

**AZ AGGTELEKI-KARSZT NAGY FORRÁSAINAK ÉS A
BARADLA- ILLETVE A BÉKE-BARLANGBAN A JÁRATTALP
ALATT ÉSZLELT VIZEK KÉMIAI ÖSSZETEVŐINEK VIZSGÁ-
LATA TÖBBVÁLTOZÓS ADATELEMZŐ MÓDSZEREKKEL**

KOVÁCS JÓZSEF¹-VID GÁBOR²-MAUCHA LÁSZLÓ³-BERÉNYI
ÜVEGES JUDIT⁴-IZÁPY GÁBOR⁵

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem, Alkalmazott és Környezetföldtani
Tanszék, Budapest, Pázmány P. sétány 1/c. kovacs.jozsef@geology.elte.hu

²Budapest, Külső-Szilágyi út 110. vidg@vidg.hu

³Vízgazdálkodási Kutató Kht., 1095 Budapest, Kvassay J. u. 1.,
maucha@vituki.hu

⁴Növény- és Talajvédelmi Központi Szolgálat, Budapest, Budaörsi út 141.
buj@spike.fa.gau.hu

⁵Hydrosys kft, 1094 Budapest, Viola u. 6. izapy@hydrosys.hu

Abstract: László Maucha and his co-workers regularly analyzed the chemical composition of the water in the big karst springs of Aggtelek-karst between 1981-83 (Baradla rövid-alsó barlang, Jósua-forrás, Szabó-kút, Nagy Tohonya-forrás, Kis Tohonya-forrás, Lófej-forrás, Komlós-forrás, Babot-kút). In years 2002-2004, Gábor Vid and his co-workers observed water in their bore-holes in the Baradla- and Béke-cave. The goal of their present work was to examine the similarities of their water-samples from the deposit of the mentioned caves and the water-samples from the big karst springs of the Aggtelek-karst. For executing this analysis, we used up-to-date mathematical methods e.g. cluster analysis and multidimensional scaling. The results meet our expectations. Based on our analysis, the big springs of the Aggtelek-karst can be categorized into two big cluster according to their chemical composition, and out samples from the bore-holes belonged to the cluster expected by us based on the knowledge about the geological environment.

Előzmények

2004-ben a Baradla-barlangban, az “Olimposzon” végzett fúrásunk során - hasonlóan az elmúlt évben a Béke-barlang 86-os alappontjánál végzett fúráshoz - vizet észleltünk. A fúrást béléscsővezetük, szűrőztük. Ezzel egy időtálló észlelő kutat alakítottunk ki (BERÉNYI *et. al.* 2005). Vízkémiai vizsgálatok céljára ebből a „Kútnak” elnevezett, béléscsővezett, szűrőzött fúrólukból és a közelében található, egy korábbi kutatás során készített „Gödörből”, továbbá a Béke-barlang 86-os pontjánál 2003-ban készített fúrásunkból (BERÉNYI *et al.* 2004) egy-egy mintát vettünk. Ezeket a Bács-Kiskun megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat Talajvédelmi Laboratóriuma vizsgálta. Mivel összesen csak egy-egy minta állt rendelkezésünkre, amely komolyabb következtetések levonásához nem elegendő, ezért a leg-

korszerűbb matematikai módszerekkel próbáltunk a rendelkezésre álló adatokból a lehető legtöbb információhoz jutni. A további kutatások irányvonalának meghatározásához szükségünk volt arra, hogy megtudjuk, hogy ezek a vízminták az aggteleki karszt mely vizeivel mutatnak rokonságot. Célunk az volt, hogy megállapítsuk, hogy a barlangban vett vízmintáink több kémiai komponens alapján milyen hasonlóságot mutatnak az Aggteleki Karszt egyes forrásaiban a felszínre törő vizekkel, valamint megállapítsuk, hogy a barlangi patak mederkitöltő üledékben található vizek mennyire hasonlítanak az adott barlangokhoz tartozó forrásokban (Jósva-forrás és Alsó-barlang, illetve a Komlós -forrás) felszínre törő vizekéhez. Ennek meghatározásához sokváltozós adatelemző módszereket vettünk igénybe. Vizsgálatainkhoz Maucha Lászlónak a terület forrásaiban 1981-1983 között végzett vizsgálatosorozatának eredményeit használtuk fel (MAUCHA 1998).

