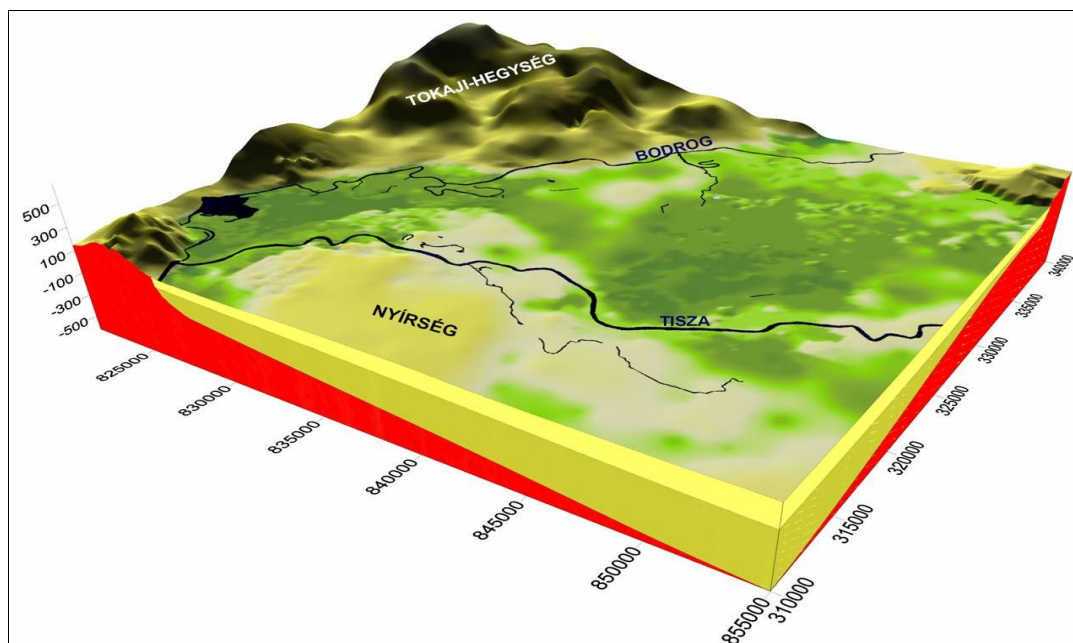


Geoinformatikai módszerek alkalmazása a Bodrogtörzs felszín alatti vizeinek vizsgálatában

Vaszkó Csaba¹

¹MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, 1112 Budapest,
+1/319-3119/1238, vaszkocs@myway.com

Vizsgálatom tárgyát a Bodrogtörzs és annak felszín alatti regionális vízáramlási rendszere képezi. A Bodrogtörzs alacsony ártéri síkja a két magasabb tengerszint feletti magasságú terület, a Tokaji-hegység valamint a Nyírség között helyezkedik el. A terület hidrológiai–hidrogeológiai viszonyainak feltáráshoz elengedhetetlen volt a megfelelő földtani háttér kialakítása. Ebben segítségemre voltak a korábban végzett földtani és természetföldrajzi kutatások, amelyek legfőképpen a felszíni és a felszín közeli képződményekre terjedtek ki. (pl. SÜMEGI J. 1944; BORSY Z. 1953, 1969, 1989; BORSY Z.–FÉLEGYHÁZI E. 1983; BORSY Z.–FÉLEGYHÁZI E.–CSONGOR É. 1989; BORSY Z.–FÉLEGYHÁZI E.–LÓKI J. 1988). A mélyebben fekvő tehát idősebb földtani formációk feltárással már jóval kevesebb munka foglalkozott, ezek nagy része nyersanyag-kutatói, ritkábban vízkutatói célú vizsgálat volt (pl. FTV 1977). Konkrétan a felszín alatti vizek mozgásával és a felszín alatti vízvezetés sajátosságaival az 1950-es évektől kezdtek foglalkozni (pl. RÓNAI A. 1956; OZORAY GY. 1964; URBANCSEK J. 1965; ERDÉLYI M. 1979), azonban kifejezetten a Bodrogtörzssel kapcsolatban csak nagyon kevés kutatási jelentés készült. Ezek is többnyire a felszín közeli vizek jellemzőit vizsgálták (pl. BORSY Z.–FÉLEGYHÁZI E.–LÓKI J. 1988; KUTI L. 1988).

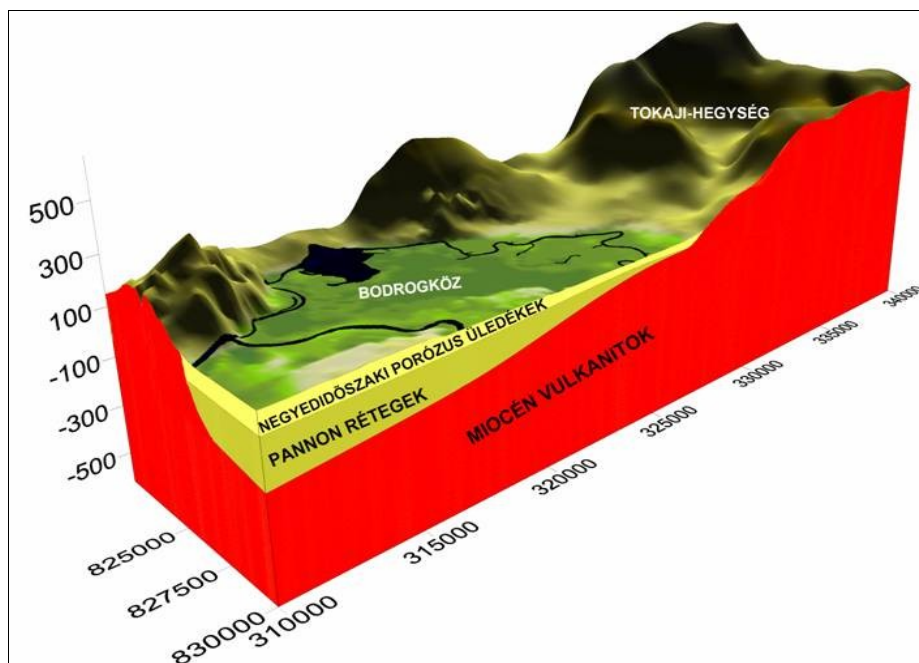


1. ábra. A Bodrogtörzs és környezetének 3D felszíni domborzati térképe

A Bodrogtörzs felszín alatti vizeinek vizsgálata azért fontos feladat, mert egy potenciális átadózóna az Alföld É-i peremén, így feltételezhető egy utánpótlódási irány az É–ÉK-i területek irányából. A vízföldtani kép kialakításának meghatározó eleme, az elérhető geológiai és a hozzájuk kapcsolható vízföldtani paraméterek értékelő feldolgozása, elsőként az eredeti, termeléssel még nem zavart állapotot illetően. Elsőként ismernünk kell azoknak a geológiai formációknak a térbeli kiterjedését és legfontosabb vízföldtani paramétereit, amelyek a rétegvizek áramlása kapcsán szóba jöhetnek. A földtani kép kialakítása kezdetén nem hagyhatjuk figyelmen kívül a felszín kialakulásának körülményeit, a felszínfejlődést. Főként a már felsorolt kutatók eredményei alapján azt a lényeges megállapítást tehetjük, hogy a Bodrogtörzs felszíne a pleisztocénben összefüggött a Nyírséggel, és attól csak később, a holocén elején különült el úgy, ahogy azt a mai morfológiai kép is tükrözi (1. ábra) (SÜMEGI J. 1944; BORSY Z. 1953).

