

## Regionális hidrogeológiai modellezés a magyar-ukrán térségben

Szűcs Péter

Miskolci Egyetem, Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék, hgszucs@uni-miskolc.hu

Virág Margit

VIZITERV Environ Kft., 4400. Nyíregyháza, Széchenyi u. 15., m.margit@environ.hu

Csegény József

FETIKÖVIZIG, Nyíregyháza, Széchenyi u. 19.

Zákányi Balázs

Miskolci Egyetem, Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék, hgzb@uni-miskolc.hu

**ÖSSZEFOGLALÁS:** Egy EGT és Norvég társfinanszírozású projekt keretében egy magyar-ukrán határral osztott felszín alatti vízáradó hidrogeológiai komplex vizsgálata és hidrodinamikai modellezése valósult meg 2009-ben. Mivel Ukrajna nem tagja az Európai Uniónak, ezért a projekt nagy szerepet játszhat abban, hogy a jövőben a felszín alatti vízkészletekkel történő fenntartható gazdálkodás a vizsgált régióban az EU Víz Keretirányelvének is megfeleljen. A mintegy 550 km<sup>2</sup> területű határral osztott felszín alatti vízáradó több mint 100000 ember vízellátásában játszik kiemelkedő szerepet.

A fenntartható vízgazdálkodás alapjainak megteremtése érdekében a projekt számos fontos feladatot is megoldott, amelyek közül kiemelkednek a következők: a) közös vízföldtani adatbázis létrehozása; b) terepi mérési kampányok szervezése; c) közös földtani és hidrogeológiai koncepcionális modell kialakítása; d) a regionális léptékű hidrogeológiai modellezés alapjainak megteremtése; e) a határral osztott felszín alatti vízáradó kalibrált hidrodinamikai modelljének elkészítése; f) különböző jövőbeli vízgazdálkodási forgatókönyvek hatásainak szimulálása a kialakított modell segítségével; g) az EU Víz Keretirányelvének megfelelő vízgazdálkodási stratégia kialakítása a vizsgált régióban.

*Kulcsszavak:* modellezés, vízgazdálkodás, hidrogeológia

### 1 BEVEZETÉS

A projekt célterülete: Magyarország, Szabolcs-Szatmár-Bereg megye, Beregi-sík - Ukrajna, Kárpátalja megye, a Beregszászi járás területe. Kárpátalja ukrán-magyar határ menti szakaszain a lakosság jó ivóvízzel való ellátásának egyetlen elfogadható alternatívája a felszín alatti vízből történő vízbeszerzés. A projekt célja az országhatárral osztott felszín alatti víztestek hidraulikai és környezetvédelmi vizsgálata a Beregszászi járás és a szomszédos magyar határ menti területen.

Fenti célok teljesítése érdekében a Felső-Tisza-vidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság az EGT és Norvég Finanszírozási Mechanizmus által támogatott „*Határon átnyúló együttműködés fejlesztése a magyar-ukrán határtérségben*” című program keretében pályázatot nyújtott be. A támogatás elnyerése után a tervezési munkák elvégzésére a VIZITERV Environ Kft. kapott megbízást.

A projekt kapcsolódik a Magyarországon folyó Ivóvízbázis védelmi Programhoz, valamint a Víz Keretirányelv vízgyűjtő-gazdálkodás tervezési munkáihoz. A terv kidolgozásával a terület jövőbeni ivóvíz ellátási koncepciója kerül megalapozásra. A felszín alatti vizek mennyiségi és minőségi állapotának vizsgálata, és megismerésére és jó állapotban tartására való törekvés pedig illeszkedik az EU környezetvédelmi- és víz-politikai elvárásaihoz. A projekt kedvezményezettje a FETIKÖVIZIG Nyíregyháza, ukrán partner szervezete pedig a Kárpátaljai Geológiai Expedíció (Erdélyi, 1979).

