

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

Tata és Tóváros karsztforrásainak vízhozam változása térképen ábrázolva

SZAKDOLGOZAT
FÖLDTUDOMÁNYI ALAPSZAK

Készítette:

Rátvai Dániel

térképész és geoinformatikus szakirányú hallgató

Témavezető:

Dr. Albert Gáspár

Adjunktus

ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék



Budapest, 2015

Tartalom

Bevezetés	3
A térség geológiai és hidrogeológiai jellemzői	4
A források felhasználásának történelmi áttekintése	7
1900-as évek mérései	9
Bányászat hatásai	9
Vizsgált időpontok.....	11
Források	11
Számítási módszerek	13
1D-s interpolációs módszer	13
2D-s interpoláció.....	14
Térképi ábrázolás.....	15
Izovonalas térképek szerkesztése.....	15
Surfer.....	16
A háttértérkép szerkesztése.....	17
Open Street Map.....	17
Qgis	17
Vízhozam ábrázolása	18
Eredmények.....	19
1D-s interpoláció alapján	19
Az 1D-s eredmények térképi ábrázolása.....	21
Az 2D-s eredmények térképi ábrázolása	25
Eredmények elemzése	26
A görbeillesztés és az abból szerkesztett térképek elemzése	26
Izovonalas térképek elemzése	27
Összefoglalás	29
Felhasznált irodalom	30
Köszönetnyilvánítás.....	32

„Tatat város hévizeinek viszonyai oly bonyolultak és oly érdekes, hogy hozzájuk foghatot alig tudunk Magyarország területéről említeni.”

Horusitzky Henrik

Bevezetés

Tata városát sokszor csak a „vizek városának” nevezik. Ez a megnevezés egyáltalán nem túlzás, hiszen a területen számos mélykarsztos eredetű forrás helyezkedik el. A források a várost már a 20. század elején is komoly turisztikai célponttá tették. A források a huszadik század elején kezdődő, igazán jelentőssé azonban csak a második világháború alatt való szénbányászat miatt apadtak el. A kibányászandó széntelegek a karsztvízszint alatt helyezkedtek el, ezért a biztonságos munka miatt a karsztvizet szivattyúk segítségével elvezették a területről. Miután a bányák termelése a térségben a rendszerváltozást követően ugrásszerűen lecsökkent, a karsztvízszint emelkedni kezdett. 2001. elején feltört a város legalacsonyabban fekvő forrása, a fényes forráscsoporthoz tartozó Katona-forrás. Napjainkban a karsztvízszint tovább emelkedik és az előzetes számítások szerint 2040-re elérheti azt a magasságot, hogy az összes ismert tatai forrás újból „megszólaljon”. (Fogarasi, 2001).

Dolgozatom fő célja a források vízhozam változásának feltüntetése tematikus térképeken az 1900-as évek első évtizedeiben végzett mérésektől kezdve 2040-ig bezárólag, de emellett egy általános bemutatást is adok a terület geológiai ill. hidrogeológiai felépítéséről, és a források jelentőségéről a város történelmében. Céлом elérése érdekében összegyűjtöttem a fellelhető vízhozam adatokat, majd ezekből matematikai módszerekkel jövőbeli időpontra becslést adtam. A mért és számított eredményeket mutatom be digitális kartográfiai módszerekkel szerkesztett térképeken. A jövőbeli állapotokra vonatkozóan a publikált és az általam számított adatokat a dolgozat végén összehasonlítom.

Tata környékén élőként számomra kiemelt fontosságú a források kérdése, mivel a turisztikai tervezés mellett az emberi objektumok és a karsztvíz esetleges védelmének szempontjából is jelentőséggel bír. Az elmúlt évtizedekben (főleg a 1980-as években) a város vezetői úgy gondolták, hogy a források örökre eltűntek ezért a víz által veszélyeztetett területeken lakóparkok építését engedélyezték. Ezek a városrészek napjainkban a források újból megszólalása miatt komoly veszélybe kerültek. Ez tehát egy jelentős probléma, amivel a városvezetés próbál megküzdeni, és ehhez nyújthatnak segítséget a témával foglalkozó térképek és tanulmányok.

A térség geológiai és hidrogeológiai jellemzői

Tata, a Dunántúl északi részén, a Kisalföld és a Dunántúli-középhegység találkozásánál helyezkedik el a Győr-Tatai teraszon. Az oligocéntól kezdve süllyedő mezozoós, karbonátos medencealjzatot pár száz méter vastag, felül agyagos, pannon üledék fedi. A város a Gerecsét és Vértes hegységet elválasztó Tatai-árok északnyugati kapujában, az Által-ér folyásánál található. (Almády, 1988, Fülöp-Hanyus-Szabó, 2002)

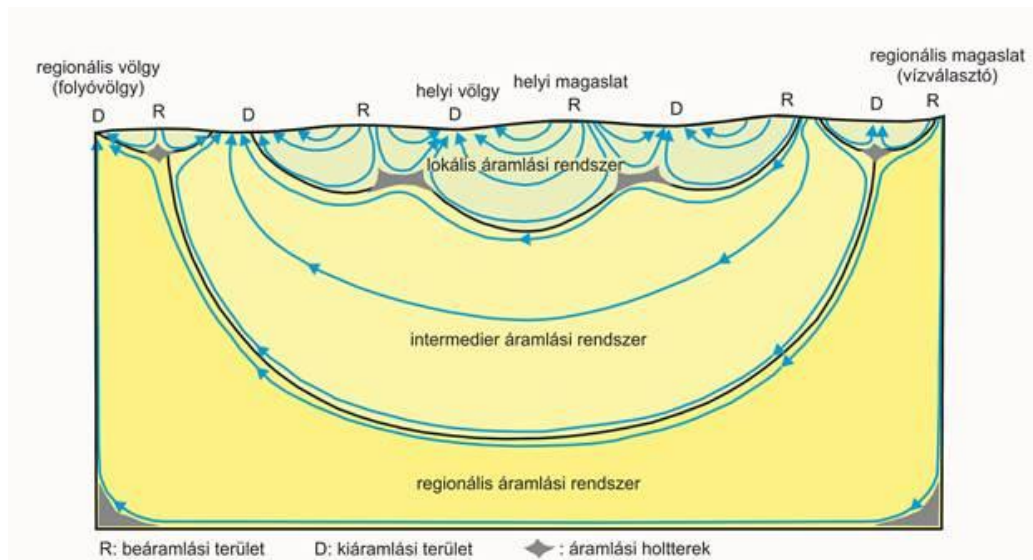
A Tatai-medencét É-on és ÉK-en a Gerecse, K-en a Vértes hegység mészkő és dolomit rögei határolják, D-i peremén ugyancsak mészkő és dolomit képződményeket találunk, míg ÉNy és Ny felé a medence nyitott. A peremeken triász korú mészkő és dolomit képezi a medence alaphegységét is. A tulajdonképpeni medence a krétaidőszakot követő hegyképző mozgások során alakult ki, és elsősorban az eocén, kismértékben az oligocén korszakban rakódtak le benne a szén és bauxit telepeket is tartalmazó vastag üledékek. (Szabó, 1994)

Gerecse főtömegét alkotó triász karbonátok Ny és É felé, a Kisalföld medencéjének irányában törésvonalak mentén a mélybe süllyedt, így a hegység peremén még felszínen lévő mészkőképződmények Komáromnál már 1000 méter körüli mélységben találhatóak. A lezökkenő karbonátos rögök egy-egy tagja sasbérc jelleggel azonban még a felszínen, illetve annak közelében van Tata környékén. A Tata-bicskei-árok tektonikus törésvonalának nyomvonalán kialakult széles völgy közepén kis sasbérc, a Kálvária - domb emelkedik ki. (Kele, 2009)

A medence mészkőből és dolomitból álló aljzatában, a feláramló vizek szénsavas oldó hatására, bonyolult vízjáratok, kisebb-nagyobb térfogatú üregek keletkeztek és egymással összefüggő rendszert alkotnak. Ezt hívjuk karsztosodásnak. Ezek a járatok és üregek egyrészt a helyi csapadékokból, másrészt a Dunántúli Középhegység vízgyűjtő területéről egy bizonyos magasságig az ún. "karsztvízszintig" vízzel feltöltődtek és állandó utánpótlást kapnak. (Szabó, 1994)

A felszín alatti vizek mozgásának leírása eléggé nehéz feladat. A modern hidrogeológia felszín alatti víz-medencékben gondolkodik. A valós felszín alatti víz-medencék rendkívül bonyolultak, ezért egy elméleti medencén alapsznak a matematikai számítások. Az elméleti medence mesterséges határokkal határolt: Vízválasztó a topográfiailag legmagasabb pont. A legalacsonyabb pont valamilyen felszíni víztest, általában egy folyó. Ha elképzelünk egy egyenletesen lejtő talajvíz-felületet, akkor tudjuk azt, hogy ez energetikailag ki akar egyenlítődni. A vizek a magasabb talajvízdomborzatú területektől az alacsonyabb felé áramlanak a kőzetpórusok között a litoszférában. Ez az egyensúlyra való törekvés az alapja a felszín alatti vízmozgásnak. Egy adott térfelzsinnel rendelkező medencére kiszámolt folyadékpotenciál-eloszlásból kialakuló áramlási képet mutatja az 1. ábra. Az ábrából következik, hogy a kiegyenlítőds differenciáltan fog bekövetkezni. Homogén kőzetösszetételű medencében ilyen esetben háromféle áramlási rendszer alakul ki.: (Szőnyi, 2013)

- Regionális: olyan áramlási rendszer, ami a vízválasztónál pótlódik és a folyó közelében jut felszínre.
- Lokális: helyi magaslaton után pótlódik és szomszédos mélyedésben csapolódik meg.
- Intermedier: köztes magaslaton után pótlódik és köztes mélyedésben csapolódik meg.



1. ábra: homogén közet összetételű medence felszín alatti vízáramlási képe és hatása a felszínre (Tóth, 1963 nyomán).
R: beszivárgás, D: felszínre bukkanás.¹

Tata és térségében a regionális és az intermedier áramlási rendszer a domináns, mely következménye, hogy az itt lévő karsztforrások csak igen kis mértékben érzékenyek a lehulló csapadék mennyiségére.

