

Koch Dániel<sup>1</sup>  – Kutassy Emese<sup>2</sup>  – Nagy Tamás<sup>3</sup> 

# Szivárgáshidraulikai vizsgálatok a Kolon-tó vízgyűjtőjén

## Groundwater Modelling at the Catchment of Kolon Lake

A Duna–Tisza közti homokhátságon időről időre vízgazdálkodási problémák jelennek meg. Ezek elsődleges kiváltó oka a részben antropogén hatásnak, részben pedig természeti folyamatoknak köszönhető talajvízszint-süllyedés. A talajvízszint-süllyedés a vizes élőhelyeken, mezőgazdasági és erdőgazdasági területeken egyaránt gondot okoz, és konfliktusokhoz vezet a tavak üzemeltetési kérdéseiben. Ezek a negatív hatások érintik a Kolon-tavat is, amely a Kiskunság kiemelt jelentőségű édesvízi mocsara. A Kolon-tó térségében jelentkező vízhiány távlatilag öntözési szükségleteket támaszthat a tó vízgyűjtőjén. Az ilyen irányú hatásokat próbáljuk előre jelezni a vízgyűjtőjére készített hidrodinamikai modell segítségével. A tárgyi modellvizsgálatok célja annak feltárása, milyen várható hatást gyakorol ezen a területen a vízszintpotenciál-eloszlásra, ha azzal számolunk, hogy a talajvízkészletet érintő rendszeres öntözési vízkivételre kerül majd ott sor.

**Kulcsszavak:** vízkészletbecslés, talajvíz-modellezés, vízgyűjtőfeltárás

The water management problems of the Sand ridge between the Danube and Tisza rivers appear from time to time. The groundwater level subsidence in the area, which partly due to the anthropogenic impact and partly due to natural processes, is the primary cause of the problems. Groundwater level subsidence is the main problem in wetlands, agricultural and forestry areas. These negative processes also affect the Kolon Lake, which is a marshland of special importance in Kiskunság. The lack of water in the area of the Kolon Lake may raise long-term irrigation needs in the catchment area of the lake. Based on our prepared hydrodynamic model, we try to make a prediction, and we are able to monitor the development of the groundwater base and estimate the effects.

**Keywords:** estimation of water quantity, groundwater modelling, catchment exploration

<sup>1</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Kar, egyetemi tanársegéd, e-mail: [koch.daniel@uni-nke.hu](mailto:koch.daniel@uni-nke.hu)

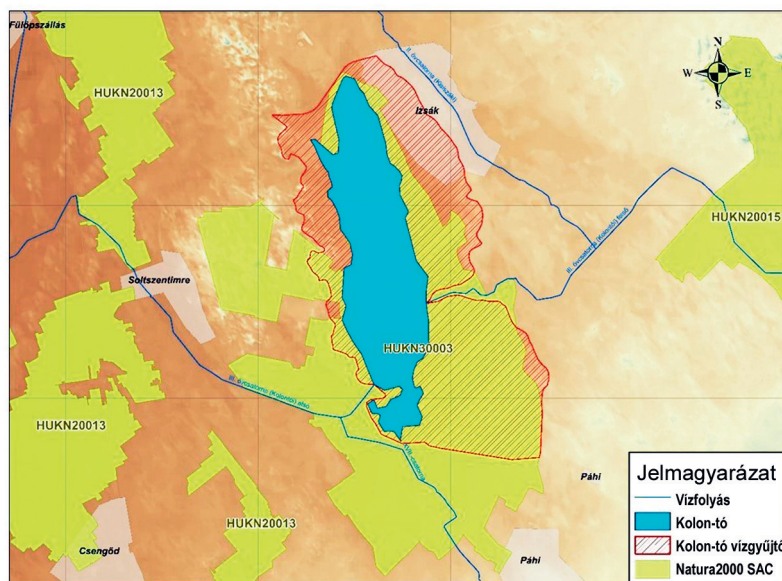
<sup>2</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Kar, mérnök tanár, e-mail: [kutassy.emese@uni-nke.hu](mailto:kutassy.emese@uni-nke.hu)

<sup>3</sup> Kiskunsági Víziközmű-Szolgáltató Kft., hidrogeológus, e-mail: [nagy.tamas@kiskunviz.hu](mailto:nagy.tamas@kiskunviz.hu)

## 1. Bevezetés

Az Izsák településtől délnyugati irányban és Soltszentimre településtől keleti irányban elhelyezkedő Kolon-tó az Országos Vízügyi Főigazgatóság Adatbázisa alapján síkvidéki, természetes eredetű, meszes és szerves vízkémiai tulajdonságú állóvíznek tekinthető. Az átlagosan 0,6 méteres vízmélység mellett a tó vízfelülete mintegy 8,97 km<sup>2</sup>.<sup>4</sup> A Kolon-tó vízgyűjtő területe 2626,78 hektár lehet, amelynek laterális kiterjedése nagyobb részben a keleti irányban elhelyezkedő, magasabb térszínnel jellemezhető hátsági területekre eshet. Ebből adódóan a felszíni és felszín alatti lefolyásból, valamint a felszín alatti vízkészletek gravitációs eredetű áramlásából származó utánpótlódás döntően a keleti területekről érkezik.

A tó és az annak környezetében elhelyezkedő vizes élőhelyek ökológiai vízkészletének mennyiségi paraméterei a lehullott csapadék mellett döntően a térség talajvízkészletének mennyiségi állapotától függhetnek, tehát a vízgyűjtőgazdálkodási tervezés során a terület a felszín alatti víztől függő ökoszisztéma minősítését kapta. Ennek közvetett okaként, illetve az itt élő flóra- és faunaelemek érzékenysége következtében a Kolon-tó és környezete – összesen 3581,79 hektár laterális kiterjedésben – különleges természetmegőrzési és különleges madárvédelmi területként a Natura 2000 hálózat részévé vált (HUKN30003, Izsáki Kolon-tó).<sup>5</sup>



1. ábra. A Kolon-tó térsége

Forrás: a szerzők szerkesztése

<sup>4</sup> Országos Vízügyi Főigazgatóság: A Duna-vízgyűjtő magyarországi része. Vízügyi Főigazgatóság – 2015 Budapest. 2016. 1.1 sz. melléklet.

<sup>5</sup> Országos Vízügyi Főigazgatóság (2016): i. m. 6.7 sz. háttéranyag.

A homokhátsági területek, köztük a Kolon-tó térsége víztől függő ökoszisztémáinak állapotát rontja a területre jellemző talajvízszint-süllyedés. Így a vizes élőhelyek jó ökológiai állapotához szükséges vízigények biztosítása a felszín alatti vízkészletekre korlátozódik, s akár meg is szűnhet. A felgyorsult beszivárgás következtében a közvetlenül a csapadékból származó felszíni utánpótlódás mértéke is számottevően lecsökkenhet.<sup>6</sup>

Ugyanakkor számítani kell arra, hogy az EU által támogatott öntözésfejlesztési beruházások több és akár jelentős volumenű, döntően a talajvizadót érintő öntözési célú vízkivétel tervezését és megvalósulását vonhatják maguk után, melyek jelentős kockázatot jelenthetnek a Kolon-tó környezetében elhelyezkedő vizes élőhelyek ökológiai vízigényének felszín alatti vízkészletekből származó utánpótlására.<sup>7</sup>

A felszín alatti vízkivételek mellett az egyes klimatikus elemek (lehullott csapadék mennyisége, léghőmérséklet, párolgás) kedvezőtlen irányú változásából adódó, a felszín alatti vízkészletek mennyiségi állapotára vonatkozó kockázatok területi értékelésére, valamint a különböző hidrodinamikai paraméterek időbeli változásának nyomon követésére és hatásbecslésére a térséget lefedő lokális vagy szubregionális hidrodinamikai modellek lehetnek alkalmasak. A modellek lefuttatásához, a szükséges peremfeltételeik lehető legpontosabb megadásához és időbeli nyomon követéséhez folyamatos vízszintregisztrálásra alkalmas, továbbá a terület földtani és vízföldtani adottságainak megfelelő elemű és műszaki kialakítású monitoring-rendszer kialakítására lehet szükség.