A vizsgált területen földtanilag egybefüggő, hidraulikailag egységes rendszert szel át az országhatár. Ezen vízbázisok a fedőrétegek anyaga, vastagsága miatt sérülékenyek. A szennyezőanyag terjedése így veszélyeztetheti mind a hazai, mind pedig az ukrán oldali vízkivételeket (Halász, 1990). Mivel hazánk területének medence jellege adott, a természetes áramlási irányok miatt leginkább a hazai vízkivételek a veszélyeztetettebbek. Ahhoz, hogy a felszín alatti vizek vonatkozásában is a közös érdekeltégű terület vízgazdálkodási és vízföldtani adottságait megismerhessük számos részletbe menő

adatot, paramétereket kell ismernünk. Mind mennyiségi, mind pedig minőségi oldalról nézve közösen kell kezelni a területen előálló vízkészlet-gazdálkodási és vízminőségi kérdéseket (Halász, 1994).

## 2 VÍZFÖLDTANI VISZONYOK

A terület magyar oldalon a Beregi-sík, ukrán oldalon pedig a Beregszászi síkság egy részét foglalja magába. A kijelölt terület rész kb. 68%-ban Magyarország, 32%-ban pedig Ukrajna területéhez tartozik. A terület vízfolyásait folyók és csatornák alkotják. Fő folyója a Tisza, ez egyben a terület Ny-i (magyarországi), illetőleg D-i (magyar és részben ukrán területen) határát képezi, továbbá a Borzsa patak (ukrán területen). A térséget igen sűrű belvízcsatorna hálózat is jellemzi. A terepszint átlagos magassága 106 – 120 m, mely magyar területen DÉ irányú enyhe lejtést mutat, ukrán területen a terepszint esése nagyobb KNY-i irányú, a Tisza folyó felé történő lejtéssel (Erdélyi, 1979).

A földtani képződmények közül a pliocén rétegzett, tengeri törmelékes összlet és a pleisztocén aluviális összlet víztároló. Ez a két víztároló komplexum egy hidraulikailag összefüggő rendszert alkot, melyet a nagy hidraulikai ellenállású agyagos felépítésű felső pliocén (levantei) két alrendszerre tagol. Az alsó pliocén lágy, sós hévizeket tároló összletre és a hideg édesvizeket tároló pleisztocén törmelékes összletre (Halász, 1990).

A hideg édesvizeket tároló pleisztocén vízáadó rétegek a közüzemi ivóvízellátás alapját képezik. Ez a negyedidőszaki rétegsor három osztatú: az alsó-pleisztocén összlet elsősorban homokos, kavicsos jellegű, a középső inkább iszapos, agyagos, bár helyenként ebben is igen jó vízáadók fordulnak elő. A negyedkor legfelső része ismét jobb vízádonak nevezhető, a homokos rétegek aránya magas. Különösen nagy jelentőséggel bír az előzőekben említett alsó-pleisztocén kavicsos összlet, mely regionális léptékben is nyomon követhető a teljes területen, víztároló képességét tekintve is igen fontos. Az összlet igen kedvező hidraulikai adottságokkal bír, az alsó pleisztocén vízáadó összlet transzmisszivitásának értéke akár a 2000-4000 m<sup>2</sup>/d-t is elérheti (Halász, 1994).

A bemutatott földtani szelvények alapján is látható, hogy a kavicsos, görgeteges részekben a felső pár méteres fedőt leszámítva egyetlen réteg összlettel van dolgunk. Így a pleisztocénben tárolt víz esetében talajvíz jellegű, ahol a felülről jövő szennyeződések kivédésének egyetlen lehetséges módja a szűrés adta lehetőségek kihasználása. Ezért területünkön a pleisztocén alsó szintjeire való települést látnunk célszerűnek a közműves vízellátás tervezésével (Urbancsik). A vizsgálati terület D-i határán a Tisza folyó Szatmárcseke – Tiszabecs közötti partszakaszán jelentős partiszűrésű készletekkel is számolhatunk. A minta terület magyarországi részén ezen összlet vastagsága 100-150 m, ukrán oldalon pedig 60-100 m-re becsülhető. A készletbecslések alapján a felszín alatti vizekből kitermelhető ivóvízkészlet nagysága ukrán oldalon a Kárpátaljai síkság teljes területén kb. 1,1 millió m<sup>3</sup>/d (Juhász, 2002).

