

Bírálati vélemény
MÁDLNÉ SZÖNYI JUDIT:
FELSZÍNALATTI VÍZÁRAMLÁSOK MINTÁZATA FEDETLEN ÉS KAPCSOLÓDÓ
FEDETT KARBONÁTOS VÍZTARTÓ RENDSZEREKBEN
A BUDAI-TERMÁLKARST TÁGABB KÖRNYEZETÉNEK PÉLDÁJÁN
című MTA doktori értekezéséről

Mádlné Szőnyi Judit Mádlné Szőnyi Judit egy kiváló tudományos iskola központi szereplője, a háttérben Tóth Józseffel, a modern (Tóth-i) hidrogeológia atyjával, előtérben a Tóth József és Erzsébet Hidrogeológia Professzúra Alapítványhoz tartozó fiatal kutatók sorával. A 131 oldalas, 177 hivatkozást tartalmazó MTA doktori értekezés a Budai-hegység termálkarsztja és tágabb környezetének felszínalatti vízáramlás-rendszerére vonatkozó, hosszú évtizedek alatt összegyűlt adatokat, ismereteket, valamint általa és munkatársai alapján tett következtetéseket egységes medenceszemléletű hidrogeológiai elmélet keretében tárgyalja. Ez a dolgozat kitűzött célja, amit a Jelölt lényegében maradéktalanul megvalósít.

Forma. A *doktori értekezés* 131 számozott oldalt, a jegyzék szerint összesen 59 ábrát (59 színes ábrát: térképet, szelvényt és egyéb illusztrációt), 12 táblázatot tartalmaz. Az értekezés terjedelmesebb, mint amennyit a számozott oldalak mutatnak, mert az ábrák és a táblázatok egy része 26 darab A3 méretű, igényesen befűzött lapon található, és a dolgozathoz 8 elektronikus függelék is tartozik. A dolgozatban 177 publikációra hivatkozik. Ebből 64-ben szerző, társszerző. Az értekezés igényesen kivitelezett, tetszetős, precíz munka. Soha nem találkoztam olyan dolgozattal, amiben ilyen kevés számú (mindössze néhány) elírást, betűhibát találtam. A 14 fejezetcím logikusan végigvezet az értekezésen. A *tézisfüzetben* „felhasznált irodalomként” 25 tételt, saját publikációként 24 tételt nevez meg.

Tartalom. Az értekezésben a *Bevezetés (1. fejezet)* „Tudományos keretek” című, 2 oldalas alfejezettel kezdődik, ami összefoglalja a Jelölt által lényegesnek tartott hátteret: a Tóth-i hidrogeológia lényegét, a peremfeltételek különbözőségének jelentőségét, valamint a numerikus modellezés szerepét. (Ez az ismertetés igen tömör; egy 2018-as IAH-előadás - Zhang, Liang, Jin, 2018 - szövegének ismerete nélkül nehéz megítélni a Tóth-i modern hidrogeológia globális alkalmazásának helyzetét, de szép bevezető idézettel tapintatosan utal az ellentmondásosságra.)

Saját kutatásának feltételeit két projekt (egy hipogén karszt- és egy karbonátos-üledékes fluidumdinamikai projekt) biztosította. A fejezet végén világos célkitűzést ad: (1) a medencehidraulikai közelítés alkalmazása a fedetlen és csatlakozó fedett vastag karbonátos víztartó rendszer, mint speciális fizikai peremfeltétel-rendszer esetére, (2) mindennek alkalmazása a Budai-termálkarszt tágabb környezetére. Az 1. célkitűzés keretében megválaszolandó kérdéseket a 2. és 3. fejezet, a 2. célkitűzés keretében megválaszolandó kérdéseket a 4-5-6-7. fejezet tárgyalja.