A rendelkezésre álló adatok bemutatása

I. táblázat
Table I.

A rendelkezésre álló adatok számának bemutatása (vizsgált jellemzők száma)
Representation of the count of the accessible parameters

forrás	jele	összes minta száma	vízhozam	víz hőmérséklet	vezetőképesség	pH	összes keménység	lágosság	Ca	Mg	NH	HCO ₃	CL	SO ₂	NO ₃	NO ₂	felhasznált adatok száma
Szabó-kút	SZAB	150	81	100	148	135	147	148	147	147	1	148	1	0	93	1	79
Alsó-barlang	ALSO	198	10	183	194	171	187	190	188	187	38	190	33	2	136	38	111
Nagy tohonya-f.	NAGY	165	165	160	163	145	157	156	157	157	6	156	0	0	101	6	88
Lófej-f.	LOFE	128	128	120	128	115	119	118	119	119	4	118	0	0	91	1	76
Komlós-f.	KOML	168	168	159	165	137	164	165	163	163	11	165	1	0	99	8	79
Kis Tohonya-f.	KIST	189	189	165	188	161	183	185	184	183	19	185	2	0	78	16	63
Jósva-forrás	JOSV	200	200	185	197	167	189	190	189	189	41	190	34	2	136	40	112
Babot-kút	BABO	85	73	77	83	77	81	82	82	81	1	82	0	0	44	0	38

Az *I. táblázatban* bemutatjuk MAUCHA (1998) által vett minták helyét, ezekhez az általunk használt négybetűs kódot, a vizsgált kémiai paramétereiket és azt, hogy egy adott paramétert egy adott forrásban hányszor vizsgáltak, azaz a rendelkezésre álló adatok darabszámát.

A táblázat alapján meg lehetett határozni azokat a paramétereiket, amelyekről a legnagyobb számban rendelkezünk mért adattal. Ennek azért volt jelentősége, mert az általunk használt sokváltozós matematikai módszerek megkövetelik, hogy a vizsgálatba bevont minták mindegyike rendelkezzen minden paraméter mért értékével. Így a további számításokhoz a vezetőképeség, pH, összes keménység, Ca, Mg, HCO₃ és az NO₃ koncentráció paramétereiket használtuk fel. A további feldolgozáshoz megfelelő minták számát tartalmazza a táblázat utolsó oszlopa. Itt jegyezzük meg, hogy a számítások során az egy időpontban mért kémiai paramétereiket a forrás kódjával és a mérés dátumával azonosítottuk.

Az általunk vizsgált jellemzők szerinti legfontosabb áttekintő adatok a következők

Több statisztikát is kiszámoltunk a mért paramétereiből. Így az átlagot, szórást, mediánt, legkisebb, legnagyobb értéket (ezek közül az átlagot mutatjuk be a *II. táblázatban*). Bár mindegyik hasznos információt közöl, de egyik sem világítja meg azt, hogy mennyire is változékonyságok a mért paraméterek. A mért paraméterek változékonyságának ismeretére szükségünk van, hiszen ezek ismeretében eldönthetjük, hogy az általunk egyszer mintázott vizeket milyen biztonsággal tudjuk elhelyezni vízkémiai szempontból az Aggteleki Karszt forrásai és víznyerő helyei között. Ezért kiszámítottuk az úgynevezett variációs tényezőt, mely megadja az adott paraméter változékonyságát, más szavakkal azt, hogy az adatok az átlag hány százalékával térnek el átlagosan az átlagtól (*FÜST 1999, III. táblázat*)

Megállapítható, hogy a legnagyobb variációs tényezője – mindegyik paraméter! – esetében az Alsó-barlangnak van. Ha azt vizsgáljuk, hogy melyik paraméter a legváltozékonyságú átlagosan, akkor megállapítható, hogy a nitrát az, százalékosan kifejezve: 24%. Ez az adat visszatükrözi, hogy mennyire veszélyeztetett a karszt a szennyeződésekkel szemben. Második legváltozékonyságú paraméter a magnézium, 20%-kal. Összehasonlítva ezeket az adatokat a pH-val (1,4%) vagy a fajlagos vezetőképeséggel (4,7), jelentős különbségeket láthatunk.

II. táblázat
Table II.

A mért jellemzők átlag értékei
Means of the measured values for the parameters

forrás	vezetőképesség [$\mu\text{s}/\text{cm}$]	pH	összes keménység [mg/l]	Ca [mg/l]	Mg [mg/l]	HCO_3 [mg/l]	NO_3 [mg/l]
Alsó-barlang	548,56	7,75	188,40	121,98	7,94	382,85	6,43
Babot-kút	616,26	7,15	218,97	107,61	29,39	445,79	2,36
Jósva-forrás	530,36	7,21	175,50	110,57	9,35	354,89	11,73
Kis Tohonya-f.	622,73	7,26	219,43	115,33	25,24	434,27	2,70
Komlós-f.	560,59	7,33	188,18	120,90	8,41	375,28	2,67
Lófej-f.	615,33	7,26	216,49	118,64	22,38	427,55	1,09
Nagy tohonya-f.	584,34	7,22	204,05	112,85	20,20	406,56	3,64
Szabó-kút	582,22	7,28	203,48	101,95	26,59	415,51	8,30

