

Az Ér forrásvidékének hidrokémiai vizsgálata¹

1. Bevezetés

Az Érmellék kistérséghez a romániai Bihar Megye észak-nyugati területei tartoznak. A kistérséghez legközelebbi nagyvárosok Nagykároly és Nagyvárad, az Érmellék „fővárosa” Érmihályfalva. Az Érmellék társadalomföldrajzi, néprajzi és kulturális szempontból is rendkívül gazdag, emellett vízrajza és természetföldrajza is meglehetősen sajátos.

A Debreceni Egyetem Hatvani István Szakkollégiuma célul tűzte ki a kapcsolattartást a határon túli magyar területekkel. Ennek jegyében a kistérségben több kutatás is kezdetét vette, melyek célja elsősorban az Érmellék kulturális és természetföldrajzi viszonyainak megismerése és felmérése. Jelen tanulmány az Ér-forrásvidék felszíni vízfolyásainak hidrokémiai jellemzőit mutatja be, ezenfelül utal a patakok vizének felhasználhatóságára, vizsgálja a szennyezések eredetét.

Természetes vizekkel az emberiség, sőt minden élőlény már létezésének kezdete óta kapcsolatban van. A természetes vizek felhasználhatóságát egyértelműen meghatározzák azok kémiai és biológiai jellemzői. Elég, ha arra gondolunk, hogy a tengeri élőlények elpusztulnak a jóval kisebb sótartalmú édesvízben, míg a szárazföldi élőlények életben maradásához elengedhetetlen az édesvíz. Vannak a víznek olyan tulajdonságai, melyeket könnyedén, akár pusztán érzékszerveink segítségével is meg tudunk állapítani. Ezek alapján döntünk a felhasználásról. Például az állatok sem isznak „bűdös” vízből, a háziasszonyok nem a zavaros pataokban mostak. Azonban vannak olyan létfontosságú, a természetes vizek felhasználhatóságát jelentősen befolyásoló hidrokémiai és hidrobiológiai paraméterek, melyek csak laboratóriumi vizsgálatokkal határozhatók meg. Például ilyen a vízben oldott nehézfémek koncentrációja, vagy a vízben megtalálható baktériumok száma. A hidrokémiai és a hidrobiológiai vizsgálatok célja tehát, hogy felmérjék a különböző természetes és feldolgozott vizek azon tulajdonságait, melyek esszenciálisak a különböző célú felhasználás szempontjából. Különösen fontos az, hogy a vizsgálatok nagy biztonsággal meghatározzák a különböző természetes vizek és szennyvizek

¹ Témavezető: Dr. Braun Mihály. Közreműködők: Fórián Tünde Ph.D. hallgató, Bellér Gábor vegyész hallgató, Turi Ildikó vegyész hallgató, Tímári Sarolta kémia-angol szakos hallgató, Karanyicz Edina biológus hallgató.

emberi szervezetre és környezetre gyakorolt hatását. Általában az érdekel minket a legjobban, hogy lehet-e fogyasztani azt a bizonyos vizet, lehet-e vele főzni, lehet-e benne mosni, alkalmas-e öntözésre, okoz-e gondot, ha a természetbe visszajut.

Az Érmellék felszíni vízfolyásokban nagyon gazdag, de jelentős felszín alatti vízkészlet is megtalálható a térségben. Az Ér árterének nagy része mocsaras volt, amit mára részben lecsapoltak. Az Eret rengeteg, nagyon kis vízhozamú patak táplálja. Ez azt jelenti, hogy szinte minden kistelepülésen átfolyik egy. A lakosok gyakran közvetlenül kapcsolatba kerülnek ezeknek a patakoknak a vizével. Éppen amiatt, hogy az emberek naponta használják a természetes vizeket, például mosásra, öntözésre, egészségük érdekében kiemelt fontosságú a vizek hidrokémiai jellemzőinek ismerete. Továbbá, akkor is lényeges a különböző eredetű vizek kémiai tulajdonságainak meghatározása, ha ezeket nagyüzemi célra ipari vízként, vagy öntözővízként alkalmazzák. A gazdag termálfővízkészletre alapozva több helyen már strandokat is létesítettek, melyeknek jelentős a szennyvízkibocsátása.

2. Irodalmi áttekintés

Egy földrajzi térséget lehet tanulmányozni társadalmi és kulturális szempontból, vizsgálni lehet történelmét és néprajzát. Ezen felül lehet a természettudományok több területén kutatásokat végezni a térség természetföldrajzának megismerésre. Az Érmelléket eddig, kevés kivételtől eltekintve, minden fentebb említett szempontból elhanyagolták. A hiányt pótolandó, a Debreceni Egyetem Hatvani István Szakkollégiumának gondozásában, 2006-ban, egy társadalomtudományi és történelmi jellegű összefoglaló kötet jelent meg a kistérségről *Érmelléki Kalauz* címen. Erre a kötetre, tematikájából adódóan, jelen kutatás csak kismértékben támaszkodhatott.

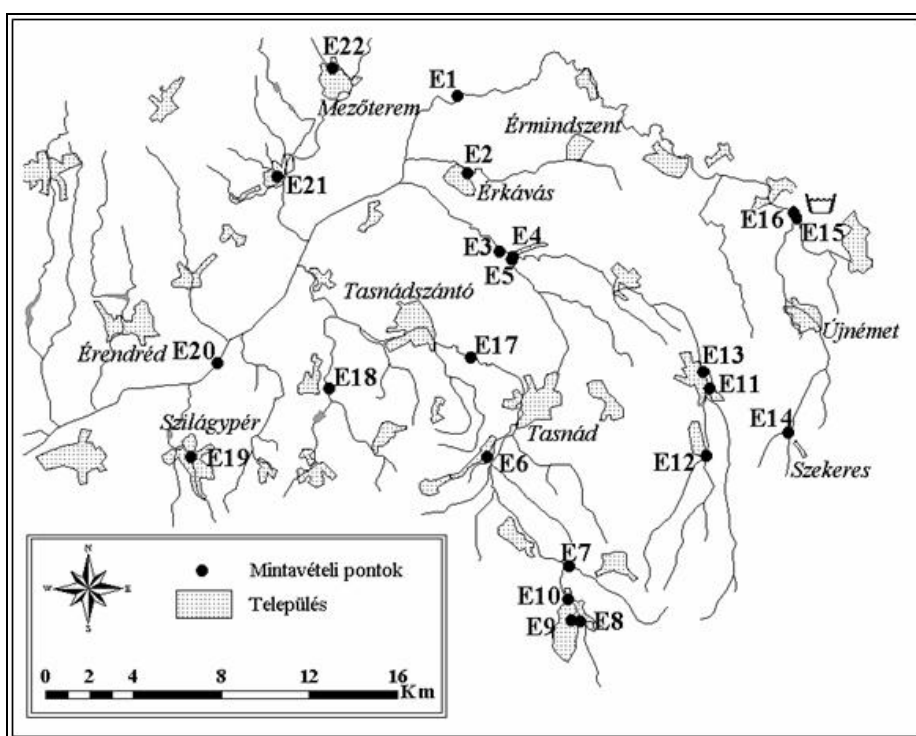
Az Ér-forrásvidék hidrokémiai felméréséhez szükséges térképanyagot Fórián Tünde Ph.D. hallgató szerkesztette, a szükséges természetföldrajzi adatokat pedig a legváltozatosabb forrásokból gyűjtöttük össze. Ezek közé tartoznak többek között tanulmánykötetek, pl. *Benedek Zoltán: Geomorfológiai tanulmányok az Érmelléken és Carei–Nagykároly vidékén (Földrajzi Közlemények 2 kötet, 1960., 141-157)*; és régi katonai térképek. Nagy hasznát vettük a lakosok helyismeretének, akik el tudták mondani, hogy az egyes patakok környezetében milyen emberi tevékenység zajlik.

Az elvégzett analitikai kémiai vizsgálatok szabványműveletek. Az elemzésekre vonatkozó szabványokat az *1. táblázat* tartalmazza. Magyarországon jelenleg a *201/2001. (X.25.) Kormányrendelet* szabja meg az egyes oldott anyagok ivóvízre vonatkozó megengedett határértékeit. Ugyanez a rendelet szabályozza az elfogadható vízvizsgálati módszereket is.

A kistérség több, nagyobb folyók vízgyűjtőterületének teljes limnológiai felmérését tartalmazó kötetben is szerepel, természetesen csak említés szinten, egy nagytérség részeként. Ilyen kötetek például: *TISCLA monograph series: The Körös Rivers' Valleys (1997, Szolnok–Szeged–Targu Mures)*, *The Szamos River Valley (1999, Szolnok–Szeged–Targu Mures)*. Ezek a kötetek hasznos vezérfonalat nyújtottak jelen kutatáshoz is.

3. Célkitűzés

Célul tűztük ki az Érmellék kistérség vízrajzi viszonyait alapvetően meghatározó Ér-patak forrásvidékén található kis vízhozamú felszíni vízfolyások hidrokémiai vizsgálatát. A víz- és iszapminták elemzésével kapott analitikai eredmények és a térség ismert természet- és településföldrajzi viszonyai közötti összefüggéseket kívántuk tanulmányozni. Továbbá meg akartuk állapítani az említett folyóvizek kémiai minőségét, fel akartuk mérni, hogy milyen felhasználási célra alkalmasak. Ha szükséges, javaslatot teszünk arra, hogy hogyan lehetne ezeknek a patakoknak a szennyezettségét csökkenteni.