Kutatási célkitűzésünk egy olyan hidrodinamikai modell elkészítésére irányult, amely alkalmas a Kolon-tó mint vizes élőhely vízkészletei változásának, ezáltal ökológiai állapotának folyamatos nyomon követésére, a kockázatot jelentő hatásmechanizmusok kimutatására. A vizsgálathoz a Kolon-tó térségében fellelhető 10 db állami üzemeltetésű törzshálózati talajvízszint-figyelő kút és 4 db ásott kút 2019. szeptember 7-én mért talajvízállásai szolgáltatnak kalibrációs adatot. A vizsgálat során hipotetikus öntözési célú vízkivételeket határoztunk meg, például a terület művelési ága, az átlagos öntözési norma és idő alapján. Célunk a modell segítségével kimutatni az öntözési célú távlati vízkivételek talajvízszint-süllyedést fokozó hatását, valamint a talajvízszint-csökkenés mértékének számszerűsítését elvégezni a Kolon-tó vízgyűjtőjén.

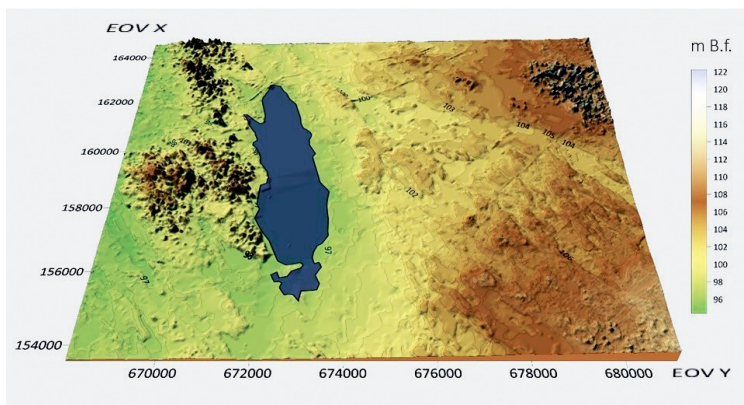
## 2. A térség általános földtani és vízföldtani jellemzése

A modellezett terület földrajzi szempontból a Duna–Tisza közti homokhátsághoz tartozó Kiskunsági-homokhát délnyugati peremén helyezkedik el. Geomorfológiailag a terület túlnyomó részben futóhomokkal borított hordalékkúp síkságnak, illetve a domborzat tagoltsága szerint enyhén tagoltnak (relatív reliefkülönbség 5–25 m/km<sup>2</sup>) tekinthető. A Kolon-tó közvetlen környezetében jellemző mélyfekvésű szikes területeken a tőzeges, finomszemcsés, iszapos,

<sup>6</sup> Országos Vízügyi Főigazgatóság (2016): i. m. 6.4.4 sz. háttéranyag.

<sup>7</sup> Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság: *Duna-részvízgyűjtő*. Győr, 2020. 40–43.

agyagos felszíni borítottság lehet meghatározó.<sup>8</sup> A térszín megközelítőleg kelet-nyugati irányban 110–96 mBf. intervallum közötti, fokozatosan csökkenő tendenciát mutat. Ugyanakkor a Kolon-tó 96–98 mBf. magasságértékekkel leírható közvetlen térségétől nyugati irányban is jellemzőek lehetnek 100–104 mBf. volumenű térszínekkel leírható homokbuckás területek.<sup>9</sup>



2. ábra. A modellezett terület rész felszíni morfológiája

*Forrás: a szerzők szerkesztése*

A modellezett területen az alaphegységi, túlnyomórészt paleozóos karbon korú gránit, granitoid és kisebb részben mezozóos tengeri eredetű földtani képződmények megközelítőleg 800–1200 méter mélységben helyezkednek el, és fedőjükben több száz méter vastagságban miocén, döntően bádai tengeri üledékek találhatók. A modellterület nyugati és délkeleti peremi részén szintén tengeri képződési környezettel jellemezhető alsó pannon rétegek is detektálhatók lehetnek. A miocén és alsó pannon képződmények fedőjében lerakódott homokkő, aleurilit és agyagmárga található, majd azt követően folyóvízi és tavi eredetű, közép- és finomszemcsés homok, homokkő, aleurit, s az agyagrétegek vastag homokos közbe-településekkel jelennek meg. Ez a felső pannon üledékösszlet megközelítőleg 600–800 méter mélységben már jelen lehet.

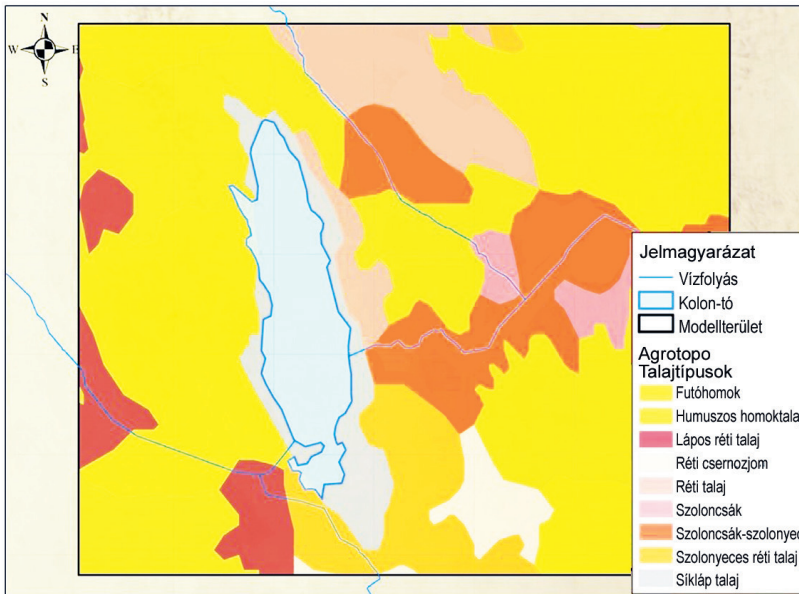
A keleti irányban fokozatosan vastagodó, megközelítőleg 110–140 méter vastag negyedkori üledékeket jórészt folyóvízi genetikájú rétegösszlet alkotja. Az alluviális rétegsorban 15–20 méter vastagságú, változó szemcse nagyságú, tehát apró-, közép- és durvaszemcsés homok, illetve maximálisan 8–10 méter vastagságú finomabb szemcsés agyagos homok, aleurites homok, homokos agyag, aleurites agyag rétegeinek megjelenésére lehet számítani. A homokos kifejlődésekben gyakorinak tekinthetők a túlnyomó részben lencsés geometriájú kavicsos homok, illetve homokos kavics kőzettani összetételű mederüledékek is. A holocén talajosodott homokos és magas nátriumsó-tartalmú szikes üledékek képviselhetik a térségben.<sup>10</sup>

<sup>8</sup> Molnár Béla – Iványosi Szabó András – Fényes József: A Kolon-tó kialakulása és limnogeológiai fejlődése. *Hidrológiai Közöny*, 59. (1979), 12. 549–560.

<sup>9</sup> Akusztika Mérnöki Iroda Kft.: *Vizkészslet-gazdálkodási Térségi Terv az Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság Területére*. Baja, 2017. 18.

<sup>10</sup> Molnár Béla: *A Kiskunsági Nemzeti Park földtana és vízföldtana*. Szeged, JATEPress, 2015, 183–213.

