

A Nagy-Küküllő felső szakaszának vízszennyezettségi vizsgálata

Szerzők:

Bartha István Róbert

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Biológia és Geológia Kar, Mérnökgeológia Szak, II. év

Dembroszky Xintia

Sapientia EMTE, Természettudományi és Művészeti Kar, Környezettudomány Szak, I év

Laczkó-Dobos Péter

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Biológia és Geológia Kar, Mérnökgeológia Szak, II. év

Magyarosi Katalin

Sapientia EMTE, Természettudományi és Művészeti Kar, Környezettudomány Szak, II év

Veres Zsolt

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Biológia és Geológia Kar, Mérnökgeológia Szak, II. év

Témavezetők:

drd. Tóth Attila tanársegéd,

Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Természettudományi és Művészeti Kar - Kolozsvár, Környezettudomány Tanszék

dr. Silye Lóránd tanársegéd,

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Biológia és Geológia Kar- Kolozsvár, Geológia és Földtan-Őslénytani Tanszék

drd. Zsigmond Andrea egyetemi adjunktus

Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Természettudományi és Művészeti Kar - Kolozsvár, Környezettudomány Tanszék

Tartalomjegyzék

Ábrajegyzék	2
1. Bevezető	3
2. Földrajzi behatárolás	3
3. Általános geológiai áttekintés	4
4. Alkalmazott vizsgálati módszerek	8
5. Terepi vizsgálatok eredményei	10
6. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei	14
7. Eredmények értelmezése	16
7.1. Az Európa Tanács által előírt vízminőségi paraméterek	18
7.2. Lehetséges szennyezési források	18
8. Következtetés	19
Köszönetnyilvánítás	19
Irodalomjegyzék	20

Ábrajegyzék

1. Ábra. Románia folyó-vízrajzi térképe, kiemelve a Nagy-Küküllő folyóval	4
2. Ábra. A Kárpát-Pannon régió digitális terepmodellje és a litoszféra lemezek	5
3. Ábra. A Nagy-Küküllő vizsgált szakaszának műholdas térképe	6
4. Ábra. A Nagy-Küküllő vizsgált szakaszának földtani térképe	7
5. Ábra. HANNA HI 9828 típusú multiparaméteres vízminőség-mérő műszer	9
6. Ábra. Winlab LF2400-as típusú fotokoloriméter	9
7. Ábra. Vízminta-vételezés és terepi mérések	10
8. Ábra. A terepi mérési adatok összefoglaló táblázata	12
9. Ábra. Az ellenálás és a TDS közötti összefüggéseket ábrázoló diagramm	13
10. Ábra. A vízmintákból meghatározott elemek mennyiségét bemutató táblázat	14
11. Ábra. A kémiai komponensek változása a vizsgált vízmintákban	15
12. Ábra. Az AQUASERV R.T. székelykeresztúri és segesvári mérési adatai	18

A Nagy-Küküllő felső szakaszának vízszennyezettség vizsgálata

1. Bevezető

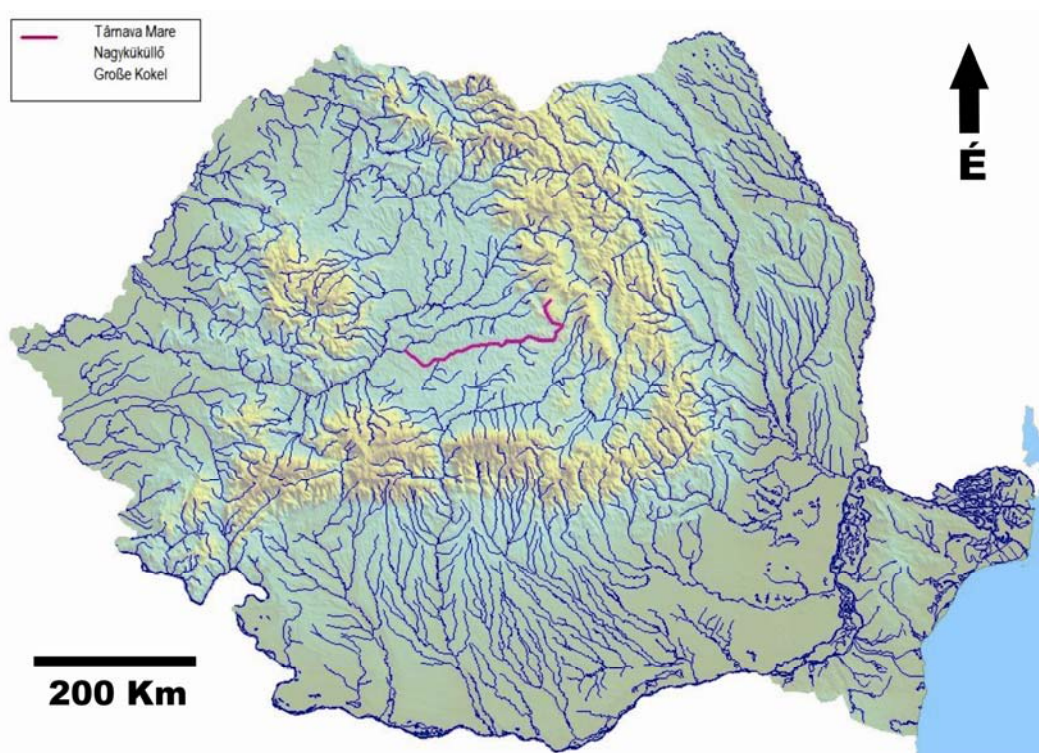
Folyóvizeink állapotának megismerése, valamint ezek minőségét befolyásoló tényezők feltérképezése és állapotváltozásainak hosszú távú megfigyelése napjaink egyik legfontosabb hidrológiai és környezettudományi feladata. A kutatásra kiválasztott terület tárgyát a Nagy-Küküllő felső szakasza képezte, amely korábban kevésbé került a kutatások célpontjába.

Célkitűzéseink között szerepel egy független tanulmány elkészítése, amely a forrásvidéktől a folyás irányában haladva, a nagyobb városoknak a víz összetételének változására gyakorolt hatását vizsgálja. További fontos szempont volt, hogy a városok ivóvíz-szükségletét ellátó vállalatok által készített vízminőségi mérések adataival összevessük az általunk nyert adatokat. A terepi és laboratóriumi vizsgálatok eredményeit összevetettük a vízminőségi előírások által megszabott paraméterekkel, amelyeket a WHO (World Health Organisation / Világ Egészségvédelmi Egyesület), Európai Parlament, Román Vízügyi Hatóság, valamint UWQI (Universal Water Quality Index / Egységes Vízminőségi Mutató) ír elő.

2. Földrajzi behatárolás

A Nagy-Küküllő a Keleti Kárpátok középső részéből, a Hargita hegységben található Nagysomlyó-hegy tövéből, 1455 méter tengerszint feletti magasságból ered (1. Ábra). Átszeli a mészkáliai vulkanitok egy részét és a kárpáti előtér dombjait Székelykeresztúrtól – Balázsfalváig, ahol találkozik a Kis-Küküllővel. Ezt követően együttesen Küküllő néven ömlenek a Marosba. A folyó összhossza 223 km, amelyből 26 km-t a Balázsfalvánál egyesült Küküllő folyórész tesz ki (Săndulache, 1971).

