

A TOKAJI-HEGYSÉG VÍZGAZDÁLKODÁSI CÉLÚ REGIONÁLIS ÁRAMLÁSI MODELLJÉNEK PONTOSÍTÁSA ÉS KALIBRÁLÁSA

WATER MANAGEMENT FOR REGIONAL MODEL OF THE TOKAJ MOUNTAIN REFINEMENT AND CALIBRATION

Zákányi Balázs¹, Fejes Zoltán², Szűcs Péter³, Székely Ferenc⁴

¹egyetemi tanársegéd, ²tudományos segédmunkatárs, ³egyetemi tanár, ⁴munkatárs
Miskolci Egyetem, ^{1,2,3}Környezetgazdálkodási Intézet, ³MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport, 3515,
Miskolc-Egyetemváros, ⁴HYGECON Kft., 1204 Budapest Bocskai u. 13
hgzb@uni-miskolc.hu

Kivonat: A már előzetesen elkészített regionális modellt először a nyugalmi vízszintekre kalibráltuk, majd a kutak üzemi vízszintjeit figyelembe véve végeztünk modell futtatásokat. Továbbá a maradó beszivárgási zónák kalibrálását is elvégeztük „Trial and error” módszer segítségével. A pontosított áramlási modellel képesek leszünk különböző vízgazdálkodási forgatókönyveket (scenáriókat) szimulálni az ivóvíz, az ásvány-és gyógyvíz, és a termálvízre vonatkozóan. Mutatkozik ebben a régióban egy erős igény a turisztikai infrastruktúra fejlesztésére, amit az ásvány-és termálvíz erőforrásokra kívánnak alapozni.

Kulcsszavak: Tokaji-hegység, regionális modellezés, modell kalibráció

Abstract: The regional model was first calibrated to the static water level, and then taking into account the dynamic water levels of the wells was carried out model runs. In addition, the recharge zones remain calibration was performed "Trial and error" method. A refined flow model, we are able to various water management scenarios to simulate drinking water, mineral and medicinal water and thermal water on. There is a strong demand in these regions to develop tourism infrastructure, we intend to be based on the mineral and thermal water resources.

Keywords: Tokaj Mountains, regional modeling, model calibration

1. BEVEZETÉS

A Tokaji-hegység – hazánk egyik legismertebb vulkanikus eredetű hegysége – az Északnyugati-Kárpátok részeként, Magyarország északnyugati végében helyezkedik el. Az észak-déli csapásirányban 100-120 km hosszan – a ma Szlovákia területén lévő Eperjestől Tokajig – húzódó hegységet a történelmi Magyarországon Eperjes-Tokaji-hegységnek vagy hegysornak nevezik. A Tokaji-hegység területe a termál-, és hévízkutatás szempontjából mindig is kevésbé előkelő helyen szerepelt a hidrogeológiai szakmai körökben. A terület rendkívül bonyolult geológiai felépítése, az alaphegység anyagi összetételének és elhelyezkedésének bizonytalansága, valamint a kevés számú kellően nagy mélységű kutatófúrás miatt a hegység igen nehéz feladatnak számít a melegvíz felkutatása szempontjából [1]. Összetett földtani helyzete ellenére a Tokaji-hegységben számos langyos- és meleg-vizet szolgáltató kutatófúrtak, melyek létesítésüket követően, valamint azóta is, megfelelő minőségű és hőmérsékletű vizet szolgáltatnak.

A területen található kutak és források hidrogeológiai paramétereinek vizsgálatával és a korábbi kutatások eredményeit felhasználva elkészítettük a Tokaji-hegység hidrogeológiai adatbázisát, valamint a kutak és források több mint 50 éven át elvégzett vízkémiai eredményeinek felhasználásával a hegység vízkémiai adatbázisát is [2]. Ezek felhasználásával számos információhoz juthatunk a hegység áramlási viszonyait illetően. A fő célunk az volt, hogy az előkészítsük a regionális áramlási modellt, majd meghatározzuk a vízmérleget erre a vulkáni területre, és megérteni a felszín alatti áramlási rendszereket a mélyebb vízadókban. A

modellezés során USGS MODFLOW programcsomagot alkalmaztuk, hogy szimulálja az áramlási viszonyokat a Tokaj-hegységben. A regionális modell felépítéséhez a Groundwater Modeling System rendszert alkalmaztuk, amely tartalmazza az előbb említett programcsomagot is.

