értelmezés során csak a mélyvizi márga fáciest képviselő Endrődi Formációt jelölték ki ezen a területen, mint az alsó pannóniai képződmények csoportját.

Egy másik fontos megfigyelni való a 6. ábrán, amelyet a látszólagos fajlagos elektromos ellenállás, természetes potenciál és természetes gamma mélyfúrás-geofizikai szelvények alapján elvégzett formáció kijelölés során észleltem, hogy a területen az alsó pannóniai formációk (Endrődi, Szolnoki és Algyői Formáció) felett már csak a felső pannóniai Újfalu Formációt lehet nyomon követni, felette már hiányos a rétegsor és a Zagyvai és Nagyalföldi Formáció nem található meg. Ennek oka a kompresszió hatására bekövetkezett emelkedés okozta erózió lehet, ami a medencefejlődés utolsó fázisában játszódott le. Ez a megállapítás ellentmond a régebbi elképzelésnek, mely szerint az alsó pannóniai formációk közül Mihályi–Répcelak területén csak a felső rész van meg, azaz csak az Algyői Formáció.



7. ábra A régi, elfogadott modell és az új modell összehasonlítása sematikus ábrán keresztül

További fontos eltérés az eddigi ismeretekkel ellentétben, amely szerint a területen nincs vagy csak nagyon kis vastagságban jelenik meg a Szolnoki Formáció, hogy a

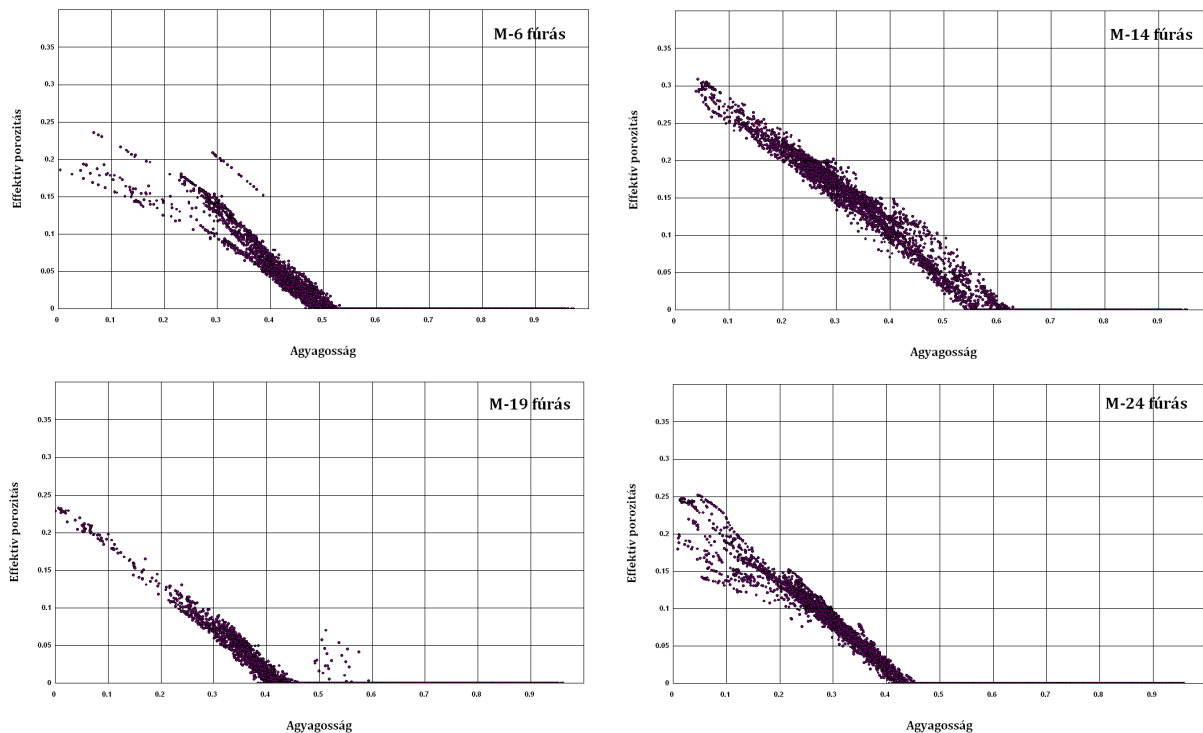
tanulmányozott területeken eredményeim alapján jelentős vastagságú Szolnoki Formáció található. Jelen vizsgálat alapján, Répcelakon a formáció, átlagosan 250 méter, míg Mihályi területen 350 méter vastagságú. A formáció kijelölésénél figyelembe vettem azt, hogy a Szolnoki Formációra jellemző, hogy felfelé finomodó homokkő rétegekből áll. Már korábbi munkáim során is megfigyelhető volt (ez igaz az Algyői és Endrődi Formációra is), hogy a Szolnoki egy sajátos „köteg jelalakkal” rendelkezik a szelvényeken, ami itt is megfigyelhető. A Szolnoki Formáció megnövekedett ellenállással jelentkezik illetve sok, - elsősorban nyugat-magyarországi fúrásoknál - a kétsztratuság is látszik (Juhász 1998).