Vízgyűjtő területének javarésze (3606 km²) és összhosszának kétharmada az Erdélyi-medence területén található. A Nagy-Küküllő vízgyűjtő területe változatos éghajlatú területeket foglal magába, amelyeket szilárd és cseppfolyós csapadék táplál. A Nagy-Küküllő lehetséges áradásai, a tavaszi heves esőzések és a vele egyidőben történő hóolvadások időszakában a legvalószínűbbek (Săndulache, 1971).



1. Ábra. Románia folyó-vízrajzi térképe, kiemelve a Nagy-Küküllő folyóval. (Román Vízügyi Hatóság).

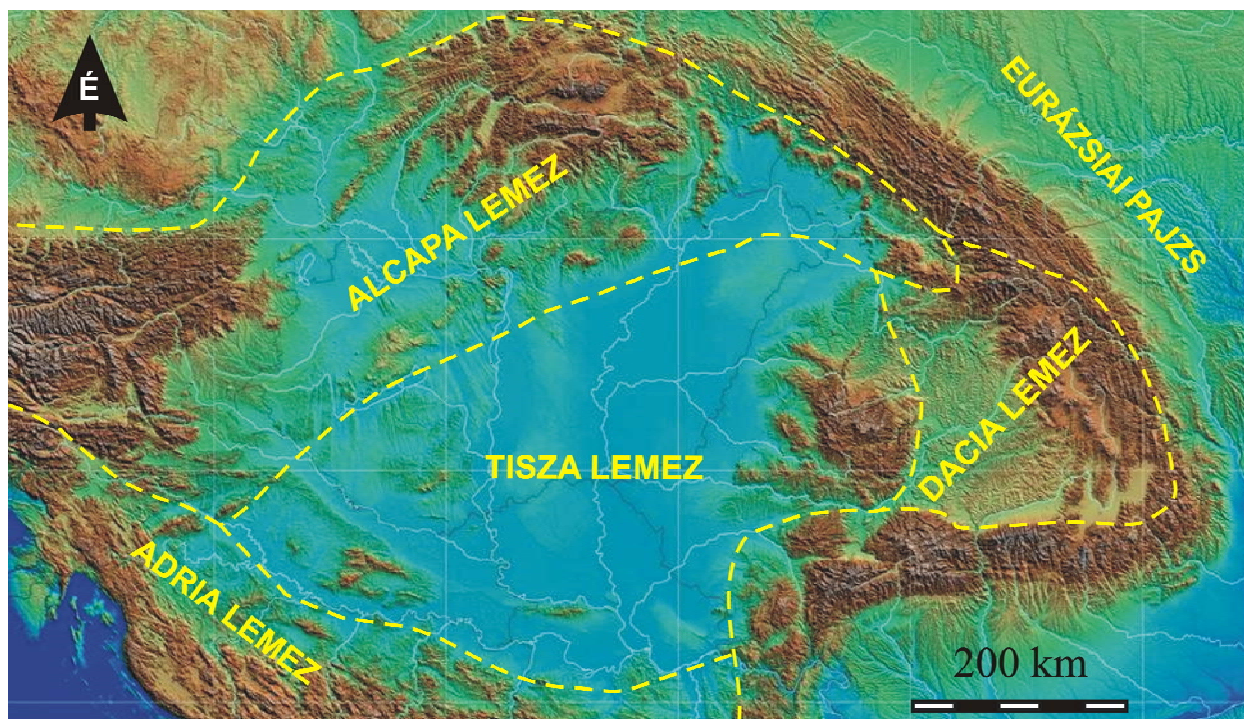
3. Általános geológiai áttekintés

Ahhoz hogy megfelelően vizsgálni tudjuk a Nagy-Küküllőt érő hatásokat, ismernünk kell a folyó vízgyűjtő területének földrajzi és geológiai környezetét.

Az Erdélyi-medence területét tektonikai szempontból két fontos egység alkotja, a Tisza és a Dácia lemezek (Krézsek és Bally, 2006). Ezeket keleti irányból a Kelet-Eurázsiai kraton és az észak-dél vergenciájú kárpát ív határolja, délen a Moesia-, észak-nyugaton pedig az Alcapa tömbök. (Krézsek és Bally, 2006)

Az Erdélyi-medence, része a Kárpát-Pannon orogén rendszernek (2.Ábra), amely az Eurázsiai lemez nyugati részén jött létre két litoszféra tömb, a Tisza-Dácia és az Alcapa ütközése során (Balla, 1987; Csontos et al., 1992; Csontos, 1995). A tömbök kelet felőli divergens fordulása során jött létre a Kárpátok jellegzetes íves alakja (Mañenco, 1997; Zweigel, 1997). A fő rövidülési fázisok a középső-kréta és a miocén során bekövetkezett szubdukciós folyamatok során jöttek létre, amikor a Tisza-Dácia és Alcapa tömbök alá bukott az Eurázsiai lemez (Balla,

1987; Csontos et al., 1992). Ezeket a folyamatokat intenzív magmás tevékenységek követték a miocén és a késő-pliocén során (Pécskay et al., 1995).