A természetes állapotbeli vízmozgást tekintve a vizsgált terület az enyhén pozitív, ill. semleges nyomásállapotú övezetbe tartozik, amit a talajvíz és az alsó pleisztocén rétegvíz közötti nyomáskülönbség mutat. A rétegvizek áramlási iránya a terület É-i részén K-Ny-i, míg a terület jelentősebb részén ÉK-DNy-i irányú (Major, 1993).

## 3 HIDRODINAMIKAI MODELLEZÉS

A modellezés célja:

- potenciál (vízszintek) meghatározása (depresszió),
- szivárgás irányának meghatározása,
- szivárgási sebesség meghatározása,
- áramvonalak meghatározása.

A regionális léptékű hidrodinamikai modellezés feltétlenül szükséges ahhoz, hogy a határral osztott felszín alatti rétegzett vízáadó fenntartható vízgazdálkodását a jövőben biztosítani lehessen. Emellett így megvalósítható az is, hogy vízgyűjtő alapú, az EU Vízkert Irányelvvel harmonizáló hidrogeológiai vizsgálatokat végezhessünk a térségben (Szűcs P. et al., 2006).

*A részletes, regionális léptékű hidrogeológiai modell felépítése*

A rendelkezésre álló dokumentációkban szereplő földtani és vízföldtani információk alapján egy három-réteges, időben állandó ('steady-state') 3-dimenziós áramlási modellt készítettünk.

A vizsgálatokból nyilvánvalóvá vált, hogy a vizsgált, határral osztott vízadó rétegei pleisztocén korúak. A modellezett térrész kelet-nyugati kiterjedése kb. 32 km, míg az észak-déli méret kb. 21 km. A regionális modellezett terület nagysága kb. 550 km<sup>2</sup>.

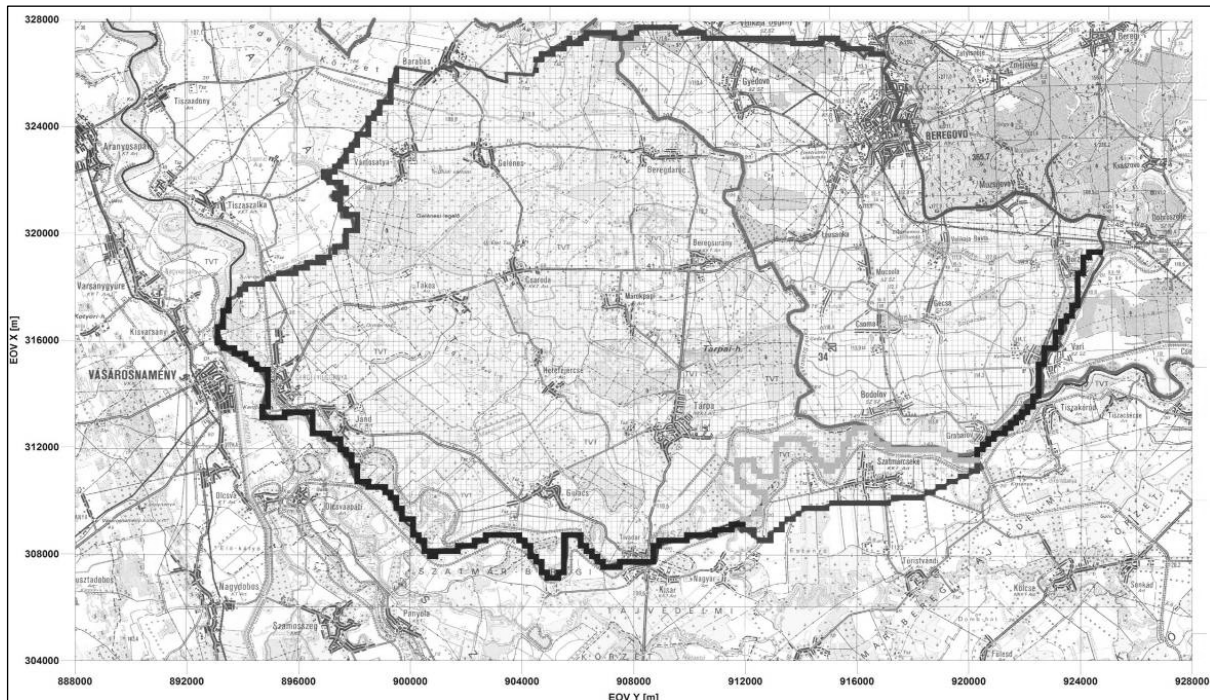
A geológiai határokkal, illetve vízfolyásokkal határolt modell eredményeket a Surfer program segítségével az alábbi EOY koordinátákkal határolt területen jelenítettük meg:

EOV Y: 880000 m – 928000 m; EOY X: 304000 m – 328000 m.

A modellezési tevékenység során EOY koordinátákat használtunk az ukrán oldali objektumok beépítése során.

A regionális hidreológiai modellben az alap cellaméret egységesen 200 m \* 200 m.

A modellezett terület nagysága mellett ez a cellafelosztás már elegendő pontosságot biztosít anélkül, hogy túlságosan megnövelnénk a cellák számát, ami a szimulációs számítások és vizsgálatok lelassulását jelenthetné (1. ábra).



**1. ábra.** Az alkalmazott rácsháló és a peremfeltételek térképi ábrázolásban

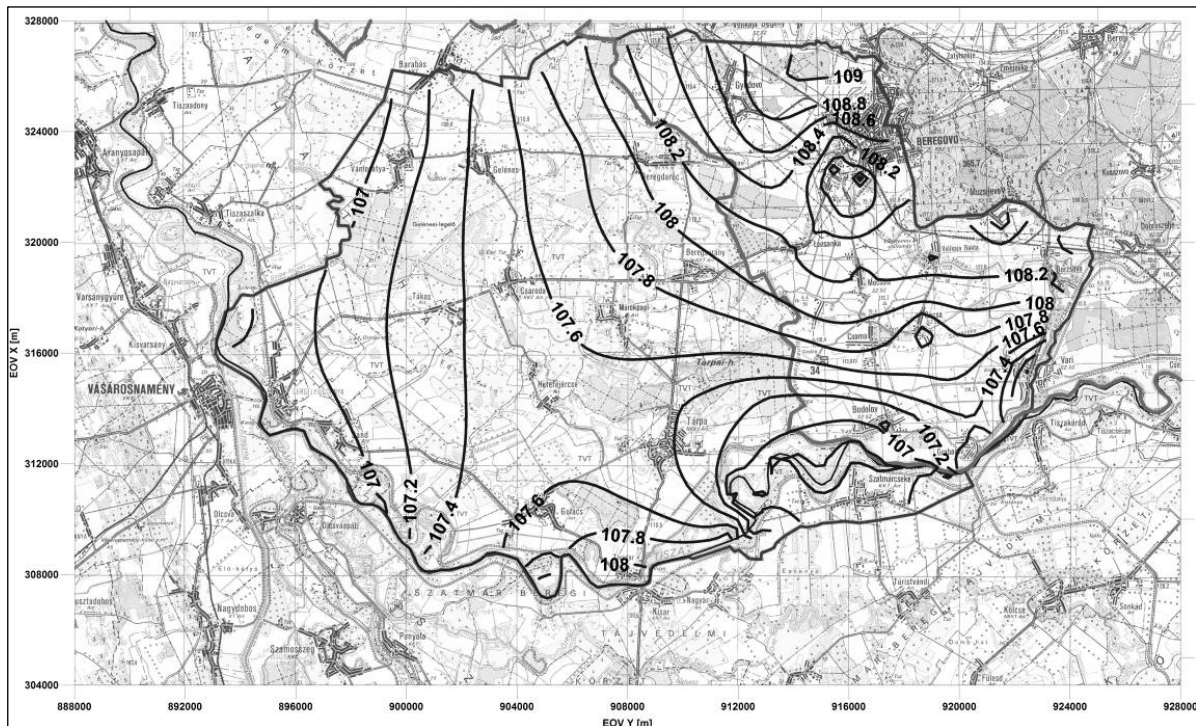
Ebben a regionális modellben a termelő kutak környékén további cella besűrítésekre nem volt szükség. A vízszintek változásait és a depressziós felületeket így is kellő pontossággal lehet nyomon követni. A megadott magyar oldali kutak átlagos vízszintjei és az ukrán oldali kutak vízszint adatai alapján elvégeztük a regionális hidrodinamikai modell kalibrációját (FETIVIZIG munkacsoportja, 1986).