Egy statisztikai ellenőrzést is elvégeztem, hogy igazoljam az általam meghatározott formáció határok helyénvalóságát. Hisztogramokat készítettem a hőmérséklet korrigált ellenállás adatokat figyelembe véve az egyes formációkból (5. ábra). Feltételeztem, hogy az azonos formációk egységes képet mutatnak a fúrásokban, azaz egyes formációk ellenállás eloszlása más-más lesz. Az egyes fúrásokból kapott formációra vonatkozó hisztogramok eloszlása alapján elmondható, hogy az egyes formációk azonos képet mutatnak a fúrásokban és a különböző formációk más eloszlást mutatnak. A hisztogramok tehát azt támasztják alá, hogy az általam meghatározott formáció határok helyesek. Eredményeiből levonható az a következtetés, hogy a Mihályi-hát kiemelkedése a Szolnoki Formáció kialakulása után történt ellentmondva a korábbi feltételezéseknek (Haas 2001, Kőrössy 1981). További kutatások szükségesek, hogy felülvizsgáljuk az eredményeket, azaz össze kell vetni az eredményeimet a területen végzett öslényntani és sztratigráfiai kutatásokkal is.

3) *Kimutattam ellenállás, SP (természetes potenciál), neutron porozitás és sűrűség szelvények segítségével, hogy a Mihályi-Répcelak területen a szén-dioxidot tároló Endrődi Formációt diszperz és strukturális agyagosság egyaránt jellemzi, amit a későbbiekben fúrómagokból készített csiszolatok is alátámasztottak. A diszperz és strukturális agyagosság nagy aránya (<50%) mellett ez a formáció fluidum tárolóként nem viselkedhetne. Ez arra utal, hogy a működőképes, azaz a fluidumok áramlását és tárolását is lehetővé tévő porozitás nagyon nagymértékben másodlagos, amit a nyugatról keletre történő szén-dioxid migráció alakíthatott ki.*

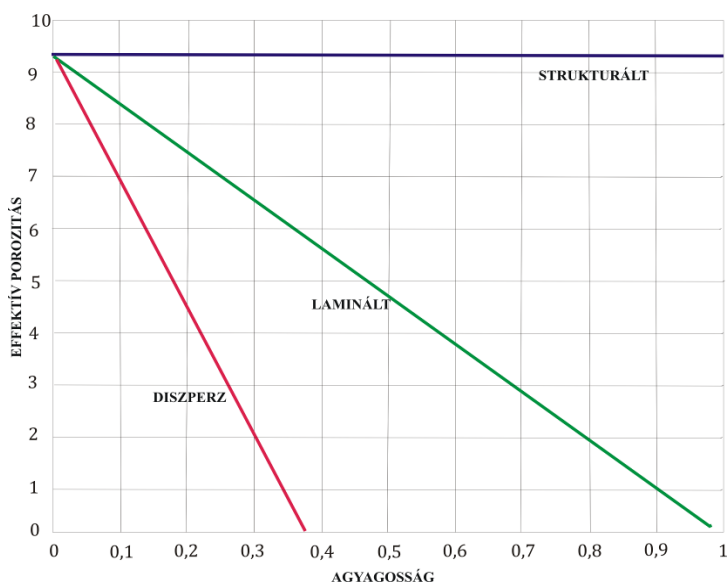
Elkészítettem Répcelak területén a szén-dioxidos fúrások agyagosság-effektív porozitás cross-plotjait (8. ábra). A cross-plotok azt mutatták, hogy 40-55% a maximális agyagosság értéke a szén-dioxid telepeket tartalmazó Endrődi Formációban és 55% agyagosság alatt az

agyagosság csökkenésével lineárisan nő az effektív porozitás. Ez diszperz agyagosság esetén jellemző.



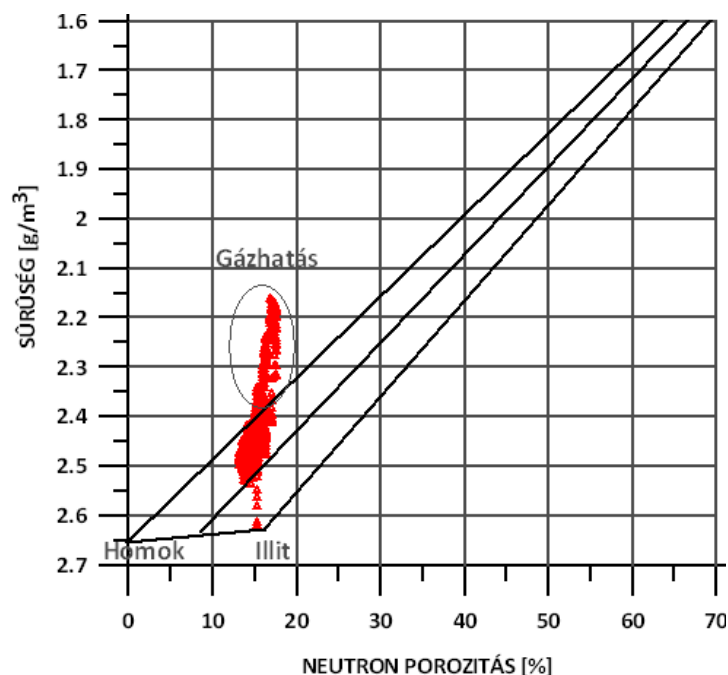
82. ábra 4 répcelaki fúrás agyagosság-effektív porozitás cross-plotja

Mivel a fenti cross-plot módszer (8. ábra) nem egy egzakt módszer, más vizsgálatokkal is bizonyítani célszerű a feltételezést, miszerint az Endrődi Formációra diszperz agyagosság jellemző. A szakirodalomban ismert a Thomas-Stieber féle cross-plot (9. ábra), melyet összevetve a 8. ábrával alátámasztja, hogy Répcelakon az Endrődi Formációt diszperz agyagosság jellemzi. A 9. ábrán az effektív porozitás értékei nem mérvadóak, mivel annak értéke területfüggő. Az irodalmi példákban is a Thomas-Stieber cross-plotban szereplő effektív porozitás értékek változó tartományban mozognak (Salazar 2005).