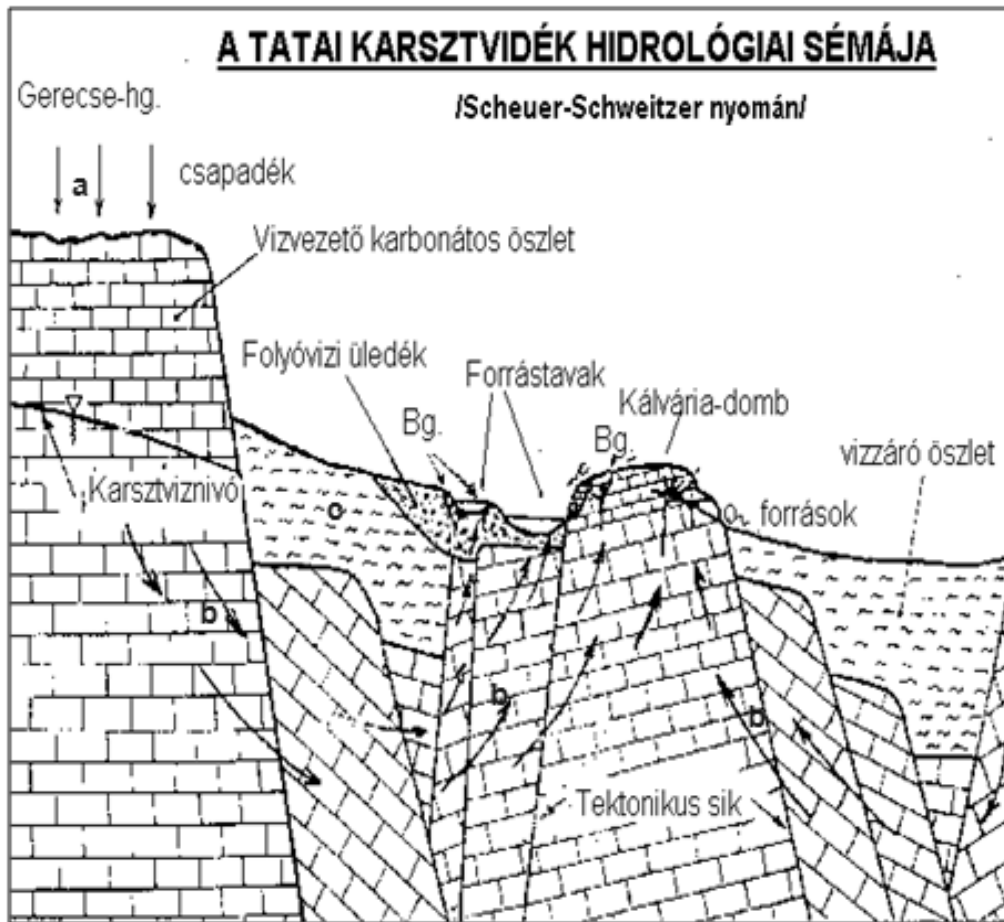
A térség mezoósaljzata szoros kapcsolatban van a Gerecse és a Vértes nagy kiterjedésű vízgyűjtő területével, melynek felszíni kőzetei is túlnyomóan mezozoós, karsztosodásra hajlamos mészkövek, alárendelten dolomitok. A lehulló csapadék a permeábilis (csapadék számára áthatolható) kőzetbe beszivárog, de Tatán a gerecsei hegylábi forrástól eltérően, a hidrosztatikus nyomáskülönbség miatt kénytelen a lépcsősen elhelyezkedő mélyebb mezozoós mészköveken is átszivárogni (2. ábra). Ezek mélysége (300-500m) már olyan, hogy az átszivárgó karsztvíz felmelegszik, és lehetővé teszi a termális (26-32 °C), illetve szubtermális (16-25 °C) hőfokú források megjelenését. Tata forrásainak kialakulása a törésvonal jelenlétével, a felszín közelébe emelkedett karsztvíztároló blokkokkal és a beszivárgási területeknél jóval alacsonyabb tszf-i magassággal magyarázható (Csepregi et al. 2004, Scheuer-Scheitzer, 1981).

„Az óriási tektonikus vonal és az erre közel merőleges keresztvörések serege nyújt aztán lehetőséget a mélyben felmelegedett, és hidrosztatikai, illetve karszt-lencsenyomás alá

¹ Mádlné Szőnyi Judit (szerk.) 2013 : Hidrogeológia -- ELTE, Általános és alkalmazott földtani tanszék, oktatási segédanyag. Letöltés helye:
<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/Hidrogeologia/index.html>

került karsztvizeknek, hogy pontosan itt, a kiemelt tektonikai helyzetű, törésekkel szabdaltsatai rögökben fel tudjanak emelkedni és bővizű, langyos források alakjában a felszínre tudjanak jutni.” (Almády, 1988)

Az itt lévő források szabadszénsav tartalma az átlagosnál magasabb volt, mely oldatban tartotta a magnézium és kalcium hidrokarbonátokat. A felszínre érve ez a szabadszénsav tartalom elillant, mely hatására a mész szilárd állapotban kivált, és az egész területen édesvízi mészkő kőzet rétegeket hozott létre (Horusitzky, 1923).



2. ábra: A tatai karszt vidék hidrológiai sémája (Scheuer-Schweitzer)²
Jelmagyarázat: a = Vízyűjtőterület, b = Vízáramlási irányok, c=Vizzáró rétegek

²Földtani Közlöny, Bull. of the Hungarian Geol. Soc. (1981) 111. 67—97 : Dr. Scheuer Gyula, Schweitzer Ferenc: A hazai édesvízmész-kőösszletek származása és összehasonlító vizsgálata

A források felhasználásának történelmi áttekintése

Tata városa (és forrásai) igazán színes történelemmel rendelkezik. Valószínűleg épp a források miatt, de már a würm eljegesedés korai szakaszából is találtak az emberi élet nyomaira utaló bizonyítékokat a térségben (Schróth,1970). A feltárt leletek teljes biztossággal arra utalnak, hogy Tatán a pleisztocén korban az ősember a mamuttal együtt már jelen volt, és tanyáját a meleg források közelében üttöte föl. A leghíresebb és legjelentősebb felfedezés a vértesszőlősi előember, akit forrás mészkőben találtak meg. (Kormos, 1909).

Az első tárgyi bizonyítékai a források felhasználására a római birodalomból maradtak ránk. Miután elfoglalták Pannoniát, a Duna mentén számos katonai tábornok hoztak létre, köztük Brigetiot (mai nevén Szőny), melynek a vízellátása végett egy 15-km-es vízvezeték építettek ki. A vízvezeték a tatabi Kismosó források vizét szállította el. Ezen felül számos zsilipet, gátat és töltést hoztak létre az akkor még mocsaras vidéken (Horusitzky, 1923).



3. ábra: Marsigli térképe (1726) a Duna Komárom és Neszmély közti szakaszáról.³

Jelmagyarázat: Dotis = Tata, a=Vízvezetékromjai, b=ember által épített domb tetején kisebb erőddel, c=vízduzzasztógát, d=Mocsár, amit egy tatáról jövő patak táplál, e=Komárom

A középkor elején itt telepedett le a Benedek-rend, mely számos vízimalmot hozott létre, ezek napjainkban csak műemlékként vannak jelen. Körmendi Géza tanulmánya szerint, Zsigmond király 1388. évi oklevele közli a malmok helyét. Mátyás király idején, Bonfini írja művében: „A víz lefolyásánál gabonaőrő malmok vannak, sorjában kilenc. Ezek a várhoz tartoznak, háborúban sem szakíthatók el tőle.” A malmokat az őket hajtó vízfolyások alapján szokás csoportosítani (Körmendi, 1988):

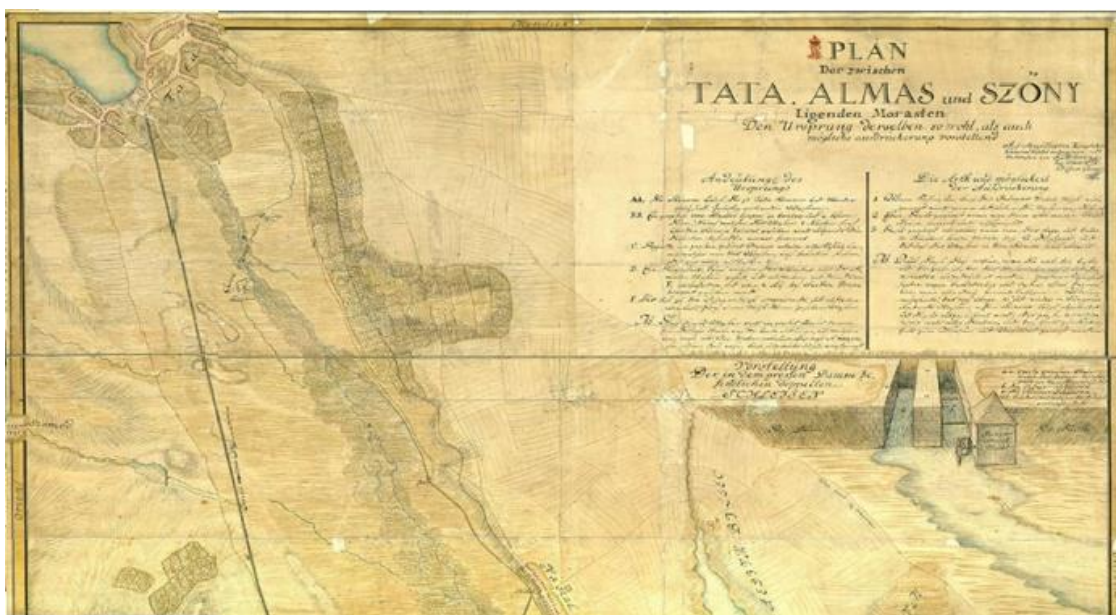
- Cseke-tó lefolyó vize hajtotta az úgy nevezett a Kása-malmot
- Pokol-forrás hajtotta a Pék malmot

³Marsigli, Luigi Ferdinando (1726): A Duna Bécs és Giorgio közötti szakaszának térképe. [B IX b 112] Hadtörténelmi Intézet és Múzeum. (<http://maps.hungaricana.hu/hu/49463/>)

- Kis-források által táplált Malom-patak partján számos malom működött többek között a Miklós és a Sándor malom.
- Öreg-tó közepső zsilipjénél működött a Cifra-malom.
- Fényes forrásoknál volt a Réti-malom.
- Kismosó –forrás táplálta a Weber malmot.

1400 körül a környék szépsége miatt Zsigmond király egy várkastélyt építtetett ide (Tatai vár), amit Mátyás király kibővített majd környékén üdülőhelyet és halastavat létesített Mohács után, a Török elfoglalta a várost, összesen 16 évig volt az övék, de ez alatt az idő alatta a forrásokat felhasználva fürdőket alakítottak ki. Ezek közül a legfontosabb fürdő a mai Törökfürdő-forrásra épült (Tóth 2002).

1727-ben Esterházy József megvásárolta az egész térséget. A mezővárosba hívott építészek nyomán kialakult a „Tata”, mely rövid idő alatt Komárom vármegye egyik legszebb, barokk stílusú épületekben gazdag várossá fejlődött. 1746-ban Mária Terézia megbízta Mikoviny Sámuel a tatai mocsarak lecsapolásával és a terület vízmentesítésével (3. ábra). Leírása szerint a vízzel borított terület 15,2 km hosszú és 1,9 km széles volt. A római zsilipek és gátszakasz elbontása mellett két új csatornát is ásott a vizek elvezetésére melyek megszabadították a várost a mocsaras területeitől. (Deák, 1995)



4. ábra: A Tata, Almás és Szőny között elterülő mocsarak eredeti állapotát, valamint azok Mikoviny S. általi lecsapolását (1747) bemutató déli tájolású térkép. A baloldalon látható nyílegyenes vonal a Tata-Szőny között ásott csatornát mutatja. Ábrázolt források: Fényes forrás, Feneketlen forrás. ⁴

A munkálatok befejeztével Gróf Eszterházy Miklós a Tóváros mellett fakadó két forrás (Pokol-, ill. Tükör-forrás) körül a mai napig páratlan szépségét megtartó angolparkot

⁴Mikoviny S (1746). Plan der zwischen Tata, Almas und Szöny, ligenden Morasten den Ursprung derselben so wohl, als auch mögliche Ausdruckerung vorstellend (A Tata-Almás-Szőny-Komárom térségben a komáromi uradalomban elterülő mocsár lecsapolási térképe): [S 11 No 0290] Budapesti Levéltár. (<http://maps.hungaricana.hu/hu/9908>)

hozott létre, melynek közepén a forrásokból táplálkozó Cseke-tó kerül el. 1886-ban a Tudományos Akadémia és Természettudományi Társulat ülésén kerültek szóba a tatai-források, amikor a Budapest főváros végleges vízmű berendezéséről folytak a tanácskozások. Feszty Adolf javaslatát, mely szerint, a „mérhetetlen vízbőségű” források vizét a fővárosba kellene vezetni, végül a 78km-es távolság miatt leszavazták (Tóth, 2002).