A két természetföldrajzi egység kettéválása előtt a Bodrog és mellékfolyói töltötték fel homokos hordalékanyagaikkal a terület legnagyobb részét, amely üledékek rendkívül fontos szerepet játszanak a felszín alatti vízmozgásban. A folyóvölgyek folyamatos vándorlása miatt a terület nagy részén számos elhagyott folyómedret találhatunk, ami azt jelzi, hogy a negyedidőszakban a vízhálózat folyamatosan változott és végül a holocén végére nyerte el mai formáját, azok után, hogy az óholocén elején a Bodrogtörzs területe lesüllyedt. Ezzel magyarázható, hogy a negyedidőszaki rétegsorok rengeteg eltemetett ősi folyómederről tanúskodnak, amelyek anyaga főleg durvaszemű hordalék (BORSY Z.–FÉLEGYHÁZI E.–LÓKI J. 1988; URBANCSEK J. 1965).

A földtani kép tökéletesítése során tovább haladva láthatjuk, hogy a Bodrogtörzs többnyire negyedidőszaki üledékekkel borított felszíne alatt jelentős kiterjedésű pannóniai-szarmata üledéksor található, amelynek vastagsága D–DK felé, azaz a Nyírség irányába az 1000 m-t is meghaladhatja. A feltöltésben szerepe lehetett a tokaji vulkánosság savanyú piroklasztikumainak, amelyek alá a tokaji Kopasz vulkán riodácit tufája települ.



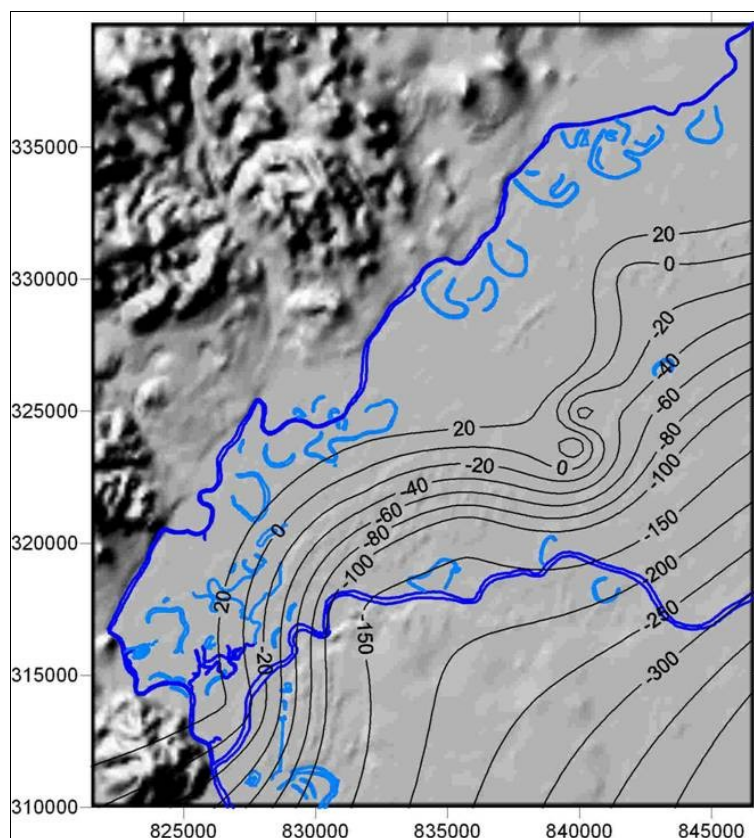
2. ábra. A Bodrogtörzs rétegtani és vízföldtani felépítése

A pannóniai és az alatta lévő szarmata üledékeket a területen csak nagyon kevés kutatófúrás tárta fel, így térbeli kiterjedésük függőleges irányban nehézségekbe ütközik. A miocén képződmények közül a szarmata emelet kőzetei porózus és üreges természetük miatt talán alkalmasak vízkitermelésre, de a területen ezt a vízbázist alig hasznosítják és pontos vízföldtani paraméterei is kevésbé ismertek (URBANCSEK J. 1965).

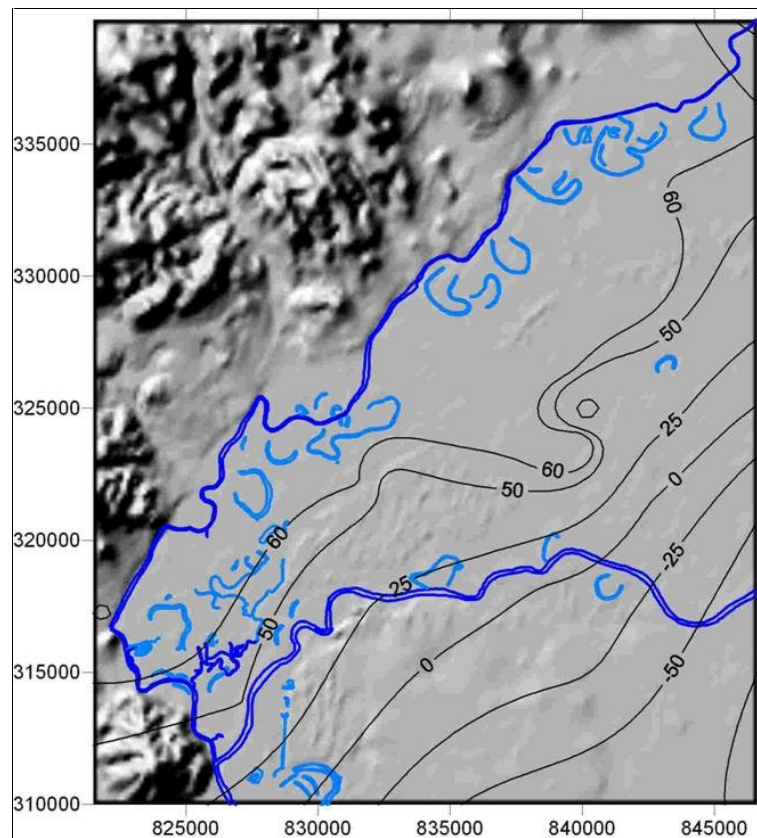
A szarmata emelet képződményeinél fontosabbak esetünkben a pannon képződmények, amelyek szintén jelentős vastagságot érhetnek el. Az alsópannóniai eredetű rétegsor többnyire vízzáró vagy kevésbé vízáteresztő tömöttebb anyagú képződményekből áll, ennél fogva ez a formáció a modell alapjának is tekinthető. A modell legalsó impermeábilis rétegének viszont csak akkor alakítható ki, ha megfelelő mennyiségű és elhelyezkedésű kutatófúrás tárta fel, lehetőleg minél nagyobb vastagságban.