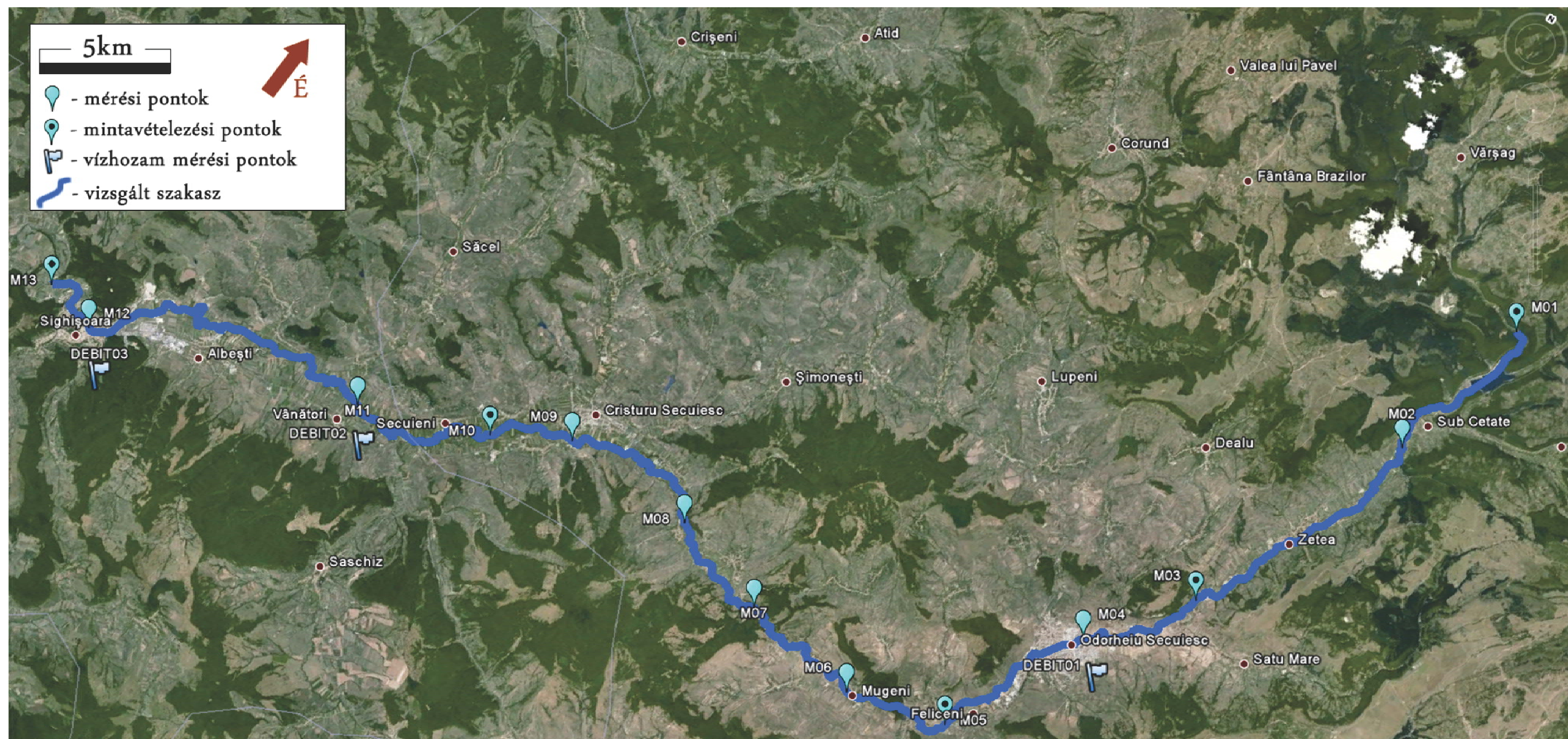


2. Ábra. A Kárpát-Pannon régió digitális terepmodellje, a területen található litoszféra lemezekkel.

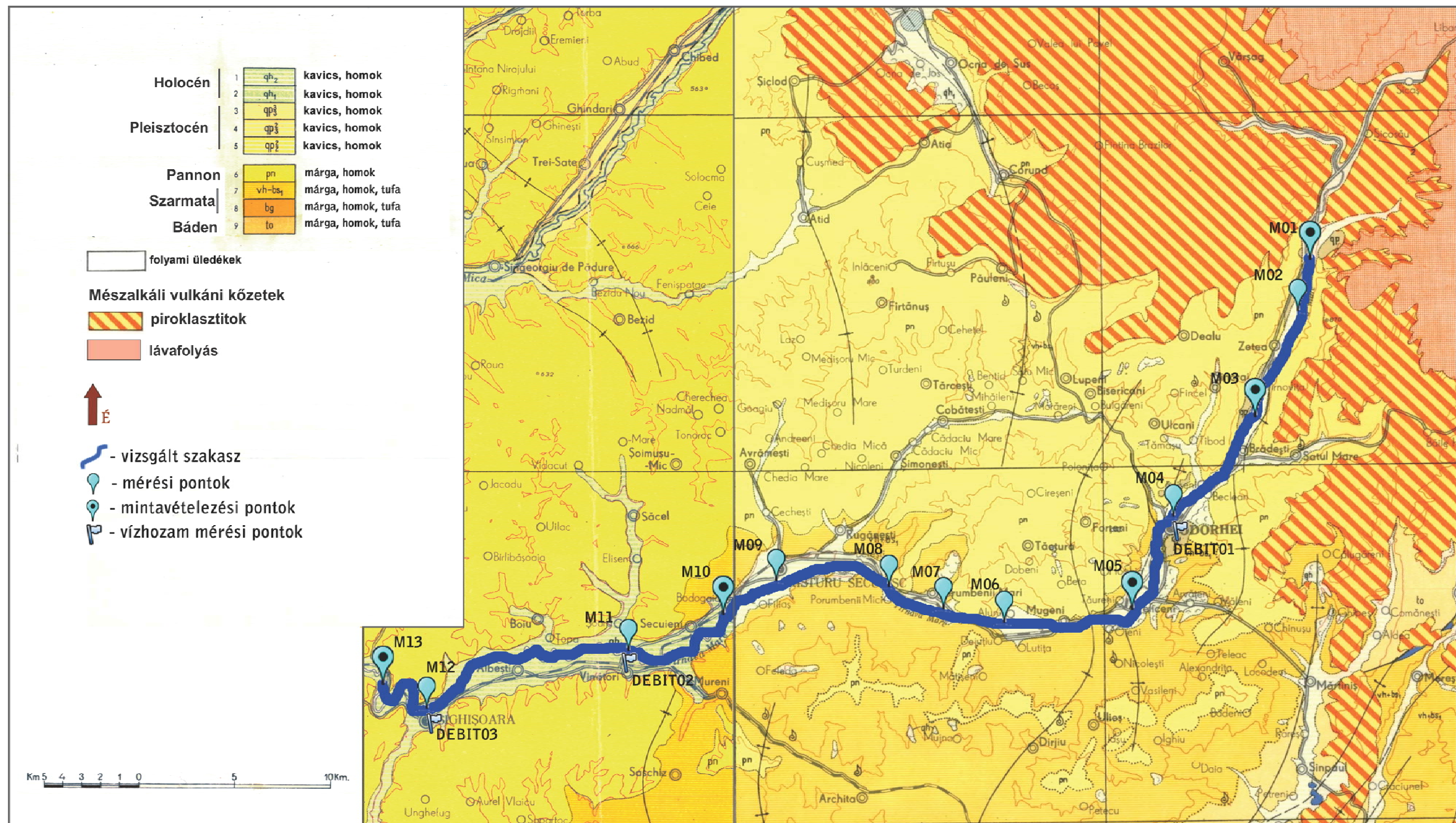
Az Erdélyi-medence üledékes képződményei mezozoikumi és kainozoikumi üledékekből állnak, amelyeken belül több üledékesedési megaszekvenciát különíthetünk el (Krézsek és Bally, 2006). A középső- és késő-miocénben képződött üledékek főként sziliciklasztosak, amelyek mellett a medencére jellegzetes középső-miocén evaporitok (Dragoş, 1969, Ciupagea et al, 1970, Vancea, 1960) és a badeni Dési Tufa is előfordul (Szakács et al., 2000).

A Nagy-Küküllő (1, 3, 4. Ábra) felső szakaszán, közvetlenül vulkáni eredetű kőzeteket, majd ezt követően az Erdélyi-medencét kitöltő pannóniai- és szarmata korú sziliciklasztos üledékeket vág át.

Részletesen vizsgálva azt tapasztaljuk, hogy a forrástól számítva ~5km-en keresztül vulkáni eredetű üledéken folyik át, majd ezt követően Székelyudvarhely felső részéig pannóniai korú üledékösszleten (homok, agyag, konglomerátum). Székelyudvarhelytől – Segesvárig Szarmata és Pannon üledékes kőzeteken (agyag, homokkő, konglomerátum) halad át (Dimitriu et al., 1961; Ilie, 1959).



