

**A CÉLZOTT FELSZÍNALATTI VÍZUTÁNPÓTLÁS LEHETŐSÉGEI
LOKÁLIS FELSZÍNALATTI VÍZÁRAMLÁSI FOLYAMATOK
TÜKRÉBEN, A DUNA-TISZA KÖZI HOMOKHÁTSÁG TERÜLETÉN**

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

KÉSZÍTETTE:

SZABÓ ZSÓKA

OKLEVELES GEOLÓGUS

Témavezető: Mádlné Dr. Szőnyi Judit, egyetemi docens
Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, Földrajz- és Földtudományi
Intézet, Eötvös Loránd Tudományegyetem



Környezettudományi Doktori Iskola

A doktori iskola vezetője: Dr. Turányi Tamás, egyetemi tanár

Környezeti Földtudomány Doktori Program

A doktori program vezetője: Dr. Szalai Zoltán, egyetemi docens

Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék
Földrajz- és Földtudományi Intézet
Természettudományi Kar
Eötvös Loránd Tudományegyetem

Budapest

2023

DOI: 10.15476/ELTE.2023.157

1. Bevezetés és célkitűzések

A vízgazdálkodás területén az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás egyik legperspektivikusabb módja a célzott felszínalatti vízutánpótlás (Managed Aquifer Recharge – MAR), amely a víztartók tudatos vízutánpótlását jelenti, későbbi vízkivétel céljából vagy környezeti haszon elérése érdekében (Dillon és mtsai., 2009). Magyarországon a felszíni vizek visszatartása mellett, a felszínalatti víz utánpótlásának is várhatóan egyre nagyobb szerepe lesz a vízgazdálkodásban (OVF, 2022).

A Duna-Tisza közti Homokhátság területén a klímaváltozás és emberi tevékenységek hatására jelentősen csökkent a felszínalatti víz szintje, amely hatással volt a területen található felszínalatti víztől függő ökoszisztémákra (FAVÖKO) is (Kovács és mtsai., 2017). Számos terv készült a terület vízhiányának megoldására, amelyek elsősorban nagyléptékű műszaki beruházásokkal próbálták volna orvosolni a problémát (pl. Duna-Tisza csatorna; Orlóci, 2003). E nagyszabású tervek közös jellemzője, hogy felszíni vízpótlási szempontból próbálják megoldani a problémát és ezzel figyelmen kívül hagyják a terület természetes adottságait és a felszínalatti vízáramlási rendszerek működését. Érdeemes a Homokhátság vízpótlását a hidrogeológiai szempontok bevonásával, más irányból megközelíteni. Ehhez a helyi vízkészletek visszatartásán és tározásán alapuló lokális léptékű vízpótlási módszerek vizsgálata szükséges. A helyi adottságok alapján a sekély kútba (SW) történő

beszivárogtatással párosított tetőkről történő esővízgyűjtés (RRWH-SW) több szempontból is kedvező MAR módszer lehet a DTkH területén.

Figyelembe véve i) a Duna-Tisza közti Homokhátság területére készült korábbi felszínalatti vízáramlási rendszereket vizsgáló regionális léptékű tanulmányokat (pl. Mádl-Szőnyi és Tóth, 2009); ii) a tetővízgyűjtéssel és sekély kúton keresztül történő beszivárogtatással foglalkozó esettanulmányokat (pl. Pavelic és mtsai., 2022); valamint iii) a felszínalatti vízáramlások MAR szempontból történő vizsgálatának hiányát, az alábbi célkitűzéseket fogalmaztam meg:

1. A kutatási terület lokális felszínalatti vízáramlásainak jellemzése hidraulikai és vízkémiai szempontból.
2. A kutatási területre jellemző évszakos vízszint és vízkémiai változások vizsgálata.
3. Egy a DTkH-n kialakított RRWH-SW rendszer működésének két hidrológiai évig tartó vizsgálata porózus víztartó esetén i) a módszer mennyiségi és minőségi potenciáljának jellemzésére, ii) környezeti hatásainak vizsgálatára, különös tekintettel a felszínalatti víz esetleges elszennyeződésére, valamint iii) a beszivárogtatási hatékonyság változásainak elemzésére.
4. A felszínalatti víztükör lejtésének és további paraméterek hatásának 2D numerikus vizsgálata felszíni beszivárogtatáson alapuló MAR hatékonyságára a FAVÖKO-k helyreállítása szempontjából, valamint az eredmények tesztelése egy

Kerekegyháza és a Kondor-tó közötti félelméleti szelvény mentén.