9. ábra Thomas-Stieber agyagosság-effektív porozitás cross-plot (Thomas-Stieber 1975 alapján)

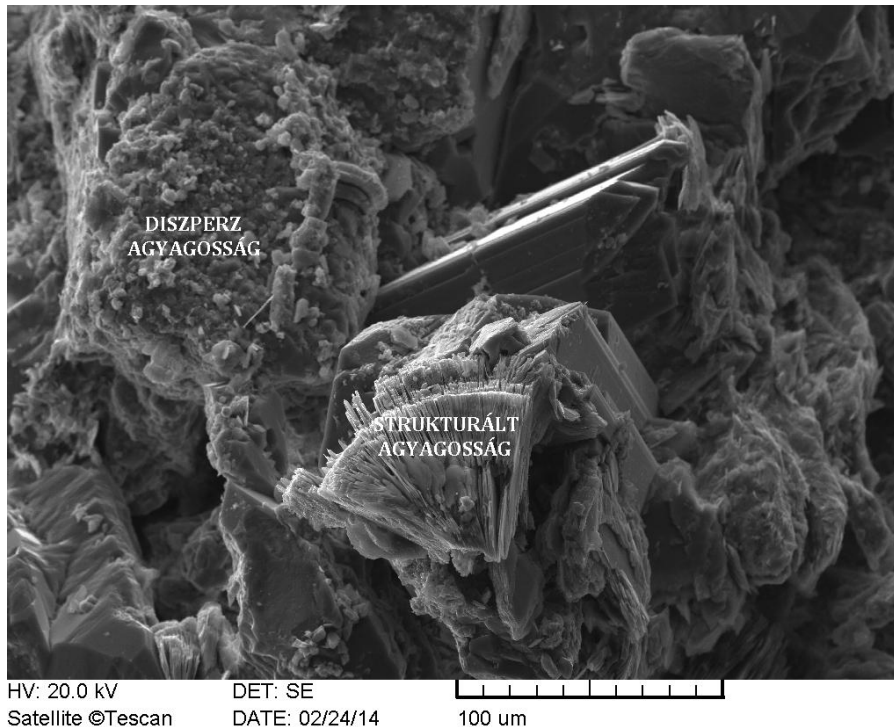
A diszperz agyagosság kimutatható sűrűség-neutron porozitás mérésekből készített cross-plotokon is. Mivel a fúrások/szelvényezések régen készültek, csak a kutatási szakasz végén mélyített fúrások esetében történt sűrűség és neutron porozitás szelvényezés, ezen belül is Répcelak terület esetén csak az M-40 fúrásnál. A 10. ábrán látható az M-40-es fúrás Endrődi Formáció szakaszára elkészített sűrűség-neutron porozitás cross-plot, néhány sarokponttal. A bekarikázott rész mutatja, hogy az ábrázolt mélységszakaszban található gázos rétegek, azaz itt látható a gázhatás. A száraz kötött vízmentes agyag (illit) pont mutatja a 100%-os agyagosságot az ábrán ($\Phi_N=16\%$, $\rho_m=2,63 \text{ g/m}^3$). A 0% agyagosságot, azaz az átlag homokpontot a $2,65 \text{ g/cm}^3$ és 0 % szemlélteti. Homokpont esetén nem a tiszta kvarc pont lett megadva, mivel a homok nem tiszta kvarc és így egy 20%-os színes elegyrész tartalom feltételezésével éltem.



10. ábra M-40 fúrás sűrűség – neutron porozitás cross-plotja az Endrődi Formációra vonatkozóan

A cross-plot alapján (10. ábra) kiszámítható az agyagosság mértéke, amely 45% körül alakult, ami szintén a diszperz agyagosságot támasztja alá. Az adott mélységben feltételezhető legtomörebb térkitöltést jelentő tetraéderes szemcse elrendeződés mellett 26% porozitást tölthetne ki csak a diszperz agyag, ezért 45%-os agyagtartalom csak úgy lehetséges, ha az eredeti mátrixot képező szemcsék egy része, azaz a fennmaradó 19% is agyag. Így valószínűsíthető, hogy a diszperz agyagosság mellett strukturális agyagosság is jellemzi a formációt és benne a homok-közbetelepüléseket is.

A répcelaki M-30 fúrásból álltak rendelkezésre magminták mind a szén-dioxid tároló homokkövekből, mind pedig a tárolókat lefedő/záró aleurolitokból történt mintavétel. A kőzetmikroszkópiai vizsgálatok és azok előkészítése a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet és az Eötvös Loránd Tudományegyetem Litoszféra Fluidum Kutatólaboratóriummal való együttműködés keretében valósultak meg egy állami projekt keretében. Az M-30. fúrás mintáiból készült csiszolatok vizsgálatai is azt mutatták, hogy az itt jellemző agyagosság diszperz, mellette strukturált agyagosság is megtalálható.