Talajtani szempontból a Kolon-tó közvetlen környezetében magas vízállással jellemezhető síkláp-talajok találhatók, míg kissé távolodva döntően a futóhomok-talaj és a mozgó homokszemcsék megkötöttségének függvényében humuszos homoktalaj megjelenése lehet általános. Valószínűsíthetően a területre jellemző mélységi kompressziós feláramlásból adódó, igen magas sótartalmú talajvizek következményeként a homokos talajok közé beékelődve igen gyenge vízgazdálkodási tulajdonságú szikes talajrétegek találhatók. Ezekben a nátriumsók ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) felhalmozódása következtében – amelynek intenzitása, eloszlása mélység és talajszintek szerint differenciálódik – szoloncsák- és szolonyectalajok lehetnek jellemzőek. Utóbbiak jelenléte az öntözéses gazdálkodás szempontjából korlátozó ok lehet.<sup>11</sup> A talajtípusok modellezett területen belüli eloszlását a 3. ábra mutatja be.



3. ábra. A modellezett területre szén belül jellemző talajtípusok elterjedése

*Forrás: a szerzők szerkesztése*

A modellvizsgálatok tárgyát képező térség túlnyomó része hidrodinamikai szempontból semleges, tehát oldalirányú felszín alatti áramlással jellemezhető területnek tekinthető. Ebből adódóan a térség talajvízkészletének utánpótlódását a lehullott csapadékból származó beszivárgás mellett a Duna–Tisza közti hátság magasabb térszínrel jellemezhető leáramlási területei felől történő oldalirányú hozzáfolyás is biztosíthatja.<sup>12</sup> Ugyanakkor a területen a gravitációs áramlási rezsim által generált sekély mélységű feláramlási zónák mellett lokálisan jellemzőek lehetnek a mélységi kompressziós eredetű feláramlási területek is, ennek következtében

<sup>11</sup> Zsemle Ferenc – Mádlné Szőnyi Judit – Angelus Béla: Felszíni hidraulikai rezsimjelleg térképezése az izsáki Kolon-tó környezetében. *Hidrológiai Közöny*, 82. (2002), 2. 104–109.

<sup>12</sup> Consult-Info Mérnöki, Szervező és Szolgáltató Kft: *A Közép-homokhátsági tározók üzemelésének felülvizsgálata a természetvédelmi szempontok figyelembe vételével*. Budapest, 2005.

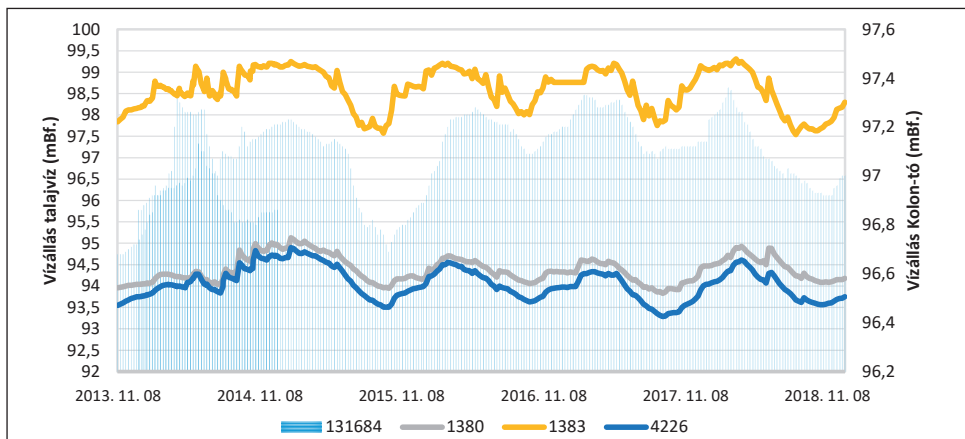
a sekély mélységű réteg- és talajvizek oldott sótartalma is igen magas lehet, ami a fentiekben említett szikes talajtípusok kialakulásához is elvezetett.<sup>13</sup>

A területen a talajvíz áramlási iránya a felszíni morfológia által generált térszíncsökkenést követve regionálisan kelet–nyugati lehet. A Kolon-tó környezetében a talajvíz mélységbeli elhelyezkedésének területi és időbeli eloszlása az attól keleti irányban elhelyezkedő Izsák (001383. számú) és a nyugati irányban található Soltszentimre és Fülöpszállás (001380. és 004226. számú) törzshálózati talajvízszint-figyelő kútjainak vízállás-idősorai alapján adható meg. Maga a Kolon-tó vízkészlete is túlnyomó részben a talajvízből származtatható, tehát a talajvízviszonyok jellemzésére alkalmasak lehetnek a tó vízállását regisztrálni hivatott 131683. és 131684. számú felszíni üzemi állomások idősorai is. A talajvízkút-adatsorokat az Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság (ADUVIZIG) bocsátotta rendelkezésünkre:

1. táblázat. Talajvízkutak adatai

Törzsszám	EOV_Y	EOV_X	Terep (mBf.)	Perem/Nullpont (mBf.)	Vízállás átlag (mBf.)
Soltszentimre, 001380	668 196	158 600	96,28	96,789	94,392
Izsák, 001383	674 451	161 400	99,40	100,299	98,521
Fülöpszállás, 004226	668 190	163 360	96,26	96,707	94,086
Kolon-tó alvíz, 131683	672 254,4	158 526,2		95,92	97,063
Kolon-tó felvíz, 131684	672 261,8	158 543,2		95,92	97,065

Forrás: a szerzők szerkesztése az ADUVIZIG adatai alapján



4. ábra. Talajvízkutak és a Kolon-tó vízállásai

Forrás: a szerzők szerkesztése

<sup>13</sup> Mádlné Szőnyi Judit et al.: Felszíni és felszín alatti vizek kapcsolata a Duna–Tisza-közi Kelemen-szék és Kolon-tó esetében. *Általános Földtani Szemle*, 30. (2005), 93–110.



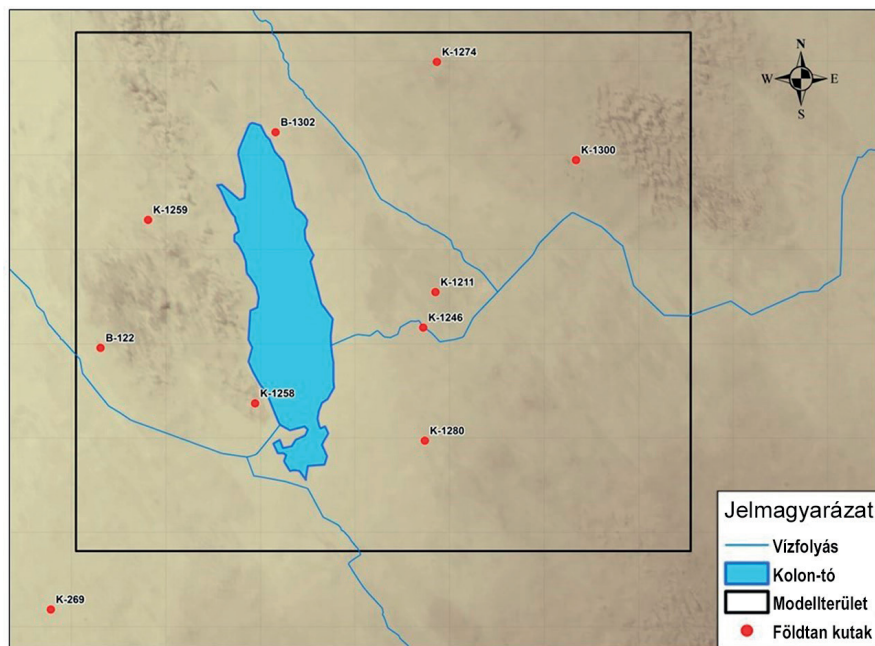
A fenti grafikon a 2013–2018 közötti vízállásidősorokat mutatja be. Az adatsorok alapján megállapítható, hogy a Kolon-tótól nyugatra eső területrészekben a talajvízszintek a terep alatt átlagosan 1,5–3,0 méter mélységben ingadozhatnak (93,5–95,0 mBf.), illetve a keletre eső, magasabb térszínnel jellemezhető területeken a terep alatt átlagosan 0,4–2,0 méter mélységben (97,5–99,2 mBf.) helyezkedhetnek el. Összehasonlítva a talajvízszint-figyelő kutak, valamint a Kolon-tó felvízi üzemi állomásának vízállásidősorait, elmondható, hogy mind a talajvíz, mind pedig a tó évszakos vízállás-ingadozásai időben igen jól korrelálhatók egymással, ami alátámasztja a tóban tározott vízkészletnek a talajvízzel való igen szoros kapcsolatát és annak döntően a talajvízből történő utánpótlását.