1900-as évek mérései

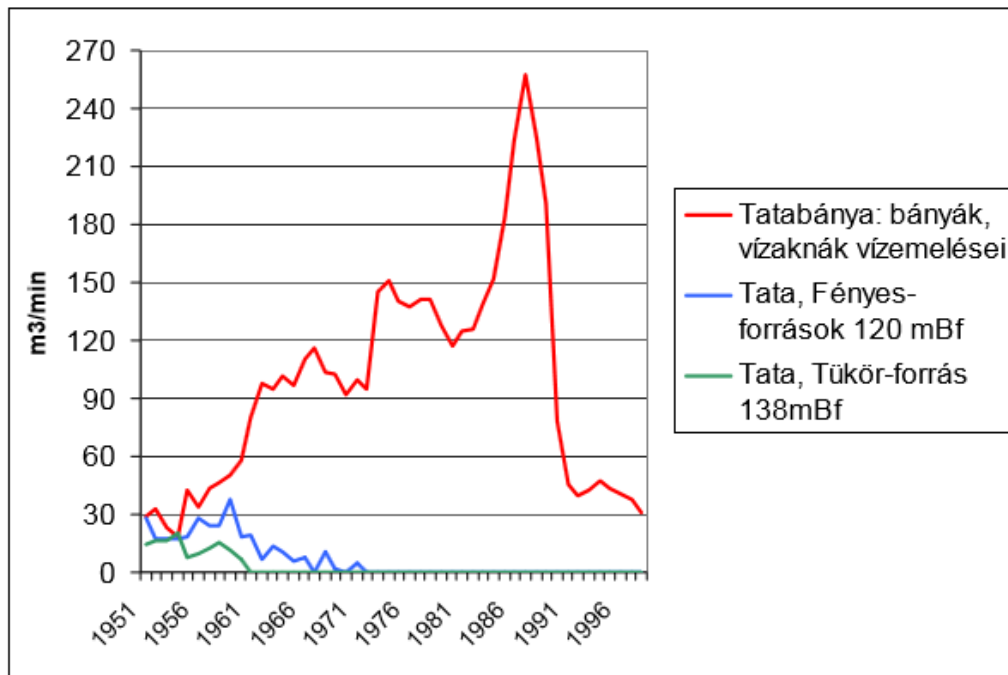
A források széleskörű ismertsége ellenére az első lejegyzett vízhozam mérésre 1919-ig kellett várni. Horusitzky Henrik „Tata város hévforrásainak hidrogeológiája és közgazdasági jövője” című 1923-ban megjelent munkájában 43 forrásról és 6 kútról tesz említést, és többek között vízhozamra vonatkozó adatokat is közölt (Horusitzky, 1923). Művében ezeken kívül ad egy teljes képet a terület földrajzi viszonyairól, történelméről és a város közgazdasági jövőjéről.

A források „virágzása” egész az 1896-os évig tartott, ekkor ugyanis Bánhidán (a mai Tatabánya egyik városrésze és elődtelepülése) kitermelésre alkalmas mennyiségű kőszén tartak fel a kutatófúrások (Andreics,1896). Általánosan érvényesül a XX.század második felétől az 1990-es évekig az egész Dunántúli-középhegység főkarsztvíz tároló rendszerére, hogy a drasztikus bányászati beavatkozások (pl.: karsztvíz kiemelés) miatt az 1950-es évektől kezdődően növekvő regionális nyomáscsökkenés mutatkozott, mely az egész területen karsztvízszint csökkenést okozott. (Ballabás, 2004).

A bányászati tevékenységgel párhuzamosan, az 1950-es évektől az akkor frissen alakult VITUKI (Vízügyi Tudományos Kutató Intézet) rendszeres vízhozam méréseket végzett a területen. A korai méréseket a területen dolgozó kutatók később megvizsgálták, és mérés technikai okokra hivatkozva Horusitzky méréseit mintegy 40%-ban (Csepregi, 1993), az 1950-es évek felméréseit mintegy 10%-ban (Lorberer, 1999) eltúlzottnak tartják, de ettől függetlenül hivatalos mérést elismerik és az eredeti adatokat fel is használják (Fogarasi, 2001).

Bányászat hatásai

A vízszintsüllyedés hatására 1973 elején, Tatán elapadtak a legmélyebben fekvő Fényes-források is. A mérések szerint Tata térségében a karsztvízszint csökkenése meghaladta a 40m-t (Tóth, 2002).



5.ábra: Bányavíz emelések Tatabánya térségében és Tata két legnagyobb forrascsoportjának vízhozamadatai 1951-1998.⁵

Az 5.ábrán jól megfigyelhető a bányászat víztermelése és a források közötti kapcsolat. Különösen nagy ugrások is megfigyelhetőek, melynek az okai a karsztvíz védelmét figyelmen kívül hagyó egyre meggondolatlanabb bányászati lépések voltak.

- 1962-ben az egyik aknába betörő víz (kb.: 30 ezer liter percenként) valamennyi 125 mBf (Balti-tengerszintje feletti magasság méterben) feletti tatai forrást elapasztotta, a többi pedig jelentősen lecsökkentette.
- 1972-től érték el a teljes kapacitásukat a bányák, ahol az elmúlt évtizedek során tökéletesített vízmentesítési megoldások miatt, minden forrás elapadt a tatai térségben. (Alföldi 2007)
- 1980-as évek elején, az „eocén program”⁶ miatt számos új bányát hoztak létre a térségben, melyeknek a víz kitermelése akkora volt, (egy adat szerint elérte a 330-350 l/perc-et. – Ballabás, 2004) hogy már a budai forrásokat is veszélyeztette.

Ez utóbbi jelenség hatására, 1988-tól korlátozták a vízemeléseket majd a rendszerváltás után, ami magával vonzotta a bányák fokozatos bezárását elkezdtek visszatöltödni a karsztvíztárolók. Ezt a folyamatot elősegítették a szokásosnál jóval csapadékosabb évek is (1994-95 és 1996-99 között, a sokévi átlagnál 20-30%-kal több csapadék hullott a területre). 1990-től 2000 végéig a következő átlagos vízszint emelkedéseket dokumentálták: (Ballabás, 2004): „29-30 méter (záró szint: 106-112 mBf), Tata térségében 23-24 méter

⁵Ballabás Gábor: Visszatérő karsztforrásokkal kapcsolatos településfejlesztési és környezetvédelmi lehetőségek és veszélyek Tata város példáján (2004).

⁶Az eocén program az 1980-as évek elején zajlott, lényegében egy nagyszabású szén és bauxit kutatás volt, ahol bánya fejlesztési és hasznosítási tervek születtek a kőszén vagyona vonatkozásán. „A program nevét a szénelőfordulások keletkezésének földtörténeti koráról kapta. (Solymos, 1996)

(zárószint: 118 mBf). 2001-ben újra megszólaltak az első, legalacsonyabban fekvő (118-119 mBf) Fényes-források.”

Vizsgált időpontok

Napjainkban a karsztvízszint a térségben 136-138 mBf között található melynek értéke a 2030-as évekre elérheti a 144-145 mBf-et is (Csepregi,1993). Ezek alapján a következő években a források vízhozamának erőteljes növekedésére lehet számítani, mivel a térség forrásainak fakadási szintje 140 mBf alatt van.

A dolgozatomban öt időpontra mutatom be a vízhozam adatokat:

- 1919:Horutsitzky mérései alapján, a bányászat előtti időket reprezentáló adatok.
- 1950:Bányászat kezdeti fázisában mért adatok a VITUKI mérései alapján.
- 1973:Minden vízhozam érték 0, de számítások miatt fontos feltüntetni.
- 2012: MallerMárton⁷ illetve az ÉDUVIZIG⁸ és az ÉDV Zrt⁹ mérései alapján.
- 2040:Az előző adatok felhasználásával általam becsült adat.

Az időpontokat úgy választottam meg, hogy a térség forrásainak aktivitásairól egy teljes képet kaphassunk, ezen kívül kritikus tényező volt, hogy csak ezekről az időszakokról voltak pontos, elérhető mérések.

Források

A vízfeltörések Tata közigazgatási területén helyezkednek el. Fakadási szintjük 119-146 mBf között helyezkednek el. A források területileg és a víz utánpótlás szempontjából is több csoportba oszthatóak. Hozamuk egymáshoz képest is nagyon különböző. (ill. különböző volt) A legtöbb forrás az egykor Tatai szirtnek, ma Kálvária-dombnak nevezett mezozoos mészkőtömb szerkezeti vonalai mellett fakadt. Csoportosításuk (Fogarasi, 2001):

- Angolparkban eredő Tükör- és Pokol-forrás. Az eredeti összesített vízhozam 1/3-át adta.
- Nagy (Öreg)-tó forrásai. (Vár alatti nagyforrás, part menti kisebb források) Vízhozamuk az előbbieknél jóval kisebb volt.
- A tatai szirt forrásai:
 - Északkeleti peremén fakadó források: Kastély-, Törökfürdő-, piaristakerti-, LoPresti-forrás.
 - Délnyugati perem: Kis-Mosó-, Komárom utcai-források.

⁷ Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék doktorandusza.

⁸ Észak-Dunántúli Vízügyi igazgatóság.

⁹ Észak-Dunántúli Víznú zrt.

- Fényes források: Legalacsonyabban eredő források, hozamuk az összhozam 45-50%-át tehet ki.

A fent említett forrásokon kívül, napjainkban új források kialakulása is megfigyelhető. Ezek részben az emberi tevékenység hatására (pl.: alapozásnál átfúrták a vízzáró réteg határát, ilyenek a Május 1. út45. alatti és a 43. előtti források – Mürkl L¹⁰ szóbeli közlése), részben pedig a karsztvíz természetes szintjének regenerálódása miatt fakadnak.

Az elkészült térképekkel a célom, hogy bemutassam részben a vízhozam változását, részben pedig azokat a területeket, amelyek a vízfakadás miatt jelenlegi funkciójukban veszélyeztetve lesznek.

¹⁰ Tatai polgármesteri hivatal környezetvédelmi és energetikai referense.

Számítási módszerek

1D-s interpolációs módszer

A kiválasztott időpontokra elérhető vízhozam mérési adatokból a 2040-es évekre várható vízhozam becslését polinomiális interpolációval (globális, 1D módszer) végeztem el. A számításomat a legkisebb négyzetek módszerével végeztem el, mivel szeretném feltüntetni a mérési adatok hibával terhelttségét is. A módszer lényege, hogy a kontrolpontokra megpróbálunk függvényt illeszteni úgy, hogy a függvény változójának az adott ponton felvett értéke a lehető legkisebb mértékben térjen el a mért értéktől. Ezt görbeillesztéssel érhetjük el (Albert, 2015). Számításunk lelegején fontos meghatározni a polinom rendűségének a számát, melynek az egyenletben 'm' a jele. Ez az érték a polinom fokát jelenti. Ha m=1, akkor ez egy elsőfokú polinom, melynek képe egy lineáris függvény. Ha m=2, akkor másodfokú polinom jön létre, melynek a képe egy parabola. Számításaimban ezt az értékeknek 2-nek határoztam meg. Görbeillesztés általános képletei:

$$a_0 \sum_{i=0}^N x_i^0 + a_1 \sum_{i=0}^N x_i + \dots + a_m \sum_{i=0}^N x_i^m = \sum_{i=0}^N f_i$$
$$a_0 \sum_{i=0}^N x_i + a_1 \sum_{i=0}^N x_i^2 + \dots + a_m \sum_{i=0}^N x_i^{m+1} = \sum_{i=0}^N x_i f_i$$
$$a_0 \sum_{i=0}^N x_i^m + a_1 \sum_{i=0}^N x_i^{m+1} + \dots + a_m \sum_{i=0}^N x_i^{2x} = \sum_{i=0}^N x_i^m f_i$$

1. egyenlet: Polinomiális interpoláció¹¹ [6. ábra]

ahol:

- x = A vízhozamok mérésének az éve
- f =mért vízhozam.
- N = A kontrolpontok száma
- m = A polinom rendűségének a száma.