2. Alkalmazott módszerek

A kutatási terület vízáramlási viszonyainak feltérképezéséhez vízföldtani naplókából származó (SZTFH) archív kútdatokat használtam. Az elérhető adatok közül a kutak vízszint (összesen 71 kút), valamint általános vízkémiai paramétereit dolgoztam fel (összesen 34 kút). Ezek alapján nyomás-eleváció profilokat, tomografikus potenciáltérképeket, koncentráció-eleváció diagramokat és Piper-diagramot készítettem.

A felszínalatti vízszint és vízminőség időbeli változékonyságának vizsgálatára évszakos méréseket végeztem a Kerekegyháza környékén található sekély ásott kutakban. Az első felmérés alkalmával azonosított 17 ásott kútból hét volt alkalmas a vízszint mérésére, amelyek közül mindössze három esetén volt lehetőség vízmintavételre. E kutak esetén mértem a víz fizikai-kémiai paramétereit (hőmérséklet, pH, fajlagos elektromos vezetőképesség, redox potenciál, oldottoxigén-tartalom), valamint vízmintát vettem laboratóriumi elemzésre (fő ionok, NO_3^- , hidrogén és oxigén stabilizotópok). Az évszakos vizsgálatokba a tetővízgyűjtő kísérlet három kútját is bevontam.

Az RRWH-SW módszer alkalmazhatóságát egy terepi kísérlet folyamatos monitorozásával vizsgáltam. Folyamatos idősorokat rögzítettem a vízszint, a fajlagos elektromos vezetőképesség, és a

hőmérséklet tekintetében a beszivárogtatásra használt kútban (SW), valamint a két megfigyelőkútban (P1, P2). Az évszakos mérések során vizsgáltam a fő ionokat, nyomelemeket, a hidrogén és oxigén stabilizotópokat és a tríciumot. Az eredmények értelmezéséhez további kiegészítő méréseket végeztem, amelyek során a csapadék, a tetővíz és két kontroll kút (KE01, KE02) vízkémiai összetételét vizsgáltam, továbbá két iszapminta szemcseméret-eloszlását, szervesanyag-tartalmát, valamint két másik iszapminta kémiai összetételét (teljes kioldást és szekvenciális kioldást követően) is meghatároztam. A terepi mérési eredmények értelmezéséhez napi átlaghőmérséklet és napi csapadékmennyiség adatokat (OMSZ, Időkép Kft.), valamint a környékbeli sekély megfigyelőkutak vízszintidősorait (ADUVIZIG) is felhasználtam.

A felszínalatti vízszint lejtésének és további befolyásoló paraméterek (domborzat, modellhossz, a vízszint elevációja, a közeg geológiai tulajdonságai, heterogenitás és a beszivárogtató medence paramétere) hatásainak értékelésére kétdimenziós telített-telítetlen zóna modellezést végeztem, különböző elméleti scenáriók vizsgálatával. Továbbá teszteltem az eredményeket egy Kerekegyháza és a Kondor-tó közötti félelméleti szelvény mentén.

3. Eredmények, az értekezés tézisei

- 1. Hidraulikai adatfeldolgozással, nyomás-eleváció profilok és tomografikus potenciáltérképek szerkesztésével és elemzésével**

megállapítottam, hogy **Kerekegyháza település beáramlási területen helyezkedik el, míg a tőle DNy-ra elhelyezkedő Kondor-tó átáramlási területen található.** Közöttük a felszínalatti vízáramlás ÉK-ről DNy-i irányba történik, amely követi a domborzatot.