A tárgyi modellvizsgálatok célja annak vizsgálata, milyen hatást gyakorolnak a talajvízkészletet érintő hipotetikus öntözési vízkivételek a vízszintpotenciál-eloszlásra, ezért elégségesnek látszott a felszíntől 40,0 méterig terjedő mélységtartományban elhelyezkedő pleisztocén földtani képződmények részletesebb feltárása, amit az alábbi táblázatban szereplő kutak fúrási rétegsorai alapján lehetett megtenni. A kutak térbeli elhelyezkedését a K-46 és K-87 kutak kivételével az 5. ábra mutatja be.

2. táblázat. Talajvízkutak adatai

Település	Kat. Szám	EOV_Y	EOV_X	Talp (m)	Terep (mBf.)
Izsák	K-1300	678 674	161 894	30,00	116,54
Izsák	K-1258	671 887	156 734	34,40	98,50
Izsák	B-1302	672 319	162 484	73,50	97,65
Izsák	K-1246	675 442	158 341	41,90	101,50
Izsák	K-1211	675 701	159 093	43,00	103,00
Izsák	K-1280	675 477	155 942	34,00	102,26
Izsák	K-1274	675 732	163 975	50,00	102,53
Izsák	K-1259	669 624	160 625	26,00	98,00
Tabdi	K-46	672 438	149 362	88,00	105,01
Páhi	K-87	673 200	149 300	48,00	105,00
Soltszentimre	B-122	668 619	157 910	96,61	104,00
Csengőd	K-269	667 567	152 362	53,40	96,74
Orgovány	K-70	682 683	154 063	104,00	112,02

*Forrás: a szerzők szerkesztése*



5. ábra. A modellrétegek vertikális kiterjedését és közzetani felépítését megalapozó katasztrerezett kutak elhelyezkedése

*Forrás: a szerzők szerkesztése*

A 0,5–1,0 méter vastagságú, homokos, agyagos feltalaj alatt 40,0 méter mélységig változatos, de kvázi felfelé finomodó szemcsenagyságú, túlnyomó részben homokos földtani felépítésű pleisztocén alluviális rétegösszlet helyezkedik el. A térségre jellemző folyóvízi üledékképződés sajátosságaiból adódóan a vízrekesztő tulajdonságú, magas agyagtartalmú rétegek geometriája és vertikumban való elhelyezkedése igen változatos lehet, ezért a 40,0 méterig terjedő földtani képződmények egységesen talajvízadónak tekinthetők.

A talajvízadó üledékek felső 10,0–15,0 méter vastagságú részén az alacsonyabb térszínnel és szikes vagy réti talajokkal jellemezhető területeken döntően finom- és aprószemcsés, relatív nagy agyagtartalmú rétegek, agyagos aleurit és aleuritos agyag üledékei lehetnek jellemzők. Ugyanakkor a homokos talajtípusokkal rendelkező területrészekben az üledéksor felső részét apró- és középszemcsés homok közzetani kifejlődésű rétegei képviselhetik. Ezek közvetlen fekéjében nagyjából 10,0–15,0 méter vertikális kiterjedésű apró- és középszemcsés homokrétegek jelenhetnek meg, amelyeket nagy gyakorisággal vékony agyagos homok, agyagos aleurit közbetelepülései harántolhatnak.<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Molnár (2015): i. m.



A 40,0 méter vastagságú pleisztocén rétegsor alsó részén – a térségben jelenleg is üzemelő öntözési vízkivételek által túlnyomó részben érintett, 25,0–40,0 méter közötti mélységintervalumban – elhelyezkedő üledékek döntően közép- és durvaszemcsés homokból álló litológiával jellemezhetők. A jó vízáadó képességű homokrétegekben előfordulnak lencsés geometriájú kavicsoshomok-, illetve homokoskavics-kifejlődésű mederüledékek is, amelyek főleg Izsák közigazgatási területének keleti, délkeleti részén lehetnek jellemzők.<sup>15</sup>

### 3. A hidrodinamikai modellezés

A hidrodinamikai modellezés a Processing Modflow 5.3 modellező szoftver MODFLOW-moduljával készült. A MODFLOW modell telített zónában képes háromdimenziós áramlások szimulációjára permanens és nem-permanens állapotokban. A programmal nyomásszinteket, vízmérleget, az áramlási viszonyokat jellemző áramvonalakat és elérési időket lehet számítani. A numerikus megoldóképlet a véges differencia módszerét alkalmazza.

#### 3.1. A modell geometriája

A modellezett terület geometriájának meghatározásakor szempont volt a Kolon-tó tágabb környezetének érintettsége, és az arra vonatkozó vízgyűjtő terület laterális geometriája mellett a jelenleg is üzemelő és vízjogi engedéllyel rendelkező öntözési vízkivételek elhelyezkedése, továbbá a terület hidrodinamikai karakterisztikuma is. Ennek következtében a tótól keleti irányba eső, annak utánpótlódási területét képező térrész jelentősebb hányadát képezi a modellterületnek. Ennek megfelelően a felvett modellterület az EOV Y: 668 100 – 681 100 és EOV X: 153 600 – 164 600 földrajzi koordináták közötti 13 km × 11 km oldalhosszúságú téglalapnak feleltethető meg, amelynek tájolása észak–déli irányú. A modell laterálisan 50 × 50 méter oldalhosszúságú cellákból épül fel.

Vertikális szempontból, az 5. számú ábrán feltüntetett kutak fúrási rétegsorai alapján felvázolt földtani felépítésnek, illetve a modellezés céljainak megfelelően 3 db, a 40,0 méter mélységig terjedő vízáadó réteget reprezentáló modellréteg került kijelölésre. Az első modellréteg a felszínhez közeli finom- és aprószemcsés agyagos aleurit, homok, aleuritos agyag, valamint apró- és közepes szemcsés homok közettani felépítésű üledékeket, a második modellréteg pedig az ennek közvetlen fekéjében elhelyezkedő, döntően apró- és közepes szemcsés homok felépítésű rétegeket képviseli. A pleisztocén talajvízáadó bázisán elhelyezkedő közép- és durvaszemcsés homok, kavicsos homok földtani felépítésű vízáadó képződmények a harmadik modellrétegnek feleltethetők meg. Természetesen a modellben alkalmazott réteghatárok kijelölése a kutak rétegsorában megjelenő fedő- és fekészintek interpolációja után történt meg.

<sup>15</sup> Az ADUVIZIG fúrásjelvényeinek leírása alapján.