A hidrodinamikai modell megbízhatóságát jellemző RMSE hibajellemző értékére 0.32 m-t kaptunk. Ez azt jelenti, hogy átlagosan 32 cm az eltérés a modell által számított és a mért, tényleges vízszintek között. Ez a hibaérték egy regionális léptékű áramlási modell esetében igen jó megbízhatóságot jelent.

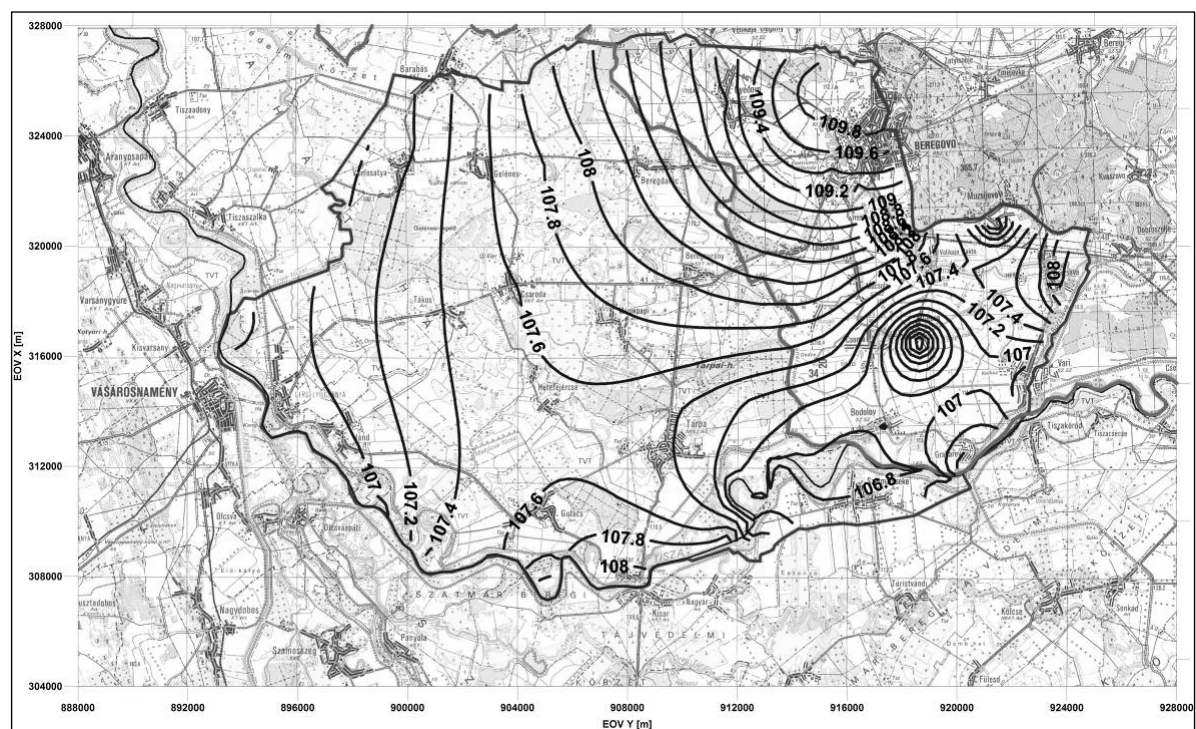
A regionális modell szimulációja során három különböző termelési variánst vizsgáltunk meg. Az 1. termelési variáns a jelenlegi vízkivételi helyzet hatását kívánja szimulálni (2. ábra).