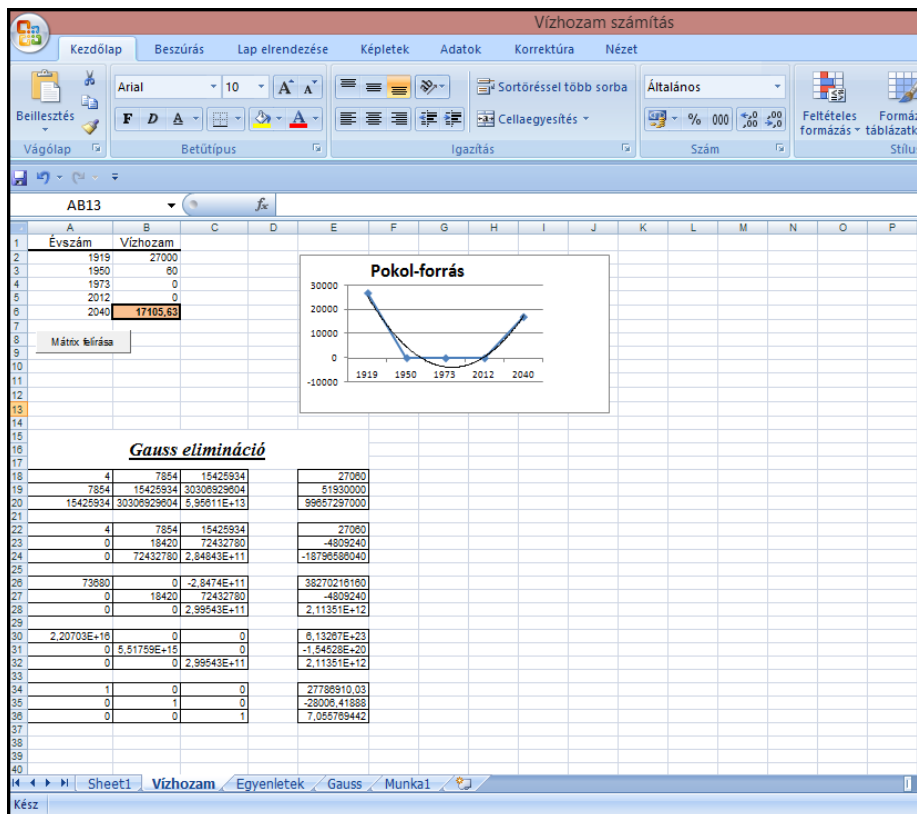
Ezekből az egyenletekből Gauss-eliminációval megkapjuk az a együtthatókat ($a_0, a_1 \dots a_m$), melyeket a következő polinom egyenletbe behelyettesítve a keresett év ($x=2040$) becsült vízhozam adata számolható:

$$P(x) = a_0 + a_1 x + \dots + a_m x^m$$

2. egyenlet: Polinom függvény általános képlete. [7. ábra]

¹¹ Az felhasznált egyenletek egy darab forrásból vettem: Albert 2015: :Tematikus térképek a földtudományokban - gyakorlat, 1. Térképszerkesztés matematikai módszerekkel kvantitatív (interpoláció) eljárás esetén. ELTE, Térkép tudományi és Geoinformatikai Tanszék, oktatási segédanyag. 19 p.

A számításokat Excelben csináltam meg, ahol nem csak az érték megadására, hanem a görbe megjelenítése is lehetőségem volt (8. ábra). A munkalapon a „Vízhozam” oszlopba írom az adott évi vízhozamot, majd a „Mátrix felírása” nevű makrót megnyomva a megkapom a 2040-es évre a becslést eredményt.



8.ábra : Excel táblázat a polinomiális interpolációra.

A becsléshez a négy kiválasztott időpontra (1919, 1950, 1973 és 2012) vonatkozó adatsort használtam fel, amelyek a források vízhozamának éves átlagát tartalmazzák. Az így kapott értékeket és a becslés hibáit a 2. illetve a 3. táblázatban tüntettem fel. Az összegyűjtött és a becslést vízhozam adatokat térképeken ábrázoltam.

2D-s interpoláció

A terület a hidrogeológiai viszonyainak bemutatásához a karsztvízszint helyzetét a felszínhez viszonyítva adom meg. Munkámhoz a 2012-es évre sikerült mérési adatokat szerezni, illetve becslést adatokhoz is hozzáfértem, így két évre tudtam karsztvízszint mélységvonalakat szerkeszteni.

2012-es adatok: Maller Márton, illetve az ÉDUVIZIG és az ÉDV Zrt. által 6 ponton észlelt vízszint adatok. Fontos megemlíteni, hogy a Pokol-forrásnál egy éven keresztül minden nap minden órájáról van mérési adat, a fényes forrásnál június-július-augusztus kivételével szintén napi 24 darab, míg a többi ponton csak havonta mértek a magasságot.

Név	Átlagmagasság (mBf)	Szórás
Pokol-forrás	135,20	0,17308
Tükör-forrás	134,91	0,204529
LoPresti- forrás	134,88	0,180131
Fényes-forrás	136,22	0,177569
TÉ2	134,34	0,206177
TÉ3	134,39	0,178819

1. táblázat: 2012-es karsztvízszint magasság méréseinek átlaga és szórása.[9.ábra]

A TÉ-2-3 jelölés karsztvízszint észlelő kutakat jelentenek.

Az ez által kapott modellt, természetesen a mérési pontok számára való tekintettel csak egy erős becslésként szabad kezelni.

A 2032-es évi adatok egy regionális hidrogeológiai modellből származnak, ami az egész Dunántúli-középhegység karsztvíz viszonyainak értékelésére készült (Hydrosys Kft., Csepregi András). Ez a modell egy 1km x 1km raszter hálóban adta meg az előre jelzett vízszinteket. Felbontása, pontossága nem mérhető egy lokálisan Tatára vonatkozó vizsgálathoz, de a trendek és a nagyságrend szemléltetésére alkalmas.

Annak érdekében, hogy az adatokat izovonalakkal ábrázoljuk egy 2D-s interpolációs módszert kell alkalmaznunk. A becsült érték az ismeretlen ponton a z érték az i -edik kontrolpontban a z_i -edik. Kontrolpont távolsága az ismeretlen ponttól a d . A súlytényező a számításomban: $k=2$. Az s a felhasznált kontrolpontok száma. 2012-es számításban 6 kontrolpontom volt, 2032-eshez pedig 144. A munkának ezen részét a Surfer nevű programban csináltam.

Térképi ábrázolás

Izovonalas térképek szerkesztése

A 2D-s interpolációs módszerrel a terület karsztvízszint magassági izovonalas térképét készítettem el. A szemléletesebb ábrázolás érdekében viszont a magassági adatok helyett a vízszint mélységét jelenítettem meg a térképeken.

A terület domborzatmodelléhez egy 30m-es felbontású SRTM¹²állományt használtam fel. Az SRTM állományt Global Mapper¹³- ben surferGRID formátummá alakítom át, mely során oda kell figyelni arra, hogy a szelvény méretei és a lefedett terület

¹²Shuttle Radar Topography Mission. A NASA kezdeményezésére 1996-ban elindított program, melynek célja a Föld 80%-ára kiterjedő digitális domborzatmodell elkészítése volt

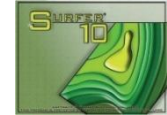
¹³ "Globális Térképező" szoftver professzionális raszter és vektor georeferáló, konvertáló, domborzatrajz-generáló és 3D-s kezelő eszköz.

megegyezzenek a karsztvízszint magassági izovonalas térképével. A méreten kívül azonosnak kell lennie a koordinárendszernek ill. a koordináta határértékeknek.

Surferben már a 2 azonos méretű GRID fájl birtokában álltam neki a munkának.

Surfer¹⁴

Használt verzió: 10.7.972



Gyártó: Golden Software, Inc (<http://www.goldensoftware.com>)

A Surfer egy általános célú térképszerkesztő, felületmodellező alkalmazás, melynek segítségével a geoinformatikai feladatok széles körét oldhatjuk meg. A földtudományok, és sokszor egyéb tudományterületek mérései is nagyon gyakran pontszerűek, vagyis egy adott területen, a különböző paramétereket (fizikai, kémiai, stb.) több pontban mérjük. Ezekből a pontszerűen mért adatokból térképet, vagy akár vertikális szelvényt is szerkeszthetünk, amelyekből következtetéseket vonhatunk le olyan területekre is, melyekről mérésidő, vagy anyagi források hiányában nem készült mérés.

A Surfer különféle térbeli eloszlású bemeneti ponthalmazból numerikus vagy statisztikai alapokra épülő matematikai módszerek segítségével egyenközű rácsháló (grid) felületet képes létrehozni, melyből izovonalas térképet készíthetünk. Az elkészült felületekkel különböző műveleteket (pl. összeadás, kivonás) hajthatunk végre.

A munka első lépése, hogy egy oszlopokba és sorokba rendezett adat fájlból felületmodellt (GRID-et) csináljunk. Első lépésben meg kell adni az X,Y,Z koordináta adatokat. Jelen esetben: X=EOV koordináta rendszer Y tengelye, Y=EOV koordináta rendszer X tengelye, Z= A karsztvízszint magassága. Ha ezeket kiválasztottuk, utána definiálnunk kell a vizsgálni kívánt terület határértékeit, az adott koordináta rendszerben és meg kell adni a rácshálózat felbontását. Az általam használt értékek:

$$\begin{array}{ll} X_{min}=594150 & X_{max}=596800 \\ Y_{min}=255100 & Y_{max}=259000 \end{array}$$

Utolsó lépésként a ki kell választani a használni kívánt interpolációt módszert. A programban számos módszer közül választhatunk.

Az így megkapott izovonalakkal ellátott fájl, a programban kedvünk szerint tudjuk formázni. A felszín alatti víztükör felszínét a súlyozott reciprok távolság (IDW: Inverse Distance Weighting) módszerével számítottam. Számításakor, az ismert pontok távolságának, vagy pl. a távolság négyzetének reciprok értékét használjuk fel az ismeretlen pont értékének kiszámításakor.

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^s Z_i \frac{1}{d_i^k}}{\sum_{i=1}^s \frac{1}{d_i^k}}$$

¹⁴ Bővebb leírás: Elek István: Térinformatikai gyakorlatok (2007)

3. egyenlet: Inverse Distance Wighting módszer képlete. [10.ábra]

Ahol:

- z_0 a becsült érték az ismeretlen ponton
- z_i a z érték az i -edik kontrolpontban
- d_i az i -edik kontrolpont távolsága a ismeretlen ponttól
- k a súlytényező. Számításomban: $k=2$
- s a felhasznált kontrolpontok száma. 2012-es számításban 6 kontrolpontom volt, 2032-eshez pedig 144.