Ennél jelentősebbek a felsőpannóniai üledékek, amelyekben jelentős vastagságú agyagos márgás réteg található, azonban mégis több homokos üledéksort tartalmaznak az alsópannóniai emelethez viszonyítva. Térbeli kiterjedését tekintve ez a réteg is a Bodrog irányából D–DK felé vastagodik a medence belseje felé (URBANCSEK J. 1965).

Kérdéses lehet a modell kialakítása szempontjából, hogy a pannóniai rétegek az É–ÉK felé történő kiemelkedésük következtében milyen kapcsolatban állhatnak a Tokaji-hegység mélybe zökkenő vulkanikus rétegeivel. Korábbi kutatások szerint a rétegvizek nyomásadataiból arra következtethetünk, hogy akár a felsőpannóniai homokrétegek is kaphatnak utánpótlást ilyen módon (ERDÉLYI M. 1979).



3. ábra. A pannon üledéksor fekvésének elhelyezkedése a tengerszint felett a Bodrogtörzs NY-i részén



4. ábra. A pleisztocén rétegsor elhelyezkedése a tengerszint felett a Bodrogtörzs Ny-i részén

A Bodrogtörzsi süllyedék legfontosabb vízföldtani képződményei a pleisztocén folyamán alakultak ki. Ezek a rétegek a Bodrog felől kiindulva a Nyírség irányába vastagodnak gyakorlatilag a nulláról. A Tisza vonalában van, ahol már a 150 m-es vastagságot is eléri (4. ábra). A pleisztocén rétegek anyaga agyag, iszapos agyag, homokos agyag, tufás agyag, homok, iszapos homok, kavicsos homok, homokos kavics, amelyek közül természetesen a durvább szemcse-összetételű homok és kavics játszik a legfontosabb szerepet a felszín alatt áramlás szempontjából (URBANCSEK J. 1965.)

Maga a pleisztocén rétegsor is különböző rétegekre bontható, amely persze nem biztos, hogy a regionális modellben is különböző rétegeknek felel meg, de az egymástól eltérő tulajdonságú képződmények elkülönítése mindenképp lényeges. Az alsó- középső- és felsőpleisztocén képződmények más vízföldtani paraméterekkel jellemezhetők. A modell ez irányú adatigényét akár grafikus úton is megadhatjuk.

Röviden összefoglalva a korábbi geológiai és geomorfológiai kutatások alapján kijelenthetjük, hogy az alsópleisztocén üledékek vízáteresztő képessége jobb mint a felettük elhelyezkedő középső pleisztocén üledékeké, amelyek finomabb szemcséjűek. Az ezek felett települő felsőpleisztocén rétegek pedig ismét permeábilisabbak, a durvább szemcsenagyságú üledékek elterjedése miatt (BORSY Z.–FÉLEGYHÁZI E.–LÓKI J. 1988; URBANCSEK J. 1965).

Az egész pleisztocén rétegsor több homokos, helyenként kavicsos üledéksort tartalmaz, amelyek a legfontosabb vízzárló képződmények. Ezeket a durvább homokos-

kavicsos üledékeket az eltemetett ősi folyómedrek tartalmazzák, amelyek kutatófúrásokkal való feltárása a modell szempontjából is rendkívül lényeges.

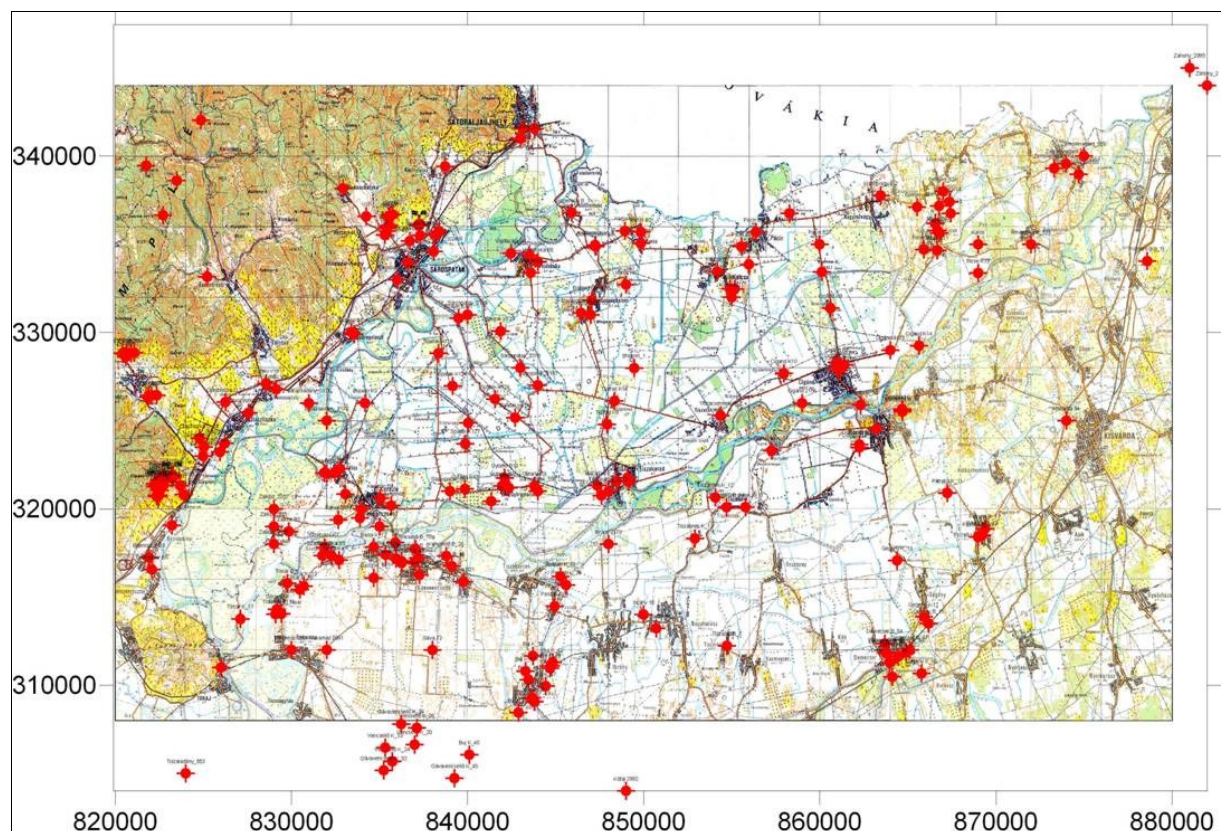
A felszínen a pleisztocén homokos jellegű képződményektől eltekintve többnyire vízzáró, vagy gyengén áteresztő holocén ártéri képződmények vannak, amelyek nyomás alatt tartják az alattuk lévő porózusabb rétegek rétegvizeit.