III. táblázat
Table III.

A mért jellemzők variációs tényezői
Coefficient of variation of the measured values for the parameters

forrás	vezetőképesség [$\mu\text{s}/\text{cm}$]	pH	összes keménység [mg/l]	Ca [mg/l]	Mg [mg/l]	HCO_3 [mg/l]	NO_3 [mg/l]
Alsó-barlang	0,120	0,028	0,147	0,160	0,376	0,163	0,367
Babot-kút	0,046	0,010	0,039	0,160	0,235	0,029	0,189
Jósva-forrás	0,057	0,011	0,058	0,068	0,190	0,067	0,154
Kis Tohonya-f.	0,019	0,011	0,021	0,077	0,195	0,023	0,369
Komlós-f.	0,069	0,017	0,069	0,086	0,240	0,075	0,232
Lófej-f.	0,016	0,013	0,027	0,026	0,106	0,024	0,191
Nagy tohonya-f.	0,018	0,013	0,014	0,059	0,197	0,027	0,219
Szabó-kút	0,033	0,014	0,033	0,071	0,084	0,035	0,204

IV. táblázat
Table IV.

A mért jellemzők korrelációs mátrixa
Correlation matrix of the measured values for the parameters

	vezetőképesség [$\mu\text{s}/\text{cm}$]	pH	összes keménység [mg/l]	Ca [mg/l]	Mg [mg/l]	HCO_3 [mg/l]	NO_3 [mg/l]
Vezetőképesség [$\mu\text{s}/\text{cm}$]	1						
pH	-0,11	1					
Összes keménység [mg/l]	0,93	-0,11	1				
Ca [mg/l]	0,48	0,33	0,45	1			
Mg [mg/l]	0,51	-0,40	0,61	-0,43	1		
HCO_3 [mg/l]	0,88	-0,06	0,95	0,41	0,60	1	
NO_3 [mg/l]	-0,62	0,04	-0,65	-0,39	-0,31	-0,57	1

V. táblázat
Table V.

Lófej – forrás paramétereinek mediánjai és hozzájuk tartozó időpontok mérési adatai (a Ca adatok alapján)
Medians for the parameters of the Lófej – forrás with the corresponding date and measured values (based on the Ca values)

	vezetőképesség [$\mu\text{s}/\text{cm}$]	pH	összes keménység [mg/l]	Ca [mg/l]	Mg [mg/l]	HCO_3 [mg/l]	NO_3 [mg/l]
Lófej 1981.11.09	603	7.28	216	118	22	427	1,0
Lófej 1982.08.30	608	7.26	214	118	22	428	1,0
Lófej 1982.09.27	608	7.29	214	118	22	430	1.2
Lófej 1982.11.15	618	7.31	217	118	23	430	1.3
Lófej 1983.08.29	614	7.20	219	118	24	429	0.9
Lófej 1983.09.12	611	7.20	221	118	24	432	0.8
Lófej 1983.10.03	612	7.20	218	118	23	425	1,0
Lófej 1983.10.10	608	7.20	219	118	24	425	1,0
Medián (Lófej forrás összes adatára)	614	7.25	217	118	23	428	1,0

Elkészítettük az egyes paraméterek korrelációs mátrixát (*IV. táblázat*) az összes mért mintavételi helyre és paraméterre. Az $|0,7|$ alatti korrelációs együtthatót (ezt a kizárólag lineáris kapcsolatot mérő, a matematikai statisztikában használt módszerrel határoztuk meg) korrelációs egy már nem tekintettük jelentősnek, mivel a lineáris kapcsolat fennállása már ekkor is alatta marad 50%-nak (*FÜST* 1999). Amennyiben ilyen szempont szerint értékeljük a sztochasztikus kapcsolatokat, látható, hogy a fajlagos vezetőképesség szoros lineáris kapcsolatban van az összes-keménységgel és a hidrogén-karbonát koncentrációval. Ez a szoros korreláció nem váratlan, hiszen a vizek vezetőképességét az oldott anyagok határozzák meg, és esetünkben – karsztvízről lévén szó – az összes-keménység és a hidrogén-karbonát koncentráció mutatja meg leginkább az oldott anyag tartalmát. Ugyanakkor a kalcium és a magnézium koncentráció csak gyenge kapcsolati viszonyt jelez. A pH a mért paraméterekkel gyakorlatilag korrelálatlan.