11. ábra A magmintákból készült pásztázó elektronmikroszkóp képe, melyen mind a diszperz, mind a strukturális agyagosság látható és jelölve is lett

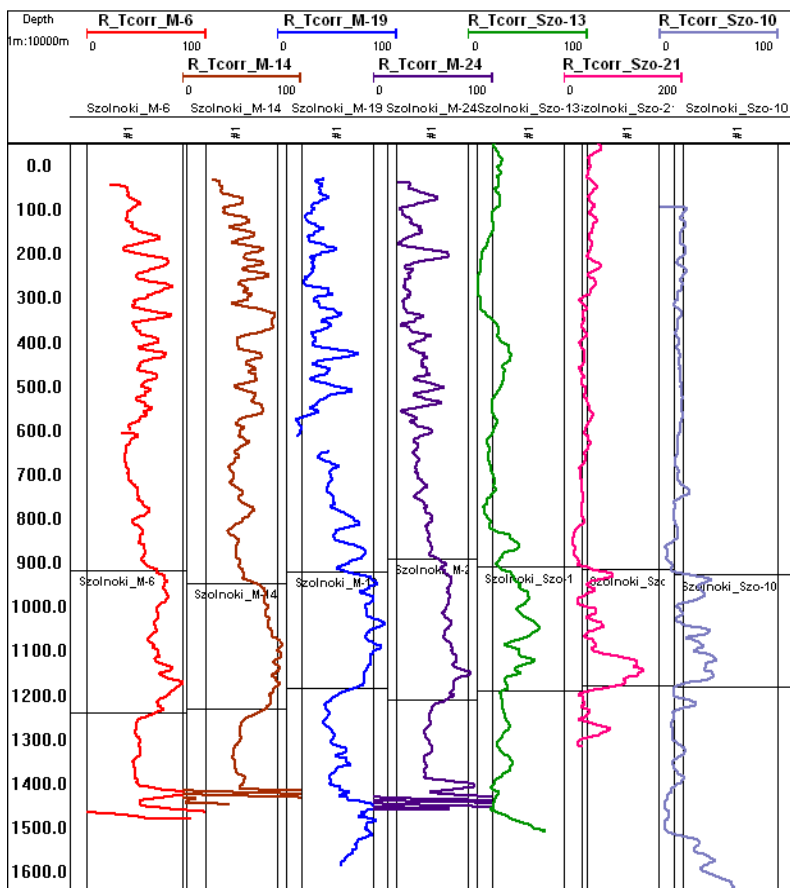
A 11. ábrán már a pásztázó elektromikroszkóp által készített kép látható, melyen jól megmutatkozik mind a diszperz, mind a strukturális agyagosság jelenléte az Endródi Formációban.

4) *Megállapítottam, hogy a területen a Szolnoki Formációként azonosított képződmény a vizsgált terület fejlődéstörténetének korábbi szakaszában, a jelenleginél mintegy 600 méterrel nagyobb mélységet is megjárt. A megállapításomat a következőkre alapozom: 1) a neutron porozitás és sűrűség adatokból számolt totál porozitás (~15%) a Nagyalföldre jellemző trendet alapul véve 600 méterrel nagyobb mélységnek felelt meg. 2) Ezt alátámasztotta, hogy a szolnoki területről származó mélyfúrás-geofizikai szelvényeken kijelölt Szolnoki Formáció mélysége valóban körülbelül ennyivel (kb. 600 m-rel) nagyobb, illetve az elektromos görbe alakjai nagyon hasonlóak a két területen. 3) Ugyanezt támasztják alá az ellenállás és SP szelvényekből kiszámolt effektív porozitás értékek és a porozitás mélység szerinti változása, amelyek megegyeznek a Nagyalföldön található Szolnoki Formáció átlagos effektív porozitással, és annak mélység szerinti lefutásával, holott a nagyalföldi területen a formáció mintegy 600 m-rel mélyebben helyezkedik el.*

Neutron porozitás és sűrűség szelvények segítségével, azok adataiból illetve megfelelő szolnoki területről származó mélyfúrás-geofizikai szelvények analógiája alapján megállapítottam, hogy a területen az alsó pannóniai képződmények a kompaktációs állapotukból megítélve a jelenleginél jóval nagyobb mélységben kellett, hogy tartózkodjanak. Megvizsgálva a területről rendelkezésre álló sűrűség szelvényeket, a belőlük a Szolnoki Formációra meghatározott porozitás adatok megegyeztek az alföldi fúrásokban korábban megállapított adatokkal, ami ~10-12 % porozitást jelent. Azonban az Alföld területén a Szolnoki Formáció jelenleg jóval nagyobb mélységben települt, mint Mihályi-Répcelak területén. Az ország területéről származó számos fúrás vizsgálatának segítségével - (Mészáros 2001) meg lett határozva egy országos, porozításra vonatkozó totál porozitás trend. Ennek figyelembevételével megállapítható volt, hogy az általam a Mihályi-Répcelak területén Szolnoki Formációnak nevezett köteg korábban mintegy 600 méterrel nagyobb mélységben tartózkodott.