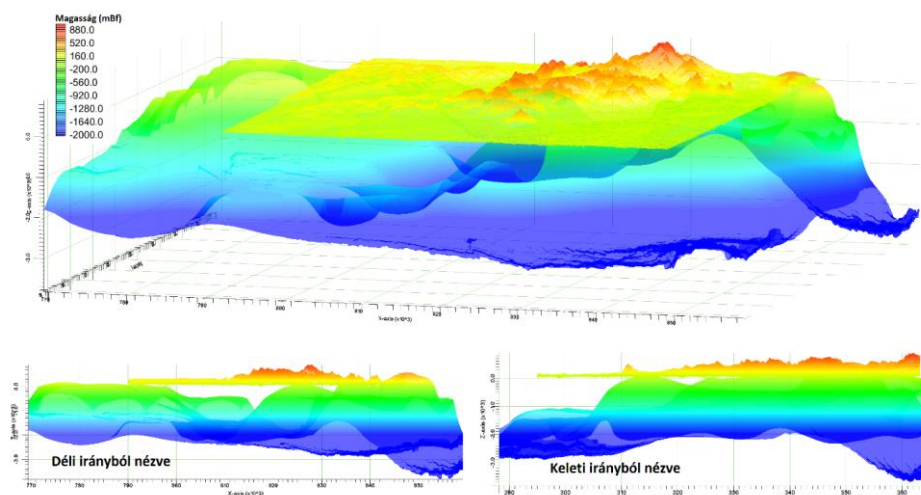
2. A TOKAJI-HEGYSÉG REGIONÁLIS HIDRODINAMIKAI MODELLEZÉSE

2.1. A hidrodinamikai modell felépítése

A területen található kutak és források hidrogeológiai paramétereinek vizsgálatával és a korábbi kutatások eredményeit felhasználva elkészítettük a Tokaji-hegység hidrogeológiai adatbázisát, valamint a kutak és források több mint 50 éven át elvégzett vízkémiai eredményeinek felhasználásával a hegység vízkémiai adatbázisát is, amelyet előző fejezetekben már bemutattunk. Ezek felhasználásával számos információhoz juthatunk a hegység áramlási viszonyait illetően. A modellezés során felhasználtuk a meglévő kutak vízföldtani naplóit, a rendelkezésünkre álló geofizikai eredményeket és valamennyi a kutatás során megszerzett ismeretet. A fő célunk, hogy az előkészített regionális áramlási modellel lehetőségünk legyen meghatározni a vízmérleget erre a vulkáni területre, és megértsük a felszín alatti áramlási rendszereket a mélyebb vízadókban. A modellezés során USGS MODFLOW programcsomagot alkalmaztuk –amely része a GMS programnak - hogy szimulálja az áramlási viszonyokat a Tokaj-hegységben.

A modellezett terület domborzatának szintvonalait SRTM műholdas digitális képről vettük át, amely természetesen a modell felső rétege is egyben.

A térbeli geológia test alsó rétegének – alapkőzet – geofizikai méréseket vettünk alapul [3], amelyeket digitalizálás után sikerült bevinni a GMS programba. A felszín és az alapkőzet egymáshoz viszonyított helyzetét a 1. ábra szemlélteti.



1. ábra A felszín és alapkőzet egymáshoz viszonyított helyzete 3D-ben

A további térbeli geológia kép kialakításához felhasználtunk 172 db fúrési adatsort, majd ezek alapján a 3D térmodell kialakításánál a hidrodinamikai modellezéshez egyszerűsítettük a geológiai felépítést és összesen 4 db réteget (pleisztocén, pannon, miocén és alapkőzet) különböztettünk meg.