### 3.2. Beépített hidrodinamikai paraméterek

Mindhárom modellréteg esetében peremfeltételként, a talajvíz áramlási irányának figyelembevétele mellett, a modell keleti és nyugati peremén úgynevezett puha peremfeltételnek tekinthető GHB- (*General Head Boundary*) cellákat alkalmaztunk. A GHB-cella úgy működik a modellezés során, mint egy olyan állandó,  $h_{\text{GHB}}$ -nyomású cella, amely a peremen elhelyezkedő GHB-cellától meghatározott távolságban van.<sup>16</sup>

A modellezett, 40,0 m mélységig terjedő talajvízadó réteg paraméterezésére szakirodalmi adatok alapján került sor. A modellrétegek litológiájának kismértékű heterogenitása ellenére – a modellezett térrész jelentős kiterjedésének kezelhetősége és a modell egyszerűsítése érdekében – a modellrétegek vonatkozásában átlagosnak tekinthető hidrodinamikai paraméterek kerültek megadásra. Az egyes rétegek esetében  $10^{-1}$  volumenű anizotrópia-faktort használtunk. A modellben alkalmazott „k” szivárgási tényezőket és effektív porozitásértékeket az alábbi táblázat tartalmazza:

3. táblázat. „K” szivárgási tényezők és effektív porozitás-értékek

	Földtani felépítés	k horizontális (m/nap)	k vertikális (m/nap)	effektív porozitás (%)
1. réteg	finom, aprószemcsés agyagos aleurit, aleuritos agyag, apró- és középszemcsés homok	0,05	0,0008	18
2. réteg	apró- és középszemcsés homok	1,5	0,02	22
3. réteg	közép- és durvaszemcsés homok, kavicsos homok	4	0,1	25

Forrás: a szerzők szerkesztése

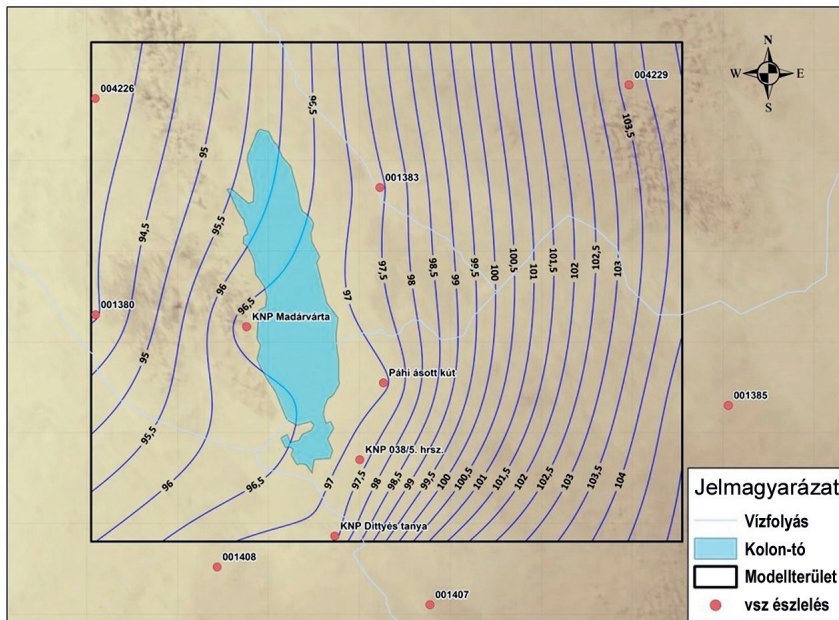
A modell talajvízadó rétege esetében a kezdeti vízszint megadásánál (*Initial Hydraulic Heads*) a modellterületen belül, illetve annak környezetében található talajvízszint-figyelő törzshálózati kutak, valamint a Kolon-tó térségében elhelyezkedő további, a Kiskunsági Nemzeti Park (KNP) üzemeltetésében lévő talajvíz-kutak és ásott kutak 2019. szeptember 7-én mért talajvízállásai kerültek interpolálásra, majd beépítésre a modellbe. Az adott kutak alapadatait, az egyidejű vízszintészlelés értékeit a 4. táblázat, a modellterületen belüli talajvízszintekre vonatkozó potenciáeloszlást pedig a 6. ábra mutatja be.

<sup>16</sup> A MODFLOW használatához lásd [Exploring MODFLOW Head Boundary Packages](#). Aquaveo, 2019. június 19.

4. táblázat. A 2019. szeptember 7-i vízszintrögzítés adatai

Törzsszám/Név	EOV_Y	EOV_X	Terep (mBf.)	Vízállás 09.07. (mBf.)
1379	668 972	166 886	96,43	93,689
1380	668 196	158 600	96,28	93,943
1383	674 451	161 400	99,4	97,386
1384	680 278	166 366	108,33	104,354
1385	682 115	156 600	109,1	105,711
1407	675 550	152 210	105,5	103,164
1408	670 871	153 042	99,55	97,262
3743	672 568	167 913	98,63	96,192
4226	668 190	163 360	96,26	93,637
4229	679 930	163 663	108,33	103,715
KNP 038/5	674 009	155 406	98,82	97,305
Páhi ásott kút	674 528	157 098	98,94	96,843
KNP Dinyés tanya	673 459	153 722	101,55	97,353
KNP Madárvárta	671 521	158 333	99,42	96,782

Forrás: a szerzők szerkesztése



6. ábra. A kezdeti vízszintként alkalmazott, 2019. szeptember 7-én detektált talajvízszint-eloszlás

Forrás: a szerzők szerkesztése

A Kolon-tó környezetében elhelyezkedő talajvízkészletre és magára a tóra vonatkozó vízállás-idősorok fenti elemzése által egyértelműnek tekinthető, hogy a tó vízkészlete és a talajvíz között közvetett hidrodinamikai kapcsolat lehetséges. Annak érdekében, hogy a modellben ez a hatás szimulálva legyen s így a modellezett talajvízszint-eloszlások jobban közelítsék a valóságot, a tóban tározott vízkészlet – amely ugyan nem jelentős, de hidrosztatikai nyomása jól detektálható – az úgynevezett „vízfolyás csomag” (*River Flow*) alkalmazása mellett került beépítésre a modell első számítási rétegébe.<sup>17</sup> A vízfelszín laterális kiterjedését az átlagos vízállásnak megfelelően vettük fel a modellben. A modellben figyelembe vehető „folyó csomag”, esetünkben a tó áramlási szimulálásának adatigénye, három (típusú) paraméterből áll:

- A tó vízállásának abszolút magassága (*Head in the River*);
- A tómeder abszolút magassága (*Elevation of the Riverbed Bottom*);
- A felszíni és a felszín alatti vizek kapcsolatát jellemző mérőszám (*Hdraulic Conductance of the Riverbed*).

A tómeder abszolút magassága vonatkozásában a területre jellemző felszíni morfológiának megfelelő magasságértékek, a vízállás vonatkozásában pedig a 131684. számú üzemi felszíni állomásnak a 2013–2018. évek közötti időintervallumban detektált vízállásátlagát adtuk meg, ami 97,06 mBf. volumennek volt megfeleltethető.<sup>18</sup>

A felszíni és a felszín alatti vizek kapcsolatát jellemző mérőszám, vagyis a vízfolyások medrének átteresztő képessége az alábbi összefüggéssel számítható ki:

$$C_{\text{folyó/tó}} = (k_{\text{kolmatált}} / m_{\text{kolmatált}}) \times L \times W$$

$k_{\text{kolmatált}}$ : a kolmatált zóna szivárgási tényezője [m/nap]

$m_{\text{kolmatált}}$ : a kolmatált zóna vastagsága [m]

L és W: az adott cella kiterjedésére vonatkozó paraméterek

A kolmatált zónára jellemző hányados a Duna esetében (irodalmi adatok alapján) 0,005 1/nap, tehát cellamérettől függően  $C_{\text{folyó/tó}} = 12,5$ .<sup>19</sup>

A modellvizsgálatok tárgyát képező vízkivételek hatásvizsgálata döntően a nyári, öntözési időszakra vonatkozóan tekinthető lényegesnek, ezért a modellbe ennek az időszaknak megfelelő maradó beszivárgási érték, 10 mm/év került beépítésre.