A 10. ábra M-40 fúrás sűrűség – neutron porozitás cross-plotja alapján a fúrásban az Endrődi Formáció totál porozitása kb. 10 %, ami mintegy 2000 méteres mélységre jellemző, de a képződmény jelenleg ~1400 méter mélyen helyezkedik el. Ez szintén arra utal, hogy ez a terület kiemelkedett az idők során és korábban több száz méterrel mélyebben helyezkedett el. A tézist alátámasztja a 12. ábra is, ahol ellenállás szelvényen szemléltetem, hogy az Alföld területéről származó 3 fúrás ellenállás szelvényeit 600 méterrel magasabbra helyezve, azok a Répcelaki fúrások lefutásához hasonló képet adnak.

Az ellenállás szelvényeken jól nyomon követhető a Szolnoki Formáció mintázata mind a Répcelaki mind a 600 méterrel feljebb tolt Alföldi méréseken. A 600 méterrel kisebb mélységre helyezés is alátámasztja, hogy Répcelak területén eredetileg a Szolnoki Formáció mintegy 600 méterrel mélyebben helyezkedhetett el és a terület kiemelkedése a Szolnoki Formáció kialakulása után történt meg. Mindezek alapján kijelenthető az is, hogy a Mihályi-Répcelaki és Alföldi fúrások azonos települési és öskörnyezeti viszonyokat mutatnak.



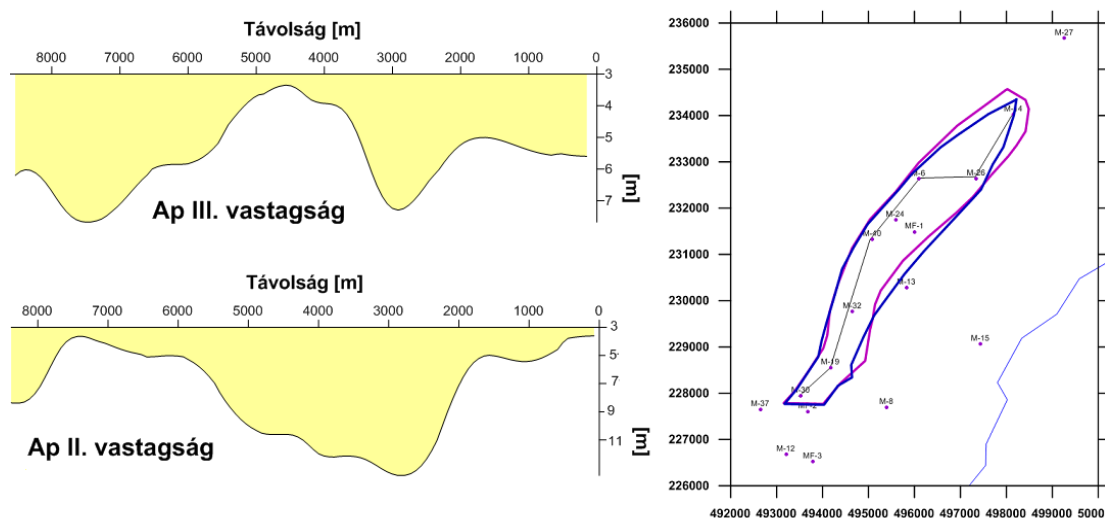
12. ábra Répcelaki és Alföldi fúrások hőmérséklet korigált ellenállás szelvényei (R_Tcorr) illetve a Szolnoki Formáció határa adott fúrásokban (M= Répcelaki fúrás, Szo= Szolnoki fúrás)

5) Az Ap II. és III. telepnél a vastagság területi eloszlása és egyéb paraméterek (porozitás, permeabilitás) alapján megállapítottam, hogy a terület története során lejátszódott egy eróziós esemény, amely az Ap III. telepet érintette. Ez magyarázatul szolgál arra, hogy míg Ap II. telep É-D-i lefutású szelvény alapján a szélek felé kivékonyodik, addig az Ap III. telep vastagság viszonyai éppen fordítottan alakultak, azaz „lefejezett” telep képét mutatja.

Répcelak területéről lényegesen több információ állt rendelkezésre így e terület részletesebb elemzése történt meg. A vizsgált két telep az Endrődi Formáció részét képező homokkövekben alakult ki. Az Endrődi Formáció túlnyomó részt parttávoli vagy mélyvizi finomszemcsés agyagot jelent. A homok megjelenése ilyen környezetben azt jelzi, hogy a part nem lehetett túl távol és ezért a vízszint csökkenéskor az előrenyomuló partvonalról lezúduló – az egyébként Szolnoki Formációnak megfelelő fáciesű – zagyarak időlegesen elérhették a területet. Ez akkor is előfordulhatott, ha a területen a süllyedés nagyságánál nagyobb volt a beszállítódás mértéke. Ez a medencefejlődés kezdeti fázisában volt, de a későbbiekben,

amikor az Endródi Formáció felett levő formációk képződtek akkor mélyvizi márga többet nem rakódott le ezen a helyen.