A modellezett területen a határ két oldalán számos település található (NATO Tudomány a Békéért Program, 2004). A településeken található vízművek vízkivételeit, illetve a talajvizet rétegből történő legális és illegális célú vízkivételeket is megpróbáltuk beépíteni a hidrodinamikai modellbe (3. ábra) (Gáma-Geo Kft, 2003).

A magyarországi vízkivételeket a FETIKÖVIZIG adatai alapján helyeztük el a modellben. Megállapítható, hogy a magyar oldalon a hatóságok által engedélyezett és ismert vízkivétel mértéke valamivel több, mint 3000 m<sup>3</sup>/nap, ebből 1230 m<sup>3</sup>/nap a második, míg 1970 m<sup>3</sup>/nap a harmadik modell réteget terheli. Konkrét adatok hiányában az első modell rétegre településenként átlagosan 20 m<sup>3</sup>/nap (lakossági kis kutas vízhasználatok) vízkivételt becsültünk, ami 2600-3000 m<sup>3</sup>/nap-nak felel meg. Összes vízkivétel az ukrán oldalon: 15200 m<sup>3</sup>/nap. Megállapítható, hogy az ukrán oldali vízkivétel többszörösen meghaladja a jelenlegi magyar felszín alatt vízkivétel mennyiségét (FETIKÖVIZIG, 2009).



2. ábra. A felszín alatti vízszintek eloszlása térképi ábrázolásban



3. ábra. A felszín alatti vízszintek eloszlása térképi ábrázolásban – 2. termelési variáns

#### 4 ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgált terület a magyar-ukrán határ mentén magyar oldalon a Szatmár-Beregi síkság Beregi-sík tájegységéhez, ukrán oldalon pedig a Kárpátaljai alluviális síksághoz tartozik, nagysága 550 km<sup>2</sup>. Napjainkban a környezetvédelmi és ökológiai problémák feltárása és megoldása mindkét ország határ menti területein a legaktuálisabb kérdések közé tartozik. Ezen belül a vízkészlet gazdálkodás területén a felszín alatti vizek mennyiségi és minőségi védelme érdekében közös metodikát kell kidolgozni. Napjainkban a felszín alatti vízkészlet gazdálkodás kérdései és problémái még nem kaptak kellő figyelmet. Ez a helyzet a szomszédos országok szakértői közötti elégtelen koordináció miatt alakulhatott ki, ami egyrészt politikai okokra vezethető vissza (speciális határátlépési engedélyekre van szük-

ség), más részt pedig az okok között keresendő a hidrogeológiai-ökológiai feladatok elégtelen finanszírozása is.

A vizsgált területen jelentős felszín alatti vízkészletekkel (édes- és termálvízkészlettel) rendelkezünk. A határ két oldalán levő felszín alatti vízáadó rétegek sajátos közettani kifejlődéssel és áramlási viszonyokkal rendelkező egységes hidrogeológiai rendszert képeznek. A felszín alatti készletek keletkezése szempontjából a terület a Kárpátok hegységi rendszeréhez tartozik.

A természetes állapotbeli viszonyokat tekintve ukrán oldali szakértői becslés alapján megállapítható, hogy a felszín alatti vizek fajlagos hozama átlagosan  $0,8 \text{ em}^3/\text{nap}/\text{km}$ . A felszín alatti áramlási terület figyelembe vett szélessége  $80 \text{ km}$ . A Magyarország területére érkező táplálás nagysága  $64 \text{ em}^3/\text{nap}$ . A Kárpátaljai síkság teljes területén a hideg édesvízkészlet becsült nagysága  $1,1 \text{ millió m}^3/\text{d}$ -re tehető. A vizsgált vízáadó rétegek  $100\text{-}150 \text{ m}$  között helyezkednek el a terepszint alatt. A termál ásványvízkészlet hőmérséklete  $37\text{-}70 \text{ }^\circ\text{C}$ , a készlet kapacitása ukrán oldalon kb.  $50 \text{ em}^3/\text{nap}$ , a vízáadó rétegek mélységbeli elhelyezkedése max.  $1,2 \text{ km}$ .