### 3.3. Modell-lefuttatások

A modellvizsgálatok céljának megfelelően összesen két permanens, tehát időben állandó peremfeltételeket tartalmazó modellváltozat került lefuttatásra. Az első, amely az alapállapotnak tekinthető modellvariáns, a 2019. szeptember 7-én detektált egyidejű talajvízszint-észlelés

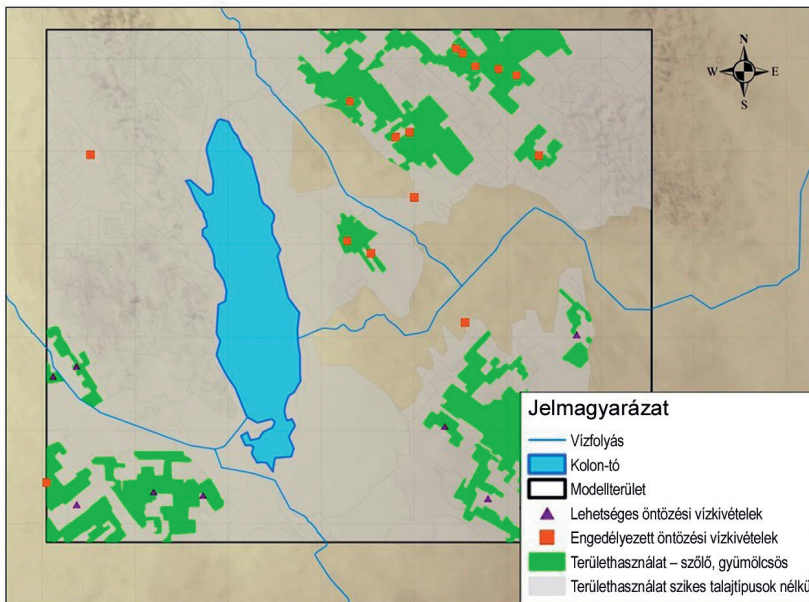
<sup>17</sup> Kovács Balázs: *Hidrodinamikai és transzportmodellezés (Processing MODFLOW környezetben) I.* Miskolc, 2004. 128.

<sup>18</sup> Az ADUVIZIG adatai alapján.

<sup>19</sup> Kovács (2004): i. m. 129.

eredményként kapott talajvízszint-eloszlást tárja fel. A második modellvariánsba már kútként beépítésre kerültek a hipotetikus öntözési vízkivételek is, amelyeknek a modellterületen belül való elhelyezkedése és napi víztermelési volumene az alábbi metodika alapján került meghatározásra:

1. A modellterületen belül leválogatásra kerültek a hátsági területeken legtöbbször öntözéses növénytermesztés szempontjából távlatinak tekinthető, „szőlő-gyümölcsös” kategóriába eső területhasználatnak megfelelő területrészek.
2. Ezekből a megfelelő térinformatikai módszerekkel kivonásra kerültek az öntözés szempontjából talajtani korlátozás alatt álló, tehát öntözéses növénytermesztésre alkalmatlan szikes talajtípusokkal (szoloncsák, szolonyec) jellemezhető területek (3. ábra).
3. A 2018-ban hatályos vízjogi üzemeltetési engedéllyel rendelkező öntözési vízkivételek döntően a modellterület északi felén helyezkedtek el, illetve elhelyezkedésük igen jól egyezett a figyelembe vett „szőlő-gyümölcsös” művelési ágú területekkel. Ennek megfelelően a továbbiakban a modellterület déli felén elhelyezkedő területek kerültek figyelembevételre.
4. A déli területrészek térinformatikai módszerekkel lehatárolt területrészek poligonjait középponti pontállománnyá konvertáltuk át, amely így 9 db hipotetikus vízkivételi pontot eredményezett (7. ábra).



7. ábra. Az öntözés szempontjából potenciális területek, illetve a jelenlegi és feltételezett vízkivételek elhelyezkedése

*Forrás: a szerzők szerkesztése*

5. Feltételezve, hogy az öntözés szempontjából perspektivikus földrészetek területének legfeljebb tizedrészén kerül berendezésre öntözőtelep, valamint az öntözési gyakorlatban – öntözendő növénykultúrától függetlenül – az átlagosnak tekinthető 100 mm/év/ha

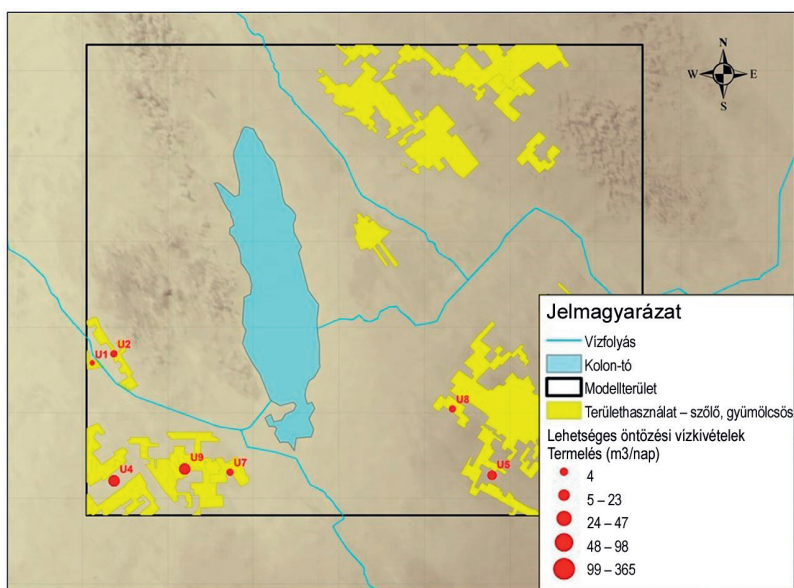
mértékű öntözési víznorma és 180 öntözési nap figyelembevételével meghatározásra kerültek az egyes hipotetikus öntözési vízkivételekhez tartozó víztermelési volumenek ( $m^3/nap$  dimenzióban, 5. táblázat).

6. A jelenleg is engedélyezett és üzemelő öntözőkutat döntően a harmadik modellrétegnek megfelelő kőzetanyagú közép- és durvaszemcsés homokot, illetve kavicsos homokot tartalmazó üledékeket termeltek. Ebből adódóan a fentiek alapján meghatározott víztermelési volumenek kútként ebbe a modellrétegbe kerültek beépítésre (8. ábra).