1. ábra: A mintavételi helyek (Szerk. Fórián Tünde)

Analitikai művelet	Szabvány
minták tárolása, bemérés	MSZ 1484-7:2001, MSZ 21470-94:2001
pH mérés	MSZ 448/22:1985
kémiai oxigénigény (KOI) meghatározása	MSZ 448/20:1920, MSZ 200/16:1982
fajlagos elektromos vezetőképesség mérés	MSZ 448/32:1977
Cl ⁻ koncentráció mérése	MSZ 448/15:1982
lúgosság meghatározása titrálással	MSZ 448/11:1986
NH ₄ ⁺ koncentráció mérése	MSZ ISO 7150-1:1992
NO ₃ ⁻ koncentráció mérése	MSZ 448/12:1982, MSZ 12750/18:1974
NO ₂ ⁻ koncentráció mérése	MSZ 448/12:1982
foszforformák meghatározása	MSZ 12750/17:1974

1. táblázat: Az analitikai eljárásokra vonatkozó magyar szabályok

4. A mintavételi helyek általános jellemzése

Az Érmelléket dél-keleten az Erdélyi-középhegység határolja, észak-nyugaton a Nyírség. Az itt található két legnagyobb település Nagykároly és Nagyvárad, amik egyben a kistérség északi és déli határának is tekinthetők. A terület nevét a rajta átfolyó, a térség jellegzetes vízrajzi viszonyait meghatározó patakról, az Érről kapta.

A mintavételi terület fő vízgyűjtője az Ér, a mintavételi terület középpontja Tasnád (1. ábra). A 22 mintavételi hely közül 19 az Ér felső ágába torkolló kisebb vízfolyásokon helyezkedik el, 3 pedig magán az Éren. A mintavételek pontos helyét úgy választottuk meg, hogy minden mellékágon legyen mintavételi pont, továbbá összefolyások után és nagyobb települések közelében is vettünk mintát. Erre azért volt szükség, hogy információt nyerhessünk külön-külön minden kisebb vízfolyásról, és az ezek összefolyása során keletkező nagyobb vízhozamú folyóvizek hidrokémiai jellemzőiről is. A laboratóriumi elemzéshez minden mintavételi helyen vízmintát és iszapmintát gyűjtöttünk.

Általánosan igaz, hogy a különböző vízfolyások hidrokémiai paramétereit elsősorban a forrásvidékek geológiai tulajdonságai, valamint a vízrajzi kapcsolatok határozzák meg. Emellett a felszíni vizek kémiai jellemzőit jelentősen befolyásolja a lehulló csapadék minősége és mennyisége, valamint a víz flórájának és faunájának anyagcseréje. Mindenképpen meg kell említenünk azonban, hogy az általunk vizsgált patakok meglehetősen kicsi vízhozamúak, így hidrokémiai jellemzőikre jelentős hatással van a vizet érintő emberi tevékenység is.

Adott mederiszap minta elemösszetétele a mintavételi terület geológiai tulajdonságaitól, valamint a folyóvízből kiülepedő lebegőanyagok mennyiségétől és minőségétől függ. Mivel a vizsgált patakok nagy része igen kis vízhozamú, ezáltal kevés hordalékot szállít, így a mederiszap elemösszetételét elsősorban a mintavételi területen előforduló alapkőzet minősége szabja meg. A lebegőanyagok kémiai tulajdonságai elsősorban a felszíni vizek kémiai jellemzőitől függenek. Azaz a lebegőanyagok összetételét főként a vízösszetétel határozza meg, ami pedig általános esetben a forrásvidék alapkőzetének függvénye.

Tehát a különböző víz- és iszapminták elemzése során kapott eredmények megfelelő elbírálásához mindenképpen ismernünk kell a mintavételi terület főbb természetföldrajzi jellemzőit. Az Érmellék természetföldrajzával részletesen *Benedek Zoltán: Geomorfológiai tanulmányok az Érmelléken és Carei–Nagykároly vidékén* című munkája és az *Érmelléki Kalauz*-ban *Wilhelm Sándor: Érmellék természeti viszonyai* című tanulmánya foglalkozik. Jelen összefoglalóban csak a hidrokémiai szempontból legfontosabb tényezőket emeljük ki. Az Érmellék geológiai térképe a 3. ábrán látható.

Az Ér egy törésvonal mentén kialakult mederben folyik. A törésvonal egy a földtörténeti ókorban felemelkedett, majd lesüllyedt hegyrendszer (Hercinai-hegyrendszer) lemezei között húzódik. Ezen a lesüllyedt területen a földtörténeti középkorban a Pannon-tenger üledékeiből vastag, helyenként több száz méteres márgás-homok, homokos-agyag és agyagréteg rakódott le. Azonban ez már csak kevés helyen van a felszínen. A felszínen lévő pleisztocén lösz miatt az várható, hogy a terület vízfolyásaiban a Ca^{2+} és a $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$ (kalciumion és a hidrogénkarbonátion/karbonátion) nagyobb mennyiségben fordulnak elő. Az Ér mocsaras völgyében,

főként tápanyagban szegény, szerkezet nélküli lápi talajok alakultak ki. Az Ér forrásvidékének dombjain pleisztocén vörösgyagon, illetve löszös, löszös-homokos kőzeteken képződött talajok találhatók. Egyes területeken lecsapolás után, a magas szalanitású (összes oldott só-tartalmú) talajvíz következtében, szikes talajok alakultak ki. Ezeken a területeken a felszíni vízfolyásokban is nagyobb Na^+ és $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$ (Nátriumion és hidrogén-karbonátion/karbonátion) koncentráció várható. A csapadék átlagos mennyisége az év első harmadában, amikor a mintavétel is történt, jelentős évi ingadozást mutat. Az utóbbi időben 260 mm körüli értékeket mértek ezen időszakban. Ez a csapadékmennyiség nem befolyásolja jelentősen a felszíni vizek kémiai paramétereit. Továbbá, a lehulló csapadék nem tartalmaz jelentős mennyiségű szennyezőanyagot, köszönhetően a nagyvárosok és az ipari területek távolságának.

Az Érmellék vízrajzára szintén a változatosság jellemző. A kistérség gazdag felszín feletti vízfolyásokban és emellett jelentős felszín alatti vízkészlettel is rendelkezik. Mint már említettük, a felszíni vízfolyásokra általánosan igaz, hogy kisebb vízhozamúak. Emiatt különösen érzékenyek mind vízkémiai, mind hidrobiológiai szempontból bármilyen külső behatásra. Azaz bármilyen emberi tevékenység, de jelentősebb mennyiségű egyszerre lehulló csapadék is képes drasztikusan megváltoztatni ezeknek a kis vízhozamú felszíni vizeknek a kémiai és biológiai jellemzőit. A terület felszín alatti vizei is meglehetősen változatosak: megtalálhatóak itt kis szalanitású (összes oldott só-tartalmú) talajvizek és nagy szalanitású termásvizek is. A termásvizeket főként melegházak fűtésére és strandok létesítésére alkalmazzák. Gyakran az elhasznált termásvizet közvetlenül valamelyik közeli patakba vezetik. Az ilyen felszíni vizek sótartalma ugrásszerűen nő, emiatt kipusztul az élőviláguk. Ezentúl emberi fogyasztásuk is káros lehet.

A felszíni vizek kémiai összetételét befolyásoló emberi tevékenységek közül az Érmelléken a növénytermesztés és az állattartás a legjellemzőbb. Műtrágyázás során jelentős mennyiségű PO_4^{3-} , NH_4^+ és NO_3^- (ortofoszfátion, ammóniumion és nitrátion) kerül a talajvízbe, innen a felszíni vizekbe. Ezek az ionok a növények számára közvetlenül felvehető tápanyagok, az élővizekben nagyobb koncentrációban eutrofizációt okoznak, ami veszélyezteti a vízi élővilágot. A NO_2^- és a NO_3^- (nitrition és nitrátion) nagy koncentrációja emberi fogyasztásra alkalmatlanná teszi a vizet, ugyanis ezek az ionok a szervezetbe jutva gátolják az oxigén szállítást. Különösen a csecsemők és a kisgyerekek veszélyeztetettek, mert ők érzékenyebbek erre a hatásra. Az állatok fürdetés és itatás során egyrészt felkavarják a mederiszapot, másrészt vizeletük és ürülékük jelentősen növeli a vizek szervesanyag, K és NH_4^+ (kálium és ammóniumion) koncentrációját, és emellett több baktériumtörzs tömeges szaporodásának kedvez. Kisebber üzemek is megtalálhatóak a térségben, melyek szennyvizüket gyakran közvetlenül a felszíni vízfolyásokba engedik, jelentős lokális vízszennyezést okozva ezzel. Nagyobb üzemek, melyeknek az egész térségre nézve jelentős vízszennyező kibocsátása lenne, nem találhatók az Érmelléken. A terület településstruktúrájára a kevés lakosú falvak jellemzők. Ezeken a kistelepüléseken mégsem elhanyagolható a vízszennyező kibocsátás, hiszen a felszíni vízfolyások vizét gyakran közvetlenül használják mosásra, mosakodásra, ami tenzid- és foszfátszennyezést eredményez. Emellett a talajvíz-kutak vizét itatásra, sőt lehet, hogy ivásra is használják, mert nem mindenütt van ivóvízhálózat. Mivel a szennyvízelvezetés sem megoldott a térségben, így

a kommunális szennyvíz az emésztőkön keresztül a talajba jut, innen a felszíni vizekbe. Ezenkívül gyakran közvetlenül a felszíni vizekbe kötik az emésztőgödröket, ami óriási szerves anyag terhelést is jelent és növeli a fertőzésveszélyt.