Az így megkapott izovonalakkal ellátott fájlt, a programban kedvünk szerint tudjuk formázni.

A program képes területekkel matematikai műveletek végrehajtására, ezért kivontam a karsztvízszint magassági szintjét tartalmazó réteget az SRTM GRID-ből, mely így megadta a kívánt mélységi izovonalakat. Esetünkben, a 0-tól kisebb értékek azt jelentik, hogy a karsztvízszint meghaladja a topográfiai magasságot, tehát a térségben aktív forrásokat találhatunk. Ennek ismeretében, csak a 0, vagy az annál nagyobb értékű vonalakat ábrázolom a térképeken, így megkapva egy jól lehatárolt területet, melyen a források aktivitására lehet számítani.

A háttértérkép szerkesztése

A mélységi izovonalak információ tartalma háttértérkép használatával olvasható ki legjobban. A háttértérkép elkészítését Quantum GIS-ben végeztem (QGIS), melyhez az Open Street Map (OSM) térképi adatbázisát használtam fel.

Open Street Map

Alaptérkép: OSM Landscape map

Az OpenStreetMap célja, szabadon elérhető és felhasználható térképi adatok összegyűjtése és szolgáltatása. Az OpenStreetMap hasonlóan készül mint a Wikipédia: bárki szerkesztheti, kiegészítheti a saját tudásával, felrajzolhatja a környékét, vagy frissítheti az általa fontosnak ítélt részeket.

Qgis

Használt verzió: 2.8.1 'Wien'

A QGIS az egyik vezető nyílt forráskódú térinformatikai szoftver, melynek fejlesztése még a 2000-es évek elején kezdődött el. A jelenlegi legújabb verzió a 2.8.1-es, melyet szabadon letölthetünk a projekt hivatalos oldaláról (www.qgis.org). A QGIS egyik nagy előnye, hogy fejlesztői szem előtt tartották a felhasználók igényeit és kívánságait a fejlesztés során. Éppen ezért a szoftver futtatható az összes jelentősebb operációs rendszeren: Windows, Mac OS-X, UNIX, Linux és már Androidon is. A program mindent tud, amit egy geoinformatikai szoftvertől elvárhatunk.



Felhasznált plugin: MapScale Level

A MapScale Level plugin lehetővé teszi, hogy QGIS-en belül az OSM térképek tartalmát formázni lehessen, azaz változtathatjuk a térkép alaptulajdonságait (pl.: színösszetételét, átlátszóságát stb.) és beállíthatjuk, hogy a térképi objektumok mekkora méretben jelenjenek meg a kívánt méretarányú térképen.

Mivel a háttértérkép jelen esetben csak másodlagos szerepet tölt be, ezért a színeket elhalványítottam, majd az átlátszóságát 40%-ra állítottam, ezzel elérve, hogy a hangsúly a forrásokra és azok diagramjaira essenek

Vízhozam ábrázolása

Az egyes forrásokhoz tartozó vízhozam adatokat kör alakú jelekkel ábrázoltam. A körök területe arányos a vízhozam nagyságával. Mivel, az értékek között jelentős különbség van, ezért módosított logaritmikus skálát alkalmaztam: a valós vízhozam a gyökének a másfélszeresét¹⁵ vettem így elérve, hogy a viszonylag kis méretarányú térképen jól ábrázolható nagyságú köröket kapjunk.

A négy időpontot bemutató térképet két csoportra osztottam:

- 1919-es és 1950-es évi vízhozam adatok: 2 darab A5-ös méretű 1:18000-es méretarányú térkép külön oldalakon feltüntetve, kördiagrammal ábrázolt vízhozam adatokkal.
- 2012-es és 2040-es adatok: 2 darab A6-os méretű 1:36000-es méretarányú térkép, egy oldalon feltüntetve a könnyebb összehasonlítás végett. A vízhozamon kívül a karsztvízszint mélység is ábrázolva van izovonalakkal.

A Fényes- illetve a nagytavi-iker forrásoknál egy jelet használtam, habár több forrás működik a térségben. Ennek oka, hogy az általam felhasznált irodalmi forrásokban csak egy mért, összesített adat szerepel. Kivételt képeznek még a Komárom úti források is, mivel ez is egy gyűjtő név Tulajdonképpen azt jelentik, hogy annak idején szinte minden kert végében fakadtak források ezen a területen és ezeket összesítve mérték. Helyét a térképen az egyik jelentősebb fakadásnál jelöltem.

¹⁵ A 2012-es ill. a 2014-es térképeken az ötszörösét vettem az alacsony értékek miatt.

Eredmények

1D-s interpoláció alapján

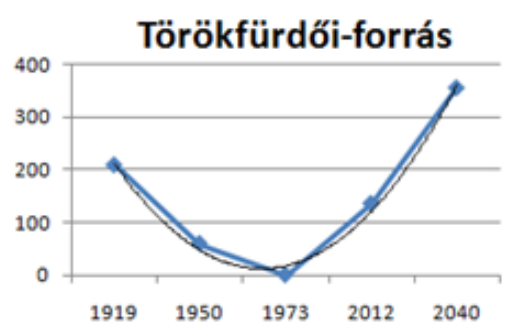
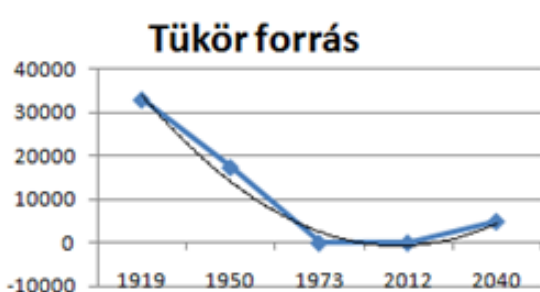
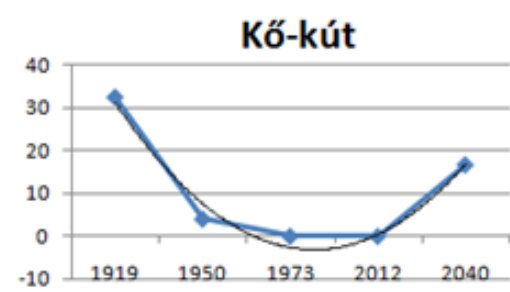
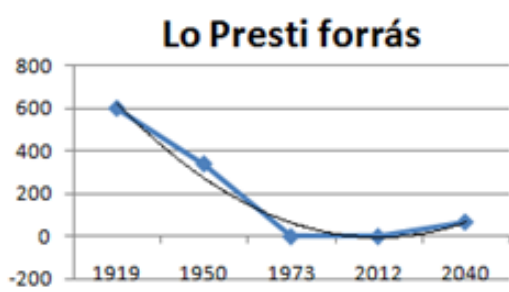
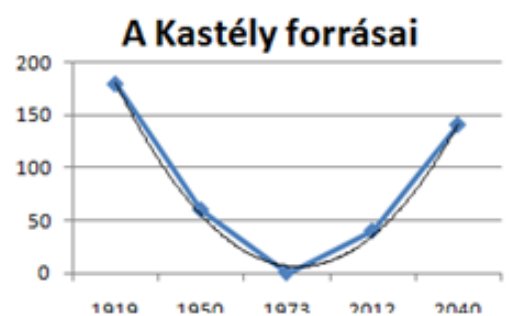
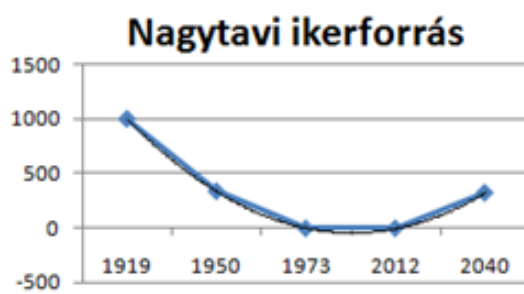
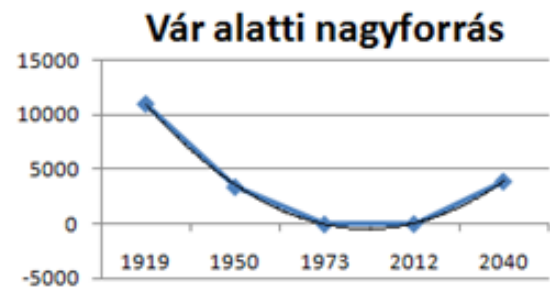
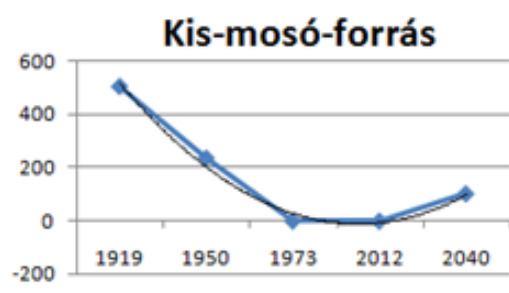
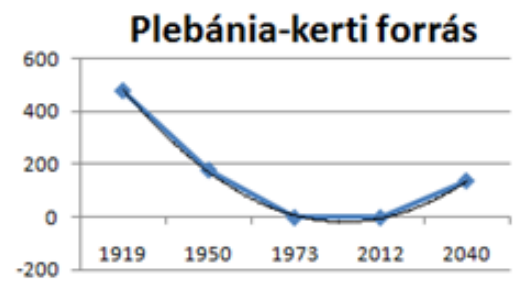
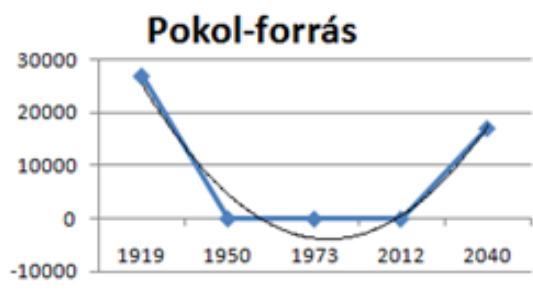
A közelítő görbe illesztéssel sikerült becslést adnom a várható vízhozamra. A számításához felhasznált adatok és a kapott eredményeket a 2. táblázatban tüntettem fel, mely egy teljes, átfogó képet ad a források vízhozamáról.