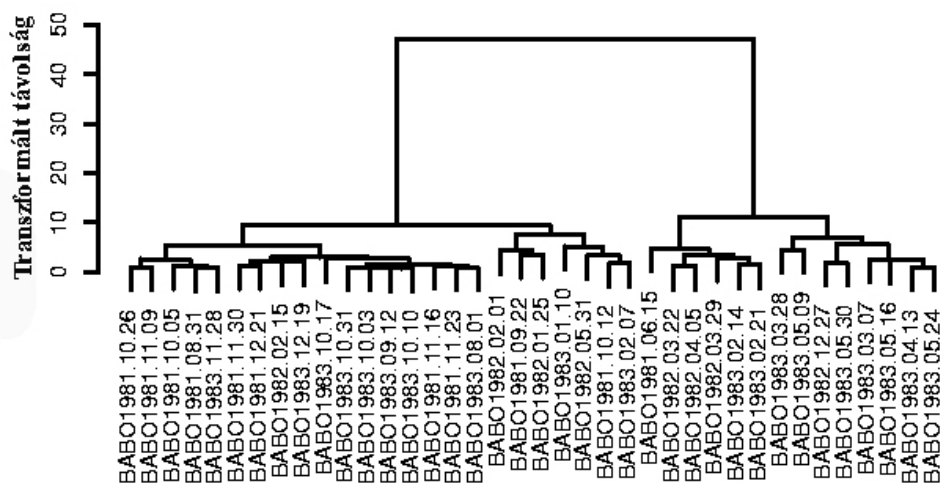
Vizsgáljuk meg az adatokat egy másik statisztikai módszerrel is. Kiszámoltuk minden forrásnak, minden paraméterére a mediánt. Példaként a Lófej-forrás esetét mutatjuk be. Az *V. táblázat* legalsó sora tartalmazza a számított medián értékeket. Ezeket a mintavételezési idővel és az akkor mért egyéb paraméterek értékeivel együtt visszakerestük az idősorokból. Dőlt félkövér szedéssel jelöltük meg ezek közül azokat az értékeket, amelyek a számított medián értékekkel azonosak. A táblázatból látható, hogy a mediánokból „létrehozott” víz sosem folyt a forrásban, így - bár a források vizének jellemzésére a medián jó tájékoztatást ad, - a mi célunk eléréséhez, vagyis konkrét vizek hasonlóságának a megállapításához, még a variációs tényező figyelembe vételével sem nyújt kellő támpontot. Olyan módszert kellett keresnünk, amivel megállapíthatjuk, hogy az adott forrásban melyik az a minta, ami leginkább jellemzi a forrást, ami tehát valóságban mért paraméterekkel rendelkezik, nem pedig egy olyan „*matematikai módszerekkel létrehozott összetétel*”, ami sosem lett mérve az adott forrásban. A cél az ún. klaszter analízis módszerével elérhető.

A matematikai módszer és a kapott eredmények

A klaszter analízis

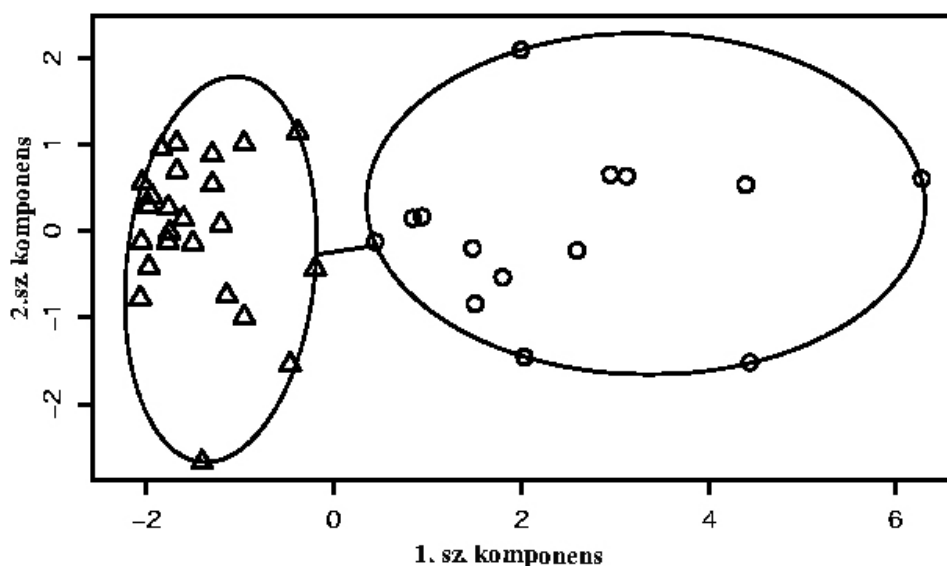
Elméletileg minden egyes mintát a mért paramétere (az ún. valószínűségi változók) alapján egy többdimenziós térben egy ponttal (más megközelítés szerint egy vektorral) lehet ábrázolni. Ahány paramétert mérünk a minták esetén, annyi dimenziós térben dolgozunk. Esetünkben ez egy 7 dimenziós tér. A számítások alapját a pontokból (vektorok) számított ún. távolságmát-

rix adja, ami az összes pontnak az összes ponttól mért távolságaiból áll. Mi az ún. euklideszi távolságot alkalmaztuk, de a módszer nem zárja ki a más módon definiált távolságok alkalmazását. Mivel az egyes tengelyek mentén az eltérő léptékek használata befolyásolná a távolság-számítást, ezért az adatokat célszerű *“normálni”*. A távolságmátrixnak a különböző eljárások szerinti rendezésével a mérési minták csoportokba sorolhatók. A klaszteranalízis ezeknek a csoportoknak a definiálásával és további vizsgálatával foglalkozik. A klaszteranalízisen belül több eljárás csoport ismert, mi két eljárás-csoport módszereit használtuk: az egyik az ún. hierarchikus klaszterezés, a másik az ún. k-középpontú. Mindkét eljárás-csoporton belül nagyon sok eljárás ismert. Az egyes eljárások nagyjából hasonló eredményeket adnak. A két eljárás-csoport lényegesen eltér, hiszen a k-középpontú klaszterezés egyik bemeneti adata a csoportok száma, azaz a mintákat hány csoportba kell besorolni. A csoportok számát más módszerekkel kell meghatározni, pl. a hierarchikus klaszterezés eredményeiből kaphatjuk meg egyéb, szakmai szempontok figyelembe vételével. Első lépésben ezért elvégeztük az egyes források adatainak hierarchikus klaszterezését, aminek ábrájából meghatároztuk, hogy hány csoportba sorolhatóak a minták. A hierarchikus klaszterezést két különböző módszerrel végeztük: az egyik az általánosan elterjedt ún. ward módszer, a másik az úgynevezett divizív módszer. A két módszer kis eltérésekkel azonos eredményt adott. A különbségek a matematikai eljárások különbségéből adódnak. A hierarchikus klaszterezés eredményeként az ún. dendrogramokat kapjuk. Mintaként bemutatjuk a Babot-kút ward módszerrel készített dendrogramját (1. ábra).