Magyarországon a Tisza folyó bal partján Szatmárcseke-Tiszakóród térségében  $35 \text{ em}^3/\text{nap}$  kapacitású vízbázis került megkutatásra. Ez a megkutatott felszín alatti vízkinyerő hely stratégiai jellegű ún. távlati vízbázisként szolgál, mely a jövőbeni fejlesztések kapcsán előálló vízigények kielégítésére termelésbe vonható. Ukrán területen is nagy kapacitású vízbázisok találhatók, a Beregszász várost ellátó mezőgecsei vízbázis  $40 \text{ em}^3/\text{d}$ , az ungvári vízbázis pedig  $133 \text{ em}^3/\text{d}$  kapacitással rendelkezik. Ezen kívül lehetséges vízkivételek várhatók még a Mezőkaszony és Muzsaly térségi bányászati tevékenységek folytatás ill. bánya nyitások kapcsán. A szükségessé váló bányászati víztelenítések akár  $100 \text{ em}^3/\text{nap}$  kapacitású vízkészlet kitermelését is eredményezhetik.

Nyilvánvaló, hogy amennyiben a határ mindkét oldalán fokozódik a felszín alatti vízkivételek nagysága, akkor az a depressziós tölcsér növekedésével jár. Mindez tehát a felszín alatti áramlási tér hidraulikai viszonyainak és a kitermelhető felszín alatti vízkészleteknek az átrendeződését eredményezheti mindkét ország területén.

Az elvégzett munkák alapján is megállapítható, hogy jelen projekt keretében megalkotott regionális modell további pontosítása szükséges. Ahhoz, hogy a határ menti felszín alatti vízkészlet gazdálkodást irányítani és ellenőrizni lehessen, feltétlenül szükséges a felszín alatti vizek közös monitoring rendszerének kialakítása, a megfigyelési pontok megfelelő hálózatával. Ennek a hálózatnak olyan regionális megfigyelő hálózatként kell funkcionálnia, mely magába foglalja a felszín alatti vizek áramlási rendszerének teljes területét: a beszivárogtató tápterületet, a semleges illetőleg a feláramlási területeket.

Az ukrán partner javaslatára alapján a határ menti területek felszín alatti vizeinek racionális felhasználása és ellenőrzése céljából létesítendő megfigyelő kutakat sugár irányba, négy szelvény mentén célszerű létrehozni.

## 5 KÖVETKEZTETÉSEK

Elkészítettük a magyar-ukrán határral osztott vízáadó összlet regionális léptékű, átlagos viszonyokat tükröző, permanens hidrodinamikai modelljét. A kiváló kalibrációs jellemzővel ( $\text{RMSE}=0,32 \text{ m}$ ) rendelkező regionális áramlási modell jól jellemzi a jelenlegi hidrogeológiai viszonyokat a térségben. A komplex vízáadó a jelenlegi termelési viszonyokat (1. termelési variáns) figyelembe véve jó mennyiségi állapotokat tükröz. Jelenleg Beregszász környezetében figyelhető meg kismértékű depressziós hatás a felszín alatti vízkivételek hatására.

Az elkészített, határon átnyúló regionális hidrogeológiai modell megfelelően képes szimulálni jövőbeli vízkivételek, illetve a globális éghajlatváltozással összefüggő csapadék és párolgási viszonyok változásának a hatását. Így a jelenlegi termelési helyzet mellett további két, a jövőben várható termelési variáns hatását is megbízhatóan meg tudtuk vizsgálni.