5. Elemzési körülmények és kiértékelési módszerek

Vízmintát minden esetben 2 literes műanyag (PET) palackokkal vettünk és elemzésig ezekben is tároltuk őket. Mintavétel során a palackokat háromszor kimostuk az adott vízmin-tával, majd levegőmentesen megtöltöttük és lezártuk. Kémiai tartósítást nem alkalmaztunk, csak hűtést. A mintákat elemzésig +4°C-on tároltuk. Az analitikai kémiai vizsgálatokat a hatá-lyos szabványoknak (1. táblázat) megfelelő határidőig, de legkésőbb a mintavételt követő egy héten belül elvégeztük. Az iszapmintákat műanyag mintatartó edényekbe gyűjtöttük. Kézzel töltöttük meg az edényeket színültig, majd légmentesen lezártuk, és az elemzésig +4°C-on, hűtőben tároltuk.

Az analízisekhez használt víz kétszer ioncserélt és ultraszűrt volt, az összes felhasznált vegyszer pedig a.l.t. (analitikailag legtisztább) minőségű. Az alkalmazott üvegeszközöket tö-mény salétromsavval kezeltük, hogy elkerüljük az ioncserét a mintaoldatok és az üvegfelület között. Az alkalmazott műszereket közvetlenül mérés előtt kalibráltuk. Minden egyes kompo-nens koncentrációjának meghatározását a hatályos magyar szabványok (1. táblázat) szerint vé-geztük.

A vízminták esetében szűrés nélkül mértünk vezetőképességet és pH-t. Kálium-permanga-nátos kémiai oxigénigényt összerázás, majd két órás ülepités után határoztunk meg titrálással. A vízminták szűrését 0,45µm-es pórusméretű membránszűrőn végeztük. Ismert térfogat szű-rése után az ismert tömegű szűrőlapokat kiszárítottuk, majd tömegméréssel megállapítottuk a vízminták lebegőanyag tartalmát. A szűrletekben argentometriás titrálással határoztuk meg a Cl⁻ koncentrációt, acidi-alkalimetriás titrálással a p- és az m-lúgosságot. Az oldott PO₄³⁻, NH₄⁺, NO₂⁻ és NO₃⁻ koncentrációját specifikus színreakció után spektrofotometriás mód-szerrel mértük. A mintákat, ha szükséges volt, hígítottuk, hogy az adott vizsgált ion koncent-rációja a kalibrált tartományba essen. A vízminták elemösszetételének méréséhez a szűrleteket salétromsavval pH=1-re savanyítottuk. A méréseket *Spectroflame-ICP-OES* (induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrofotométer) készülékkel végeztük.

Az iszapmintákat először egy kb. 0,5 mm-es pórusméretű szitán dörzsöltük át. Ezután at-moszférikus nyomáson először tömény salétromsavval, majd 30%-os hidrogén-peroxid ol-dattal tártuk fel. A 0,1M-os salétromsavval történt visszahígítás után kapott oldatokat nem szűrtük, csak ülepitettük, majd a fenti ICP-OES készülékkel mértük az elemösszetételt.

A kémiai elemzés eredményeinek kiértékelése során arra voltunk kíváncsiak, hogy az egyes mintavételi helyek között milyen kapcsolat áll fent, azaz, hogy mely mintavételi helyek hason-lítanak egymáshoz, bizonyos értelemben, és melyek teljesen eltérőek. Ezért a különböző min-ták kémiai összetételére kapott eredményeket főkomponens analízisnek (*principal component analysis (PCA)*) vetettük alá. Ez az alkalmazott lineáris algebra egyik módszere, melynek segít-ségével sokváltozós (sokdimenziós) vektorterek egyes változói között tudunk kapcsolatot ke-

resni. Vizsgáljuk meg például az iszapminták esetét. Az iszapminták esetében az egyes változók az egyes mért elemeknek felelnek meg. Adott mintavételi hely koordinátái a sokdimenziós térben pedig a mért elemek koncentrációja a mintában. Ahhoz, tehát hogy megállapítsuk mely iszapminták hasonlítanak egymáshoz, ábrázolni kellene az iszapmintáknak megfelelő pontokat egy annyi dimenziós grafikonon, ahány változó jellemzi a rendszereket (ahány elemet mértünk), és meghatározni, hogy mely pontok esnek egymáshoz közel. Főkomponens analízis segítségével megállapíthatjuk, hogy az egyes minták közötti kapcsolatok megtalálásához felesleges ilyen sok változóval dolgoznunk, mert bizonyos mért elemek koncentrációja nem egymástól függetlenül változik. Hogy ez miért van így, arra ez a matematikai módszer nem tud választ adni, az összefüggések csak egyéb természettudományos (kémiai, geológiai stb.) megfontolások alapján értelmezhetők. A változók (a mért elemek) meghatározott csoportokat képeznek, egy csoport tagjainak a koordinátái (elemek koncentrációja) egymástól nem függetlenül változnak. Ezek a változó csoportok határozzák meg egy-egy főkomponens értékét. Jó esély van arra, hogy még ilyen nagyszámú kiindulási változó (mért elem) sem képez háromnál több csoportot. Visszatérve az egyes mintavételi helyekre: ha minden kiindulási változó-csoporthoz (elemcsoport) megfelelő módon hozzárendelünk egy új változót, egy főkomponenst, akkor most már a mintáknak megfelelő pontokat jó eséllyel egy háromdimenziós térben ábrázolhatjuk. Az azonban igaz marad, hogy ezen az új grafikonon is, az egymáshoz közel eső pontok hasonló tulajdonságokra utalnak. Minél közelebb van két pont egymáshoz, annál nagyobb a hasonlóság köztük. Az előny az, hogy kevesebb dimenzióban jóval könnyebben meg tudjuk állapítani az egyes pontok távolságát, könnyebben tudunk struktúrákat találni a pontthalmazban. A főkomponens analízis eredményeként kapott új koordinátákkal (főkomponensekkel) jellemzett pontok (minták) egymástól való távolságát a vektortérben egy dendogrammal (ágrajzzal) szemléltethetjük. A transzformált koordinátarendszerben kiszámítjuk az egyes pontok távolságát és ezekhez hozzárendelünk egy 0-tól 25-ig terjedő relatív skálát. A dendogramról ezek a relatív távolságok olvashatók le. Minél kisebb két mintát összekötő szakasz, azok, az új koordinátarendszerben, annál közelebb helyezkednek el egymáshoz, azaz annál hasonlóbb az elemösszetételük. A dendogram jól szemlélteti továbbá azt is, hogy melyek azok a minták, amik szorosan összetartozó csoportokat alkotnak, melyeknek minden egyes tagja hasonlít a többihez, és melyek azok a minták, amik teljesen eltérőek.

	levegő mg/100ml	KO _l M _n O ₂ mg/l	vez.kép. mS/cm	pH	p-lúgosság mgeé/l	m-lúgosság mgeé/l	CO ₃ ²⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l
Minta	5	2,5	6,5-9,5						250		0,5	0,5	50
E/1	0,244	0,346	0,906	7,73	0,000	7,819	0,00	477,0	20,79	0,199	0,022	0,000	0,005
E/2	0,384	0,066	0,775	7,53	0,000	4,522	0,00	275,8	58,03	0,024	0,039	0,011	0,074
E/3	0,505	0,617	2,130	7,60	0,000	6,811	0,00	415,5	472,66	1,133	0,179	0,183	0,110
E/4	0,640	0,444	0,709	7,49	0,000	6,114	0,00	373,0	29,31	0,034	0,045	0,000	0,007
E/5	0,473	0,798	2,380	7,62	0,000	6,990	0,00	426,4	569,66	1,333	0,152	0,159	0,110
E/6	5,160	1,037	0,693	7,38	0,000	3,109	0,00	189,6	86,08	0,516	0,691	0,003	0,010
E/7	2,230	0,354	0,692	7,66	0,000	6,595	0,00	402,3	13,91	0,084	0,195	0,023	0,016
E/8	0,750	0,173	0,648	7,91	0,000	6,444	0,00	393,1	23,40	0,147	0,131	0,000	0,006
E/9	0,805	0,091	0,775	7,78	0,000	6,548	0,00	399,4	23,51	0,101	0,265	0,070	0,072
E/10	4,485	0,198	0,750	7,72	0,000	6,764	0,00	412,6	26,63	0,086	0,214	0,033	0,036
E/11	0,710	0,346	0,625	7,84	0,000	4,899	0,00	298,8	32,85	0,076	0,163	0,020	0,008
E/12	0,975	0,379	0,589	7,79	0,000	5,370	0,00	327,6	16,20	0,049	0,089	0,000	0,005
E/13	1,453	0,370	0,593	7,92	0,000	4,428	0,00	270,1	32,93	0,100	0,179	0,009	0,017
E/14	7,850	0,881	0,245	7,36	0,000	1,884	0,00	114,9	5,11	0,074	0,049	0,000	0,004
E/15	6,613	1,868	0,418	7,17	0,000	2,836	0,00	173,0	29,43	0,085	0,308	0,005	0,011
E/16	7,020	4,815	11,290	8,03	0,273	16,110	16,39	949,4	3730,68	0,131	0,291	0,000	0,008
E/17	0,650	0,856	2,660	7,77	0,000	8,648	0,00	527,6	618,99	1,854	0,534	0,020	0,024
E/18	0,375	0,091	0,699	8,34	0,188	5,370	11,31	304,6	29,72	0,214	0,076	0,026	0,190
E/19	23,733	0,181	0,927	8,05	0,000	7,405	0,00	451,7	38,58	0,618	0,228	0,191	0,201
E/20	0,750	0,255	0,933	8,11	0,000	5,464	0,00	333,3	105,16	0,176	0,120	0,004	0,018
E/21	0,400	0,066	0,661	8,27	0,000	6,246	0,00	381,0	12,49	0,204	0,064	0,000	0,015
E/22	0,850	0,247	0,738	8,02	0,000	6,698	0,00	408,6	16,73	0,192	0,077	0,019	0,115