Az adatbázis kialakításakor lényeges megemlíteni, hogy mivel többnyire sekélyebb földtani-geomorfológiai fúrások tárták fel a Bodrogtörzs területét, ezért a felszíni és felszín közeli rétegek jobban ismertek. A mélyebben fekvő képződményeket viszont jóval kevesebb fúrás érte el, vagy harántolta, ezért a modellrétegek határainak kialakítása nehézségekbe ütközik.

Hiába áll tehát rendelkezésünkre viszonylag nagy számú kutatófúrás, ha azok talpmélysége nem elegendő és nem tárják fel kellőképpen a vízföldtanilag fontos képződmények mindegyikét.

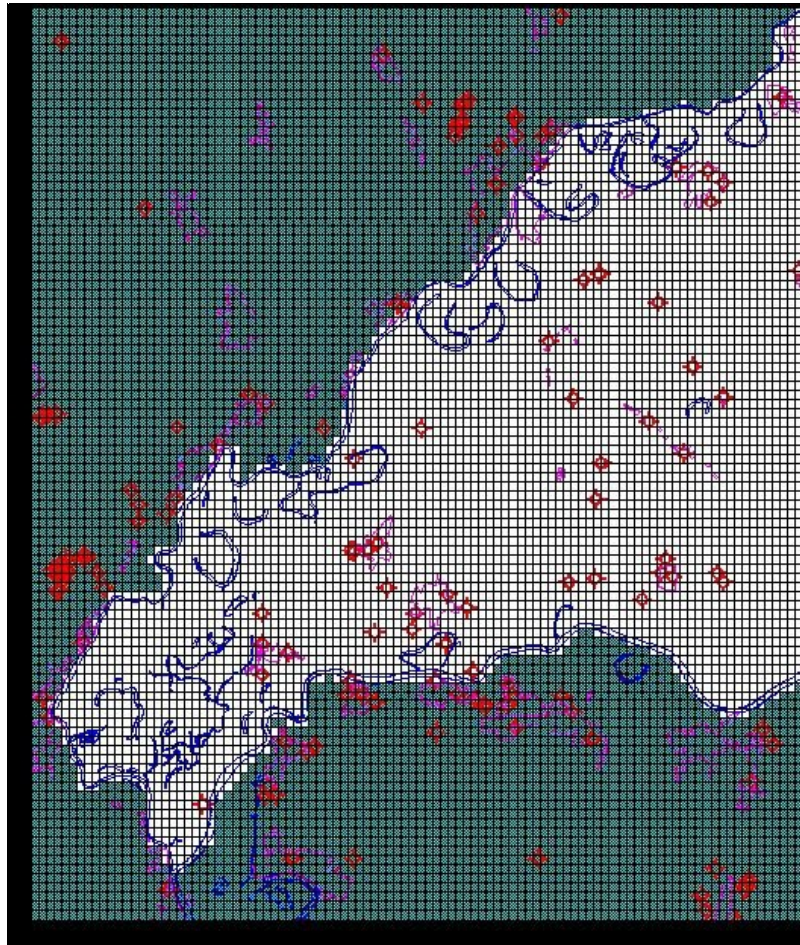
Az adatbázis létrehozása és a modell kialakítása

Az adatbázis felépítésekor legfőképpen a MÁFI a VITUKI és az FTV azon kutatófúrásait gyűjtöttem össze, amelyek alapján legbiztosabban elhatárolhatók az egyes földtani képződmények, amelyek a modell felépítéséhez szükséges geológiai háttérrel szolgálnak (5. ábra).



5. ábra. A területre és annak környezetére eső legfontosabb kutatófúrások elhelyezkedése (MÁFI Adattár)

A vizsgált terület a Bodrogtő Ny-i területét foglalja magába (6. ábra). A modell kialakításához szükséges adatbázis egyik alapja a felszín pontos digitális megjelenítése. Ennek érdekében $M = 100\,000$; $M = 50\,000$; $M = 25\,000$ és ahol a lokális áramlási viszonyok szükségessé tették $M = 10\,000$ méretarányú térképeket használtam.