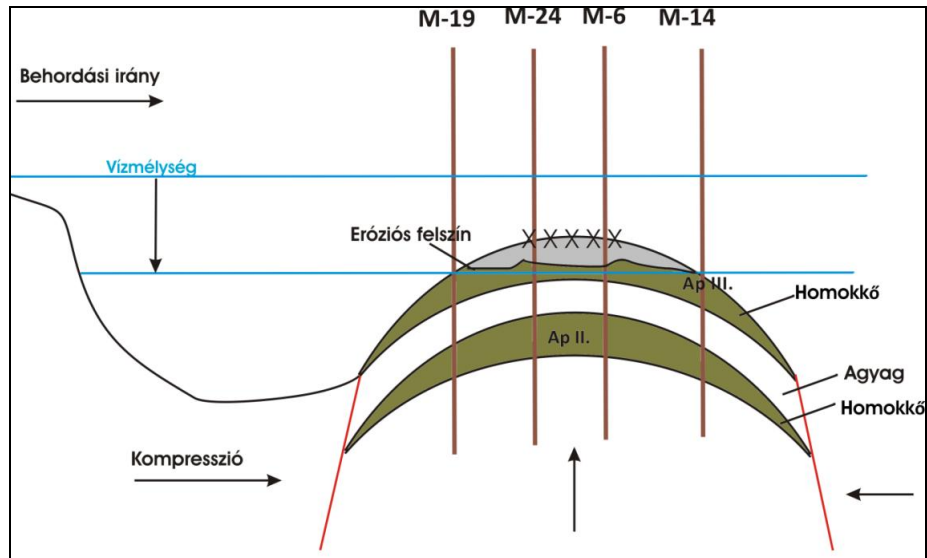
A két részletesen vizsgált telep vastagság térképe és annak egy szelvénye is elkészült Répcelak területéről. A szelvények azt mutatták, hogy fordított a vastagság viszonya (13. ábra) az Ap II. és Ap III. telepnek. Míg az Ap II. telep É-D-i lefutású szelvényét nézve a széleken vékony, a középső részen pedig vastagabb kifejlődésű, addig az Ap III. telep vastagság szempontjából pontosan ellenkező kifejlődésű. Ez egy eróziós eseményre utal.



13. ábra Az Ap II. és Ap III. telep vastagság szelvénye a térképen látható metszetben

A fentiek alapján megállapítottam, hogy bár történt eróziós esemény a területen, de nem hiányzik az első kettő alsó pannóniai fejlődéstörténeti szakasz, tehát a területen, mind az Algyői, mind a Szolnoki, mind pedig Endródi Formáció megtalálható. A fejlődéstörténet során ugyan bekövetkezett eróziós esemény, de az nem volt olyan jelentős, mint azt korábban feltételezték.

A vizsgálataim alapján tehát az Ap II. – ami a legjelentősebb szén-dioxidos telep – és a felette elhelyezkedő Ap-III. telep vastagsága és egyéb paramétereik alapján megállapítható volt, hogy a terület története során történt egy eróziós esemény, ami érintette az Ap III. telepet (14. ábra).



14. ábra Az Ap III. telep kialakulásának elvi ábrája

Az eróziós felszín kialakulásának magyarázata az lehet, hogy vízszint csökkenéskor vagy a területet érintő kompresszió hatására történő kiemelkedés (14. ábra) következtében az Ap III.-t képviselő homokkő réteg szárazra került. Ezt követően a homokréteg teteje leerdálódott, majd az egység újra lesüllyedt a tektonikai erők hatására, esetleg a vízszint növekedhetett meg. Ekkor alakultak ki az Endrődi Formáció további – agyagban gazdag – márga rétegei. Vagyis, amikor a süllyedés mértéke nagyobb volt, mint a beszállítódás mértéke. Az Endrődi Formációra települt a turbidites homokkővekből álló Szolnoki Formáció, amikor a beszállítódás mértékének fokozódása miatt a zagyarak már tartósan elérhették a területet. Az Endrődi Formáció tehát nem feltétlenül mélyvizi, hanem parttávoli fáciesst jelent. Ilyen homokkő betelepülések a Nagyalföldön is található az Endrődi Formációban (Juhász 1992). Kompaktságát az adja, hogy a későbbiekben még a jelenleginél is nagyobb mélységeket járt meg. Az egész terület később –már a Szolnoki Formáció kialakulása után- újra kiemelkedett és jelenleg is emelkedik az általános kompresszió miatt, ami érinti az egész Dunántúlt (Horváth 1993). Hasonló folyamatok zajlottak le a Budai hegységben az oligocén idején (Tari 1992).

A 4. és 5. tézisek alapján megállapítható, hogy az alsó pannóniai összlet a jelenlegi helyzetébe vertikális kiemelkedés útján juthatott, amely újabb bizonyítéka lehet a Ny-Dunántúl kompressziós kiemelkedésére. Ezt úgy értelmezem, hogy a jelenlegi prepannon medence aljzat domborzata nem eltemetett domborzat, hanem a medence üledékek lerakódása közben alakult ki differenciális süllyedéssel illetve a kompressziós fázisban emelkedéssel.

V. Az értekezés eredményeinek hasznosítási lehetőségei

1. Fajlagos ellenállás hisztogramok segítségével ellenőrizhető, hogy adott Formáció tényleg az a Formáció, aminek értelmeztük, mert a hisztogramokon az egyes formációk esetén sajátos eloszlást mutatnak, de ezek segítségével a határ pontos elhelyezkedése nem ellenőrizhető. Az agyagosság- trend effektív porozitás és ellenállás agyagosság- permeabilitás „cross-plot”- ok segítségével ellenőrizhető, hogy az értelmezés során, a mélyfúrás-geofizikai szelvényeken helyesen, pontosan és jól jelöltük ki a formáció határokat.