3. Ábra. A Nagy-Küküllő vizsgált szakaszának műholdas térképe, a vízmérési és mintavételezési pontokkal.



4. Ábra. A Nagy-Küküllő vizsgált szakaszának földtani térképe a Román Geológiai Intézet 1:200000 földtani térképe alapján.

4. Alkalmazott vizsgálati módszerek

Kutatásunk két szakaszra bontható, terepi vizsgálatokra és laboratóriumi vizsgálatokra. A terepi vizsgálatok során a mérési és vízmintavételezési pontok helyének meghatározására Garmin GPSmap16CSx típusú készüléket használtunk.

A terepi mérések során HANNA HI 9828 típusú multiparaméteres vízminőségmérő műszert használtunk, amely segítségével a következő paramétereket mértük: hőmérséklet (t), savasság (pH), redox-potenciál (ORP), oldott szilárdanyag tartalom (TDS), oldott oxigén (DO), vezetőképesség (EC), ellenállás, sótartalom és légköri nyomás (5. Ábra).

A laboratóriumi vizsgálatok során a kémiai komponensek minőségi és mennyiségi meghatározása a következő módszerek segítségével történt: titrálás, lángatommissziós spektrometria, molekulaabszorpciós spektrofotometria, potenciometria.

Lángatommissziós módszerrel, lángfotométer segítségével meghatároztuk a Na^+ , K^+ koncentrációját, Winlab LF2400-as fotokoloriméterrel pedig a nitrit- és nitrát- koncentrációját vizsgáltuk (6. Ábra). Potenciometriás titrálást alkalmaztunk a kloridion mennyiségi meghatározásához, a bikarbonát tartalmat pedig sav-bázis titrálással határoztuk meg egy büretta segítségével. Szintén bürettával komplexometriás titrálást végeztünk a vízkeménység meghatározásához. A szulfáttartalmat spektrofotométerrel határoztuk meg, turbidimetriás módszert alkalmazva.



5. Ábra. HANNA HI 9828 típusú multiparaméteres vízminőségmérő műszer.



6. Ábra. Winlab LF2400-as típusú fotokoloriméter.

5. Terepi vizsgálatok eredményei

A kutatásra kiválasztott és vizsgált terület a Nagy-Küküllő folyó középső és felső szakaszán található, Segesvártól – Székelyvarságig. A terepi munka során (7. Ábra) 13 mérési pontot választottunk ki, amelyek esetenként megegyeznek a Vízügyi Hatóságok vízhozam mérési állomásaival (3, 4. Ábra). A mérési és mintavételezési helyszínek kijelölésében fontos szempont volt a nagyobb települések lehetséges hatásainak (szennyezés, hőmérsékletváltozás) a kimutatása. Éppen ezért minden város (Segesvár, Székelykeresztúr és Székelyudvarhely) fölött, a város területén belül és a város alatt történtek a mérések (3, 4. Ábra). Továbbá a mérési és vízmintavételezési pontok kiválasztásánál azt is szemelőtt tartottuk, hogy ne létezzen semmilyen szennyvíz vagy más (patak) befolyás a közelben (500-1000m), amely zavaró, vagy kiugró értékeket adhatott volna. A fentebb említett mérési helyszínek közül 5 esetben vízmintavételezés is történt a laboratóriumi elemzésekhez. E pontok (5 db) kijelölésénél figyelembe vettük, hogy a marosvásárhelyi AQUASERV R.T. székelykeresztúri és segesvári mérési adataival. összevethetőek legyenek a kapott laboratóriumi adatok, illetve azokat a területeket is lefedjék, amelyekről nem léteznek vízelemzések.



7. Ábra. Vízminta-vételezés és terepi mérések.

Az első mérési és mintavételezési pont (M13) Segesvár alatt található, ahol az E60-as sugárút keresztülhalad a Nagy-Küküllő fölött, a folyó bal partján. Itt a multiparaméteres műszerrel való mérés mellett vízmintavételezés is történt.

A második mérési pont (M12) Segesvár központjába, az ortodox katedrálissal átellenben lett kijelölve, a gyalogos híd alatt, a folyó bal partján. Ez a mérési pont egybeesett a vízügyi

hatóságok vízhozam-mérési állomásával. Itt csak terepi mérések történtek, vízmintavételezés nem.

A harmadik mérési pont (M11) Héjjasfalva és a szenterzsébeti eltérő között található, közúti híd lábánál lett kijelölve, a folyó jobb partján. Ez a mérési pont is egybeesett a vízügyi hatóságok vízhozam-mérési pontjával.

A soron következő megállónk (M10) Székelykeresztúr alsó felénél, Alsóboldogfalva határában található, a folyó jobb partján. A mérés mellett vízmintákat is gyűjtöttünk.

Székelykeresztúr területén belül található az ötödik mérési pont (M09), ahol a várost Fiafalvával összekötő megyei út keresztülhalad a Nagy-Küküllő felett. A mérés a folyó jobb partján történt.

Kisgalambfalva és a kisgalambfalvi vonatállomás között található a hatodik mérési pont (M08), a folyó jobb partján. Itt sem történt mintavételezés, csak helyszíni mérések.

A hetedik állomás (M07) Nagygálambfalva és Décsfalva között helyezkedik el, ahol a 137 számú főút keresztezi a Nagy-Küküllőt, a mérési pont a folyó jobb partján található. Ezen a helyszínen hasonlóan a korábbi kettőhöz, csak terepi mérések történtek.

Bögöz község központjában található híd fölött, a folyó bal partján jelöltük ki a nyolcadik mérési pontot (M06), itt is csak terepi mérésre került sor.

Egy újabb vízminta-vételezéssel egybekötött mérési állomás (M05), Felsőboldogfalva és Bikafalva között elhelyezkedő hídon felül található, a folyó jobb partján.

Tizedik mérési pont (M04) Székelyudvarhelyen, a teherforgalom elterelő út mentén található, a Matrica R.T. vállalattal szemben, amely egybeesett a vízügyi hatóságok vízhozam-mérési állomásával, a folyó baloldali partján. Itt sem került sor mintavételre, csak terepi mérésekre.

Fenyéd falu végében, található a tizenegyedik mérési és egyben a harmadik vízminta-vételezési pont (M03), a folyó jobb partján.

Az utolsóelőtti mérési állomás (M02) Zeteváralja előtt, a Nagy-Küküllőn keresztülhaladó híd előtt, a folyó jobb partján található. Ezen a helyszínen csak terepi mérések történtek.

Az utolsó mérési- és egyben az ötödik mintavételezési pont (M01), a zeteváraljai víztározó és Székelyvarság község között található, az első híd után, a folyó jobb partján.

A multiparaméter vízminőségmérő műszerrel mért terepi értékek a 8. Ábrán vannak bemutatva.