Az *Elméleti háttér (2. fejezet)* - a permeabilitás-heterogenitások, a medencelépték-definíció, az egyéb hajtóerők, a hidraulikus folytonosság, a vastagkarsztos áramlás-típusok, végül a felszínalatti vízáramlás karbonátos kőzetvázra és a geotermikus viszonyokra kifejtett hatására vonatkozó eddigi modellek bemutatásával - a probléma eddigi megoldatlanságát kívánja igazolni.

A *3. fejezetben* felvázolja a felszínalatti vízáramlási rendszerek és az általuk okozott jelenségek medenceléptékű kutatásához kidolgozott folyamatábrát, és eljut a félig fedett, félig fedetlen, vastag karsztos víztartó rendszerek feltételezett mintázatának és a kapcsolódó jelenségeknek összefoglaló ábrájáig (3.5 ábra). Ez a modell a Budai-termálkarszt és tágabb környezetének egyfajta általánosított modellje.

A 4. fejezet a Budai-termáلكarszt tágabb környezetében lévő kutak archív adatait dolgozza fel, empirikus adatokkal: tomografikus potenciáltérképek, összes oldottanyag, kloridtartalom, hőmérséklet, nyomás- és hőmérséklet-profilok.

Az 5. fejezetben bemutatja az általa megalkotott - medencehidraulikai értelmezésen alapuló - vízáramlási rendszermodellt a Budai-termáلكarszt tágabb környezetére. Ez a 20 oldal az értekezés legösszetettebb része. A rendszermodell elemei: vízáramlási mintázat, komplex földtani viszonyok, a kémiai vízkomponensek, és anomáliák az áramlási térben.

A 6. és a 7. fejezet különféle összehasonlításokról szól. A 6 fejezet a medenceléptékű adatfeldolgozásról szóló numerikus modellezési eredményekkel, a 7. pedig a budapesti megcsapolódó vizek jellemzőivel való összehasonlításokat tartalmaz. Az eredményeket medenceszemléletben értelmezi.

A *Kitekintés* című 8. fejezet a munka gyakorlati jelentőségét, a kapcsolódó lokális (biogeokémiai kiválási és hipogén karsztosodási) jelenségeket, és a hasonló hidrogeológiai környezetekre való kiterjesztési lehetőségeket foglalja össze. A *Következtetések és összefoglalás* című 9. fejezetben összefoglalja a medenceszemléletű megközelítés adott fizikai peremfeltételekre vonatkozó szempontjait: a szükséges elméleti megfontolásokat, a munkafolyamatot és a módszertant. A Budai-termáلكarsztra vonatkozóan medencehidraulikai következtetéseket vont le, és újból összefoglalta a kiterjesztheségét.

Elfogadom a Budai-termáلكarsztra koncentráló megközelítést, de a módszertani ismertetést követően talán érdemes lett volna foglalkozni egyszerűbb karsztos modellekkel is. A szakterülettől kissé távolabb álló bíráló számára legalábbis kézenfekvő lett volna lépésről-lépésre eljutni a Buda-termáلكarszt modelljéig. (Például modellhasonlósági összefüggések révén méretfüggetlen leírásra törekedve, és/vagy egyszerűbb - pl. nemtektonikus - karszterületekre is kitérve, vagy esetleg láttatva azt, hogy a térfelszín kiemelkedését, süllyedését, erózióját követő áramlás-megváltozás igazodási ideje hogyan változik a méret függvényében.) Mindezzel csak a felfogásbeli különbséget illusztrálok a Jelölt és az Opponens között, de ez nem változtat az értekezés megítélésén.

Mádlné Szőnyi Judit rendkívül sokrétű, aprólékos, egyúttal átfogó munkát végzett. Precíz, színes, meggyőző anyagot mutat be. **Az értekezés érdeme egyetlen mondatban úgy foglalható össze, hogy a fedetlen és csatlakozó fedett karbonátos víztartó rendszerek hidrogeológiai környezetével kapcsolatos gyakorlati problémák kezelésére a medencehidraulikai megközelítés szemléletében egységes módszert kínál.**

Kérdések és megjegyzések.