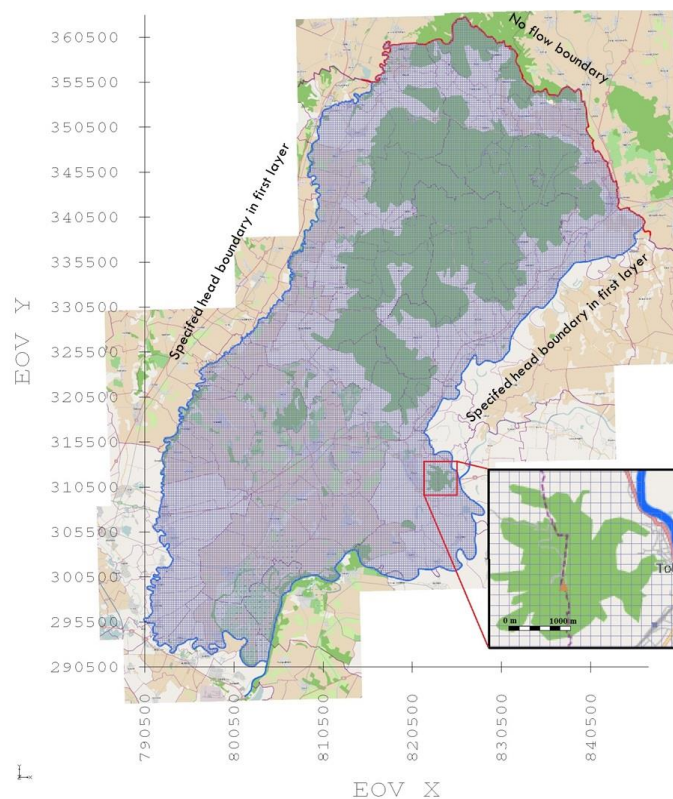
A fúrési rétegsoroknál megkülönböztettük az alapkőzetet, az arra települő miocén tömör kőzettestet, néhol a felszínre kibukkanó repedezett miocén réteget, majd a völgyekben és a vizsgált terület déli részén a pleisztocén és pannon felszín közeli képződményeket, mint öt

alapvető földtani egységet. A modellszámításoknál az alapkőzetet kvázi vízzárónak feltételeztük.

A modellezett terület egy 48 x 77 km oldalhosszúságú téglalappal lefedhető szabálytalan sokszög. A modellszámításokra kijelölt térrész lehatárolásakor figyelembe vettük a fúrási és feltárási pontok elhelyezkedését is.

A modell határát É-i oldalon a Nagy-Milic határolja, míg a többi irányban a határok domborzati egységeken (pl. völgyek) húzódnak feltételezve, hogy egy részük egyben hidrogeológiai határ is. A modellszámítást egyenletesen 200 x 200 m-es cellákra bontottuk, így egy 372 sorból és 290 oszlopból álló modellszámítást kaptunk (2. ábra).

A modellt vertikálisan 4 fő képződményre és összesen 7 modellrétegre bontottuk, annak érdekében, hogy az áramlási pályákat is tudjuk szimulálni. A modellrétegeket a kutak vízföldtani és fúrási naplójából álló rétegsorok, ill. a rendelkezésünkre álló geofizikai mérések alapján vettük fel.



2. ábra. A 200 x 200 m-es rácsháló osztás és a modellezés során alkalmazott peremfeltételek

Minden modellréteg fekéjét térben változóknak vettünk fel, oly módon, hogy a fúrási rétegsorok és a kutak vízföldtani naplóinak alapján kapott rétegvastagságokat interpoláltuk a modellezett területre, és ezekből képeztük a fekéfelületeket.

Az egyes képződményekre jellemző minimális és maximális, valamint a modellben alkalmazott értékeket a 1. táblázatban adjuk meg, ahol az effektív porozitások is szerepelnek. A porozitás értékeit szakirodalmi adatok alapján vettük fel. A modellezett területen figyelembe vettük a törési zónákat, ahol a szivárgási tényező eltérő a környező közzetülettől.