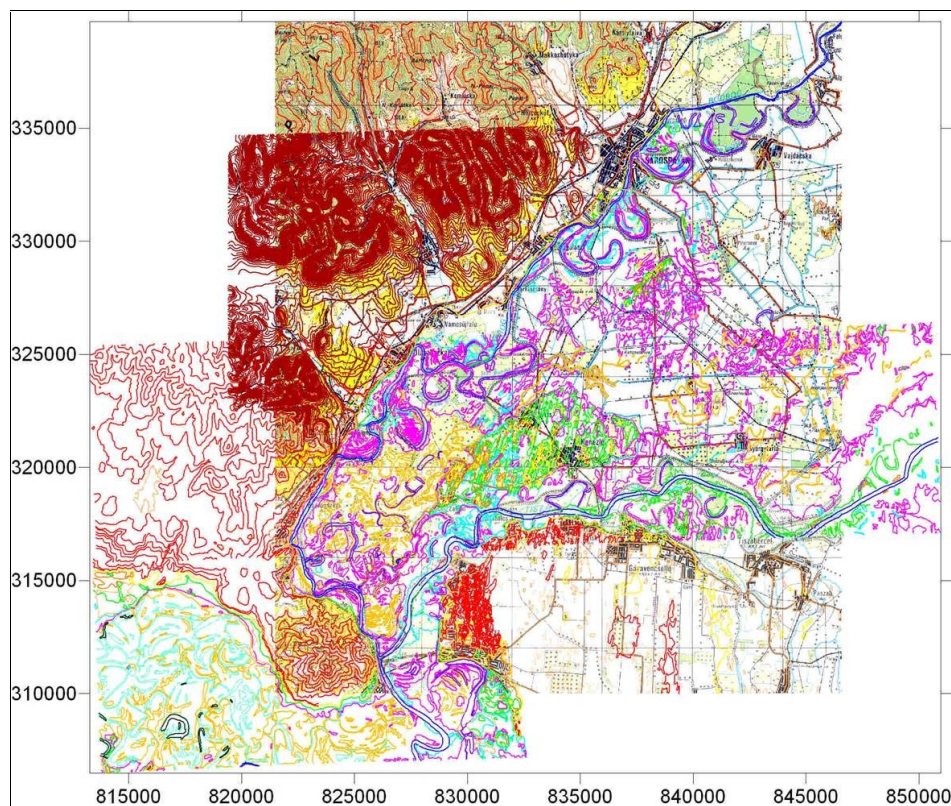


6. ábra. A modellezet terület földrajzi elhelyezkedése, a felhasznált vizkutató fűrészekkel

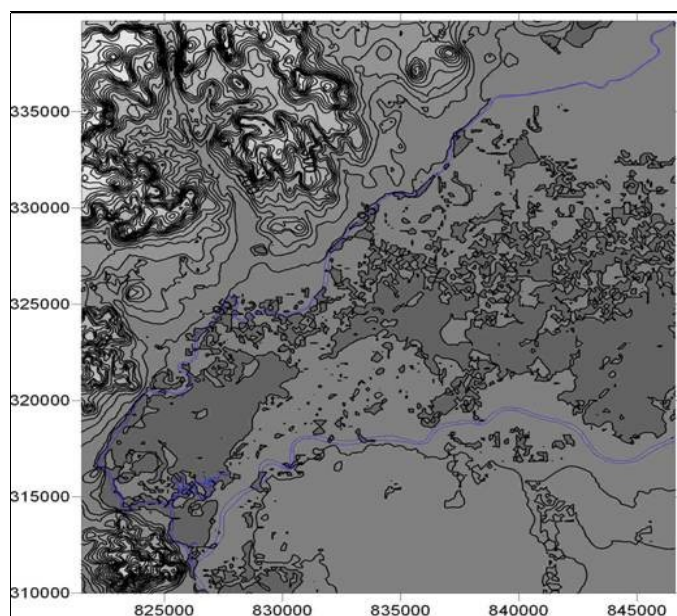
Ezek a topográfiai térképek jelentették a térképi alapot, amelyeknek nyomtatott szintvonalait át kellett alakítani, így került sor a térképek beszkennelésére, majd az eredményraster részletes vektorizálására és beszerkesztésére. A szintvonalakhoz természetesen egy-egy magasságérték lett társítva, amelynek segítségével a terepmodell elkészíthetővé vált.

Az vektoros adatmodell kialakításakor (7. ábra) felhasznált szoftverek közül a digitalizálás és az adatbázis elkészítése során főként az Autodesk Land Desktop 2004 (Map), az Erdas Imagine 8.7 és az Arcview 3.1 kerültek felhasználásra.

Az itt felhasználásra került digitális domborzatmodell egy SURFER 8.0 nevű interpoláló, szintvonalazó és háromdimenziós térképkészítő programmal lett elkészítve, ami Microsoft Windows alatt futtatható. Gyorsan és egyszerűen konvertálja adatait mind szintvonalas, mind felszín, kontúr, vektor, vagy árnyékolt domborzat-, háló-, és objektum térképpé (8. ábra).



7. ábra. A vizsgált területről készített vektoros adatmodell



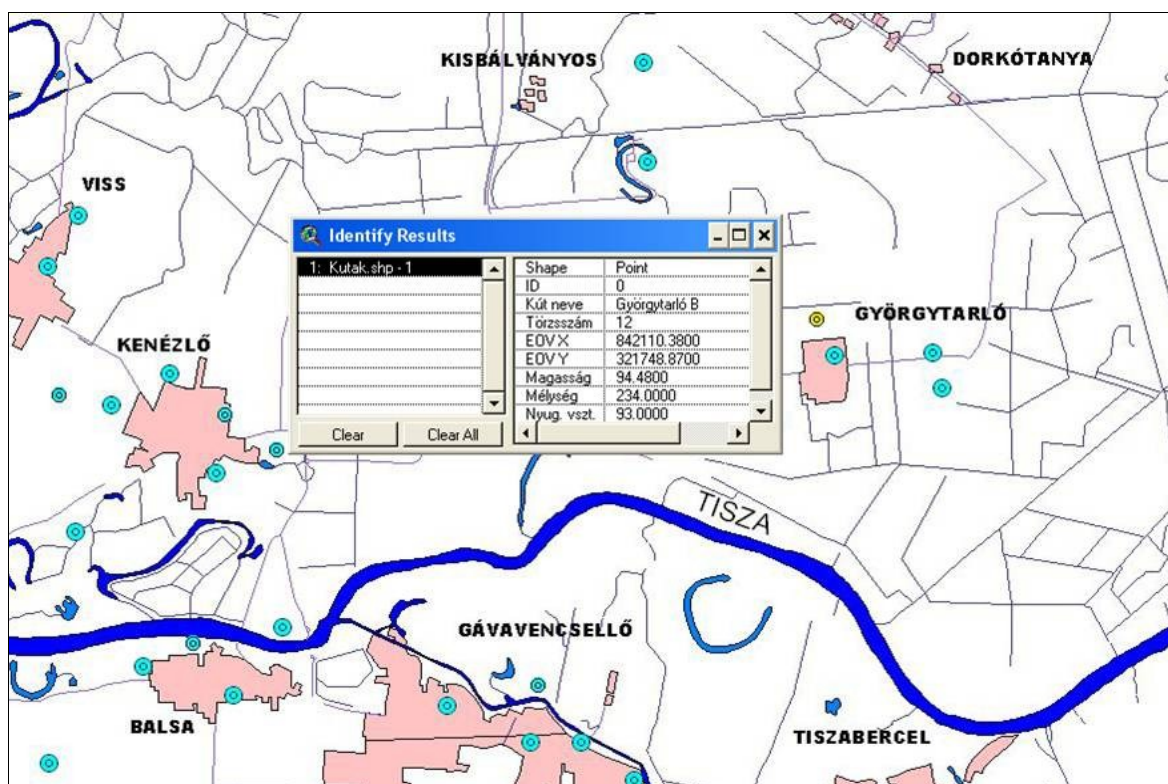
8. ábra. A Bodrogtörzs felszínét ábrázoló kétdimenziós izovonalas tematikus térkép

A modell kialakításának kezdetén kijelöltem az inaktív területeket, amelyek a Bodrog vonalától É-ra és a Tisza vonalától D-DK-i irányba találhatók. Mivel heterogén és anizotróp szivárgási térről van szó, ezért fontos a modell megfelelő horizontális és vertikális felosztása. Vertikálisan 7 nagyobb, permeábilis és impermeábilis réteget különítettem el, míg horizontálisan a 100*100-as rácshálót hoztam létre. Permanens megközelítést alapul véve, állandó nyomású peremfeltételt alkalmaztam. Az egyes rétegek felszínének generálása, szintén az előbb leírt módon történt a kutatófúrások eredményei alapján. A modellrétegek térbeli kiterjedésnek megjelenítése a terepszinthez viszonyított határaik alapján vált lehetővé.