2. Régi, kaotikus, sokszor rossz mérésekből hibajavítás, korrekció után elvégzett összehitelesítés után egy egységes, adatrendszer felépítése lehetséges. Az értelmezés után a kapott adatok segítségével egy mélyfúrás-geofizikai méréseken alapuló komplexebb földtani kép és hidrogeológiai paramétereloszlás állítható elő egy természetes szén-dioxid előfordulásról. Mindez egy hidrodinamikai rezervoármódellezés bemenő adatrendszerül szolgálhat.

3. Ahhoz, hogy egy ipari eredetű szén-dioxid elhelyezésére kiszemelt földtani objektum tároló potenciálját megkapjuk több földtani/rezervoárgéológiai paraméter pontos ismerete is szükséges. Magának a besajtolható szén-dioxid mennyiségének meghatározására legtöbbször egyszerű összefüggést ajánlanak, amiben a tárolási kapacitás a pórustérfogatból V_p és a víztelítettségéből S_w meghatározható.

A kutatómunkám során alkalmazott eljárás segítségével pontosabb pórustérfogatot tudunk meghatározni, mert ez az eljárás figyelembe veszi a területről származó mélyfúrás-geofizikai adatokat is. Továbbá, az effektív porozitás meghatározásával pontosabb képet kapunk az összeköttetésben lévő, folyadékok áramlására lehetőséget biztosító, tehát a besajtolás szempontjából jelentős pórustérfogatról. A közettérfogat és az effektív porozitás szorzata megadja a pórustérfogat (V_p) nagyságát, amely a szén-dioxid tárolási potenciál becslésének alap paramétere.

4. Egy szén-dioxid besajtolási projekt esetében rendkívül fontos az egy kúton besajtolható szén-dioxid mennyiségének meghatározása. Ebben fontos szerepet játszik az egy kúton besajtolható szén-dioxid pontos mennyiségének meghatározásánál az effektív permeabilitás pontos ismerete, így az általam kapott pontosabb permeabilitás értékek

felhasználásával javítható az egy kúton besajtolható szén-dioxid mennyiség becslésének megbízhatósága.

VI. Felhasznált irodalom

1. Archie, G.E.: "Electrical Resistivity Log as an Aid in Determining Some Reservoir Characteristics", Trans., AIME (1942) 146, 54-61.
2. Bock, J., 1984. *Analysing Your Logs, Vol. II: Advanced Open Hole Log Interpretation*. Petromedia, Tyler, 173 pp
3. Clayton J. L., Spencer C. W. Koncz I. and Szalay A., 1990. Origin and migration of hydrocarbon gases and carbon dioxide, Békés Basin, south eastern Hungary. *Organic geochemistry*, Vol. 15, No. 3, pp. 233-247.
4. Falus Gy., **Szamosfalvi, Á.**, Jencsel, H., Hámor-Vidó, M., Török, K.. 2011. A hazai földtani szerkezetek felmérése a szén-dioxid-visszasajtolás szempontjából. *Magyar Tudomány*.2011.4, 444-449
5. Haas J., 2001. *Geology of Hungary*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 317 p.
6. Horváth F. 1993. Towards a mechanical model for the evolution of the Pannonian Basin. — *Tectonophysics* 226, 333–357.
7. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007
8. Juhász Gy. 1998. A magyarországi neogén mélymedencék pannóniai képződményeinek litosztratógráfija. In: Bérczi István – Jámor Áron (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*. Magyar Olajipari Részvénytársaság–Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 469–484.
9. Juhász Gy. 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 Közöny/Acta Geologica Hungarica*. 122, 2–4, 133–165.
10. Koncz, I., Etlér, O., 1994. Origin of oil and gas occurrences in the Pliocene sediments of the Pannonian Basin. *Organic Geochemistry* 21, 1069–1080.
11. Körössy L., 1965. Nyugat-Magyarországi medencék rétegtani és szerkezettani felépítése. *Földtani Közöny* 95, 22–36.
12. Körössy L., 1981. Regional geological profiles in the Pannonian basin. *Earth Evol. Sci.* 3–4, 223–231.
13. Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2014 – 2025, kitekintéssel 2050-re. 2013. Hazai Dekarbonizációs utiterv. Nemzetközi Alkalmazkodási Stratégia.
14. Mészáros F., Zilahi-Sebess L., 2001. Compaction of sediments with great thickness in the Pannonian Basin. *Geophysical Transaction* 2001 Vol. 44. No. 1. pp. 21-48