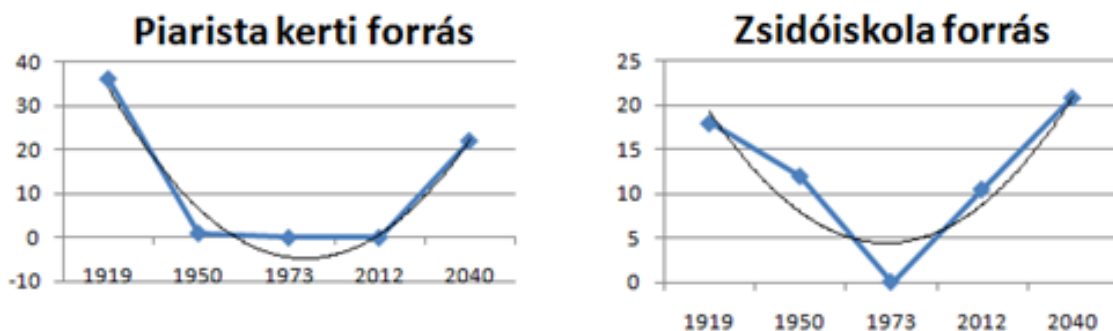
2. táblázat: Fontosabb tatai források vízhozama [11.ábra]¹⁶

Forrás neve	Vízhozam(l/min)					Fakadási szint (mbf)	EOV	
	1919	1950	1973	2012	2040		X	Y
Fényes-források (Sportmedencei forrás, Katona-tavi forrás)	81000	25200	0	3000	25928	119,33	594396	258438
Tükör-forrás	33000	17400	0	0	4917	138,03	596386	256431
Pokol-forrás	27000	60	0	0	17105	140,83	596201	256500
Vár alatti nagyforrás	10998	3400	0	25	3903	123,00	595316	256322
Komárom utcai források	1800	1440	0 0	0	0	130-137		
Nagytavi-ikerforrás	1000	340	0 0	1,5	608	127,00 127,00	596176 596289	255907 255893
Lo Presti forrás	600	340	0	0	67	139,33	594925	256065
Kis-mosó-forrás	504	236	0	0	102	136,50	594652	255407
Plebánia-kerti forrás	480	180	0	0	138	126,80	594518	256237
A Kastély forrásai	180	60	0	40	140	135,33	595138	256084
Kő-kút	32,4	4	0	0	16,5	133,50	594588	255563
Törökfürdői-forrás	210	60	0	136,51	359,5	135,33	595021	256143
Piarista kerti forrás	36	1	0	0	22	128,00	594833	256217
Zsidóiskola forrása	18	12	0	10,5	21	133,00	594884	256177
Lelkes forrás(új forrás)	0	0	0	13,58	28,57	125,00	594363,5	256234
Május 1 út 45	0	0	0	69,41	141	126,00	594667,1	256067,2
Május 1 út 43	0	0	0	478,32	961	126,00	594696,5	256113,5

Érdeemes megvizsgálni a görbék ívék, ezáltal is egy képet kapva az adott forrás vízhozam változásának jellegéről. (11. ábra) Jól látható, hogy egyes forrásoknál a görbe szinte rásimul a mérési adatok által meghatározott függvényre, míg másoknál jelentős eltérés van.

¹⁶ Adatok forrása: 1919 évi adatok: Horusitzky (1923) pp.74-75. 1950 év adatok: Tóth et al. (1999.) III/a. táblázat. 1973-as adatok: Fogarasi, S. (2001.) 2012-es adatok: Maller Márton mérései alapján(2013). 2032-es adatok: Saját számítások alapján





12. ábra: A görbe illesztéses módszer eredményei.

Az 1D-s eredmények térképi ábrázolása

1919-es évi adatok ábrázolása

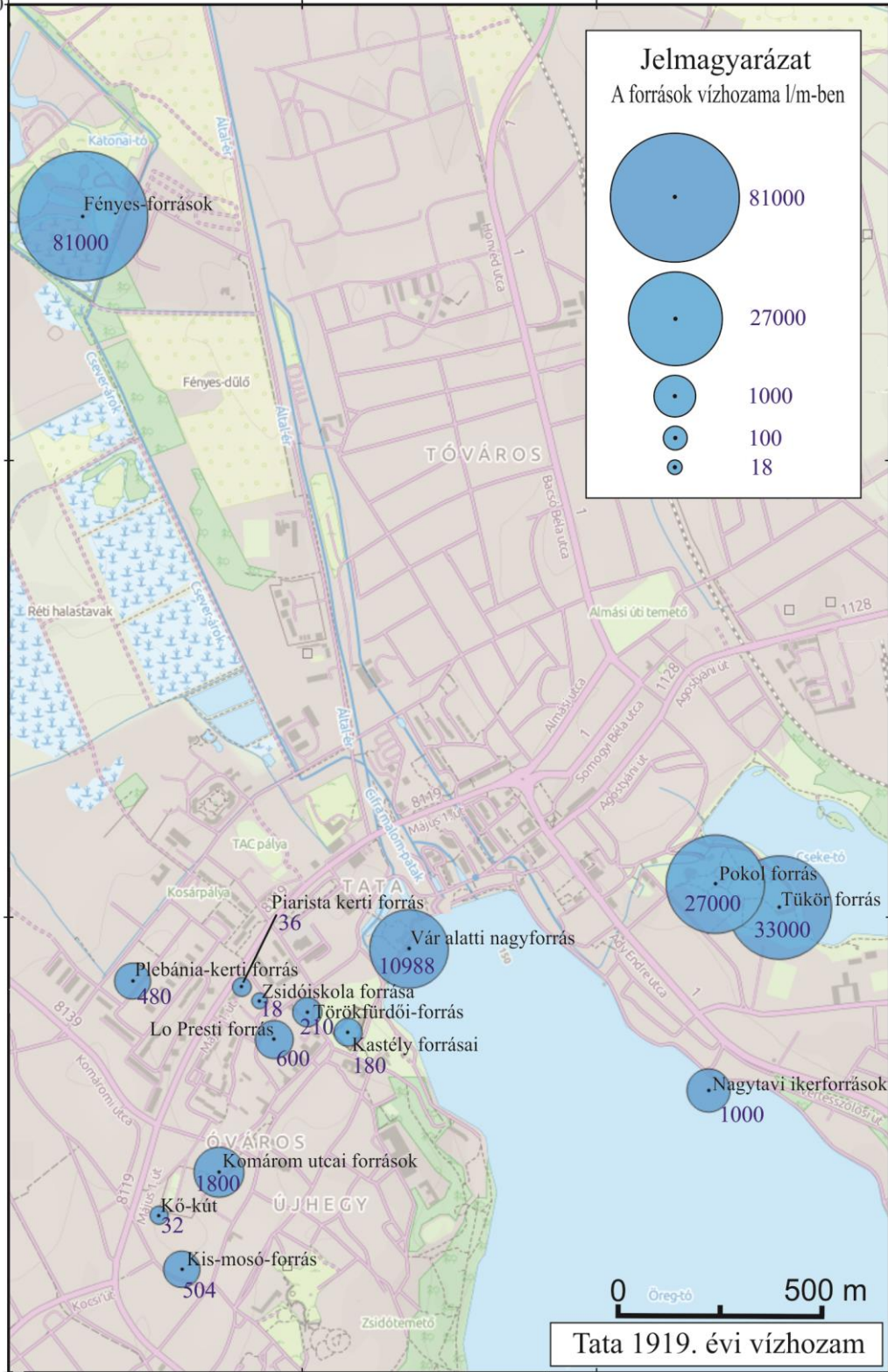
Az első térkép (13. ábra) a bányászat előtti időt reprezentálja. A térképen 4 kiemelkedő vízhozamú forrást láthatunk, melyek csökkenő sorrendben a következők:

Fényes-, Pokol-, Tükör-, Vár alatti nagyforrás.

Ezek együttes vízhozama kitette az összvízhozam 90%-át. A feltüntetett források összvízhozamát ebben az időszakban 157000 l/perc-re becsülik. Fontos itt kiemelni, hogy a 2. táblázatban halványkékkel jelölt források itt még nem léteztek, ezért értelemszerűen a térképen nincsenek ábrázolva, továbbá hogy a Komárom utcai forrásokat, a Nagytavi ikerforrásokat és a fényes forrásokat, egy összevont jellel ábrázoltam az adatsorra való tekintettel.¹⁷

¹⁷ Ez igaz az összes többi térképre is.

594160
259000



255100
596800

13. ábra

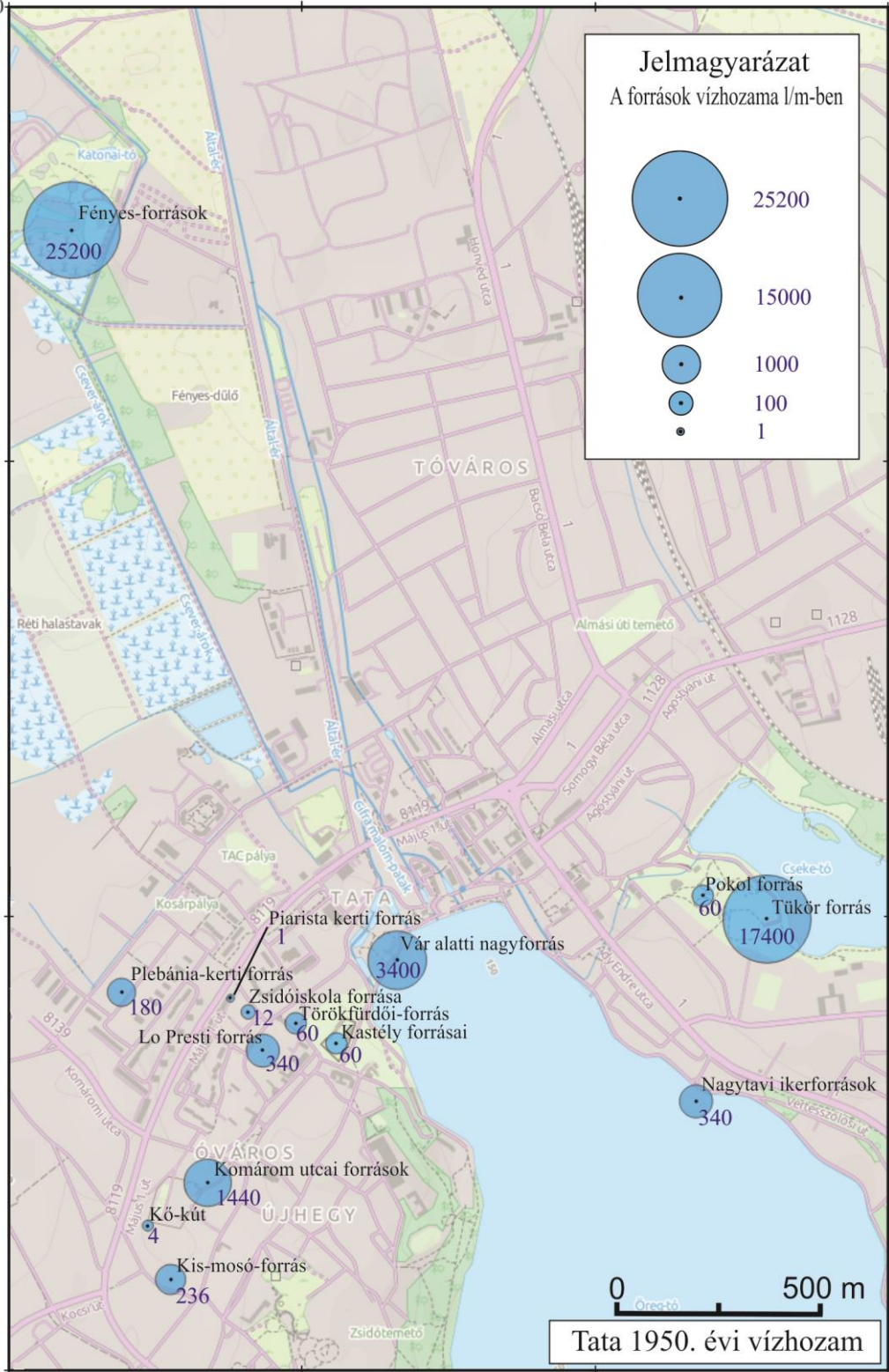
Az 1950-es évi adatok ábrázolása

Az 1950. évi vízhozamot bemutató térképen (14.ábra) a bányászat kezdeti tevékenységének hatását mutatom be. Látható, hogy az 1919-es állapothoz képest, jelentősen csökkent a terület forrásainak a vízhozama.

Legjelentősebb változást a Pokol-forrás mutatja, melynek hozama 27000 l/perc-ről 60l/perc-re csökkent. Az összesített vízhozam az 1919-es adatokhoz képest 70%-al csökkent, így éppen elérte a 48.000 l/perc-et. Fontos még megemlíteni, hogy a piarista-kerti forrás 36-ról 1 l/perc-es vízhozamra csökkent, amely miatt jóformán teljesen megszűnt, így ez lett az első elapadt forrás a városban.