2. táblázat: A vízminták kémiai jellemzői

	As	Ba	B	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	P	Se	S	Zn
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Minta	0,01		1		0,005		0,05	2	0,2			0,05		200	0,02	0,01		0,01	85	
E/1	<0.01	<0.01	0,48	19,47	<0.01	<0.01	<0.01	0,02	0,01	5,30	25,80	<0.01	<0.01	41,24	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	28,03	<0.01
E/2	<0.01	<0.01	1,09	24,86	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,02	5,76	23,00	0,01	<0.01	56,71	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	32,33	<0.01
E/3	<0.01	0,12	2,95	94,23	<0.01	<0.01	<0.01	0,01	<0.01	17,50	27,85	0,02	<0.01	364,75	<0.01	<0.01	0,88	<0.01	24,65	<0.01
E/4	<0.01	<0.01	0,56	17,00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,07	5,29	23,67	<0.01	<0.01	37,35	<0.01	<0.01	0,02	<0.01	8,51	<0.01
E/5	<0.01	0,14	2,48	102,33	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	15,20	25,87	0,02	<0.01	345,75	<0.01	<0.01	1,29	<0.01	32,89	<0.01
E/6	<0.01	<0.01	0,78	26,32	<0.01	<0.01	<0.01	0,01	0,58	18,20	26,48	<0.01	<0.01	39,00	<0.01	0,01	<0.01	<0.01	6,36	<0.01
E/7	<0.01	<0.01	0,26	20,31	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,06	1,99	19,08	<0.01	<0.01	15,97	<0.01	<0.01	0,01	<0.01	4,01	<0.01
E/8	<0.01	<0.01	0,91	14,63	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	1,50	26,18	<0.01	<0.01	16,09	<0.01	<0.01	0,01	<0.01	5,67	<0.01
E/9	<0.01	<0.01	0,48	18,34	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	4,21	24,81	<0.01	<0.01	21,33	<0.01	<0.01	<0.01	0,01	9,00	<0.01
E/10	<0.01	<0.01	0,47	15,82	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	3,32	25,83	<0.01	<0.01	20,26	<0.01	<0.01	<0.01	0,01	7,09	<0.01
E/11	<0.01	<0.01	0,43	31,83	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,03	6,07	25,58	0,02	<0.01	28,30	<0.01	<0.01	0,06	0,01	12,13	<0.01
E/12	<0.01	<0.01	0,30	18,91	<0.01	<0.01	<0.01	0,01	<0.01	5,13	18,78	0,01	<0.01	18,58	<0.01	<0.01	0,01	0,01	4,39	<0.01
E/13	<0.01	<0.01	0,51	25,02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,02	5,34	19,46	0,01	<0.01	25,00	<0.01	<0.01	0,04	0,01	9,50	<0.01
E/14	<0.01	<0.01	4,48	9,32	<0.01	<0.01	0,01	<0.01	<0.01	13,48	61,00	0,01	<0.01	455,87	<0.01	<0.01	0,09	0,01	11,90	<0.01
E/15	<0.01	<0.01	0,35	52,41	<0.01	<0.01	0,02	<0.01	0,13	10,01	12,49	0,02	<0.01	18,22	<0.01	<0.01	0,07	0,01	21,65	<0.01
E/16	<0.01	1,14	34,24	11,95	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,09	71,96	25,42	<0.01	<0.01	1926,05	<0.01	<0.01	2,23	0,01	5,58	<0.01
E/17	<0.01	0,11	4,04	42,77	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	12,81	26,67	0,05	<0.01	386,55	<0.01	<0.01	1,27	0,01	11,56	<0.01
E/18	<0.01	<0.01	0,42	50,65	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,10	3,59	22,13	0,01	<0.01	23,84	<0.01	<0.01	0,27	0,01	10,97	<0.01
E/19	<0.01	<0.01	0,47	18,65	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	9,87	29,32	<0.01	0,01	47,17	<0.01	<0.01	0,05	0,01	11,09	<0.01
E/20	<0.01	<0.01	1,70	16,49	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	6,00	25,12	<0.01	<0.01	97,84	<0.01	<0.01	0,05	0,01	21,32	<0.01
E/21	<0.01	<0.01	0,36	17,17	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,06	0,56	23,03	<0.01	<0.01	16,26	<0.01	<0.01	0,01	0,01	9,15	<0.01
E/22	<0.01	<0.01	1,44	19,18	<0.01	<0.01	0,03	0,02	0,08	3,07	25,90	0,01	<0.01	18,56	<0.01	<0.01	0,02	0,01	10,20	<0.01

3. táblázat: A vízminták elemösszetétele

6. A felszíni vizek kémiai jellemzői

A felszíni vízmintákban nem csak az egyes elemek mennyiségét mértük, hanem a vízminőségi szempontból kiemelkedően fontos anyagfajták koncentrációját is. Ezen kívül általános oldatkémiai paramétereket is meghatároztunk. Az egyes vízminták analízise során kapott eredményeket a 2. és a 3. táblázat tartalmazza. A szürke árnyalatú felső sorokban, a 201/2001. (X.25.) Kormányrendelet alapján, az ivóvízre vonatkozó megengedett határértékeket tüntettük fel. A vastagított értékek az indikátor vízminőség jelzők határértékei. A 2. és a 3. táblázatban az átlagostól kiugróan eltérő mérési eredményeket félkövér betűtípussal jelöltük, a fenti határértékeket meghaladó eredményeket pedig szürke háttérrel.

A kapott mérési eredményeket főkomponens analízis segítségével értékeltük ki. Mint már említettük ez a módszer tisztán matematikai alapon megmutatja, hogy a nagyszámú mérési eredmény alapján mely minták hasonlítanak egymásra és melyek eltérőek. Az egyes vízmintákra kapott mérési eredmények szórása egymáshoz képest viszonylag nagy és sok közöttük a kiugró érték. Ha a mért lebegőanyag tartalom, kémiai oxigénigény (KOI), vezetőképesség, pH; valamint HCO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Ca, K, Mg, Na és S koncentrációk figyelembevételével elvégezzük a főkomponens analízist az összes mintára, akkor értelmezhetetlen eredményt kapunk. Ennek az az oka, hogy az E/14, E/16 és E/19 minták kémiai jellemzői szélsőségesen eltérnek a többi mintától, és az ilyen szélsőségek erősen zavarják ezt a matematikai módszert. A vízparaméterek ilyen nagymértékű szórásának a magyarázata, mint már említettük, valószínűleg abban keresendő, hogy az ilyen kicsi vízhozamú patakok vizének kémiai jellemzőit már kismértékű antropogén hatás, vagy akár nagyobb mennyiségű egyszerre lehulló csapadék is radikálisan megváltoztathatja. Ha a főkomponens analízist a fenti három minta figyelmen kívül hagyásával végezzük, akkor a kapott eredmény már kielégítő, természetföldrajzi adatok segítségével értelmezhető. Azt azonban szem előtt kell tartanunk, hogy a patakok kis vízhozama miatt egyes minták tulajdonságait főként a mintavételi helyre jellemző emberi és környezeti tényezők és nem a forrásvidék adottságai határozzák meg. Mindazonáltal a bővebb vizű patakok esetében a vízrajzi kapcsolatoknak megfelelő jellegzetességeket is megfigyelhetünk. A 19 mintára elvégzett főkomponens analízis eredményeit a 4. táblázat és a 2. ábra mutatja be.