1. ábra: Babot-kút mért adatainak ward módszerrel készített dendrogramja
 Figure 1. Dendrogram made by ward method for the parameters of Babot-kút

A csoportok számának meghatározása után a k-középpontú klaszterezés segítségével meghatározható a csoportok középpontja, valamint meghatározható az a minta, amelyik ezt a középpontot megtestesíti. Ezzel számunkra teljesült további vizsgálataink legfontosabb feltétele, miszerint valós, de egy meghatározott csoportot jellemző mintával tudjuk összevetni a három darab mintánkat. A k-középpontú klaszterezés szemléletes bemutatására az ún. sokdimenziós skálázás módszerét használja az általunk választott programcsomag. A módszer lényege, hogy az n-dimenziós vektorteret kettő (vagy a felhasználó döntése alapján lehet három) dimenziós térbe transzformáljuk le. Az 2. ábrán példaként bemutatjuk a Babot-kút mérési adataiból készített kétdimenziós változatot.



Ez a két komponens megmagyarázza a pontok variabilitának 78,48 %-át

2. ábra: Babot-kút adatai „k” középpontú klaszterezésének bemutatása a sokdimenziós skálázás módszerével
 Figure 2. „k”-mean cluster represented by method of multidimensional scaling for the parameters of Babot-kút

A kapott eredmények

A fenti lépés sorozattal minden forrást, kutat olyan mért értékekkel jellemeztük, amelyek reprezentálják a mérések egy – egy csoportját. Az eredményeket a mintavételi hely nevével és időpontjával, valamint a kémiai paraméterekkel a VI. táblázatban mutatjuk be.

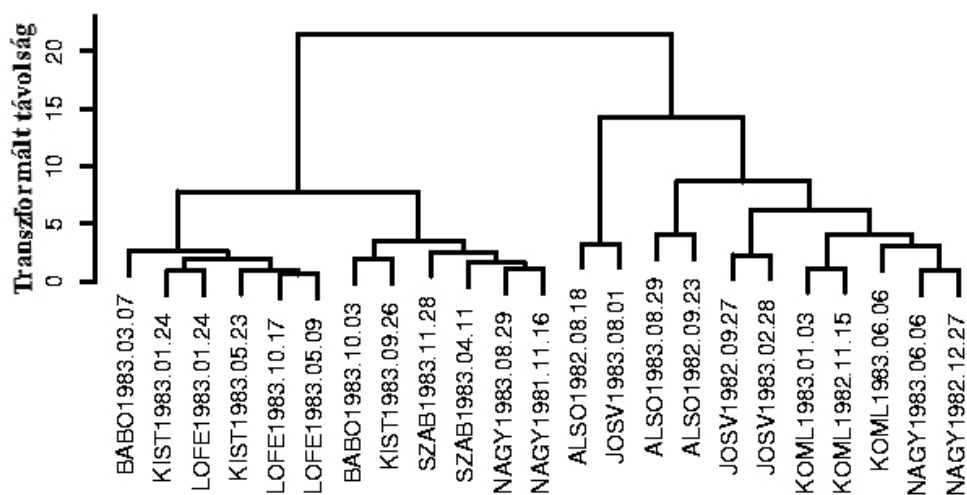
VI. táblázat
Table VI.

Az egyes forrásokra kapott „jellemző” összetételek.
Characteristic composition for the karst-springs