A 2. termelési variáns esetében prognosztizált felszín alatti vízkivétel növekedés hatása teljesen elviselhető a regionális vízáadó esetében. Beregszász közelében mintegy  $0,5 \text{ méteres}$  vízszintemelkedés várható, míg a mezőgecsei vízbázis esetében viszonylag kis területen várható  $0,5 \text{ métert}$  meghaladó vízszint csökkenés. A magyar oldal vízszint eloszlásában nem történik érdemi átrendeződés. A 2. termelési variáns esetén kialakuló viszonyok lehetővé teszik a regionális vízáadó fenntartható vízgazdálkodását. Káros mértékű depresszió kialakulására elhanyagolható területen számíthatunk a mezőgecsei vízkivételek környezetében.

A 3. termelési variáns esetében már egy igen jelentős, kb.  $93000 \text{ m}^3/\text{nap}$  hozamú vízkivétel hatását szimuláltuk. Mivel a vízkivételek zöme az ukrán oldalon, illetve a szatmárcsekei távlati vízbázis ter-

melése is az ukrán oldal közelében történne, az ukrán oldalon káros mértékű vízszint süllyedések kialakulását prognosztizálhatjuk. Beregszásztól délre az ukrán területeken 1 métert is meghaladó felszín alatti vízszintsüllyedésekre számíthatunk, aminek számos káros következménye lehet. Ebben az esetben már a magyar területeken is számíthatunk 0.5 métert meghaladó talajvízszint süllyedésekre. A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a 3. termelési variáns megvalósulása nem fenntartható és káros folyamatok kialakulását eredményezheti a regionális vízadóban. Ezért a 3. variáns megvalósulása helyett célszerű lehet az elkészített regionális hidrodinamikai modellel megvizsgálni azt a jövőben, hogy mekkora lehet a kölcsönösen (Magyarország – Ukrajna) elfogadható, fenntartható és elviselhető mértékű felszín alatti vízkivétel a térségben.

A 3. termelési variáns esetében emellett megadtuk azt is, hogy a szatmárcsekei távlati vízbázis működése esetében hogyan alakulnának az ukrán oldalra is átnyúló, a 123/1997.(VII.18.) Kormányrendelet szerinti védőidomok és védőterületek 5 és 50 éves elérési idővel számolva. Megállapítható, hogy ha az ukrán területen kisebb mértékű vízkivételt feltételeznénk, akkor az ukrán oldalon még mélyebbre nyúlnának be az 50 és 5 éves védőterületek.

## 6 FELHASZNÁLT IRODALOM

- Erdélyi M. 1979: *A magyar medence hidrodinamikája* (VITUKI közlemények 18).
- FETIKÖVIZIG 2009: *Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv, Felső-Tisza alegység.*
- FETIVIZIG munkacsoportja 1986: *A Beregi – öblözet vízgazdálkodása, különös tekintettel az országhatárral megosztott vízbázisra* (K+F munka).
- Gáma-Geo Kft 2003: *A szatmári kavics összlet vízkészletének és a Szatmárcseke-Tiszakóród távlati vízbázis hidrogeológiai védőidomjának meghatározása.*, Miskolc.
- Halász B. 1990: „*A 13/B TVK alegység felszín alatti vízkészlet vizsgálati tanulmány*”.
- Halász B. 1994: *Felszín alatti vizekkel való gazdálkodás rétegzett hidrológiai rendszerekben* (doktori értekezés).
- Juhász J. 2002: *Hidrogeológia*. Harmadik átdolgozott kiadás. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 1176.
- Major P. 1993: A Nagy-Alföld talajvízháztartása, *Hidrológiai Közöny*, **73**(1).
- NATO Tudomány a Békéért Program 2004: *A Szamos-folyó alluviális összletének komplex hidrogeológiai vizsgálata. Zárójelentés.*, Miskolci Egyetem,
- Szűcs P., Tóth A., Virág M. 2006: *A leggyakoribb érték (MFV) módszerének alkalmazása a hidrogeológiai modellezésben*. Hidrológiai Közöny.
- Urbancsek J. *Kútataszter*.