	Főkomponens		
	1	2	3
PO₄³⁻	0,930	0,169	0,239
vez.kép.	0,916	0,024	0,362
Cl⁻	0,888	0,154	0,387
Na	0,874	0,109	0,429
Mg	0,647	-0,427	-0,059
HCO₃⁻	0,641	-0,566	-0,058
KOI_{Mn}	0,136	0,920	0,133
lebegő	-0,256	0,833	-0,215
pH	-0,042	-0,799	-0,092
NH₄⁺	0,460	0,685	-0,376
K	0,593	0,634	0,341
Ca	0,459	0,276	0,799
S	0,130	0,089	0,759
NO₂⁻	0,511	0,015	0,707
NO₃⁻	0,093	-0,297	0,687

4. táblázat: A vízmintákat leíró főkomponensek

A rendszer kielégítő jellemzéséhez szükséges főkomponensek száma három. A 4. táblázatban az látható, hogy mekkora a vizsgált vízkémiai paraméterek hozzájárulása az egyes főkomponensekhez. Minél nagyobb adott paraméter mellett a faktor a megfelelő oszlopban, annál nagyobb mértékben függ annak a főkomponensnek az értéke az adott tulajdonságtól. A vártnak megfelelő eredményt kaptuk: azok a kémiai jellemzők határoznak meg egy-egy főkomponenst, melyek jól ismert kapcsolatban állnak egymással. Így az első főkomponens értékei nagyrészt, a természetes vizekben mindig a legnagyobb mennyiségben előforduló Na, K, Mg, Ca, Cl⁻ és HCO₃⁻ koncentrációjától és a vezetőképességtől függenek. A vezetőképesség pedig arányos az oldott ionok összkoncentrációjával, azaz értékét főképp az előbbi 6 ion mennyisége szabja meg. A második főkomponens leginkább a vizek szervesanyag-tartalmával arányos kémiai oxigénigénytől (KOI), a pH-tól, a lebegőanyag-tartalomtól; valamint az NH₄⁺, a K és a HCO₃⁻ koncentrációjától függ. Ennek az a magyarázata, hogy a lebegőanyagok nagyobb része általában szerves eredetű, azaz ha több a lebegőanyag, akkor több a vízben oldott szervesanyag is, így nagyobb a KOI. A szervesanyagok nagy része állati ürüleből és vizeletből származik. Az állati ürülék és vizelet pedig nagy mennyiségben tartalmaz K-ot és NH₄⁺-t. A nagy szervesanyag-tartalom intenzív mikroorganizmus anyagcseréhez vezet, ami miatt lecsökken a pH. Ez magyarázattal szolgál a pH negatív koefficiensére is. A fennálló protolitikus egyensúlyok miatt pedig a pH csökkenésével csökken a HCO₃⁻ koncentrációja is. A harmadik főkomponenst a természetes vizekben szennyezőként jelen lévő NO₂⁻ és NO₃⁻ koncentrációja, valamint az összes kéntartalom befolyásolja. Ezek az anyagok egyaránt származhatnak antropogén forrásból, de fontos szerepet játszanak a vízínövények és mikroorganizmusok

anyagcseréjében is. Tehát ezeknek a vegyületeknek a koncentrációja erősen befolyásolja a vízi életet és fordítva.

Az egyes mintavételi helyek egymáshoz való viszonyát legkönnyebben egy dendrogrammal (ágrajz) szemléltethetjük (2. ábra).

Mínél rövidebbek az egyes mintákat összekötő szakaszok, annál nagyobb a hasonlóság az összetételükben. Ahogyan azt már említettük egyes vízminták jellemzőit a geológiai és vízrajzi viszonyok mellett különböző antropogén tényezők is erősen befolyásolják.

A 2. ábrán jól látható, hogy a vízminták nagy része (E/1, E/2, E/4, E/7, E/8, E/9, E/10, E/11, E/12, E/13, E/18, E/20, E/21, E/22) egymástól viszonylag kis relatív távolságra helyezkedik el. Ez alapján a fenti vízminták önkényesen egy lazábban összetartozó főcsoportba sorolhatók. A főcsoportba tartozó patakok mindegyikére jellemző a nagyobb, vízhozam. Ennek köszönhetően hidrokémiai tulajdonságaikat főleg a források geológiai környezete, azaz a területre jellemző alapkőzet minősége határozza meg (3. ábra). A főcsoportba az E/14, E/16 és E/19 mintákon kívül csak az E/3, E/5, E/6, E/15 és E/17 minták nem tartoznak bele. Ezeknek a vízmintáknak a hidrokémiai jellemzőit főként antropogén hatások szabják meg: kisebb vízhozamú, meglehetősen szennyezett patakokból származnak. Ezeket a mintavételi helyeket a későbbiekben részletesen bemutatjuk, és megpróbáljuk megmagyarázni kiugró hidrokémiai tulajdonságaikat. A főkomponens analízis eredményeinek tárgyalásakor azonban a fenti 8 vízmintát figyelmen kívül hagyjuk.

A főcsoporton belül az E/1, E/8, E/9, E/20, E/21 és E/20 minták, főbb vízkémiai jellemzőik alapján, egy szorosabban összetartozó csoportba sorolhatók. Az Érmellék geológiai térképén (3. ábra) jól látható, hogy az összes patak, amiből a fenti 6 minta származik vörösgyagyas üledékes területen ered. Az E/1 és E/20 mintavételi helyek a terület vízgyűjtője, az Ér, főágán található, az E/21 és E/22 pontok pedig az Ér legjelentősebb jobboldali mellékágán. Mindkét patak bővizű, így vízkémiai paramétereik kevésbé függenek antropogén tényezőktől. (Az E/15 és E/16 minták az Ér legkisebb vízhozamú mellékágából származnak, ezért a főág vízkémiai jellemzőit gyakorlatilag nem befolyásolják.) Az E/8 és E/9 mintavételi helyek az előbbi négytől meglehetősen távol helyezkednek el. Ami mégis összekapcsolja ezeket az E/1, E/20, E/21 és E/20 mintákkal, az az, hogy az E/8 és E/9 minták patakjai is vörösgyagyas területen erednek, és a mintavételi pontokig szennyezők sem jutnak ebbe a két kis vízhozamú patakba. (Ezeknek a patakoknak az összefolyása után vett E/10 minta mindkét előbbitől kissé eltér. Ez valószínűleg a település közelségének köszönhető.)

Egy másik szorosan összetartozó csoportot alkotnak az E/4, E/7, E/10, E/11, E/12 és E/13 minták. A három patak, melyekből az E/7, E/11 és E/12 minta származik egymáshoz nagyon közel ered, azaz a forrásvidékek geológiai jellemzői megegyeznek, nevezetesen Pannon-tengeri üledék az alapkőzet. Ez magyarázza ennek a három vízmintának a hasonlóságát. A két keletebbi patak összefolyása utánról származó E/4 és E/13 minta is nagymértékben hasonlít az előző háromhoz. Megállapíthatjuk tehát, hogy azon a településen, ahol az E/11 és E/12 pontokon áthaladó patakok összefolynak nincs jelentős vízszennyező kibocsátás.

Érdekes, hogy sem az E/6 sem az E/17 minta nem hasonlít sem egymáshoz, sem a vízrajzi előzményüknek tekinthető patakokból származó E/8, E/9 és E/7, E/10 mintákhoz. Az eltérést antropogén szennyezés okozza, amit később részletesen bemutatunk.

A 2. ábrán látható dendrogramon még egy szorosan összetartozó mintapár található: az E/3 és E/5. Az E/5 minta egy Tasnádról érkező erősen szennyezett patakából származik. Annak a magyarázata, hogy az E/3 az E/5 mintával van szoros kapcsolatban és nem az E/4, E/7, E/10, E/11, E/12 és E/13 mintákkal a következő. Egyrészt az E/5 felől érkező patak jóval bővizűbb, mint az E/4 felől érkező, így vízrajzi szempontból ennek az összetétele a meghatározó. Másrészt az E/5 mintára jellemző mennyiségű szennyező nem tud ilyen kis távolságon belül megkötődni és az összefolyás miatti hígulás sem számottevő.

Az eddigieket összefoglalva elmondhatjuk, hogy számos vizsgált patak vize kémiai szempontból jó minőségű, több közülük eleget tesz a magyarországi ivóvíz követelményeknek is. Sajnálatos módon a másik véglet is megtalálható a térségben: sok patak vize zavaros, bűzös és kémiai jellemzői is kiugróan rosszak. Az E/3, E/5, E/6, E/14, E/15, E/16, E/17 és E/19 kiemelkedően szennyezett mintavételi helyeket és a szennyezések lehetséges forrásait az alábbiakban mutatjuk be.

Az Illéd közelében lévő E/3 és E/5 mintavételi helyek közvetlenül egy intenzíven használt szikes legelő mellett találhatóak. Emellett fontos megemlíteni, hogy a patak amiből ez a két minta származik áthalad Tasnádon. A nagy vezetőképesség és a nagy PO_4^{3-} , NO_2^- és NO_3^- koncentráció valószínűleg még Tasnádon alakul ki, de részben a szikes legelőnek is köszönhető. A nagy Na koncentrációt szintén okozhatja antropogén szennyezés, de lehet a szikes terület következménye is. Lakott területen áthaladó felszíni vízfolyásokba háztartási szennyvíz és kommunális hulladék is kerülhet. A PO_4^{3-} , NO_2^- és NO_3^- koncentrációt főleg a vízbe jutott mosószerek és műtrágyák, valamint bizonyos mikroorganizmusok elszaporodása növeli. Mint már említettük a fenti három ion nagy koncentrációja a természetes vizek eutrofizációját okozza, a NO_2^- és NO_3^- pedig az emberi egészségre is ártalmas.