	vezetőképesség [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	pH	összes keménység [mg/l]	Ca [mg/l]	Mg [mg/l]	HCO_3 [mg/l]	NO_3 [mg/l]
ALSO1983.08.29	576	7.85	199	129	8	417	6,0
ALSO1982.08.18	421	7.52	130	82	7	257	11.3
ALSO1982.09.23	532	7.86	180	97	19	367	5.6
BABO1983.03.07	665	7.12	231	123	26	458	2,0
BABO1983.10.03	595	7.16	213	92	37	440	2.7
JOSV1982.09.27	516	7.22	172	107	10	353	12.5
JOSV1983.08.01	455	7.16	146	94	6	297	12.9
JOSV1983.02.28	567	7.20	188	121	8	370	10.1
KIST1983.01.24	621	7.34	219	117	24	432	2.2
KIST1983.09.26	619	7.21	219	107	30	438	3.5
KIST1983.05.23	629	7.19	225	125	22	438	1.7
KOML1983.01.03	537	7.35	178	115	7	347	2.1
KOML1983.06.06	580	7.45	202	132	8	408	2.2
KOML1982.11.15	552	7.27	185	115	10	370	3.2
LOFE1983.10.17	613	7.25	218	117	24	425	1,0
LOFE1983.01.24	616	7.40	215	121	20	425	1.2
LOFE1983.05.09	620	7.21	223	121	24	432	1,0
NAGY1983.06.06	581	7.16	208	119	19	408	2.6
NAGY1983.08.29	578	7.18	205	110	22	410	3.9
NAGY1981.11.16	581	7.32	204	106	24	414	4.5
NAGY1982.12.27	594	7.20	203	121	14	393	2.4
SZAB1983.04.11	593	7.15	213	115	23	437	6,0
SZAB1983.11.28	577	7.28	200	99	27	414	9.3

A következő lépésben a korábbiakban kapott jellemző értékekkel újra elvégeztük a csoportosítást. Erre azért volt szükség, hogy mintegy visszaellenőrizzük, hogy hasonló képet kapunk-e, mint amit eddig az Aggteleki

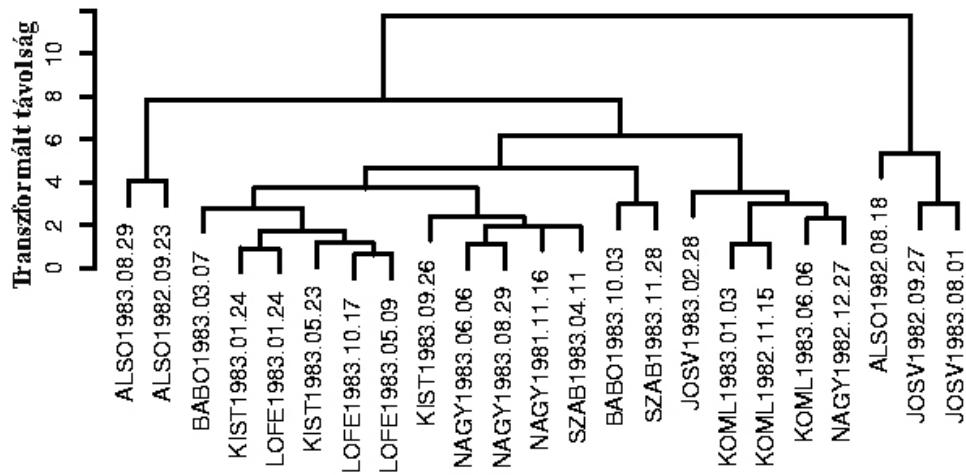
Karszt kutatói feltártak a vízmintavételi helyek vízgyűjtőiről. Az eredményekből (3-4. ábra) jól látható, hogy egy csoportot képez a Jósva-forrás, Alsóbarlang és a Komlós-forrás, és egy másik csoportot képez a Kistohonya- és Lófej-forrás, valamint a Szabó- és Babot-kút. A Nagytohonya-forrás mindkét csoport adataival mutat rokonságot, egyes időpontokban az egyik, más időpontokban a másik vízgyűjtő terület forrásaihoz áll kémiai közelebb. A Nagytohonya-forrás esetén a variabilitással magyarázható ez az eredmény. A pontos okok feltárása, miszerint miért kerültek két eltérő csoportba a Nagytohonya-forrás adatai, további vizsgálatokat igényelnek. Megjegyezzük, hogy az eltérő klaszterezési módszerek eltérő eredményeket adtak a Nagytohonya-forrás esetén, hiszen a k-középpontú klaszterezésben ezt a viselkedést nem látjuk (5. ábra), ez is alátámasztja azt, hogy érdemes ezt a kérdést is tovább vizsgálni.



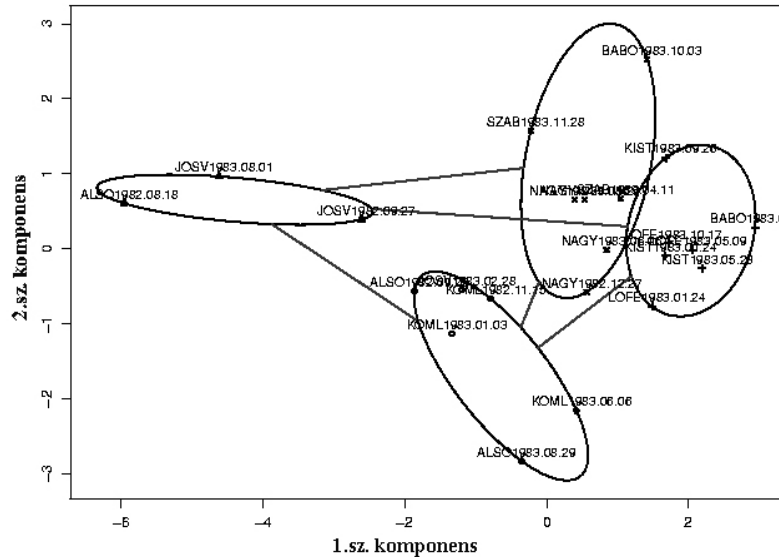
3. ábra: Az egyes források „jellemző” összetételei alapján ward módszerrel készített dendrogram
 Figure 3. Dendrogram made by ward method for the characteristic parameters of the springs