Ezután következett a modell egyes rétegeinek feltöltése a szükséges vízföldtani adatokkal (szivárgási tényezők, porozitás és a megbízható nyugalmi nyomásszintek).

Az egyes képződmények legfontosabb paraméterei a szivárgási tényezők, amelyek a szemcseösszetétel és vízkutató fúrások esetén a próbászivattyúzások által határozhatók meg. Esetünkben ez utóbbi sajnos csak kevés helyen alkalmazható. A modell kialakítása során, amint azt említettem, permanens megközelítéssel dolgoztam, mivel mind a nyomásviszonyok, mind pedig az áramlási mező megismeréséhez a hosszúidejű átlagos értékek meghatározása szükséges.

A modell legfontosabb részét képező pleisztocén rétegsor fedője a többnyire vízzáró holocén ártéri jellegű finom üledékanyag, amelynek vastagsága igen változó. A területen a folyóvizek az egész holocén során már csak finomszemű hordalékanyagot raktak le, amelynek nagysága néhol a 25-30 m-t is elérheti. Amennyiben holocén elején képződött jobb vízvezető rétegek találhatók, azokat természetesen az alattuk lévő permeábilis pleisztocén rétegekhez érdemes kapcsolni, mivel vízföldtani paramétereik, azokhoz nagyobb rokonságot mutat.



9. ábra. Részlet a megfigyelő kutak adataiból kialakított térképes adatbázisból

Az előbb említett fiatal többnyire artéri felszínekre jellemző, hogy általában 2–4 m-es vastagságú fiatal, folyóvízi üledékek (agyag, agyagos kőzetliszt, kőzetliszt) építik fel. A felszínen uralkodó elterjedésű a legfinomabb üledék, az agyag, illetve az agyagos kőzetliszt. Ez a mélység felé durvul, csökken az üledék agyagtartalma, és 5 m mélységben már a Bodrogtörzs nagy részén, 10 m-es mélységben pedig szinte az egész területén összefüggő homokréteget találunk (BORSY Z.–FÉLEGYHÁZI E.–LÓKI J. 1988).

Legfiatalabb holocén képződmények a vizenyős mocsaras területeken kialakult tőzeg, amely helyenként több méteres vastagságot is elér. Továbbá a folyók árterét borító friss öntés, amely az agyagtól a homokig váltakozva mindenfajta szemnagyságban előfordul (KUTI L. 1988). Ezen öntésképződmények borítják 1–2 m-es vastagságban a felszínt, az egykori folyómedrekben azonban ennél jóval vastagabban (3–10 m) is jelen lehetnek.

A modell adatigényéhez hozzátartoznak a területen mélyített vízkutató fúrások, valamint a ma is működő felszín közeli vízre támaszkodó üzemelő vagy megfigyelő kutak. Ezek legfontosabb paramétereit egy térképi adatbázisba rendszereztem, amelyből kitűnik, hogy a területen elhelyezkedő megfigyelő kutak többnyire sekély mélységűek, vagyis a felszínhez legközelebb eső rétegvíz-talajvíz alakulását hivatottak ellenőrizni (10.9).

Az vízrajzi adatbázis kialakításakor a megbízhatóbb, több éves adatsorral rendelkező kutakat vettem alapul a VÍZRAJZI ÉVKÖNYV adatai alapján.

Eddigi eredmények

A területéről készített regionális modell több előre látható eredményt adhat, amelyre most is következtethetünk. A Bodrogtörzs süllyedékének talaj- és rétegvize igen szoros kapcsolatban állnak egymással.

A talajvíz felszínhez való közelségének ismerete azért fontos, mert a felszín közelben finom üledékeket (agyag, kőzetliszt) tartalmazó területeken ez a réteg kedvez az időszakos belvizek kialakulásának. Ezek legnagyobb valószínűséggel ott fordulnak elő, ahol a talajvíz a felszínhez nagyon közel, 1–2 m-es mélységben helyezkedik el. Ilyen terület a Bodrogtörzs is.

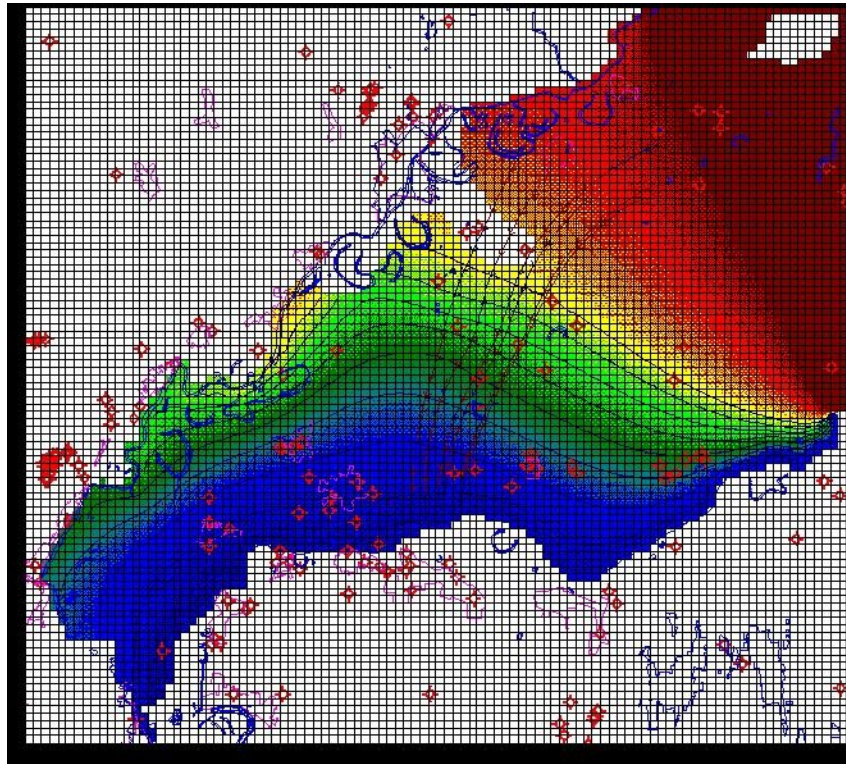
A talajvíz terepszint alatti mélysége nagyon változó. Tengerszint feletti helyzetéből következtethetünk a felszín alatti áramlási irányokra. Megfigyelhető, hogy a magasabb területekről áramlik a talajvíz a mélyebbek felé, vagyis a talajvíztükör nagyjából a felszíni morfológiai viszonyokat követi (10. és 11. ábra). Ahonnan eláramlás figyelhető meg, ott kisebb a belvíz veszélye, ahová pedig összefolynak a vizek, a belvíz nagy valószínűséggel van jelen.