Az E/17 mintavételi helyre is jellemző a nagy vezetőképesség, valamint a nagy PO_4^{3-} és NH_4^+ koncentráció, ami valószínűleg szintén Tasnád közelségének köszönhető.

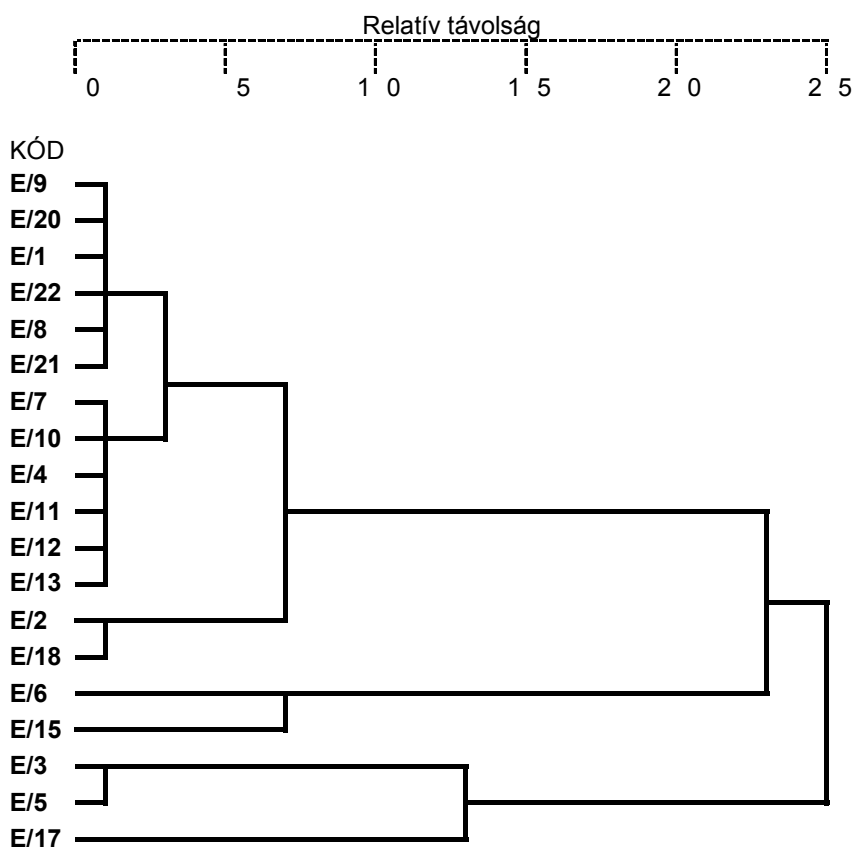
Az E/6 mintát egy itatónak használt patakrészből vettük. Ez magyarázza a nagy lebegőanyag tartalmat, valamint a nagy NH_4^+ és szervesanyag-koncentrációt. A nagy szervesanyag tartalomra a nagy kémiai oxigénigényből (KOI) következtettünk. A nagy szervesanyag koncentráció ebben az esetben feltehetően nagyszámú baktériumot is jelent. A nagy Fe és Pb (vas és ólom) koncentrációt valószínűleg emberi szennyezés okozza. Az Pb, és nagyobb koncentrációban a Fe is fokozottan egészségkárosító. Az Pb akkumulálódik az élő szervezetekben és idegrendszeri károsodást okoz.

Az E/14 mintavételi hely egy pihenőkörzeten belül helyezkedik el. A nagy lebegőanyag tartalom, valamint a nagy B, Mg, Na és SO_4^{2-} (bór, magnézium, nátrium és szulfátion) koncentráció feltehetően a vízbe került kommunális hulladék következménye.

Az E/15 minta egy gyakorlatilag lefolyástalan, kiszáradt holtágból származik. Ennek ellenére azért vettünk innen is mintát, mert tavaszi esőzések alkalmával újra létrejön a patak és az

addig akumulálódott szennyezést kimossa a holtágból, aminek jelentős hatása lehet a környezetére.

Az E/16 mintavételi hely előtt néhány méterrel egy termálfürdő szennyvize folyt a patakba. A vízösszetétel a hígulás ellenéri is jobban hasonlít egy termálvíz összetételére, mint egy természetes felszíni vízére. A pataknak a bevezetés után jellegzetes szaga lett és eltűnt belőle minden életforma. Ez a rendkívül nagy vezetőképességű és Ba-tartalmú, mérgező víz emberi fogyasztásra és bármilyen háztartási célra is teljesen alkalmatlan. A kiugróan nagy szalinitás lehetetlenné teszi az ilyen víz bármilyen célú felhasználását, másrészt káros az élővilágra nézve.

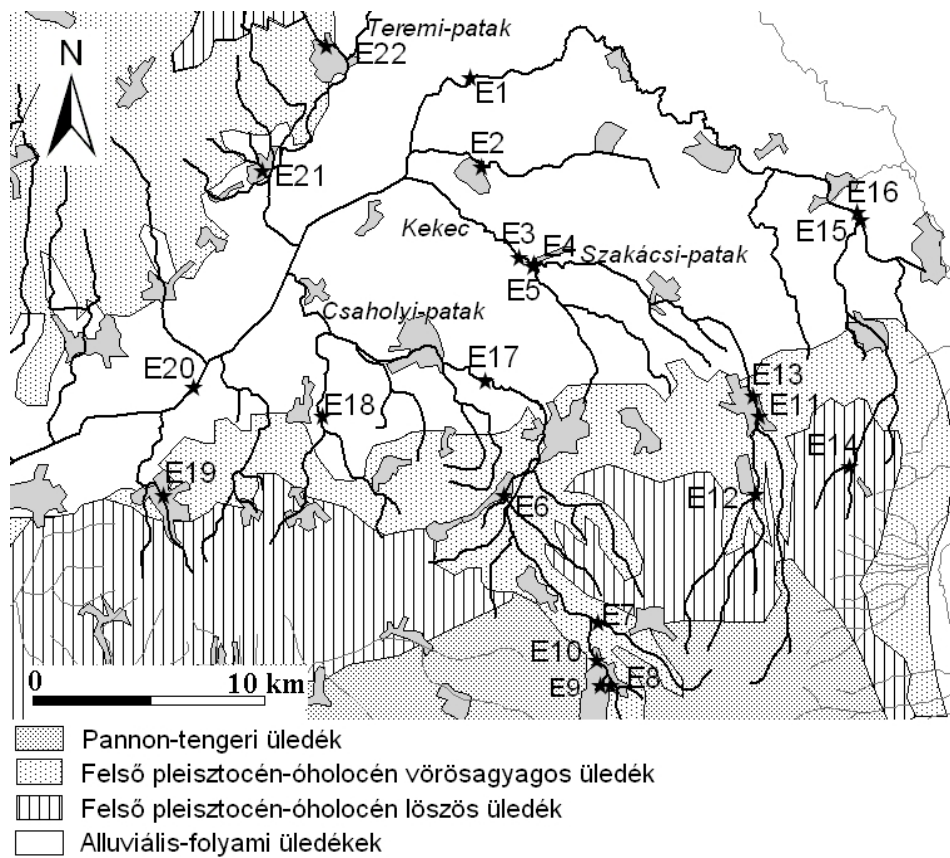


2. ábra: Vízminták csoportosítása

Az E/19 mintát Szilágypér faluban vettük. A patakot itt egyrészt itatónak, másrészt szennyvízgyűjtőnek használják. Óriási mennyiségű lebegőanyag volt a libák által gyakran felkavart vízben. A nagy NO_2^- és NO_3^- koncentráció valószínűleg nagyrészt a közeli kertek műtrágyázásának köszönhető.

Az elemzés tehát megmutatta, hogy a vizsgált patakok két nagy csoportra oszthatók. Az első csoportot a bővebb vizű, jobb hidrokémiai paraméterekkel rendelkező patakok alkotják. Ezeket vízösszetételük alapján főkomponens analízis segítségével csoportosítottuk. Megállapítottuk, hogy vízkémiai jellemzőiket főleg a forrásvidék geológiai jellemzői és vízrajzi kapcsola-

taik határozzák meg. A másik csoportba a kiemelkedően szennyezett patakok tartoznak. Ezeknek a vízminőségét az emberi beavatkozás és gondatlanság rontja.