2. A tetővízgyűjtő és beszivárogtató rendszer monitorozására mind a kísérleti rendszer (sekély ásott kút két megfigyelő kúttal), a vizsgált jellemzők (komplex hidrológiai, hidraulikai, hőmérsékleti és vízkémiai), mind a vizsgált időtartam (26 hónap) tekintetében olyan **komplex módszertant dolgoztam ki**, ami nemzetközileg egyedülálló és máshol is alkalmazható sekély porózus víztartó és ásott kútba történő esővíz-bejuttatás esetén.
3. A kísérlethez kapcsolódó hosszútávú vízkémiai megfigyelések segítségével bizonyítottam, hogy **a tetővízgyűjtés pozitív hatással van a sekély felszínalatti víz minőségére.** A kísérlet során jelentős és tartós csökkenést sikerült elérni a Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- koncentrációk és az összes oldottanyag-tartalom tekintetében. A tetővízben, a kutak vizében, valamint a kút talpán lévő üledékben található szennyezők vizsgálata és a vonatkozó hatályos jogszabályokkal való összevetése alapján megállapítottam, hogy **a Zn, a Sr, a Cu, a Mn, a Ba és az Al dúsulnak a tetővízben** a csapadékvízhez képest. Ugyanakkor az ásott kút vizének és a kút talpán felhalmozódó üledék vizsgálata alapján valószínűsíthető az üledékben történő megkötődésük, így

jelentős kockázatot nem jelentenek a felszínalatti vízminőség szempontjából.

4. A kísérletbe bevont ásott kút, valamint a településen található további két tetővízgyűjtésre használt ásott kút vízkémiai változásainak összevetésével rávilágítottam **a környezetével eltérő hidraulikai kapcsolatban álló és különböző karbantartási gyakorisággal jellemezhető kutak közötti működésbeli különbségekre**. A KE02 elsősorban rátáplál a felszínalatti vízre, míg SW dinamikus kapcsolatban áll vele; a KE01 alja eltömődött a karbantartás hiánya miatt, így lassabb a beszivárgás folyamata. Ugyanakkor részletes vízkémiai vizsgálatok alapján kimutattam, hogy egyik kút vize sem jelent számottevő környezetszennyezési kockázatot.
5. A csapadékesemények során bekövetkező vízoszlop-emelkedések, valamint az azt követő beszivárgás során mért vízszintek elemzése alapján megállapítottam, hogy a kút aljának feliszapolódása nagyjából egy nagyságrenddel csökkentette a kút talpának hidraulikus vezetőképességét. Ajánlást tettem a hatékonyságcsökkenés előrejelzésére: **ha az észlelt vízoszlop-emelkedés és a potenciális vízoszlop-emelkedés aránya három egymást követő csapadékeseménynél nagyobb, mint 50–60%, akkor feltételezhető a kúttalp eltömődése, és intézkedéseket kell tenni a probléma elhárítására.**

6. A kísérlet tudományos eredményei és tanulságai alapján **ajánlást tettem más tetővízgyűjtő sekélykutas MAR rendszerek háztartási szintű megvalósítására**, amely magába foglal a rendszer kialakítására, működtetésére, karbantartására és megfigyelésére vonatkozó útmutatásokat egyaránt, ezzel alapot szolgáltatva az RRWH-SW módszer megfelelő és biztonságos alkalmazásához.
7. Elméleti és félelméleti (esettanulmány) telített-telítetlen numerikus modellszenáriók segítségével **rámutattam a felszínalatti vízszint lejtésének jelentőségére a célzott felszínalatti vízutánpótlás alkalmazásával kapcsolatban**, egy beáramlási és egy kiáramlási területtel jellemezhető egyszerű félmedencében. Az eredmények alapján egy koncepcionális modellt dolgoztam ki arra vonatkozóan, hogy miként vehető figyelembe a célzott felszínalatti vízutánpótlás során a felszínalatti vízáramlás, valamint a be- és kiáramlási területek elhelyezkedése. **A lokális beáramlási területen történő vízpótlás közvetetten vízszintemelkedést idéz elő a lokális kiáramlási területen is, amely hozzájárul az ott található felszínalatti víztől függő ökoszisztéma fenntartásához.** Ez a koncepció egy vízgazdálkodási lehetőséget kínál a hatékonyabb víz visszatartás és vízpótlás eléréséhez, mind mennyiségi, mind minőségi szempontból.