1973-ban a térség bányái elérték maximális kapacitásaikat, így az összes forrás elapadt a város területén. A térség legalacsonyabb fakadási szintjével rendelkező Fényes források apadtak el utoljára.

594160
259000



255100
596800

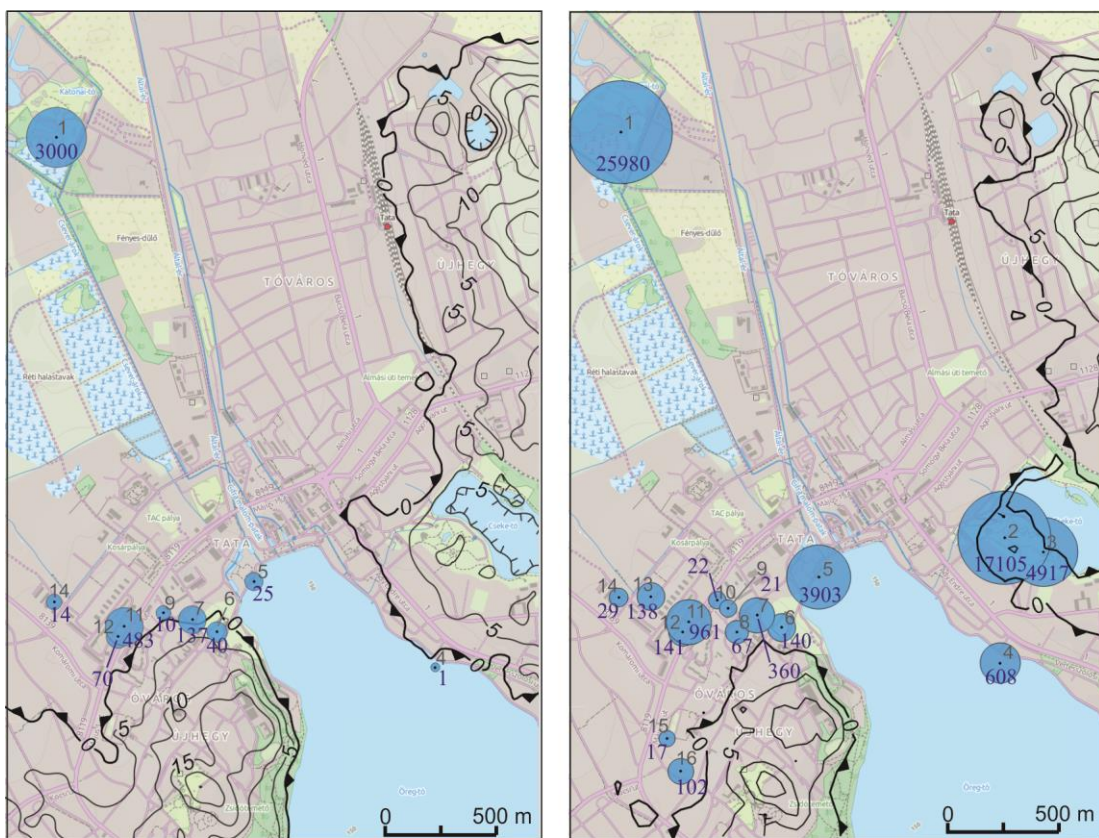
14. ábra

Az 2D-s eredmények térképi ábrázolása

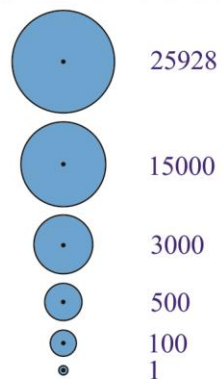
2012-2032 évi adatok ábrázolása

A térképeken a vízhozamok mellett izovonalakkal ábrázoltam a karsztvízszint mélységét is. Az első jelentős változás az eddigi térképekhez képest, hogy megjelentek új, nem természetes eredetű források:

- Május 1. úti források: lakóparkok építésénél, átfúrták a vízzáró réteg határát melynek hatására jelentős vízhozamú források jelentek meg
- Lelkes forrás: még nem hivatalos forrás, magánszemély kertjében található. A tulaj kutat fúratott az udvarban, és amint áttörték a vízrekesztő réteget, pozitívvá vált a kút, azóta folyamatosan adja a vizet



Jelmagyarázat
Források vízhozama l/m-ben



- (1)Fényes források
- (2)Pokol-forrás
- (3)Tükör-forrás
- (4)Nagytavi-ikerforrások
- (5)Vár alatti nagyforrás
- (6)Kastély forrásai
- (7)Törökfürdői-forrás
- (8)Lo presti forrás
- (9)Zsidóiskola forrása
- (10)Piarista kerti forrás
- (11)Május 1 út 43 alatti forrás
- (12)Május 1 út 45 alatti forrás
- (13)Plebánia-kerti forrás
- (14)Lelkes forrás
- (15)Kő-kúti forrás
- (16)Kismosó forrás

15. ábra: 2012-es (bal oldali) és 2040-es (jobb oldali) vízhozam adatok és a karsztvízszint mélysége térképen ábrázolva.

A mélységi vonalak a karsztvízszint helyzetét mutatják, a felszínhez képest így két területet tudunk megkülönböztetni:

- 0 m feletti területek: A vízszint még akár méterekkel is a felszín alatt helyezkedik el, így forrás aktivitásra nem kell számítani, passzív terület.
- 0 m feletti területek: A vízszint meghaladja a felszín magasságát, így jelentős forrás aktivitásra kell számítani, aktív terület.

A két állapot között jól látható, hogy a 0 méteres alapvonal jelentős mértékben húzódik délre illetve keletre, mely az aktív terület fokozatos növekedését jelenti. A problémát azt okozza, hogy ez a terület a belvárost érinti ahol számos lakópark kapott helyet az utóbbi 30 évben. Jelenleg ezen a területen él Tata 23937 fős lakosságából, mintegy 8 ezer ember.

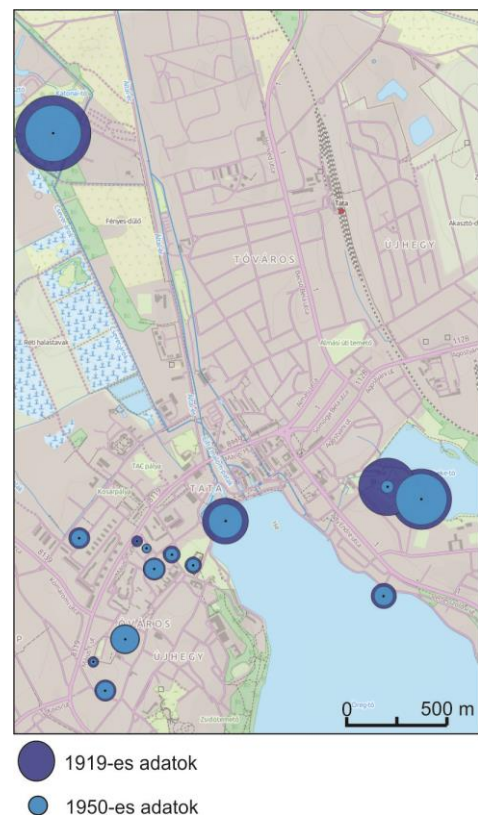
Eredmények elemzése

A görbeillesztés és az abból szerkesztett térképek elemzése

Az elkészült térképeket megvizsgálva, egy teljes képet kaphatunk a térség bányászati hatásáról a karsztvízszintre. Az 1919-es állapot célja a források eredeti vízhozamának a bemutatása. A mérést Hurositzy végezte el, mely az első feljegyzett mérés volt, de sajnos ezt sem nem tekinthetjük az eredeti vízhozamoknak mivel a Tatabányai bányákban 1895-ben elkezdődött az első széntelep kibányászás. 1900-ban kiépítették az első vízvezeték rendszert, melynek feladata az aknába beömlő víz elvezetése volt. (500l/perc) (Szabó,1994)

1939-ben egy mintegy 7500 l/perc hozamú vízbetörést jött létre, amely a szénmedencében az eddigi legnagyobb volt. A vízbetörés kezelésére a következő évben egy külön függőleges vízaknát mélyítettek, mely igen jelentősen hatott a térség forrásaira.(Szabó, 1994) Ezt a hatást jól megfigyelhetjük az 1950-es adatokat tartalmazó térképen. Ha megnézzük a 16. ábrát akkor megfigyelhetjük ezt a drasztikus változást.

Az elkövetkező években a bányászat folyamatosan harcolt a víz ellen, melynek az eredménye az 1973-as víznívó szintsüllyedés lett. Ennek hatására elapadtak a térség karsztforrásai.



16. ábra: Az 1919-es és az 1950-es vízhozam összehasonlítás

1987 augusztus 17.-től, amikor is 90 év munka után bezárt az utolsó bánya is a Tatai-medencében megindult a karsztvízszint regenerálódása. Ez a folyamat napjainkban és a következő években is zajlik.

A számítási módszerből adódó hibát kiszámoltam és a 3. táblázatban feltüntettem.

Az adott forrásnak kiszámoltam minden évre a polinom függvény általános képletével (2. egyenlet) a kapott görbe értékét. Ebből az eredményből kivonom a valós, mért adatot, így a kapott érték a számítás hibával egyenlő. Ezeknek az értékeknek minden forrásnál megadtam az átlagát illetve a szórását.

3. táblázat: Hiba mértéke [17.ábra]

	1919	1950	1973	2012	Átlag	Szórás (l/min)
Fényes-források	405	1429	1304	280	854,5	515,8006
Tükör-forrás	1168	4113	3754	809	2461	1483,4
Pokol-forrás	1106	3896	3555	766	2330,75	1405,102
Vár alatti nagyforrás	41	144	132	28	86,25	52,12665
Nagytavi-ikerforrás	8	29	26	4	16,75	10,89438
Lo Presti forrás	25	87	79	17	52	31,257
Kis-mosó-forrás	14	48	43	9	28,5	17,18284
Plebánia-kerti forrás	486	157	50	4	174,25	188,3539
A Kastély forrásai	182	51	8	38	69,75	66,65724
Kő-kút	31	7	2	1	10,25	12,19375
Törökfürdői-forrás	214	46	13	133	101,5	78,35975
Piarista kerti forrás	35	6	4	1	11,5	13,68393
Zsidóiskola forrása	19	7	4	9	9,75	5,629165

Leolvasható, hogy minél nagyobb egy forrás vízhozama, annál nagyobb hibával terhelt a kapott érték. A táblázat alapján legnagyobb hiba a Pokol-forrásnál jelentkezik, míg a Zsidóiskola-forrásnál tudunk a legpontosabban becsülni. Ez jól látszik a görbéken is (12. ábra). Az utóbbi forrásnál fontos megemlíteni, hogy bár itt számoltam a legkisebb hibával, viszont ha a vízhozamával összehasonlítjuk, akkor itt kaptam a legpontatlanabb értéket. Mivel ez a legkisebb forrás, a mérési adatok pontossága is okozhatta a hibát

Izovonalas térképek elemzése

A két térképet (15. ábra) összehasonlítva láthatjuk, hogy a források vízhozama jelentős növekedésnek fog indulni, mely a karsztvízszint regenerálódásának a következménye. Mivel a karsztvízszint folyamatosan növekszik (és növekedni is fog) a térségben, ezért az aktív, veszélyeztetett terület kiterjedése is változni fog. Ez az általam vizsgált 4*2,5 km-es területen kb. 1,5 km² növekedést jelent.