Ebből következik, hogy kisebb lokális áramlások alakulhatnak ki, amelyek többnyire a homokból felépült egykori pleisztocén homokfelszínek és az őket körülvevő alacsonyabb artéri jellegű süllyedékek között figyelhető meg. Ezeket a helyi áramlási rendszereket egy nagyobb rácsfelbontású lokális modellel érdemes vizsgálni.

A Bodrogtörzs nagy részén a talajvíz általában 2–3 m mélyen helyezkedik el és az egész területen nyomás alatt van, azonban 1 m-nél közelebb a felszínhez csak néhány kisebb területen, a laposokban mélyült fúrásokban található. Cigándtól K-re a Tisza mentén 6–8 m körüli a mélység, de az itteni fúrások a magaspárt tetején mélyültek, a talajvíz szintje pedig a 10 m-es mélységig nem érték el a talajvizet (KUTI L. 1988).

A talajvízszint tengerszint feletti magassága 99 és 88 m Bf között változik. A legmagasabban ÉK-en a futóhomokos területeken, míg legmélyebben – néhány kisebb helyi mélyedés kivételével – a Bodrogtörzs Ny-i részén, Zalkod és Györgytörzs térségében és a

Bodrogtörzsben található. A talajvíz tehát ennek alapján É-ról D-re, illetve ÉK-ról DNy-i irányba áramlik. (KUTI L.1988). Megfigyelhető még a felszín közeli vizek áramlási iránya a vízgyűjtő folyók a Bodrog és főleg a Tisza felé (10. és 11. ábra), míg lokális áramlási rendszerek alakulhatnak ki az elhagyott holtmedrek és magasabb környezeteik között.



10. ábra. A modell által számított nyomásértékek alapján készített tematikus kontúrtérkép

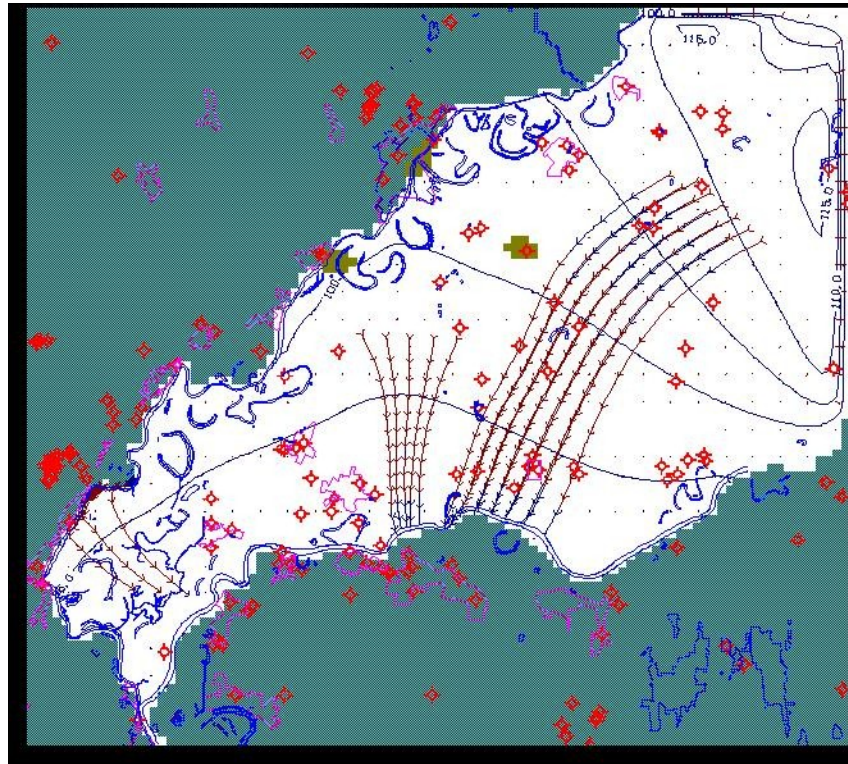
A talajvíz helyzetét és mozgását egyaránt befolyásolja a tároló kőzet áteresztő képessége is. Az alacsony áteresztő képesség magasan tartja a talajvizet. Gátolja, illetve lassítja a víz oldalirányú elszivárgását. A felszínről beszivárgó csapadék lassabban ér le a tároló kőzetekig, és ez a belvizek kialakulását segíti elő, különösen ott, ahol egyébként is felszín közelben található a talajvíz.

Külön szót kell ejtenünk a negyedidőszaki képződmények vízföldtani adottságairól, mivel hidegvíz kitermelés szempontjából elsősorban ezen üledékek jöhetnek számításba. Ezekből a képződményekből már kis mélységekből nagy mennyiségű vizet lehet termelni.

A rétegvizeket tartalmazó negyedidőszaki porózus üledékek az itt keletkezett helyi süllyedékrendszerben rakódtak le. A Bodrogtörzs a Tisza vonalában kialakult szerkezeti vonal mellett válik el a rétköztől. Itt a negyedkori üledékek igen vékonyak (mindössze 20–80 m). A szerkezeti vonaltól D-re azonban hirtelen kivastagodnak, és a Rétköz D-i peremén már 200 m-t is elérnek.

Amint az a fejlődéstörténeti bevezetőben a korábbi kutatások eredményeinek alapján említve volt (SÜMEGI J. 1944; BORSY Z. 1953), a pleisztocén folyók igen hosszú ideig átjárták a vizsgált területet és annak környezetét is. Ezek alapján a legfontosabb kevésbé mély rétegvíztartók ott vannak, ahol az eltemetett ősi folyómedrek tárhatók fel. Ezen régi folyómedrek durva szemcséjű lerakódásaiban a rétegvizek utánpótlódása lényegesen jobb,

mint az egykori árterek finom szemcséjű üledékeiben (URBANCSEK J. 1965), ugyanakkor a Tisza és a Bodrog magasabb vízállása esetén a folyóhoz közeli talajvízbázisból ezek a régi folyómedrek bizonyos utánpótlódást is kaphatnak (BORSY Z.–FÉLEGYHÁZI E.–LÓKI J. 1988).