4. Felhasznált irodalom

- DILLON, P., PAVELIC, P., PAGE, D., BERINGEN, H., WARD, J. (2009). Managed aquifer recharge: An Introduction. Waterlines Report Series No. 13. *Australian Government National Water Commission, Canberra*, 86 p.
- KOVÁCS, A. D., HOYK, E., FARKAS, J. Z. (2017). Homokhátság - a special rural area affected by aridification in the Carpathian basin, Hungary. *European Countryside*, 9(1), 29–50. <https://doi.org/10.1515/euco-2017-0003>
- MÁDL-SZÖNYI, J., TÓTH, J. (2009). A hydrogeological type section for the Duna-Tisza Interfluve, Hungary. *Hydrogeology Journal*, 17(4), 961–980. <https://doi.org/10.1007/s10040-008-0421-z>
- ORLÓCI, I. (2003). A Tiszát a Dunával összekötő csatorna: a Duna-Tisza csatorna. *Hidrológiai Közöny*, 83(4), 243–250.
- OVF (2022). Magyarország vízgyűjtő-gazdálkodási terve – 2021 (VGT-3). *Országos Vízügyi Főigazgatóság*, 686 p.
- PAVELIC, P., HOANH, C. T., D’HAEZE, D., VINH, B. N., VIOSSANGES, M., CHUNG, D. T., ROSS, A. (2022). Evaluation of managed aquifer recharge in the Central Highlands of Vietnam. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 44, 101257. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101257>

5. Doktori kutatáshoz kapcsolódó publikációk

- SZABÓ, Z., PEDRETTI, D., MASETTI, M., RIDAVITS, T., CSISZÁR, E., FALUS, G., PALCSU, L., MÁDL-SZÖNYI, J. (2023). Rooftop rainwater harvesting by a shallow well – Impacts and potential from a field experiment in the Danube-Tisza Interfluve, Hungary. *Groundwater for Sustainable Development*, 20, 100884. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2022.100884>
- SZABÓ, Z., SZIJÁRTÓ, M., TÓTH, Á., MÁDL-SZÖNYI, J. (2023). The Significance of Groundwater Table Inclination for Nature-Based Replenishment of Groundwater-Dependent Ecosystems by Managed Aquifer Recharge. *Water*, 15(6), 1077. <https://doi.org/10.3390/w15061077>
- SZABÓ, Z., TAHY, Á., MÁDLNÉ SZÖNYI, J. (2020). A célzott felszín alatti vízutánpótlás nemzetközi trendjei és hazai alkalmazási lehetőségei. *Hidrológiai Közöny*, 100(4), 40–51.

6. Egyéb publikációk

- CZAUNER, B., ERÖSS, A., SZKOLNIKOVICS-SIMON, S., MARKÓ, Á., BAJÁK, P., TRÁSY-HAVRIL, T., SZIJÁRTÓ, M., SZABÓ Z., HEGEDŰS-CSONDOR, K., MÁDL-SZŐNYI, J. (2022). From basin-scale groundwater flow to integrated geofluid research in the Hydrogeology Research Group of Eötvös Loránd University, Hungary. *Journal of Hydrology X*, 100142. <https://doi.org/10.1016/j.hydroa.2022.100142>
- IMIG, A., SZABÓ, Z., HALYTSIA, O., VRACHIOLI, M., KLEINERT, V., REIN, A. (2022). A review on risk assessment in managed aquifer recharge. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 18(6), 1513–1529. <https://doi.org/10.7343/as-2021-505>
- HAYAT, S., SZABÓ, Z., TÓTH, Á., MÁDL-SZŐNYI, J. (2021). MAR site suitability mapping for arid–semiarid regions by remote data and combined approach: A case study from Balochistan, Pakistan. *Acque Sotterranee-Italian Journal of Groundwater*, 10(3), 17–28. <https://doi.org/10.1002/ieam.4584>

7. Doktori kutatáshoz kapcsolódó konferenciaközlemények

- SZABÓ, Z., SZIJÁRTÓ, M., MASETTI, M., MÁDL-SZŐNYI, J. (2022). Involvement of groundwater table inclination in nature-based GDE replenishment. In: 49th IAH Congress Abstracts.
- SZABÓ, Z., PEDRETTI, D., MASETTI, M., RIDAVITS, T., CSISZÁR, E., FALUS, G., PALCSU, L., MÁDL-SZŐNYI, J. (2022). Rooftop rainwater harvesting by a shallow dug well – impacts and potential from a field experiment in the Danube-Tisza Interfluve, Hungary. In: International Conference “Groundwater, key to the Sustainable Development Goals” Abstracts.
- SZABÓ, Z., PEDRETTI, D., MASETTI, M., RIDAVITS, T., CSISZÁR, E., FALUS, G., PALCSU, L., SÜTŐ, V., MÁDL-SZŐNYI, J. (2022). Rooftop Rainwater Harvesting by Shallow Well Infiltration – Challenges and Opportunities. In: ISMAR11 Abstracts.
- CSISZÁR, E., SZABÓ, Z., MÁDLNÉ SZŐNYI, J. (2021). Célzott felszínalatti vízpótlás (MAR) alkalmazása a hazai vízgazdálkodásban. In: Magyar Hidrológiai Társaság (MHT) XXXIX. Országos Vándorgyűlés.
- CSISZÁR, E., SZABÓ, Z., MÁDLNÉ SZŐNYI, J. (2021). Célzott felszínalatti vízpótlás (MAR) alkalmazása a (csapadék)vizek helyben tartása és hasznosítása céljából. In: III. Országos Települési Csapadékvíz–gazdálkodási Konferencia, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Víz tudományi Kar (NKE-VTK), Baja.
- SZABÓ, Z., PEDRETTI, D., MASETTI, M., RIDAVITS, T., CSISZÁR, E., FALUS, G., PALCSU, L., SÜTŐ, V., MÁDLNÉ SZŐNYI, J. (2021). Sekély kutas célzott