1. A numerikus szimulációs modellek korlátairól írottakkal egyetértek, de úgy érzem, Oreskes et al. (1994)-re nem elég pontosan hivatkozik, sem a Bevezetőben, sem később. Naomi Oreskes és szerzőtársai szerint efféle bonyolult, csak mozaikszerűen ismert természeti rendszerek (pl. a felszínalatti vízáramlási rendszer) numerikus modelljeit lehetetlenség "ellenőrzés" (verifikáció, verifikálás) és "érvényességi vizsgálat" (validáció, validálás) alá vetni. Ennek az az oka, hogy a természeti rendszerek soha nem zártak, és a modell-eredmények soha nem jelentenek kölcsönösen egyértelmű megfeleltetést. A modelleket a megfigyelés és az előrejelzés közötti megegyezés kimutatásával lehet ugyan meghízáhatóbbá tenni, ám az efféle igazolás eredendően részleges. A modellek elsődleges értéke heurisztikus jellegű, azaz az összefüggésekre való rálelésre segítenek. Kérdéseim: A Jelölt melyik publikációjában hivatkozott először Oreskes et al. (1994) tanulmányra? Mit ért az értekezésben számos alkalommal használt validálás/validáció kifejezés alatt? A 3.1 ábrán a numerikus modellekre vonatkozó validáció egyszer a megfigyelt vízáramlási jelenségekből és folyamatokból, egyszer a medenceléptékű hidraulikai szemléletből

kiindulva alkalmazandó. Lát-e ellentmondást az Oreskes-féle kutatói értelmezés és a döntéshozói értelmezés között?

2. Rendkívül lényeges, hogy a tudományos fogalmak egyértelműen és egyféleképpen legyenek definiálva, és azokat mindenki egyformán értelmezze. Szerepet játszik-e a megértési nehézségekben az eltérő magyar és angol szóhasználat, és amennyiben igen, hogy lehetne ezen segíteni?
3. A „*vastag fedetlen, ill. részben fedett és csatlakozó sziliciklasztos képződményekkel fedett karbonátos vízáradó rendszer vízáramlási hipotézismodellje*” valójában és konkrétan a Budai-termáلكarsztra vonatkozik. Kérdésem, nem lenne-e érdemes általánosabb hipotézismodellt kialakítani? Ez a 3.5 ábrából kiindulva - annak a diszkutálását jelentené, hogy az adott peremfeltétel-rendszeren belül egyes paraméterek (például a fedett-fedetlen területarány, felszínformák, üledékvastagság, illetve a rendszerméret) változásának milyen törvényszerű kvalitatív (és esetleg kvantitatív) következményei vannak. Milyen jellemző földtani körülmény kell ahhoz, hogy a gravitációs és a geotermikus hajtóerők mellett a kémiai koncentrációkülönbség és az elektromos potenciálkülönbség is észrevehető szerepet játsszon?
4. A 3.1 ábrán mutatott folyamatábra az értekezésben vizsgált peremfeltétel-rendszertől függetlenül, általánosan érvényes. Nem lenne-e érdemes olyan folyamatábrát készíteni, amelyik kiterjed a Tóth-féle medencehidraulikai megközelítésben szereplő tényezőkre, illetve az adott speciális peremfeltétel-rendszerre való áttérés specialitásaira? (A 3. fejezetben leírtak vizuális, de a medencehidraulikai elméletre kitékintő összefoglalása alapján szerintem algoritmusba foglalható lenne.)
5. A térség egyes elemei közelíthetők 2D módon (például a hasadékrendszer ÉNY-DK irányú, a fedett-fedetlen határfelület É-D irányú), úgyhogy olyan szelvények mentén, amelyek átszelik a kutatási terület különböző adottságú, jellegzetes területeit, a kétdimenziós modellezés rámutathat a rendszer lényegi jelenségeire. Tekintettel arra, hogy a teljes térség összességében kifejezetten háromdimenziós jelleget mutat, érdemes 3D numerikus modellezésben is gondolkodni. Milyen lehetőségeit és korlátait látja a 3D numerikus modellezésnek? A különböző elérhető numerikus modellezési szoftverek között vajon van-e olyan, amely kifejezetten medencehidraulikai szemléletű? Jelent meg publikáció a 3D „Visual MODFLOW Extra” modellszámítás alkalmazásáról a Budai-termáلكarsztra (Zahra Poyanmehr 2016). Mit tud mondani annak eredményéről?
6. A különféle 2D és 3D numerikus modellek mellett vajon vannak-e a szakterületen különféle fizikai modellek a bemutatott jelenségek tanulmányozására? Ilyen modelleket viszonylag könnyen lehetne építeni, akár az elektromos analógia alapján is. (A VITUKI-ban valaha volt is egy működőképes modellező laboratórium.) Perspektivikusnak látja-e a fizikai modellezést szakterületén? Egy jó fizikai kísérletsorozat nem csak a stacionárius állapotot modellezheti bármilyen bonyolult háromdimenziós geometria esetén, hanem az egyes peremfeltételek megváltozása (pl. vízkivételre)következtében kialakuló tranziensek is jellemezhetőek lennének.
7. Az összegyűjtött és bemutatott adatok nagyon különböző időkből származnak. Van-e elvi és gyakorlati lehetőség arra, hogy el lehessen különíteni egyes időintervallumokat az elmúlt évtizedeken belül? (Például új és régi vízkivételek hatását?)