11. ábra. Az utánpótlódási területen belépő vízrészecskék útvonala Bodrogtörzs Ny-i részén

A negyedidőszaki rétegvizek nyomása negatív, mivel a Bodrogtörzsben ismert felszökő vizű kutak már pannon rétegeket csapolnak meg, ezeknek az üledékeknek a hidrodinamikai viszonyai pedig eltérnek a negyedidőszaki képződményekben tárolt rétegvizek nyomásállapotától. A tágabb környezet rétegvizeinek nyomásállapotára jellemző, hogy a mélység növekedésével a rétegvíznyomás a hidrosztatikusnál kisebb, aminek következtében a kutak nyugalmi vízszintállása terepszint alatt marad, és ahogy haladunk lefelé a rétegsorban egyre mélyebben helyezkednek el. Az ilyen területek többnyire ott alakulnak ki, ahol a hordalékkúpban a mélység növekedésével az üledék szemcsenagysága is egyre nagyobb. (URBANCSEK J. 1965).

A Bodrogtörzs esetében nagyon fontos a már említett kapcsolat a talajvíz és a rétegvizek között. A felszín alatti, kis mélységből történő víztermelés igen szorosan nemcsak a talajvízre vonatkozhat, hanem szinte az egész negyedidőszaki rétegsor rétegvizeire is, mivel kizárólagos talajvízfeltárás nem történhet meg.

Ez azzal indokolható, hogy az ilyen felépítésű hordalékkúpok területén a talaj- és rétegvizet egymástól elhatárolni alig vagy egyáltalán nem lehet, mivel a hordalékkúp durva szemcséjű üledékében nem mutatható ki nagy területen egységes, határozott vízzáró réteg, amely a két víztartót szembetűnően elhatárolná. A folyóvízi üledékek lerakódási jellegüknél fogva nem határolódnak el egymástól, hanem folyamatos az átmenet közöttük. Éppen ezért, a

mélységi vizek többirányú kapcsolatai miatt nem beszélhetünk a kis mélységekben elhelyezkedő víztartók esetében külön talaj- és rétegvíz feltárásról (URBANCSEK J. 1965).

IRODALOM

- BORSY, Z. (1953). A Bodrogtócsa felszínének kialakulása. Földrajzi Értesítő. pp. 409–419.
- BORSY, Z. (1969). Bodrogtócsa. – In: A tiszai Alföld (szerk.: MAROSI S.–SZILÁRD I.) Akadémiai Kiadó, Bp. pp. 33–36.
- BORSY, Z. (1989). Az Alföld hordalékkúpjainak negyedidőszaki fejlődéstörténete. Földrajzi Értesítő. pp. 211–224.
- BORSY, Z.–FÉLEGYHÁZI E. (1983). A vízhálózat alakulása az Alföld É-i részében a pleisztocén végétől napjainkig. Szabolcs-Szatmári Szemle, 3. pp. 23–32.
- BORSY, Z.–FÉLEGYHÁZI E.–CSONGOR É. (1989). A Bodrogtócsa kialakulása és vízhálózatának változásai. Alföldi Tanulmányok. pp. 65–81.
- BORSY, Z.–FÉLEGYHÁZI E.–LÓKI J. (1988). A Bodrogtócsa természetföldrajzi viszonyai. Bodrogtócsa. Ember–Táj–Mezőgazdaság. Miskolc. pp. 1–92.
- ERDÉLYI, M. (1979). A Magyar Medence hidrodinamikája. VITUKI Közlemények. 18. 82 p.
- FTV (1977) Bodrogtócsai kavicskutatás. Előkészítő fázisú kutatási terv.
- KUTI, L. (1988). A talajvíz helyzetének és mozgásának vizsgálata Mohács sziget és Bodrogtócsa területén. MÁFI. Ásványi nyersanyagkutatási és Alkalmazott földtani Főosztály. Agrogeológiai Osztály.
- OZORAY, GY. (1964). A Nyírség, a Bereg–Szatmári-síkság és a Bodrogtócsa vízföldtana. Földr. Közl. 2. f.
- RÓNAI, A. (1956). A magyar medencék talajvize. Az országos talajvíztérképező munka eredményei 1950-1955. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1_245.
- RÓNAI, A. (1976). A talajvíz és a rétegvizek kapcsolata az Alföldön. Hidr. Közl. 2. sz. 49-53.
- RÓNAI, A. (1985). Az Alföld negyedidőszaki földtana – Geologica Hungarica, MÁFI, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 446 p.
- SÜMEGI, J. (1944). A Tiszántúl. – In: Magyar tájak földtani leírása. VI. B – Magyar Királyi Földtani Intézet 208 p.
- URBANCSEK, J. (1965). A Nyírség, a Bodrogtócsa és a Rétköz, valamint a Bereg-Szatmári-síkság vízföldtani viszonyai. Földrajzi Értesítő. pp. 421–443.
- URBANCSEK, J. (1977). Magyarország mélyfúrású kútjainak katasztere. 7. kötet. A pannoni medence víztározói. Bp. pp. 1–546.
- VITUKI. Vízrajzi Évkönyv 1950-2001.

ÁBRAJEGYZÉK

- 3. ábra. A Bodrogek és környezetének 3D felszíni domborzati térképe*
- 4. ábra. A Bodrogek rétegtani és vízföldtani felépítése*
- 3. ábra. A pannon üledéksor feküjének elhelyezkedése a tengerszint felett a Bodrogek NY-i részén*
- 4. ábra. A pleisztocén rétegsor elhelyezkedése a tengerszint felett a Bodrogek NY-i részén*
- 5. ábra. A területre és annak környezetére eső legfontosabb kutatófúrások elhelyezkedése (MÁFI Adattár)*
- 6. ábra. A modellezet terület földrajzi elhelyezkedése, a felhasznált vízkutató fúrásokkal*
- 7. ábra. A vizsgált területről készített vektoros adatmodell*
- 8. ábra. A Bodrogek felszínét ábrázoló kétdimenziós izovonalas tematikus térkép*
- 9. ábra. Részlet a megfigyelő kutak adataiból kialakított térképes adatbázisból*
- 10. ábra. A modell által számított nyomásértékek alapján készített tematikus kontúrtérkép*
- 11. ábra. Az utánpótlódási területen belépő vízrészecskék útvonala Bodrogek NY-i részein*