15. Mészáros L., Dallos E., Vágó L., Czupi J., Paulik D., Darabos A., Marton T., Simán Gy, Ferenczy Z. 1979. A Mihályi kutatási terület lehatároló fázisú zárójelentése, a szén-dioxid- és a „nem égethető” kevert gáztelepek vagyonszámítása.
16. Salazar J. M., Torres-Verdin C., Sigal R., 2005. Assessment of Permeability from Well Logs Based on Core Calibration and Simulation of Mud-Filtrate Inversion. *Petrophysics*, Vol. 46., NO. 6., P. 434-451.
17. **Szamosfalvi, Á.**, The first result of well-log re-interpretation of a Hungarian natural CO₂ reservoir. The Meeting Of Young Geoscientists, 2013, Békéscsaba
18. Tari G., Báldi T., Báldi-Beke M., 1992. Paleogene retroarc flexural basin beneath the Neogene Pannonian Basin: a geodynamic model. *Tectonophysics*, 226 (1993) 433-455
19. Thomas, E. C., and Stieber, S. J., 1975, The distribution of shale in sandstones and its effects upon porosity, paper T in 16th Annual Logging Symposium Transactions: Society of Professional Well Log Analysts.
20. Timur A., 1968. An Investigation of permeability, Porosity and Residual Saturation Relationship for Sandstone reservoirs. *Log Analyst*, 9;8.
21. Zilahi-Sebess L., 2009. A porozitás és permeabilitás, valamint közetsűrűség geofizikai úton történő becslésének módszerei és eszközei. State-of art tanulmány.
22. Zilahi-Sebess L., 2008. Petrofizikai módszerfejlesztés 2008. ELGI éves jelentés

VII. Az értekezés témájában készült publikációk jegyzéke

1. Falus Gy., **Szamosfalvi, Á.**, Jencsel, H., Hámor-Vidó, M., Török, K.. 2011. A hazai földtani szerkezetek felmérése a szén-dioxid-visszasajtolás szempontjából. *Magyar Tudomány*.2011.4, 444-449
2. Falus, Gy., **Szamosfalvi, Á.**, Király, Cs.: Long-term storage and leakage: natural analogues in Hungary. 2nd CGS Europe Knowledge Sharing Workshop on „Natural Analogues”, Germany, 2011.
3. Falus,Gy., Török, K., Hámor-Vidó, M., Hegedűs, E., **Szamosfalvi, Á.**, Jencsel, H., Geological storage of CO₂: a viable solution to mitigate climate change? Storage options, potentials and obstacles in Hungary. *Geophysical Transactions*. Vol 45. Nr. 4, pp 185-191, 2008.
4. Király Cs., **Szamosfalvi Á.**, Sendula E., Fűri J., Kónya P., Kovács I., Káldos R., Falus Gy., Szabó Cs., Természetes CO₂ rezervoárok kutatásának szerepe az ipari szén-dioxid tárolásában. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia 2014, Románia
5. Király Cs., Sendula E.,**Szamosfalvi, Á.**, Forray V., Káldos R., Analysis of natural CO₂ reservoirs to verify geochemical model results. Ifjú Szakemberek Ankétja. 2014, Balatonföldvár p. 47
6. Király Cs., **Szamosfalvi, Á.**, Sendula E., Falus, Gy., Szabó, Cs., Comprehensive Study of a Natural CO₂ Reservoir in Hungary. EAGE 2014, Stavanger, unpagged.

7. Király Cs., **Szamosfalvi, Á.**, Sendula E., Falus, Gy., Szabó, Cs., Kovács I., Fűri J., Kónya P., Káldos R. „Properties of a natural CO₂ analogue reservoir in Hungary. EGU, May 1-2, 2014, Vienna (Austria), Geophysical Research Abstracts, unpagged.
8. Király, Cs., **Szamosfalvi, Á.**, Falus, Gy., Szabó, Cs., Sendula E. Ipari eredetű szén-dioxid besajtolásának várható fizikai és kémiai hatásai a pórusfluidumra és a tároló kőzetre a Mihályi-Répcelak természetes CO₂-előfordulás vizsgálata alapján. Magyar Geofizika, 2013, 54, 43-52
9. Király, Cs., Sebduła, E., **Szamosfalvi, Á.**, Falus, Gy., Szabó, Cs., Szöcs, T., Forray, V., Inverse modeling in a CO₂ natural analogue – long term processes in carbon dioxide storage. 23rd V.M. Goldschmidt Conference, August 26-30, 2013, Florence
10. Király, Cs., Berta, M., **Szamosfalvi, Á.**, Falus, Gy., Szabó, Cs., An „inverse CCS site” in NW Hungary – Geology and modeling. Third EAGE CO₂ Geological Storage Workshop Understanding the Behavior of CO₂ in Geologic Storage Reservoirs, March 26-27, 2012, Edinburgh, unpagged.
11. **Szamosfalvi, Á.**, The first result of well-log re-interpretation of a Hungarian natural CO₂ reservoir. The Meeting Of Young Geoscientists, 2013, Békéscsaba
12. **Szamosfalvi, Á.**, Falus, Gy., Juhász, Gy., The potential options of storing CO₂ in saline reservoirs in Hungary. EFG Magazine, N⁰3, 26-28, 2012
13. **Szamosfalvi, Á.**, Falus, Gy.: Re-evaluation method of „old” well-logs to gain accurate petrophysical parameters in a natural CO₂ reservoir. Ifjú Szakemberek Ankétja, 2012 Tatabánya
14. **Szamosfalvi, Á.**, Falus, Gy.: From storage potential to storage capacity: re-evaluation method of „old” well-logs to gain accurate petrophysical parameters in a promising CO₂ storage formation. Third EAGE CO₂ Geological Storage Workshop Understanding the Behavior of CO₂ in Geologic Storage Reservoirs, March 26-27, 2012, Edinburgh
15. **Szamosfalvi, Á.**, Falus, Gy., Juhász, Gy., A CO₂ föld alatti tárolása “sósvízes” víztartó rétegekben történő megvalósulásának lehetőségei Magyarországon. Magyar Geofizika, 2011, 52, 95-105