5. táblázat. A modellbe bevont hipotetikus kutak alapadatai

Hipotetikus kút jele	EOV_Y	EOV_X	Víztermelés ( $m^3/nap$ )
U1	668 236	157 162	4,31
U2	668 741	157 378	22,76
U3	679 491	158 054	20,17
U4	668 744	154 408	76,39
U5	677 582	154 536	46,87
U6	679 031	155 664	364,66
U7	671 458	154 610	18,68
U8	676 658	156 091	14,41
U9	670 395	154 684	97,65

Forrás: a szerzők szerkesztése



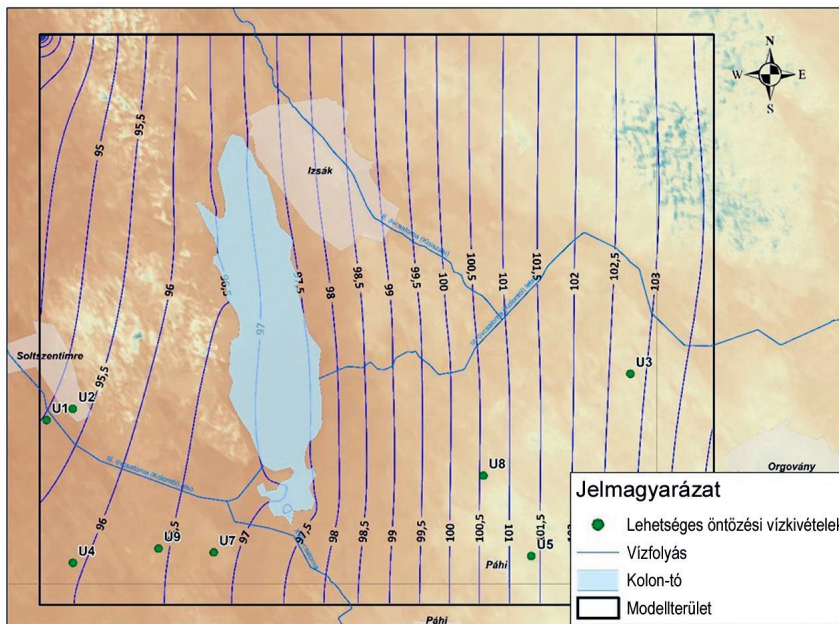
8. ábra. A modellben alkalmazott hipotetikus öntözési vízkivételek elhelyezkedése

Forrás: a szerzők szerkesztése



### 3.4. Modellezési eredmények

2019. szeptember 7-én kiegészítő terepi mérésekkel talajvízszint-eloszlást vettünk fel, amely a tárgyi modellvizsgálatok szempontjából alapállapotnak tekinthető. A feltételezett öntözési vízkivételek nélküli modellfuttatás eredményeként kapott potenciáleloszlást a 9. ábra mutatja be. Az ábra alapján elmondható, hogy a modell által számított talajvízszint-eloszlások a valóságnak megfelelő, túlnyomó részben kelet–nyugati irányú talajvízáramlást reprezentálnak. A modellterületen belül elhelyezkedő, a Kolon-tó medrétől a legkisebb távolságban található „KNP Madárvárta” megnevezésű mintavételi ponton a 2019. szeptember 7-én mért talajvízállás 96,78 mBf. volt. A modell által kiszámított talajvízállás ugyanezen a helyen 96,59 mBf. értéket mutat, tehát megállapíthatjuk, hogy a modellezett alapállapot viszonylag jól korrelálható a kiinduló talajvízszint-értékekkel. Ezek alapján a modellben alkalmazott peremfeltételek megfelelőnek tekinthetők.



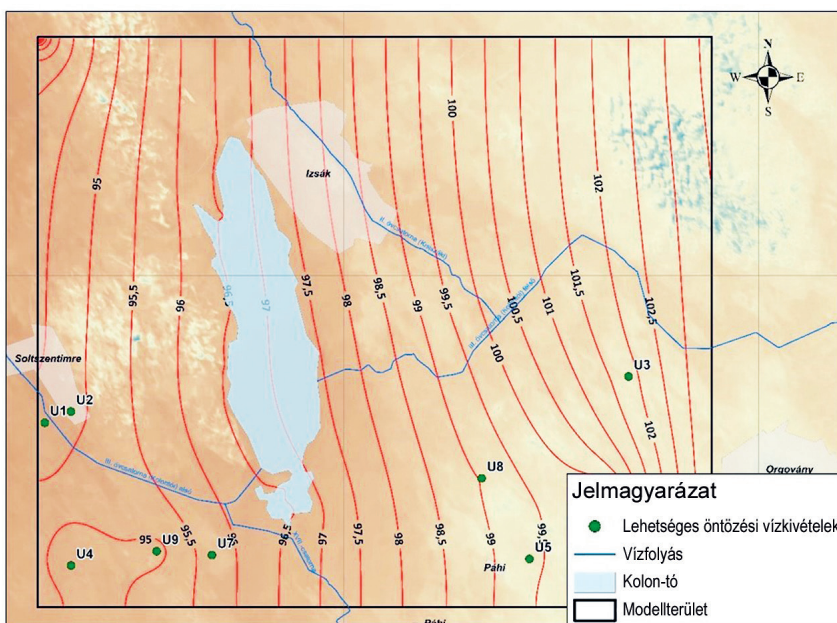
9. ábra. Az alapállapotnak megfelelő modellezett talajvízszint-eloszlás

*Forrás: a szerzők szerkesztése*

A fent szereplő metodika alapján meghatározott elhelyezkedésű, potenciálisan öntözhető földrészek területével arányosítható, minimálisan  $4,31 \text{ m}^3/\text{nap}$ , maximálisan  $364,66 \text{ m}^3/\text{nap}$  volumenű, feltételezett öntözési célú víztermelést tartalmazó permanens modellváltozat eredményeként kialakuló, a talajvízre vonatkozó potenciáleloszlást, illetve az alapállapothoz

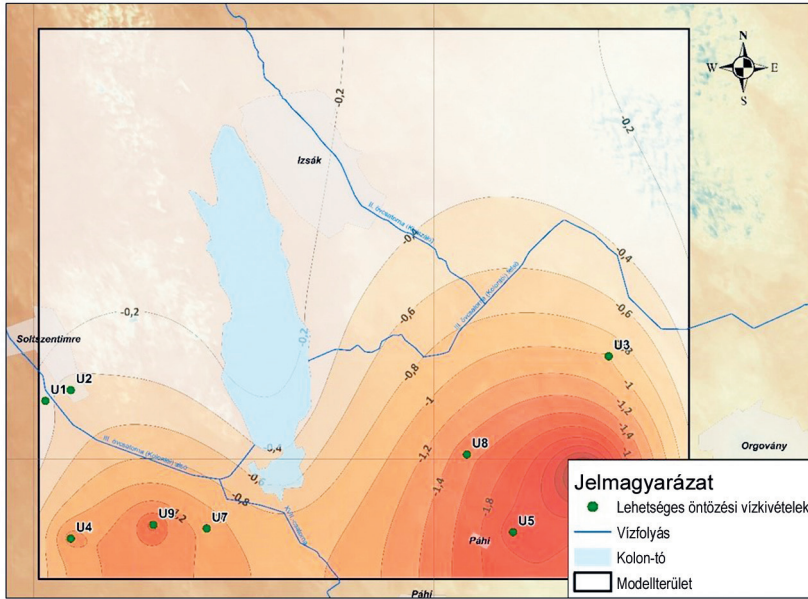
képest való talajvízszint-süllyedések eloszlását a 10. és 11. számú ábra mutatja be. A modelledmények alapján megállapítható, hogy a kutak becsült napi vízhozamokon történő termeltetése egyértelműen körülhatárolható és viszonylag jelentősnek mondható depressziós tereket generálhat. Annak ellenére, hogy az egyes, megközelítőleg  $100 \text{ m}^3/\text{nap}$  mértékű, illetve az azt meghaladó vízkivételek jelentős volumennek tekinthetők, a modellszámítások által megbecsült, a feltételezett kutak közvetlen környezetére jellemző, maximális leszívási értékek megközelítőleg csak  $-3,60$  (U6) és  $-1,70$  (U9) méterre rúgnak. A maximális leszívások e relatív alacsony értéke valószínűsíthetően az elméletileg beszűrőzött harmadik modellrétegnek megfelelő, földtani felépítésük szerint közép- és durvaszemcsés homokból, illetve kavicsos homokból álló üledékek kedvező hidrodinamikai jellemzőinek (magas szivárgási tényezők) lehet köszönhető.