Mérési pontok	Oldott Oxigén (DOppm)	pH	Hőmérséklet (°C)	Légköri nyomás (mmHg)	Ellenállás (MΩcm)	Vezetőképeség (μS/cm)	Össz oldott anyag tartalom (TDS ppm)	Szalinitás (ppm)	Redox-potenciál (mV)
M01	6.75	7.49	4.94	703.2	0.0173	58	29	0.03	32.1
M02	11.66	8.75	3.67	708.8	0.0142	70	35	0.03	22.0
M03	13.60	8.35	4.34	714.9	0.0108	92	46	0.04	11.6
M04	14.46	8.44	4.65	717.0	0.0079	127	63	0.06	9.1
M05	8.93	8.28	4.48	817.6	0.0057	176	88	0.08	-1.9
M06	4.73	8.13	4.46	719.6	0.0053	189	94	0.09	8.0
M07	4.83	7.87	4.59	720.4	0.0049	203	102	0.10	12.0
M08	4.89	7.88	5.12	722.0	0.0045	223	111	0.11	9.3
M09	5.11	7.99	5.94	723.8	0.0037	267	133	0.13	-6.5
M10	5.40	8.34	6.58	724.5	0.0033	299	150	0.14	-6.2
M11	5.16	8.26	6.6	725.1	0.0029	301	195	0.17	22.7
M12	4.48	7.89	7.32	726.9	0.0026	386	193	0.18	30.1
M13	8.22	7.54	7.67	728.1	0.0025	401	201	0.19	31.8

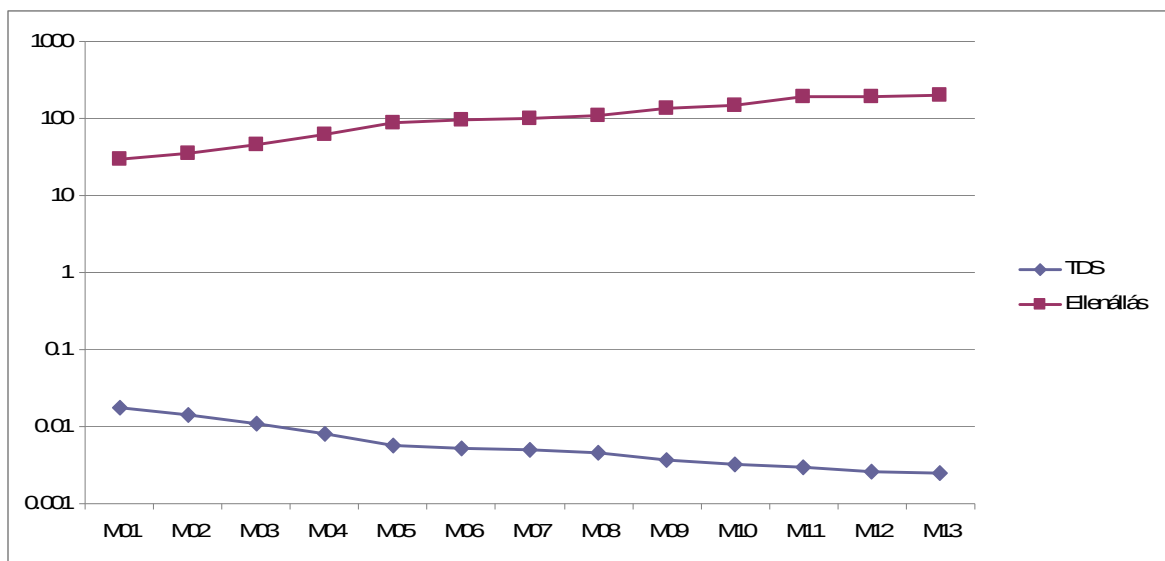
8. Ábra. A terepi mérési adatokat összefoglaló táblázat.

A terepen mért oldott oxigén értékek 4,73 és 14,46 (ppm) szűk tartományon belül változnak. A legnagyobb értékeket (11, 66–14,46 ppm) a folyó felső-, míg a legkisebb értékeket (4,73–5,11 ppm) a folyó középső szakaszán mértük.

A folyóvízben mért pH értékek 7,4–8,4 közötti tartományon belül vannak és enyhén bázikus jelleget mutatnak. Nem figyelhető meg egy növekvő vagy csökkenő tendencia a forrásvidék és az alsó szakasz között található mérési pontok értékeiben.

A folyó hőmérséklete a folyásiránynak megfelelően, egyenletesen emelkedett. Míg a hegyvidéki környezetben 4,34 °C volt, addig a legalsó mérési ponton elérte a 7,67 °C értéket. A zeteváraljai (M02) mérési pontban a megfigyelhető tendenciával ellentétben, alacsonyabb értéket (3,67 °C) mértünk.

Az oldott anyagtartalom és az ellenállás között ellentétes összefüggés figyelhető meg. Minél nagyobb az oldott szilárdanyag tartalom (TDS), annál kisebb lesz a folyóvíz ellenállásának mértéke (9. Ábra). Míg a folyón lefele haladva a oldott szilárdanyag tartalom értéke növekszik, addig a víz ellenállása csökkenő tendenciát mutat. A TDS értékek 29–201 ppm közötti tartományon belül változtak, az ellenállás értékei 0,0025–0,0173 MΩcm között.



9. Ábra. Az ellenállás és a TDS közötti összefüggéseket ábrázoló diagramm.

A legmagasabb vezetőképességi értékeket (401 μS/cm) a Segesvár alatti mérési pontban (M13) tapasztaltuk, ehhez képest, a folyón felfele haladva, folyamatosan csökkenő

tendenciát észleltünk, így a legalacsonyabb vezetőképességi értéket ($50 \mu\text{S}/\text{cm}$) a forrásvidéken (M01) mértük.

A szalinitási értékek $0,03\text{--}0,19$ ppm közötti tartományon belül változnak. A forrásvidéktől a folyó alsó szakasza felé növekvő koncentráció tapasztalható. Ezzel szemben a redox-potenciál értékek nem mutatnak lineáris összefüggést. Míg a folyó felső- és alsó szakaszán az értékek leginkább oxidatív ($31,8\text{--}32,1$ mV) körülményeket mutatnak, addig a többi mérési pontban alacsonyabb értékekkel ($8,0\text{--}22,7$ mV), vagy redukzív tulajdonságokkal ($-6,5 - -1,9$ mV) jellemezhető a folyóvíz.

6. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei

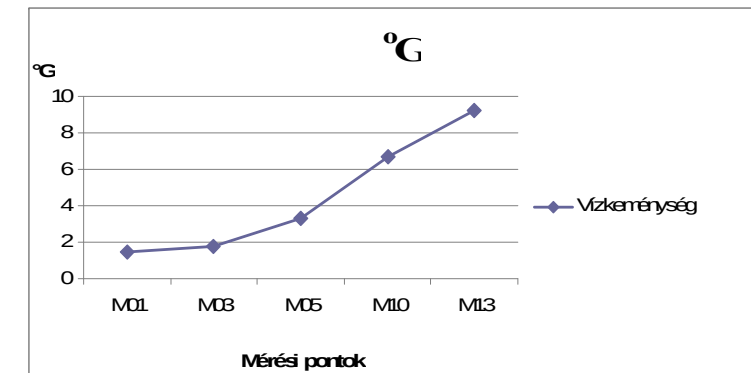
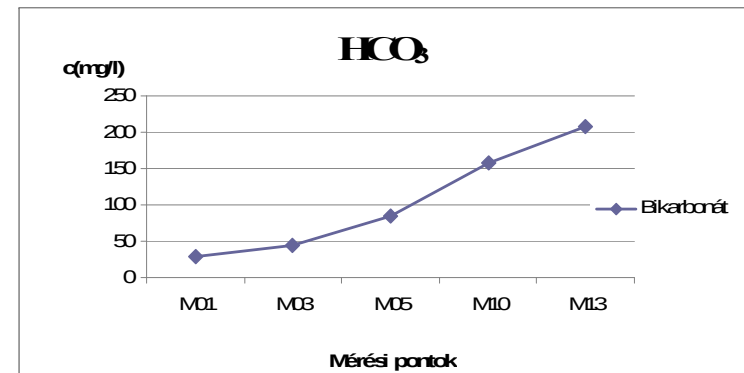
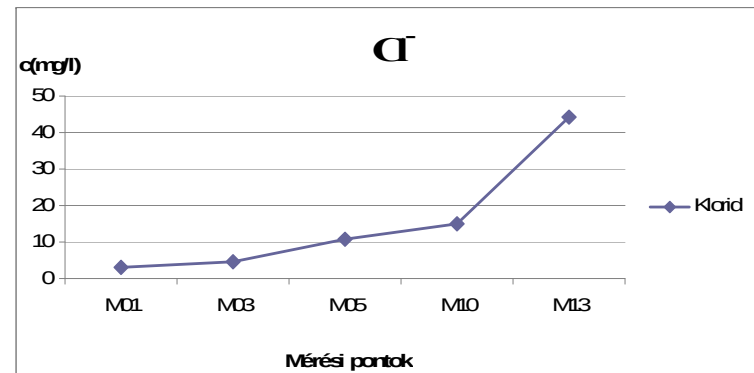
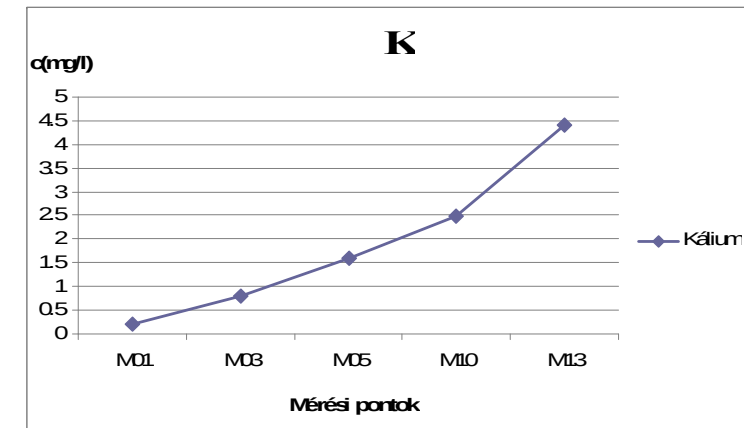
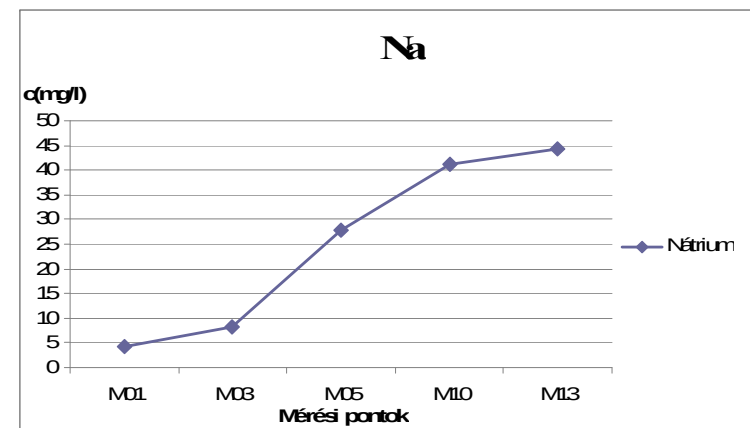
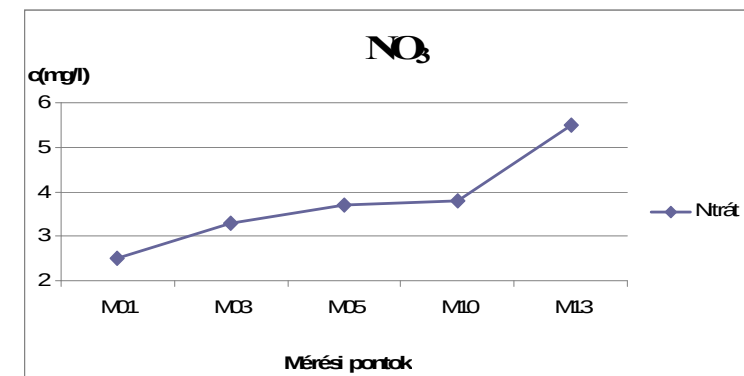
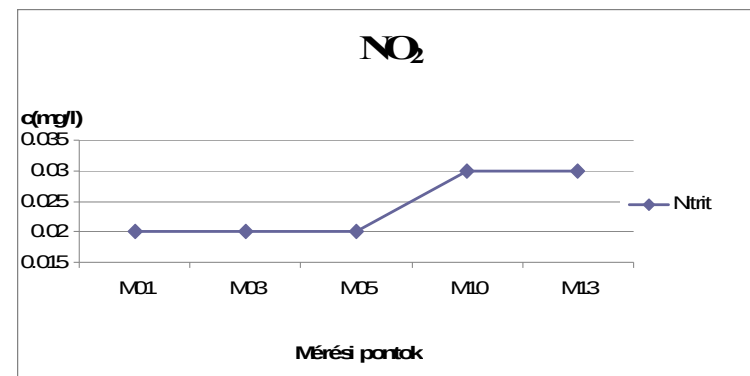
A korábban felsorolt analitikai módszerek meghatározott elemek mennyisége a 10. és 11. Ábrán láthatóak.

A nitrit tartalom az öt vizsgált minta közül két mintában mutatott $0,02$ mg/l feletti értéket (M10 és M13) (11. Ábra). Ebben a két pontban a nitrát tartalom is magasabb értékeket mutat ($3,80$ és $5,5$ mg/l), míg a többi vízmintában $2,50\text{--}3,70$ mg/l között változik. Folyamatos koncentráció növekedés figyelhető meg mindkét paraméter esetében a folyásiránynak megfelelően.