A vertikális szivárgási tényezőket a vízföldtani jelleg alapján határoztuk meg, azon tapasztalatra támaszkodva, hogy a vető/törés zónák nyújthatnak lehetőséget jelentősebb vízforgalomra a vulkáni összletekben, illetve hogy a vulkanitoknál az anizotrópia szerepe és mértéke kisebb.

Földtani egység	Modellréteg	Földtani képződmény	K_h (m/d)	K_v (m/d)	n_0 (-)
1	1-4.	Miocén (repedezett) képződmények	0,1-0,01	0,03-0,003	0,1
2	2.	Pleisztocén korú kőzetek	0,1-10	0,03-3	0,15
3	3.	Pannon képződmények	0,1-20	0,03-5	0,15
4	5-7.	Miocéni kotú (tömör) kőzetek	0,003	0,001	0,05

1. táblázat Modellrétegek szivárgási tényezője és porozitása

A megadott modellréteget – modellezés technikai okokból vegyes tükrűnek tételeztük fel, ami jelentősebb számítási igényhez vezetett ugyan, de nagyobb volt a modell szabadsági foka is.

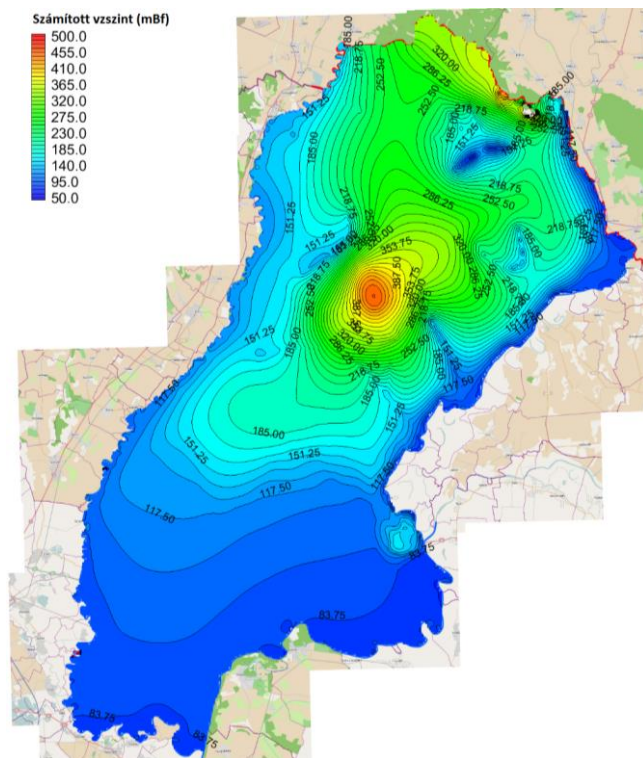
A rétegek nyugalmi nyomásszintjének előállításakor figyelembe vettük az fűrt kutak vízszint adatait, illetve a források felszínre bukkanásainak helyeit. A vízszinteket természetesen a felszínhez korrigáltuk, ahol indokolt volt.

A modell É-i részén No flow, míg a többi részen Specific head határfeltételt állítottunk be a peremeken (2. ábra).

A beszivárgást a modellterületre zónázással adtuk meg, a magasabb területeken a nagyobb lefolyás miatt kisebb, míg a völgyekben nagyobb beszivárgási értékeket állítottunk be [4]. A maradó beszivárgás, mindig a legfelső aktív rétegbe történik. Figyelembe vettük még a modell építésénél a kisebb vízfolyásokat is.