3. ábra: Az Érmelléken előforduló alapkőzetek (Szerk. Fórián Tünde)

	Al	As	Ba	B	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	P	S	Sr	Zn
	g/kg	ppm	ppm	ppm	g/kg	ppm	ppm	ppm	ppm	g/kg	g/kg	g/kg	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	g/kg	ppm	ppm
E/1	20,28	0,36	222,4	<0,01	12,49	0,44	5,3	17,2	14,61	13,72	3,73	5,49	1119,1	0,08	811,5	22,0	22,7	3765,9	3,06	52,93	62,99
E/2	22,34	<0,01	267,1	<0,01	18,57	0,47	4,7	16,1	15,18	14,76	3,11	5,09	663,4	<0,01	832,0	18,9	37,3	397,6	2,09	67,00	62,78
E/3	23,20	<0,01	347,6	<0,01	10,37	0,47	8,2	20,5	23,69	15,53	3,39	4,82	983,1	<0,01	1882,0	22,0	33,5	752,0	1,07	81,80	117,13
E/4	23,83	<0,01	201,7	<0,01	7,09	0,56	8,5	24,3	18,94	19,47	3,01	4,82	549,9	<0,01	311,3	24,2	34,9	<0,01	0,95	39,78	93,21
E/5	15,57	0,31	213,4	<0,01	8,11	0,50	8,0	22,1	21,14	15,05	2,21	3,71	742,8	<0,01	458,5	18,5	34,4	<0,01	0,68	59,83	91,80
E/6	18,01	2,68	178,6	<0,01	19,25	0,69	10,9	21,4	34,12	20,52	3,68	5,35	850,4	<0,01	705,4	22,3	42,7	3462,3	2,08	71,99	89,25
E/7	9,32	0,20	116,7	<0,01	4,26	0,14	5,8	5,0	7,93	6,25	1,33	2,46	562,0	<0,01	238,9	11,0	12,7	267,1	0,11	21,91	24,96
E/8	16,88	0,17	138,3	<0,01	20,66	0,45	10,0	16,1	27,03	16,56	3,26	4,68	450,1	<0,01	273,6	21,2	29,3	502,3	2,08	53,77	62,70
E/9	13,70	0,47	106,6	<0,01	10,31	0,30	10,0	13,8	13,55	12,94	2,03	3,55	342,8	<0,01	356,7	19,3	24,8	<0,01	0,41	32,60	42,62
E/10	19,49	<0,01	128,8	0,30	8,45	0,38	9,2	16,8	15,47	16,01	2,62	4,61	553,2	<0,01	122,0	21,2	27,0	<0,01	0,28	35,42	57,70
E/11	7,80	1,24	88,2	<0,01	5,53	0,19	9,9	10,1	6,78	10,92	1,02	1,94	497,5	<0,01	95,2	12,7	20,4	<0,01	0,27	21,25	31,43
E/12	15,53	1,59	143,8	<0,01	4,20	0,04	10,5	9,4	8,92	11,54	2,55	2,89	632,2	<0,01	778,3	14,4	19,8	6329,4	0,40	23,58	38,05
E/13	6,59	0,69	99,2	<0,01	4,07	0,45	15,2	11,0	7,03	10,43	0,92	1,76	705,2	<0,01	118,5	15,0	20,0	<0,01	0,16	20,77	193,41
E/14	13,65	0,68	89,1	<0,01	1,79	0,08	4,9	12,4	9,43	8,67	1,56	1,96	180,7	0,46	257,7	10,1	18,7	2318,9	0,18	13,52	22,47
E/15	17,73	0,13	133,1	<0,01	3,15	0,30	5,9	16,4	10,37	13,36	2,35	3,11	148,7	<0,01	170,4	16,5	24,5	355,9	0,37	22,63	42,23
E/16	16,80	<0,01	323,4	32,07	5,13	0,24	6,7	14,5	11,74	12,58	2,49	3,04	127,2	<0,01	7203,0	16,7	23,4	<0,01	0,55	128,29	42,40
E/17	9,74	0,32	161,4	3,01	4,15	0,09	3,7	5,1	7,66	6,27	1,60	2,58	258,3	<0,01	1539,2	9,7	10,4	709,1	0,30	36,30	52,73
E/18	16,84	<0,01	184,2	<0,01	16,49	0,30	5,6	14,7	14,16	15,41	2,61	3,84	768,1	<0,01	241,7	18,7	19,6	<0,01	0,82	51,83	51,19
E/19	11,03	0,69	117,0	<0,01	7,43	0,29	5,5	9,8	17,12	9,90	2,33	2,97	212,1	<0,01	285,4	14,9	23,7	585,3	0,44	34,04	71,38
E/20	20,34	<0,01	199,3	<0,01	35,79	0,42	6,0	18,5	12,83	18,45	2,93	5,68	635,0	<0,01	799,3	22,0	25,1	411,4	0,79	104,83	60,65
E/21	16,46	29,59	539,4	1,23	23,80	0,66	8,7	9,9	21,86	23,48	4,67	5,57	1594,8	<0,01	646,6	20,0	39,7	7344,4	1,21	91,34	143,85
E/22	13,96	1,94	206,8	<0,01	24,63	0,46	5,9	18,1	25,29	13,51	3,06	4,13	2252,8	0,93	384,1	15,1	17,6	2882,9	1,09	62,23	117,28

5. táblázat: A mederiszap minták összetétele

7. A mederiszapok elemösszetétele

A kémiai analízis során a mederiszap minták elemösszetételét határoztuk meg. Ez azt jelenti, hogy megmértük a mintákban található 18 elem koncentrációját. Az elemzés végeredményét az 5. táblázat tartalmazza. Ezek között az eredmények között nincsenek szélsőségesen kiugró értékek, egymáshoz viszonyított szórásuk kicsi. Ez lehetővé tette, hogy az iszapminták mindegyikét figyelembe vegyünk főkomponens analízis során. Az iszapminták elemösszetételének főkomponens analízise az alábbi új információkat szolgáltatta.

A rendszer kielégítő jellemzéséhez szükséges főkomponensek száma háromnak adódott. A 6. táblázatban az látható, hogy mekkora a vizsgált elemek koncentrációjának hozzájárulása az egyes főkomponensekhez. A 6. táblázatban a fekete háttérű elemek a sziderofil (főként a vas kísézőjeként előforduló) elemek. A kalkofil (főként kéntartalmú vegyületeik formájában található meg a földkéregben) elemeket szürke háttérrel jelöltük; fehér háttérrel pedig a litofil (főként oxigéntartalmú vegyületeik formájában található meg a földkéregben) elemek láthatók. A vártnak megfelelő eredményt kaptuk: azok az elemek határoznak meg egy-egy főkomponenst, melyek kémiai és geokémiai tulajdonságai csaknem megegyeznek. Így például az első főkomponenst nagyrészt a Fe és a hozzá kémiailag meglehetősen hasonló Ni és Cr, továbbá az Al és az alumíniumhoz hasonlóan szintén nemesgáz-szerkezetű elektronhéjjal rendelkező ionokat képző Mg és Cd koncentrációja határozza meg.

	Főkomponens		
	1	2	3
Ni	0,936	0,079	0,182
Cr	0,919	-0,032	-0,065
Fe	0,876	0,074	0,355
Pb	0,843	-0,006	0,257
Al	0,799	0,467	-0,185
Mg	0,782	0,477	0,235
Cd	0,754	0,020	0,548
Cu	0,746	0,250	0,355
S	0,707	0,476	0,271
K	0,692	0,582	0,224
Ca	0,578	0,347	0,495
Na	0,049	0,842	-0,028
Ba	0,370	0,733	0,417
Sr	0,517	0,681	0,311
Co	0,277	-0,651	0,405
As	-0,135	0,061	0,803
Mn	0,274	0,062	0,751
Zn	0,393	-0,019	0,716

6. táblázat: Az iszapmintákat leíró főkomponensek

Az első főkomponensben szereplő elemek között előfordulnak sziderofil (Fe, Ni), kalkofil (Pb, Cd, Cu, S) és litofil elemek is (Al, Mg, K, Ca). A második főkomponens értéke főleg az

alkálifémek (Na, K) és az alkáliföldfémek (Ba, Sr, Mg, Ca) koncentrációjától függ. Ezen elemek mindegyike litofil. A harmadik főkomponensben kalkofil elemek szerepelnek nagy faktorial: a Zn, az As és a Cd. Az iszapmintákban a különböző elemek koncentrációja közti kapcsolat tehát jól láthatóan nem véletlenszerű. Mindazonáltal ezen összefüggések mélyebb tárgyalása túlmutat jelen tanulmány keretein.

Az iszapminták csoportjait ábrázoló dendrogram a 4. ábrán látható. Ahogyan azt már említettük ilyen kis vízhozamú patakok esetén a mederiszap elemösszetételét főként a mintavételi helyre jellemző alapkőzet minősége határozza meg. Ha azonban a patak nagyobb vízhozamú, akkor elképzelhető, hogy olyan nagy mennyiségű lebegőanyag ülepszik ki, ami már befolyásolja a mederiszap összetételét. A lebegőanyag összetételét pedig a patak forrásvidékének geológiai tulajdonságai határozzák meg. Az iszapminták elemösszetételében mutatkozó kapcsolatokat tehát a térség geológiai felépítésével tudjuk magyarázni (3. ábra).

A 4. ábrán jól látható, hogy a 22 iszapminta 2 nagyobb főcsoportba sorolható. Az első főcsoporton belül az E/1, E/2, E/3, E/16, E/18 és E/20 minták alkotják az összes többinél szorosabban összetartozó első csoportot. Az E/1, E/2, E/3 és E/16 mintavételi pontok mindegyike az Érmelléki kapu nevű térségben helyezkedik el. A térség alapkőzete a Kraszna által ideszállított alluviális-folyami üledék. A térségben ez az utolsó terület, amit élő folyóvíz formált. Miután a Kraszna folyása már elkerülte ezt a vidéket, áradásai továbbra is finom üledéket szállítottak ide. Ezen az üledéken különböző öntéstalajok alakultak ki. Bár az E/18 és E/20 mintavételi helyek már nem az Érmelléki kapuban találhatóak, ezekre a területekre is a folyóvízi üledék jellemző. Ha egészen pontosak akarunk lenni: az E/18 mintavételi hely a patakok hordalékkúpján található. A különbség az Érmelléki kapuhoz képest az, hogy az E/18 és E/20 körüli területekre már csak a finom üledék jutott el. Itt is öntéstalajok alakultak ki. Az E/1, E/2, E/3, E/16, E/18 és E/20 minták mindegyikére a magasabb Al, Ba, Ca, K, Mg, Mn, Na, S és Sr koncentráció jellemző. A csoportból a legjobban az E/16 minta lóg ki, valószínűleg a már említett termálvíz szennyezés miatt, de az eltérés ennél sem számottevő.