Mivel a klaszteranalízisből kapott eredményeket megfelelőnek tartottuk, elvégeztük a vizsgálatot úgy is, hogy az adatok közé betettük az ún. „jellemző” értékeket, valamint az általunk vett három minta elemzéseinek adatait. Az eredményeket 6-8. ábrán mutatjuk be, melyből megállapítható, hogy a három általunk észlelt víz a Jósva-forrásban, Alsó-barlangban és a Komlós-forrásban mért vizek jellemző értékei közé tartozik. Megjegyezzük

zük, hogy itt jól megfigyelhető a klaszter analízis érzékenysége, hiszen ezen ábrákon jól megfigyelhető, hogy a Nagy Tohonya-forrás már egyértelműen másik csoportba került.

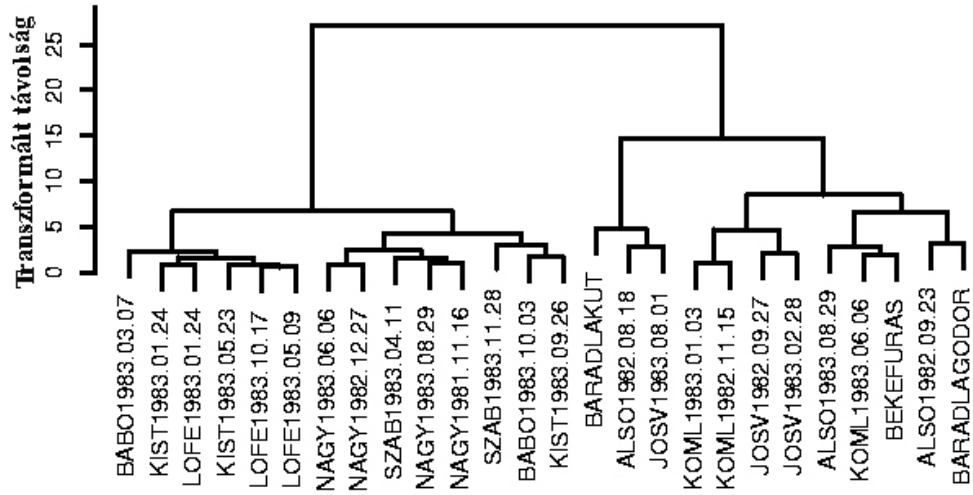


4. ábra: Az egyes források „jellemző” összetételei alapján divizív módszerrel készített dendrogram
 Figure 4. Dendrogram made by divisive hierarchical clustering method for the characteristic parameters of the springs



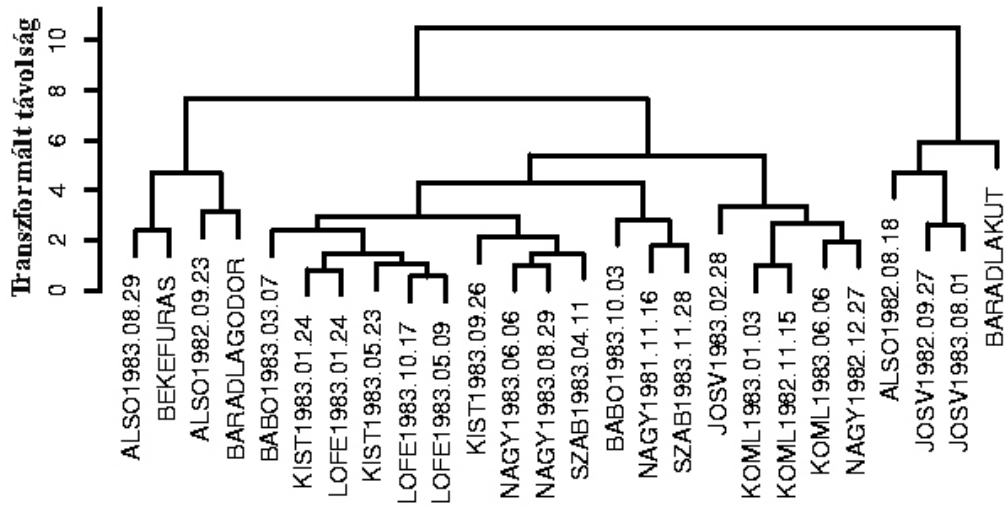
Ez a két komponens megmagyarázza a pontok variabilitásának 82,91 %-át