Az ábrák alapján az állapítható meg, hogy a modelletterület déli felén elhelyezkedő hipotetikus vízkivételi helyek üzemeltetésének hatására kialakuló depressziós tér a Kolon-tó közvetlen környezetében, annak jellemzően déli részén  $0,2\text{--}0,8$  méteres talajvízszint-süllyedéseket generálhat.



10. ábra. A feltételezett vízkivételek hatására kialakuló talajvízszint-eloszlás

*Forrás: a szerzők szerkesztése*



11. ábra. Az alapállapothoz viszonyított talajvízszint-süllyedések eloszlása

Forrás: a szerzők szerkesztése

## 4. Összefoglalás

A Kolon-tó térségében elvégzett, jelenleg csak az elméletileg megvalósítható öntözési vízkivételeknek a talajvízkészlet mennyiségi állapotára gyakorolt hatását feltáró modellvizsgálatunk eredményei alapján elmondható, hogy a tó vízkészletének mennyiségi paramétereit, valamint az annak környezetében elhelyezkedő vizes élőhelyek ökológiai állapotát közvetlenül vagy közvetetten befolyásoló talajvízkészlet mennyiségi változásának kockázatbecslésére alkalmas. A mért és modellezett adatok közötti különbség elfogadható, a célkitűzésben megfogalmazott öntözési célú talajvízszint-süllyedés mértéke jó közelítéssel kimutatható. A hipotetikus öntözési pontok nagy vízkitermelés-értéke mellett kialakuló leszívás volumene kicsi, ami a vízáadó közeg jó áteresztőképességének köszönhető. A leszívás leginkább a Kolon-tó déli részén érezheti hatását.

A tárgyi modellvizsgálatok során alkalmazott öntözési vízkivételek negatív mennyiségi hatása mellett még számos antropogén és természetes tényező hatásbecslésére lehet alkalmas a hidrodinamikai modellezésen alapuló módszer:

- a környező vízfolyások adott vízállásának függvényében kialakuló, a talajvíz szempontjából drénező vagy duzzasztó hatás értékelésére;

- az egyes talajvízkészleteket befolyásoló klímaelemek (lehullott csapadék mennyisége – beszivárgás, léghőmérséklet – párolgás, evapotranspiráció) extrém mértékű, akár rövid időintervallumon belül történő, adott időszakra vonatkozóan permanens vagy tranzien változásának következtében kialakuló hatásmechanizmusok értékelésére;
- a modell transzportmodellé való átalakítása után lehetőség nyílik a talajvíz kémiai állapotára vonatkozó kockázati tényezők (felszíni szennyezőanyag-bevezetések, a kompressziós mélyégi feláramlásból származó magas oldott sótartalmú vizek) felmérésére, idő- és térbeli nyomon követésére.

A hidrodinamikai modellvizsgálatok eredményeként kapott becslések lehető legnagyobb pontosságának elérése érdekében elengedhetetlen, hogy a modellezés során alkalmazott földtani és vízföldtani paraméterek megfelelően reprezentálják a vizsgált térrészt. A modellbe beépített kezdeti vízszintek is az adott időpontra vagy időintervallumra vonatkozó pillanatnyi vagy átlagos hidrológiai szituációnak a lehető legpontosabban kell hogy megfeleljenek.

A tárgyi modellvizsgálatokkal egyidejűleg, 2019. szeptember 7-én történt vízszintészlelés során 10 db, viszonylag nagy adatbiztonsággal rendelkező, állami üzemeltetésű törzshálózati talajvízszint-figyelő kút, valamint 4 db, a mintázás szempontjából bizonytalannak tekinthető egyéb talajvízkút vizállásadatai kerültek felhasználásra, amelyek relatíve nagy távolságban helyezkednek el egymástól. Ebből adódóan a Kolon-tó környezetében elhelyezkedő felszín alatti vízkészletek finomabb felbontású, pontosabb eredményeket reprezentáló modellvizsgálatához az itt alkalmazottnál mindenképpen nagyobb adatsűrűsége lenne szükség.

Az adatsűrűség optimális szintre való emelése egy, a tó térségében elhelyezkedő, a földtani és vízföldtani jellemzők függvényében a legmegfelelőbb területi eloszlás és műszaki paraméterek mellett kialakított, továbbá vízszintregisztráló műszerrel felszerelt talajvízszint-figyelő kutakból álló monitoringrendszerrel biztosítható. Ennek segítségével detektált, a kívánt időpillanatra vonatkozó diszkrét, vagy a meghatározott időintervallumra vetített, az átlagos talajvízszinteket peremfeltételként alkalmazó modell-lefuttatások végezhetőek, amelyek eredményeivel folyamatosan és közvetlenül nyomon követhetőek lennének a talajvízkészlet mennyiségi és kémiai állapotára, illetve közvetve a Kolon-tó térségében elhelyezkedő vizes élőhelyek ökológiai állapotára kockázatot jelentő hatásmechanizmusok.

## Felhasznált irodalom

- Akusztika Mérnöki Iroda Kft.: *Vízkészlet-gazdálkodási Térségi Terv az Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság Területére*. Baja, 2017. Online: [www.aduvizig.hu/wp-content/uploads/2019/05/VKGT-TT\\_ADU\\_05.pdf](http://www.aduvizig.hu/wp-content/uploads/2019/05/VKGT-TT_ADU_05.pdf)
- Consult-Info Mérnöki, Szervező és Szolgáltató Kft.: *A Közép-homokhátsági tározók üzemelésének felülvizsgálata a természetvédelmi szempontok figyelembe vételével*. Budapest, 2005.
- Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság: *Jelentős vízgazdálkodási kérdések. Duna-részvízgyűjtő*. Győr, 2020. Online: [http://vizeink.hu/wp-content/uploads/2020/05/Duna\\_RVGY\\_JVK.pdf](http://vizeink.hu/wp-content/uploads/2020/05/Duna_RVGY_JVK.pdf)
- Kovács Balázs: *Hidrodinamikai és transzportmodellezés (Processing MODFLOW környezetben) I*. Miskolc, 2004.

Mádlné Szőnyi Judit – Simon Szilvia – Tóth József – Pogácsás György: Felszíni és felszín alatti vizek kapcsolata a Duna-Tisza-közi Kelemen-szék és Kolon-tó esetében. *Általános Földtani Szemle*, 30. (2005), 93–110.

MODFLOW Head Boundary-csomagok felfedezése. Online: [www.aquaveo.com/blog/2019/06/19/exploring-modflow-head-boundary-packages](http://www.aquaveo.com/blog/2019/06/19/exploring-modflow-head-boundary-packages)

MODFLOW 6: USGS Modular Hydrologic Model. Online: [www.usgs.gov/software/modflow-6-usgs-modular-hydrologic-model](http://www.usgs.gov/software/modflow-6-usgs-modular-hydrologic-model)

Molnár Béla – Iványosi Szabó András – Fényes József: A Kolon-tó kialakulása és limnogeológiai fejlődése. *Hidrológiai Közöny*, 59. (1979), 12. 549–560.

Molnár Béla: *A Kiskunsági Nemzeti Park földtana és vízföldtana*. Szeged, JATEPress, 2015.

Országos Vízügyi Főigazgatóság: *A Duna-vízgyűjtő magyarországi része. Vízügyűjtő-gazdálkodási Terv – 2015*. Budapest, 2016. Online: [www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/E3E737A3-3EBC-4B6F-973C-5DD9B8A6DBAB/OVGT\\_foanyag\\_vegleges.pdf](http://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/E3E737A3-3EBC-4B6F-973C-5DD9B8A6DBAB/OVGT_foanyag_vegleges.pdf)

Zsemle Ferenc – Mádlné Szőnyi Judit – Angelus Béla: Felszíni hidraulikai rezsimmjelleg térképezése az izsáki Kolon-tó környezetében. *Hidrológiai Közöny*, 82. (2002), 2. 110–119.