felszínalatti vízutánpótlás – Környezeti hatások és lehetőségek kísérleti vizsgálata Kerekegyházán. In: XXVII. Almássy Endre konferencia a felszín alatti vizekről – Absztrakt kötet. pp. 21–22.

SZABÓ, Z., SZIJÁRTÓ, M., MASETTI, M., PEDRETTI, D., VISNOVITZ, F., MÁDL-SZÖNYI, J. (2021). The Impact Of Topography, Geology And Local Hydrogeology On The Efficiency Of Managed Aquifer Recharge – A Case Study From The Danube-Tisza Interfluve, Hungary. In: IAH2021 Book of Abstracts. p. 165.

SZABÓ, Z., PEDRETTI, D., MASETTI, M., RIDAVITS, T., CSISZÁR, E., FALUS, G., PALCSU, L., SÜTŐ, V., MÁDL-SZÖNYI, J. (2021). The Effectivity and Potential of Rooftop Rainwater Harvesting by Shallow Well Infiltration in Kerekegyháza, Hungary. In: Mádl-Szőnyi, J., Erhardt, I., Hohol, R. (szerk.) International Symposium on Geofluids: 7-9 July 2021 - virtual event: abstract volume. József and Erzsébet Tóth Endowed Hydrogeology Chair and Foundation, Budapest, Magyarország. p. 111.

SZABÓ, Z., PEDRETTI, D., MASETTI, M., RIDAVITS, T., CSISZÁR, E., MÁDL-SZÖNYI, J. (2021). Experimental rooftop rainwater harvesting by shallow well infiltration – A case study from the Duna-Tisza Interfluve, Hungary. In: European, Geosciences Union General Assembly EGU General Assembly 2021: Conference Abstracts. EGU General Assembly (2021). Paper: EGU21-7985.

SZABÓ, Z., PEDRETTI, D., MASETTI, M., RIDAVITS, T., CSISZÁR, E., MÁDLNÉ SZÖNYI, J. (2021). Célzott felszínalatti vízutánpótlás – Hatások és lehetőségek kísérleti vizsgálata Kerekegyházán: Experimental rooftop rainwater harvesting by shallow well infiltration in Kerekegyháza, Hungary. In: Cseresznyés, D., Király, Cs. (szerk.) XVI. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia [16th Carpathian Basin Conference for Environmental Sciences]: absztrakt kötet [abstract book]. ELTE Természettudományi Kar, Budapest, Magyarország. p. 37.

SZABÓ Z., RIDAVITS, T., CSISZÁR, E., MÁDL-SZÖNYI, J. (2020). Preliminary results of Rooftop Rainwater Harvesting and shallow well infiltration pilot project in the Danube-Tisza Interfluve, Hungary. In: IWRA 2020.

MÁDL-SZÖNYI, J., SZABÓ, Z., SILVA CISNEROS, C. (2019). Recent applications and future prospects for MAR techniques in Hungary. In: 10th International Symposium on Managed Aquifer Recharge (ISMAR10) - Abstracts Book & Program. Abstract No.128.

SZABÓ, Z., MÁDLNÉ SZÖNYI, J., TAHY, Á. (2019). A célzott felszínalatti vízutánpótlás helyzete és lehetőségei hazánkban. In: Felszín, Alatti Vizekért Alapítvány (szerk.) XXVI. Almássy Endre konferencia a felszín alatti vizekről. Az előadások összefoglalói. pp. 7–8.