A mélységi izovonalak és a számított vízhozami értékeket összehasonlítva láthatjuk, hogy mind a kettő évben vannak ellentmondások:

2012-es térképen: 3 olyan forrás van a területen, ahol az ábra szerint a karsztvízszint teteje még akár több méterrel is a felszín alatt helyezkedik el. Ez a 3 forrás: Kastély-, Tükör-, Pokol- forrás.

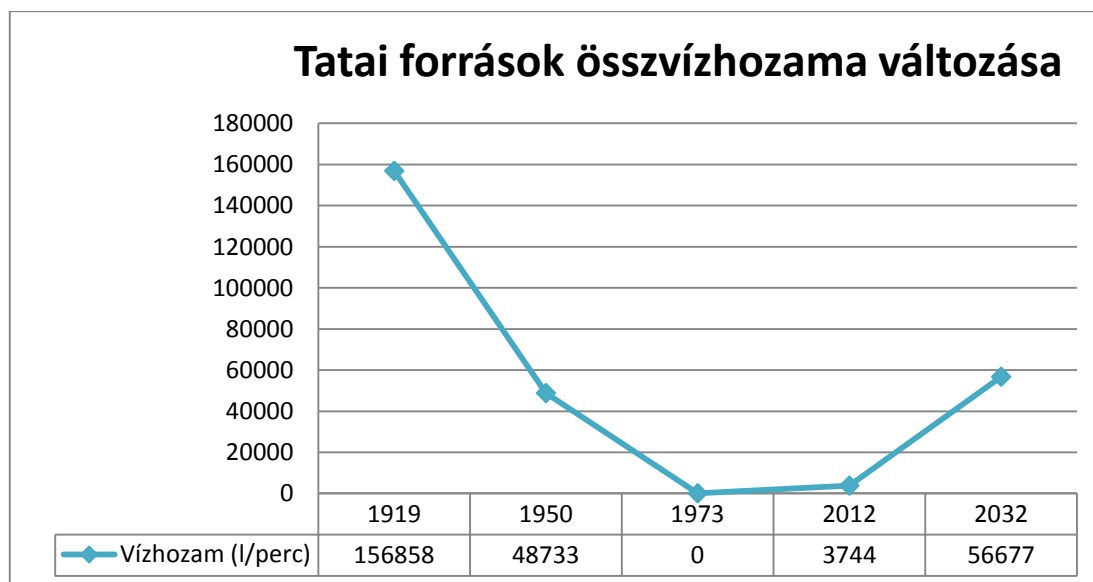
A hiba oka valószínűleg az alapadatok számából adódik. 6 mérési pont adatai álltak rendelkezésre, melyek csak becslési eredményre elégségesek.

A 2032-es évi adatok egy regionális hidrogeológiai modellből származnak, ami az egész Dunántúli-középhegység karsztvíz viszonyainak értékelésére készült. Ez a modell egy 1km x 1km raszter hálóban adta meg az előre jelzett vízszinteket. Az ellentmondásos források: Tükör- ill. Pokol-forrás.

A hiba oka valószínűleg a terület nagyságával van összefüggésben. Mivel az általam vizsgált terület nagysága körülbelül 9km², addig a modell ennél egy jóval nagyobb területet vizsgált, így ez csak a nagyságrendek bemutatására alkalmas.

Várható hozamokra már voltak számítások, melyek jó összehasonlítási alapot adnak a munkámnak. A VITUKI rt. által készített modellek (Tóth, M. – Dorn, F. – Füst, Á. – Dr. Lorberer, Á – Dr. Sárvány I. (1999.) pp.14-17.) szerint az egykori eredeti, város egészére becsült 78000 l/perces összvízhozamot ilyen növekedés mellett még 2040-re sem prognosztizálják, de így is jelentős mennyiségű karsztvíz fakadásával lehet számolni. Ezt körülbelül az egykori hozam felére kétharmadára tették.

Az általam felhasznált illetve számított éves vízhozam adatokat a következő táblázatban ábrázoltam:



18. ábra

Az ábra alapján valóban számítanunk kell jelentős vízhozam emelkedésre az elkövetkező 20 évben, viszont ez az érték az eredeti vízhozamnak kb.: 40%-át fogja kitenni. A VITUKI 1999-es mérése és az általam végzett számítások közel azonos mértékű vízhozam növekedést jósol a területre. A két mérés közötti 10-20 % eltérés valószínűleg a számítások között eltelt 16 évnek tulajdonítható, mely egy 35 éves becslésnél jelentős időt jelent.

Összefoglalás

Tata városa a XX. század elején a „vizek városa” néven volt ismert. E név egyik alapja az itt fakadó több mint 150000 l/perc összes vízhozamúra becsült karsztforrások tiszta vize volt. E nagy mennyiségű és tisztaságú víz hasznosítása és elvezetése egy több száz év alatt kialakított rendszer szerint működött. Ezt a természeti-gazdasági-társadalmi harmóniát tette tönkre a XX. század második felében a mind intenzívebbé váló tatabányai szénbányászat és annak vízemelései, mely a forrásokat teljesen elapasztotta. A 1990-es évektől a bányák bezárásával és a vízemelések drasztikus csökkenésével hosszú távon a források közel eredeti vízhozam visszaállásra kell számítani az előzetes becslések alapján.

Dolgozatom fő célja a források vízhozam múltbeli és jövőbeli alakulásának a bemutatása volt. Az interpolációs eredmények alapján, a források összvízhozama a következő 20 évben a 2012-es állapothoz képest több mint tizenötszörösére fog nőni.

Fontos következtetés a vízhozam növekedésén kívül, hogy a város területén belül a karsztvíz által veszélyeztetett terület nagysága körülbelül másfél négyzetkilométerrel fog megnőni a következő 20 évben, mely így számos problémát vet fel. A legfontosabbak a felszínalatti karsztvízrendszer szennyeződésének megakadályozása valamint az időközben beépített területen a házak vízvédelme és a fakadó vizek biztonságos elvezetése. Dolgozattal erre a jelenségre szerettem volna felhívni a figyelmet.

Felhasznált irodalom

Albert G. (2015): Tematikus térképek a földtudományokban - gyakorlat, 1. Térképszerkesztés matematikai módszerekkel kvantitatív (interpoláció) eljárás esetén. ELTE, Térkép tudományi és Geoinformatikai Tanszék, oktatási segédanyag.

Alföldi L. – Kapolyi L. szerk. (2007): Bányászati karsztvízszint-süllyesztés a Dunántúli-középhegységben. MTA FKI Budapest

Almády Zoltán (1988): A tatai Kálvária-domb és környékének karsztjelenségei = Karszt és Barlang, I. kötet, pp. 1-14.,

Andreics J. (1896.) A Salgótarjáni Kőszénbánya Rt. szénbányászatának rövid ismertetése. – Bányászati és Kohászati Lapok

Ballabás G. (2004.): Visszatérő karsztforrásokkal kapcsolatos településfejlesztési és környezetvédelmi lehetőségek és veszélyek Tata város példáján. Geográfus Doktoranduszok VIII. Országos Konferenciája. Szeged. SZTE TTK Természeti és Geoinformatikai Tanszék. CD kiadvány 11 o.

Csepregi András (1993): A dunántúli-középhegység főkarsztvíztárolója vízforgalmának modellezése. – A felszín alatti vizek kutatása, feltárása, hasznosítása és védelme. 1A kötet

Deák Antal András (1995): Mikoviny Sámuel és Tata környéki "posványások" lecsapolása. Hidrológiai közlöny, 75. 5. 289-294. o.

Dr. Körmendi Géza (1988): A tatai vizimalmok, Hazafias Népfront Városi Bizottsága, Tata

Dr. Lorberer Árpád (1999): Adalékok a hazai hévízkutatás történetéhez. – A felszín alatti vizek kutatása, feltárása, hasznosítása és védelme. 1. kötet

Dr. Scheuer Gyula, Schweitzer Ferenc: A hazai édesvízi mészkő összletek származása és összehasonlító vizsgálatuk (Földtani Közlöny, Bull. of the Hungarian Geol. Soc. (1981) 111. 67—97)

Fogarasi S. (2001.): Visszatérnek-e a tatai források? Magyar Földrajzi Konferencia tudományos közleményei (CD kiadvány) Szeged. 14 o.

Fülöp Gy. , Hanyus E. , Szabó B.: A Fényes-forrástavak Természetvédelmi Terület kezelési terve, HARIS Mérnöki Tanácsadó BT. 2002.

Horusitzky, H. (1923): Tata és Tóváros hévforrásainak hidrogeológiája és közgazdasági jövője – A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve XXV. kötet 3. füzet, pp. 38-83.

Kele Sándor: (2009) Édesvízi mészkövek vizsgálata a Kárpát-medencéből paleoklimatológiai és szedimentológiai elemzések. – doktori disszertáció

Kormos, T. (1909): A pleisztocén ősember nyomai Tatán. – Földtani Közlöny, 39, pp. 149-151

Mádlné Szónyi J. – Dr. Czauner, B. – Dr. Simon Sz. – Dr. Erőss A. – Zsemle F. – Pulay E. – Havril T. (2013) : Hidrogeológia – ELTE, Általános és alkalmazott földtani tanszék, digitális tankönyv.

(<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/Hidrogeologia/index.html>)

Maller M., Hajnal G. (2013): A Tatán fakadó források mennyiségi és minőségi vizsgálata. MHT - XXXI. Országos Vándorgyűlés, Gödöllő

Solymos A. (1996): Az eocén program áttekintése a tatabányai bányászattal kapcsolatban. Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat.

Szabó László (1994) Nem csak az ipar kenyere... , Tatabányai Bányász Hagyományokért Alapítvány, Tatabánya

Tóth M. (2002): A tatabányai források visszatérésének prognózisa. Vízügyi Közlemények, 84./2.szám, 194-213.o.

Tóth, M. – Dorn, F. – Füst, Á. – Dr. Lorberer, Á – Dr. Sárváry I. (1999.): A tatabányai források visszatérésével kapcsolatos vizsgálatok és cselekvési program, Tata (Hydrosys Kft., Monumentum Kft., Equilibrium Bt.)

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni mindazoknak a segítségét, akiknek hála elkészült dolgozatom. Elsősorban témavezetőimnek, Dr. Albert Gáspárnak, hogy vállalta szakdolgozatom témavezetését, és munkájával sokban hozzájárult elkészítéséhez. Köszönöm türelmét és értékes tanácsait.

Mürkl Leventének, aki számos adathoz biztosított hozzáférést a tatai önkormányzaton belül.

Maller Mártonnak, aki betekintést engedett a tatai forrásokkal végzett munkásságába és segítség nyújtásáért a felmerülő problémákban.

Ballabás Gábornak, aki segített a szakirodalmak összegyűjtésében.

Nyilatkozat

Alulírott, Rátvai Dániel nyilatkozom, hogy jelen szakdolgozatom teljes egészében saját, önálló szellemi termékem. A szakdolgozatot sem részben, sem egészében semmilyen más felsőfokú oktatási vagy egyéb intézménybe nem nyújtottam be. A szakdolgozatomban felhasznált, szerzői joggal védett anyagokra vonatkozó engedély a mellékletben megtalálható.

A témavezető által benyújtásra elfogadott szakdolgozat PDF formátumban való elektronikus publikálásához a tanszéki honlapon

HOZZÁJÁRULOK

NEM JÁRULOK HOZZÁ

Budapest, 2015. május 15.

.....
a hallgató aláírása