Tézisek. Új tudományos eredményeit - a 9. fejezetben leírtakkal összhangban – két csoportba: (1) módszertani és (2) kifejezetten a Budai-termáلكarszttal kapcsolatos csoportba sorolja.

1. Módszertani eredménynek tartja a fedetlen és csatlakozó fedett karbonátos víztartó rendszerek, medencehidraulikai szemléletű vizsgálatára vonatkozóan:

- a fogalomhasználat kialakítását (7 elemű állítással),
- a megközelítést és a munkafolyamat kialakítását (6 elemű állítással),
- a részben adaptált és részben fejlesztett módszerek együttesét (4 elemű állítással).

2. A Budai-termálkarsztra vonatkozó eredményei:

- a hajtóerők, utánpótlódási és megcsapolási területek földrajzi elhelyezkedése, hőmérséklete és a vízkémiai jellemzők (11 elemű állítással)
- a fedő-függő víztartók és karbonátos víztartó összefüggéseire, valamint az áramlási térben (5 elemű állítással),
- a felszínelatti vízkomponensek, a Budai termálkarszt hidraulikai határa, valamint a központi és a déli rendszer elkülönülése (7 elemű állítással),
- a budapesti megcsapolási területek és a kapcsolódó áramlási rendszerek (12 elemű állítással).

Összesen – számításom szerint - 52 részállítást tesz. Ezek egy része (sőt a Budai-termálkarsztra vonatkozók nagy része) – más szerzőknél is megtalálható. Az 52 részállításról egyenként nem tudok nyilatkozni, de mindkét állításcsoportot elfogadom új tudományos eredményként. A Jelölt érdeme ugyanis az, hogy mindezeket rendszerbe állította.

Új eredményeinek (52 állításának) lényege két pontban foglalható össze:

1. fedetlen és kapcsolódó fedett karbonátos víztartó rendszerek vizsgálatára medencehidraulikai megközelítésű módszertant dolgozott ki;
2. a Budai-termálkarsztra vonatkozó régi és új adatokat és ismereteket medencehidraulikai szemléletben láttatta.

Összefoglaló értékelés. A doktori munka tudományos eredményei elegendőek az MTA doktori cím megszerzéséhez, és javaslom a nyilvános vita kitűzését.

Sopron, 2020. május 7.

Szarka László Csaba