5. ábra: Az egyes források „jellemző” összetételei alapján „k” középpontú klaszterezése, a bemutatás a sok-dimenziós skálázás módszerével
 Figure 5. „k”-mean cluster represented by method of multidimensional scaling for the characteristic parameters of the springs



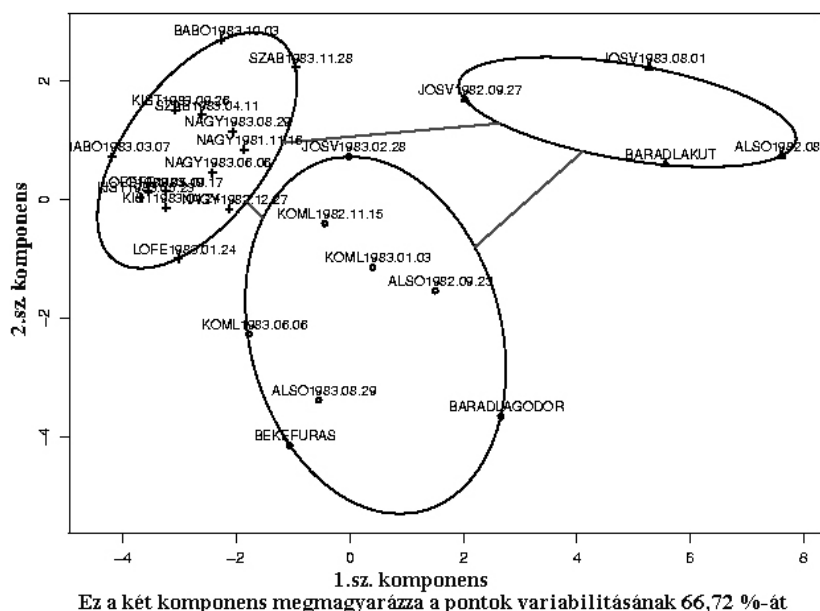
6. ábra: Az egyes források „jellemző” összetételei és az általunk vizsgált három minta ward módszerrel készített dendrogramja

Figure 6. Dendrogram made by ward method for the characteristic parameters of the springs and our three samples



7. ábra: Az egyes források „jellemző” összetételei és az általunk vizsgált három minta divizív módszerrel készített dendrogramja

Figure 7. Dendrogram made by divisive hierarchical clustering method for the characteristic parameters of the springs and our three samples



8. ábra: Az egyes források „jellemző” összetételei és az általunk vizsgált három minta „k” középpontú klaszterezése, a bemutatás sokdimenziós skálázás módszerével
 Figure 8. „k”-mean cluster represented by method of multidimensional scaling for the characteristic parameters of the springs and our three samples

Az eredmények összefoglalása

A cél az volt, hogy három különböző helyről származó egy-egy barlangi vízmintát elhelyezzünk a Aggteleki karszt vízgyűjtő területeinek valamelyikében. Rendelkezésünkre álltak az Aggteleki karszt vízgyűjtő területén található források vízkémiai idősorai. A hierarchikus és k-középpontú klaszter analízis és sokdimenziós skálázás együttes alkalmazásával meghatározhatóak voltak a hasonló források csoportjai, amely csoportok természetesen egybe vágtak a korábban más módszerekkel meghatározott vízgyűjtő területekkel. Ezen csoportokba az ismert geológiai háttérrel szintén megegyezően sikerült elhelyeznünk az általunk vett és elemzett három vízmintát. Ezzel meghatározhatóvá vált a barlangban lévő víz hovatartozása és szoros rokonsága a forrásban felszínre törő vizekkel.

A továbbiakban szükséges meghatározni az optimális mintavételezési gyakoriságot, amihez a geostatistika alapfüggvényét a variogram függvényt kívánjuk felhasználni.

Köszönetnyilvánítás

Ez úton köszönjük az Aggteleki Nemzeti Parknak kutatásunk támogatását, a Bács-Kiskun megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat Talajvédelmi Laboratóriumának kiemelten Szegény Zsigmondnak a laboratóriumi vizsgálatokat. Hertelendy Zoltánnak, Berényi Üveges Istvánnak és Berényi Üveges Katalinnak a terepi mintavételekben történő közreműködését.

IRODALOM

BERÉNYI ÜVEGES I.–BERÉNYI ÜVEGES J.–VID G. (2005): Járattalp alatti vízészlelés a Baradla-barlangban – Karsztfelődés X. BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, p. 123-129.

BERÉNYI ÜVEGES J.–BERÉNYI ÜVEGES I.–LOVAS GY.–VID G. (2004): Vizsgálatok a Baradla- és a Béke-barlang kitöltéseiben - Karsztfelődés IX. BDF Természetföldrajzi Tanszék Szombathely 2004.

FÜST A. (1999): Geostatisztika - Egyetemi jegyzet, Eötvös kiadó Budapest

MAUCHA L. (1998): Az Aggteleki-hegység karszthidrológiai kutatási eredményei és zavartalan hidrológiai adatsorai (1958-1993) - A VITUKI Rt. Hidrológiai Intézete, Kiadva az OTKA támogatásával