<i>Mérési pontok</i>	<i>M01</i>	<i>M03</i>	<i>M05</i>	<i>M10</i>	<i>M13</i>
Nitrit (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	0,03
Nitrát (mg/l)	2,50	3,30	3,70	3,80	5,50
Kálium (mg/l)	0,20	0,80	1,60	2,50	4,40
Nátrium (mg/l)	4,20	8,20	27,80	41,10	44,40
Klorid (mg/l)	3,00	4,80	10,90	14,90	44,40
Bikarbonátok (mg/l)	28,20	44,80	83,80	157,80	208,40
Szulfát (mg/l)	68,00	0,40	0,40	51,00	89,00
Vízkeménység (°G)*	1,50	1,80	3,30	6,70	9,20

10. Ábra. A vízmintákból meghatározott elemek mennyiségét bemutató táblázat. *Német vízkeménységi fok ($^{\circ}\text{G} = \text{CaO} + \text{MgO}$).

A laborban megvizsgált öt mintában a kálium koncentrációja fokozatos emelkedése nagyon jól megfigyelhető (11. Ábra). Ez a koncentrációváltozás ($0,2\text{--}4,4$ mg/l) folyamatosan növekszik a forrásvidéktől az alsó szakasz felé.



11. Ábra. A kémiai komponensek változása a vizsgált vízmintákban.

A Na esetében is egy folyamatosan növekvő tendencia figyelhető meg a székelvársági és a segesvári vízminták között, több mint tízszeres növekedés tapasztalható: 4,2 mg/l-es értékről 44,4 mg/l-re (11. Ábra). A legjelentősebb növekedés a Bikafalva és Felsőboldogfalva között található mérési pontban (M05) figyelhető meg.

A kloridok esetében is egy folyamatos növekedés tapasztalható, a legfelső mérési (M01) pontban 3,0 mg/l, a legalsóban (M13) pedig 44,4 mg/l-t mértünk (11. Ábra). A nátriumhoz hasonlóan, ugrásszerűen megnő a kloridok koncentrációja (10,9 mg/l) a Székelyudvarhely alatti mérési pontból (M05) származó vízmintában.

A víz bikarbonát tartalma a kálium és nátrium viselkedésével megegyező, folyamatos növekedést mutat a forrástól az alsó szakasz felé (11. Ábra). A székelvársági (M01) vízmintában 28,2 mg/l értéket mutatott, míg a segesvári mérési pontban (M13) 208,4 mg/l-t mértünk.

A szulfát esetében egy érdekes jelenség figyelhető meg. A székelvársági (M01) mintában a szulfát tartalom 68 mg/l koncentrációt mutat, azonban a folyón lefele haladva a következő két mintavételezési pontban (M03 és M05) a szulfát értéke lecsökken, mindössze 0,4 mg/l mennyiséget mutat (10. Ábra). Viszont az utolsó két vízmintában (M10 és M13) a szulfát koncentrációja újra megnő (51 és 89 mg/l).

A vízkeménységet német keménységi fokban ($^{\circ}\text{G}$) határoztuk meg ($^{\circ}\text{G} = \text{CaO} + \text{MgO}$). Az értékek folyamatos növekedést mutatnak (11. Ábra). Az általunk mért legmagasabb érték a segesvári (M13) mintában 9,2 CaO mg/100 ml, amely a mérsékelt kemény kategóriába sorolható. A legalacsonyabb érték (1,5 CaO mg/100 ml) a forrásvidékről származó (M01) mintában tapasztalható.

7. Eredmények értelmezése

A terepi mérések adatait összevetve azt tapasztaljuk, hogy a hőmérséklet, vezetőképesség, TDS és a szalinitási értékek egy folyamatosan növekvő tendenciát mutatnak a forrásvidéktől a folyó alsó szakasza felé (8. Ábra). Ez jó összhangban van a várt eredményekkel, hiszen a távolság és a települések számának függvényében növekednie kell az összes oldott anyag koncentrációjának. Továbbá a hőmérséklet emelkedése növeli a víz oldóképességét. Az M02-es pontban tapasztalt hőmérséklet csökkenés a zeteváraljai

víztározó lassú felmelegedésének tulajdonítható (a mérés időszakában a víztározó felszínét még jég borította).

Mivel a pH értékek között nincs nagy eltérés ezért kijelenthető, hogy a folyóvíz enyhén bázikus jellegű, ami teljesen megegyezik a felszíni vizek normál pH értékeivel, illetve az európai- és a romániai normatívák értékein belüli tartományba esnek (EU = 6,5–8,5 pH; RO = 6,5–9,5).

Az oldott oxigén értékek közötti eltérések abból adódhatnak, hogy a mérések során a folyó különböző sodrású zónáiból (széle, közepe, stb) történt a mintavételezés.

Nitrit és nitrát tartalomban folyamatos növekedés figyelhető meg a folyásiránynak megfelelően. Ezek az értékek jó összhangban vannak a víztisztító állomásokon mért adatokkal (11, 12. Ábra). A növekedés a kommunális szennyvíz kibocsátással és a mezőgazdasági területeken történő trágyázással lehet összefüggésben. A nitrát értékek az európai és romániai szabványok által megengedett határértékek alatt vannak (50 mg/l).

A Na esetében megfigyelhető növekvő tendencia (11. Ábra) a települések által kibocsátott szennyvizek (detergensek) és a mezőgazdasági területek hatásával magyarázható. Egy másik lehetséges ok a Székelyudvarhely területén található sós forrásokból származó beszivárgás. Ez utóbbi is magyarázná a Székelyudvarhely utáni vízmintában a nátrium koncentrációjának ugrásszerű növekedését. Az összes vízmintában mért adat a romániai szabvány szerinti maximális megengedett mennyiség 200 mg/l alatt van.

A klorid esetében is egy folyamatos növekedés figyelhető meg (11. Ábra), a legelső és a legutolsó mérési pontok között (3,0–15,5 mg/l) (11. Ábra). Az AQUASERV R.T. által mért adatok (24,0 és 33,0 mg/l) valamivel nagyobbak mint az általunk kapott eredmények. Ezek az értékek, mindkét esetben az EU (200 mg/l) és a romániai szabvány (250 mg/l) által megengedett mennyiség alá esnek.

A vízkeménység és a bikarbonát mennyisége a folyás irányának megfelelően nő (10, 11. Ábra) a forrástól a folyó alsó szakasza felé. Ez a növekedés a hőmérséklet emelkedésével és a víz oldóképességével van összefüggésben. A koncentráció növekedéséhez a meszes üledékekből való oldás és a kommunális szennyezés járul hozzá. E két vegyület koncentrációja határozza meg a víz enyhén lúgos kémhatását.

Az adatokat összevetve a Japán Geológiai Szolgálat által kibocsátott (2005) Eh-pH Diagramm Atlaszban található termodinamikai adatokkal, megállapíthatjuk, hogy az analitikai módszerekkel meghatározott komponensek (pl. Na, K, NO₂, NO₃, SO₄) stabilak ebben az Eh-pH tartományban.