2.2. A hidrodinamikai modellszámítások eredményei

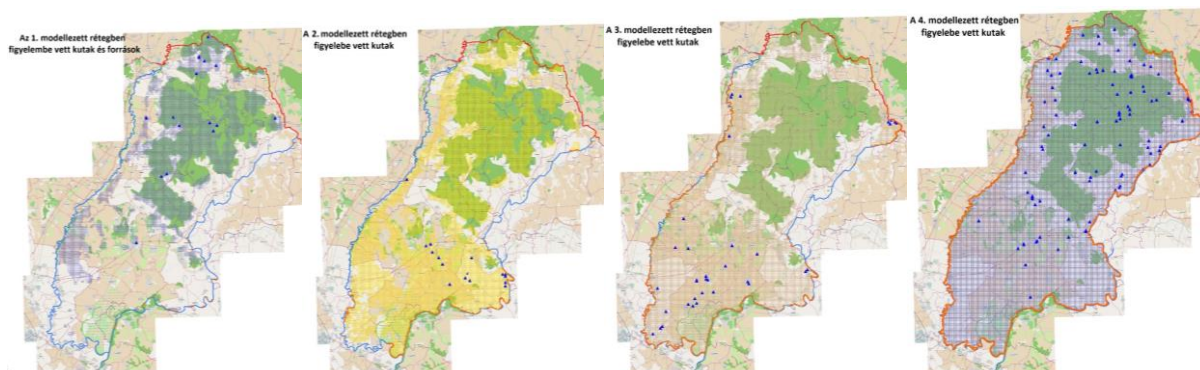
A hidrodinamikai modellel meghatároztuk minden rétegben a nyugalmi vízszint eloszlásokat, amelyek közül csupán a 4. miocén rétegben kialakulót mutatjuk be a 3. ábrán, mivel a területen a termelés nagy része ezekből a rétegekből történik.



3. ábra A szimulációval számított nyugalmi vízszinteloszlás

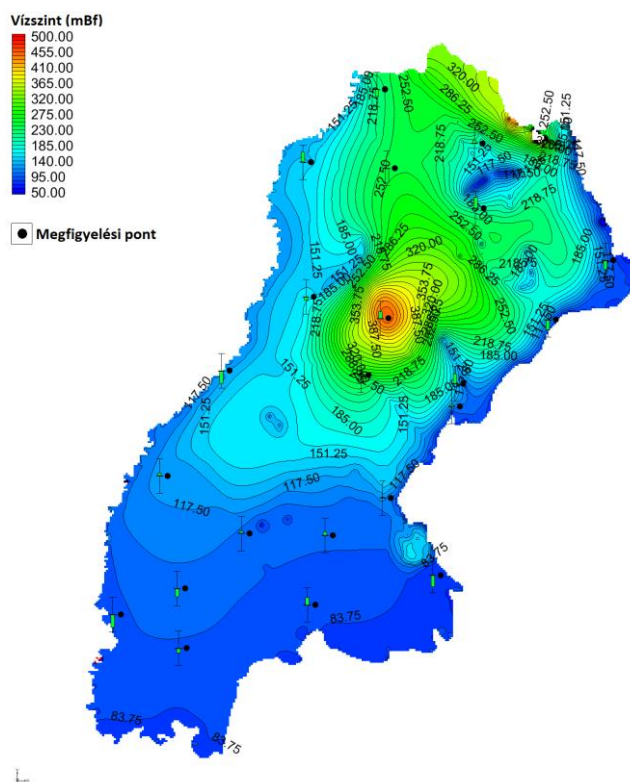
A számított vízszint értékeket természetesen „Trial and Error” módszer segítségével kalibráltuk a mért vízszintekhez és az eltérés R^2 hibája 7,12 m-re adódott. Ha figyelembe vesszük a modellezett terület nagyságát, akkor ez az eltérés megfelelőnek tekinthető.

A kalibráció után a rendelkezésünkre álló termelési adatokat felhasználva modellezést végeztünk, annak érdekében, hogy a területre megkapjuk az üzemi vízszinteket illetve vízgazdálkodási vizsgálatokat elvégezhesünk. Probléma volt, hogy nagyon sok kút esetében a termelésről kapott információk nem pontosak vagy nincsenek adatok, így nem sikerült minden kitermelt vízmennyiséget figyelembe venni a szimulációk során. A kutakat és forrásokat a különböző rétegekben a 4. ábra mutatja.