Minőségi mutatók	<i>Vizsgálati módszer.</i>	Székelykeresztúr	Segesvár
		<i>Lab. Értékek</i>	<i>Lab. Értékek</i>
Vezetőképeség (μS/cm)	SR EN 27888/97	380	730
pH	SR ISO 10523/2009	8,06	8,01
NO ₂ ⁻ (mg/l)	SR EN 26777/2002	0,028	0,039
NO ₃ ²⁻ (mg/l)	SR ISO 7890-3/2000	1,04	3,52
Oxidációképeség (mg O ₂ /l)	SR EN ISO 8467-2001	6,4	4,09
Klorid (mg/l)	SR ISO 9297/2001	24	33
Vízkeménység (°G)	SR ISO 6059/2008	7,58	-
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	STAS 3069/87	10,56	92,16

12. Ábra. Az AQUASERV R.T. székelykeresztúri és segesvári mérési adatait összefoglaló táblázat.

7.1. Az Európa Tanács által előírt vízminőségi paraméterek

Az Európai Tanács 1975-ben elfogadta a 75/440/EEC számú rendeletet, amelyben leszögezi a tagállamokban ivóvíz kivételre szánt felszíni vizek minőségi követelményeit. A dokumentumban 46 paramétert és azoknak a maximálisan megengedett értékét határozzák meg. 1975-től napjainkig számos módosítás született, de mindenik a 75/444/ECC-ben meghatározott értékekre hivatkozik. Mérési eredményeinket a fentebb említett értékekkel vetettük össze.

7.2. Lehetséges szennyezési források

A Nagy-Küküllő felső, általunk vizsgált szakasza átszel 3 nagyobb települést (Székelyudvarhely, Székelykeresztúr, Segesvár), kb. 7 falvat és az ezekhez tartozó mezőgazdasági területeket.

A lehetséges ipari szennyezések forrása a három városból származhat. Vizsgáljuk meg a településeket a folyásirány sorrendjében. Székelyudvarhely a legfelső város, nem található sem vegyipari sem pedig nehézipari tevékenység, amely jelentősen befolyásolná a Nagy-Küküllő vízminőségét, ugyanez elmondható Székelykeresztúrról és Segesvárról is.

A mezőgazdaságból származtatható szennyezések (pl. nitrit, nitrát) a szántóföldek területének és számának növekedésével és azok intenzív trágyázásával függnek össze.

Más emberi tevékenységből származtatható szennyezési források közé sorolhatóak a nem megfelelően kezelt szeméttározók is.

8. Következtetés

Figyelembe véve a vizsgálatokat, a rendelkezésünkre bocsátott adatokat és az előírt irányértékeket, elmondhatjuk, hogy a Nagy – Küküllő vízének abiotikus állapota megfelelő.

Az EU-s előírások alapján a kapott értékek nagyrésze az A1-es, azaz a legjobb kategóriába sorolható. WHO és az UWQI alapján a vizet 1-es kategóriába sorolhatjuk, mely alkalmas ivóvíz előállítására egyszerű fizikai szűréseket követően.

A fenti eredmények alapján elmondhatjuk, hogy a vizsgált szakaszon nincs jelentős szennyezési forrás vagy azok mennyisége hígulhat a kisebb mellékfolyóknak és patakoknak köszönhetően. Azonban az antropogén hatás minden esetben kimutatható (pl. nitrit, nitrát, nátrium).

A Nagy-Küküllő vízének jó állapota csak akkor őrizhető meg, ha ismerjük és odafigyelünk azokra a tevékenységeinkre, amelyek hatással lehetnek a folyóvíz minőségi állapotára.

Köszönetnyilvánítás

Ez úton szeretnénk megköszönni vezető tanárainknak, Tóth Attilának, dr. Silye Lórándnak és drd. Zsigmond Andreának a munkánk során nyújtott segítséget és szakmai támogatást, valamint Nagy Krisztina laboránsnőnek a laboratóriumi elemzésekben való segítséget, továbbá egyetemeinknek, hogy rendelkezésünkre bocsátották a terepi és laboratóriumi műszereket. Köszönet az AQUASERV R.T. vezetőségének a rendelkezésünkre bocsátott adatokért.

Irodalomjegyzék

- Atlas of Eh-pH diagrams Intercomparison of thermodynamic databases, 2005. Geological Survey of Japan Open File Report No.419 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology Research Center for Deep Geological Environments Naoto TAKENO, pp. 287
- Balla, Z. 1987. Tertiary paleomagnetic data for the Carpatho-Pannonian region in the light of Miocene rotation kinematics. *Tectonophysics* 139, 67–98.
- Boyacioglu, H. 2006. Development of a water quality index based on a European classification scheme, *Water SA*, 33 (1), 101-106.
- Ciupagea, D., Pauca, M., Ichim, T. 1970. *Geology of the Transylvanian Basin*. Ed. Acad. R.S.R., Bucharest, 255 pp.
- Csontos, L. 1995. Tertiary tectonic evolution of the Intra-Carpathian area: a review. *Acta Vulcanol.* 7 (2), 1–13.
- Csontos, L., Nagymarosi, A., Horváth, F., Kovac, M. 1992. Tertiary evolution of the Intra-Carpathian area: a model. *Tectonophysics* 208, 221–241.
- Dragoş, V. 1969. Contributions to the knowledge of evaporite genesis in the Transylvanian Basin. *St. cerc. geol. geofiz. geogr., Seria geol.*, vol. 14/1, 163–180.
- EC (European Council), 1991. Consolidated Text Produced by the CONSLEG System of the Office for Official Publications of the European Communities. Council Directive of 16 June 1975 Concerning the Quality Required of Surface Water Intended for the Abstraction of Drinking Water in the Member States (75/440/EEC). Office for Official Publications of the European Communities. CONSLEG: 1975L0440 31/12/1991
- Krézsek, Cs.; Bally, A. 2006. The Transylvanian Basin (Romania) and its Relation to the Carpathian Fold and Thrust Belt: Insights in Gravitational Salt Tectonics, *Marine and Petroleum Geology* 23, 405-446.
- Maţenco, L. 1997. Tectonic evolution of the Outer Romanian Carpathians: constraints from kinematic analysis and flexural modelling, PhD thesis, Vrije University, Amsterdam, 160 pp.

- Pécskay, Z., Lexa, J., Szakács, A., Balogh, Kad., Seghedi, I., Konecny, V., Kovacs, M., Márton, E., Kaliciak, M., Széky-Fux, V., Póka, T., Gyarmati, P., Edelstein, O., Roşu, E., Zec, B. 1995. Space and time evolution of Neogene–Quaternary volcanism in the Carpatho- Pannonian Region. *Acta Vulcanol.* 7 (2), 15–28.
- Săndulache, A. 1971. Inundaţiile din luna mai 1970 pe Târnava-Mare
- Seghedi, I., Szakács, A., Vanghelie, I., Costea, C. 2000. Zeolite formation in the Lower Miocene tuffs, North-western Transylvania, Romania, *Rom. J. Mineralogy*, 80, 11-20.
- Vancea, A. 1960, Neogenul din Bazinul Transilvaniei: Bucuresti, Editura Academiei RSR, 262 p.
- WHO (World Health Organization), 2004a. Guidelines for Drinking Water Quality (3rd edn.). Volume 1. Geneva.
- Zweigel, P. 1997. The Tertiary tectonic evolution of the Eastern Carpathians (Romania): Orogenic arc formation in response to microplate movements, PhD thesis, Univ. Tübingen, 158 pp.