4. ábra. A szimulációk során figyelembe vett kutak és források elhelyezkedése a különböző rétegekben (1. réteg – miocén, 2. réteg- pleisztocén, 3. réteg – pannon, 4. réteg – miocén)

A 5. ábrán a szimulációval kapott üzemi vízszint eloszlás látható a 4. rétegben. A kapott modellt kalibráltuk és az R^2 hiba értéke ebben az esetben 6,12m –re adódott, amelyet a jövőben tovább szeretnénk pontosítani.



5. ábra. Üzemi vízszintekre kalibrált modellezési eredmények

3. ÖSSZEFOGLALÁS

Az Észak-Magyarországi Régió nevének említése esetében az embereknek (de még a szakembereknek sem) általában nem az ásvány-, gyógy- és hévízkészletek jutnak az eszébe elsőként. A régió összetett és bonyolult földtani és hidrogeológiai viszonyai miatt ez a komplex témakör eddig alapvetően csak lokális szerephez jutott néhány területen, holott a természeti adottságok sokkal jobb helyzet alapjául is szolgálnak. A kutatás lehetőséget teremtene az igen összetett természeti adottságok jobb megismerése, valamint a készletek feltárása és hasznosítása területein, amely komoly gazdasági és fejlődési lehetőségeket nyithatna az Észak-Magyarországi Régió több helyszínén is.

A Tokaji-hegységre elkészített kalibrált áramlási modellel képesek leszünk különböző vízgazdálkodási forgatókönyveket (szcenáriókat) szimulálni az ivóvíz, az ásvány-és gyógyvíz, és a termálvízre vonatkozóan. A most kapott eredményeket természetesen tovább kell javítani a jövőben, leginkább a maradó beszivárgás eloszlásra illetve szivárgási tényező értékekre kell nagy hangsúlyt fektetni.

Mutatkozik egy erős igény ebben a régióban a turisztikai infrastruktúra fejlesztésére, amit az ásvány-és termálvíz erőforrásokra kívánnak alapozni. Éppen ezért, a regionális modellből készíthetünk kisebb léptékű lokális modelleket is, amelyekkel egyes területeken (pl. Szerencs, Sátoraljaújhely) szintén megmutatható a döntéshozóknak a hidrogeológiai viszonyok.

4. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutató munka a Miskolci Egyetemen működő Fenntartható Természeti Erőforrás Gazdálkodás Kiválósági Központ TÁMOP-4.2.2/A-11/1-KONV-2012-0049 jelű „KÚTFŐ” projektjének részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

5. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **SZŰCS, P., FEJES, Z., ZÁKÁNYI, B., FEKETE, ZS., SZÁRNYA, G., HARTAI, É., TURAI, E., GYULAI, Á., SZABÓ, N., CSERNY, T.** (2014): *General Characterization of Mineral and Thermal Water Resources in the Tokaj Mountains*. Geosciences and Engineering: A Publication of the University of Miskolc 3:(5) pp. 77-82. (2014)
- [2] **FEKETE ZS., FEJES Z., SZŰCS P., GONDA N.:** *A Tokaji-hegység vízkémiai jellemzése. A Kárpát-medence ásványvizei*: X. Nemzetközi Tudományos Konferencia. Konferencia helye, ideje: Csíkszereda, Románia, 2014.08.28-2014.08.31. Csíkszereda: Sapientia, 2014. pp. 53-62. (ISBN:978-973-7625-63-2)
- [3] **ZALAI P.:** *A Zempléni-hegység regionális geofizikai kutatási programja*. ELGI Adattár, kézirat, 1991.
- [4] **KOMPÁR L., SZŰCS P., DEÁK J., PALCSU L.:** *Beszivárgás vizsgálatok terepi és laboratóriumi lehetőségei*. 10. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia. Konferencia helye, ideje: Kolozsvár, Románia, 2014.03.27-2014.03.29. Kolozsvár: Ábel Kiadó, pp. 136-139 ISSN 1842-9815