A következő, már lazábban összetartozó csoportot az E/4, E/5, E/6, E/8, E/9, E/10 és E/15 minták alkotják. A Kraszna hordalékkúpján található E/15 mintavételi hely geológiai szempontból a csoport kakukktója. Annak az oka, hogy a főkomponens analízis alapján mégis ebbe a csoportba került az, hogy ennek a mintának az elemösszetétele nem reprezentatív, ugyanis a patak ahonnan származik, már félig ki volt száradva. Az E/4, E/5, E/6, E/8, E/9, E/10 csoporton belül kettő, még szorosabban összetartozó alcsoport található: E/4, E/5, E/6, E/8 tagokkal és E/9, E/10 tagokkal. Az E/9 és E/10 mintavételi pontokra vörösgyagyas üledékes alapkőzet jellemző, és a megmintázott patakok forrásvidéke is ilyen alapkőzeten fekszik. Az E/8 pontara is vörösgyagyas üledékes alapkőzet jellemző, azonban ennek a pataknak a forrása löszös üledékes területek közelében helyezkedik el. Az E/8 iszapminta összetételét valószínűleg a kissé bővizűbb patak hordaléka is befolyásolja, ami eljuthat egészen a szintén vörösgyagyas alapkőzeten található E/6 pontig. Ezzel magyarázhatjuk az E/8 és E/6 minták hasonlóságát, és különbözőségüket a kisebb vízhozamú patakokból vett E/9 és E/10 mintáktól. Annak a magyarázata, hogy az E/8 és E/6 mintákkal egy csoportba tartoznak az Érmelléki kapu területén gyűjtött E/4 és E/5 mederiszap minták is a következő. A

Szakácsi-patak már elég bővizű ahhoz, hogy nagyobb mennyiségű hordalékot szállítson nagyobb távolságokra, így a vízfolyás távolabbi részein vett iszapminták elemösszetételét is befolyásolja ez a hordalék. A hordalék elemösszetételét pedig az eredet vörösagyagos üledékes alapkőzete szabja meg. Másik érdekesség, hogy az E/7 annak ellenére, hogy földrajzilag nagyon közel esik az E/8, E/9 és E/10 mintavételi helyekhez, nem tartozik ezekkel egy csoportba. Ennek az a magyarázata, hogy ez a minta még az összefolyást megelőző szakaszból származik és ennek a bővebb vizű pataknak a forrása Pannon-tengeri üledékes területen található.

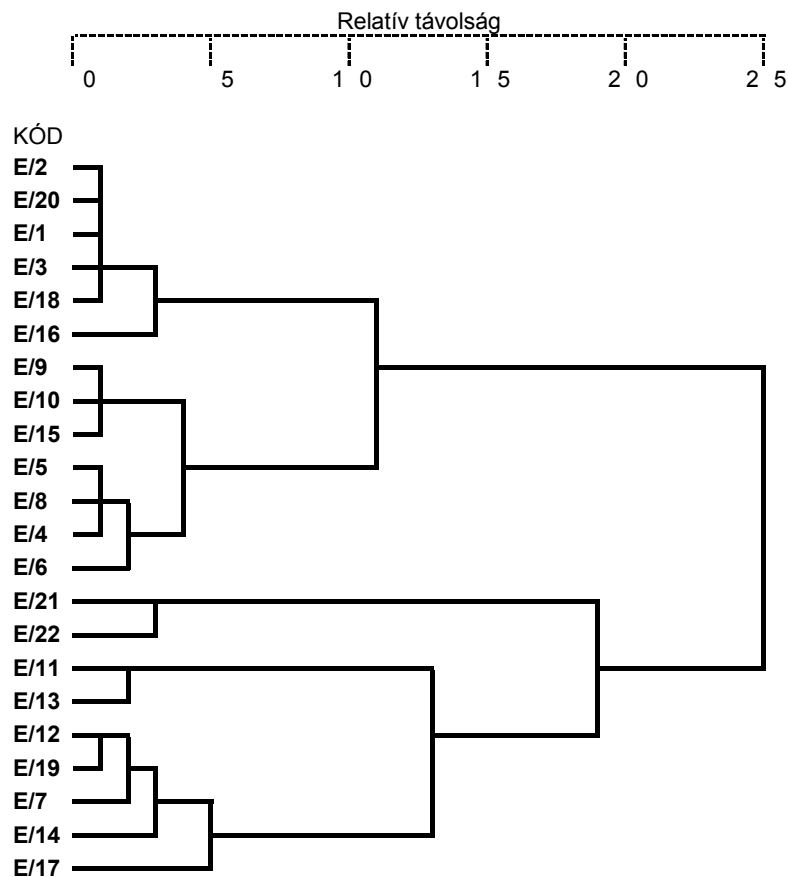
Az E/7, E/11, E/12, E/13, E/14, E/17, E/19, E/21 és E/22 mederiszapok alkotják a második főcsoportot. Az egymáshoz hasonló E/7, E/12 és E/19 minták mindegyikét vörösagyagos üledékes és Pannon-tengeri üledékes területek határán vettük. Azoknak a pataknak a forrása, melyekből az E/7 és E/19 iszapminták származnak Pannon-tengeri üledékes területen fekszik, az E/19 minta patakja pedig löszös területen ered. Ez adhat magyarázatot arra, hogy a fenti három minta elemösszetétele ugyan hasonlít egymásra, mégis az előzőektől kisebb mértékben.

Az E/14 mintaterület löszös üledéken fekszik. Nem hasonlít a többi mintavételi hely közül egyikhez sem igazán, mert ilyen alapkőzeten nem vettünk máshol mintát.

Az E/17 mintavételi hely csakúgy, mint az első főcsoportba tartozó E/18, a patakok hordalékkúpján fekszik, alluviális-folyami üledékes területen. Azonban a nagyobb vízhozamú Csaholy-patak viszonylag sok üledéket szállít ide az E/6 pont felől, aminek a következtében olyan mederiszap összetétel alakul ki, mely sem az E/6 iszapmintához, sem az E/17-hez közeli E/18 mintavételi terület iszapjához nem hasonlít.

Az alluviális-folyami üledékes és a vörösagyagos üledékes területek egymással átellenes határán helyezkednek el páronként az E/11, E/13 és az E/21, E/22 mintavételi helyek. Ezek párosával alkotnak egy-egy csoportot a második főcsoporton belül. Az E/21 és E/22 mintavételi helyek a Tisza és az Ős-Szamos hordalékkúpja közelében találhatóak. A terület alapkőzete alluviális-folyami üledék. Az E/11 és E/13 a Kraszna és a Szamos hordalékkúpjához fekszenek közel. Erre a területre a vörösagyagos üledék jellemző.

Az eddig leírtakból jól látszik, hogy a mederiszap minták elemösszetételét leginkább a mintavételi helyek alapkőzete határozza meg. Akkora mennyiségű kiülepedő lebegőanyagot, ami befolyásolja a mederiszap összetételét csak a nagyobb vízhozamú patakok szállítanak. A Érforrásvidék geológiai felépítését ismerve tehát magyarázatot tudtunk adni az iszapminták főkomponens analízis segítségével megállapított kapcsolataira.



4. ábra: Mederiszapok csoportosítása

8. Összefoglalás

Kutatásunk során elvégeztük az Ér forrásvidékének hidrokémiai felmérését. Ez a terület a rendkívül változatos vízrajzú Érmellék kistérség része. A körzet fő vízgyűjtője az Ér-patak, amit nagyon sok kis vízhozamú patak táplál. Mivel az itt található települések nagy részén nincs kiépített szennyvízgyűjtő hálózat, sőt sok helyen még ivóvízhálózat sem, a lakosok gyakran közvetlenül a felszíni vizekbe kötik emésztőiket, illetve a patakok vizével mosnak. Ezért rendkívül fontos a felszíni vizek minőségének ismerete. Továbbá nagyban segítené az Érmellék gazdasági fejlődését, ha a kistérségben megtalálható jelentős vízbázis minősége ismert lenne, mert így meg lehetne állapítani, hogy milyen célú felhasználásra alkalmas.

A területen 22 helyszínen gyűjtöttünk a felszíni vízfolyásokból víz- és mederiszap mintát. A minták kémiai analízisét a hatályos magyar szabványoknak megfelelően hajtottuk végre. A kapott eredményeket összevetettük a magyarországi ivóvíz határértékekkel.

A természetes vizek összetételét főként a források geológia környezete határozza meg, a mederiszap elemösszetétele pedig a mintavételi területre jellemző alapkőzet függvénye. Mindazonáltal olyan kis vízhozamú patakok esetén, mint amilyenek a vizsgáltak, jelentős hatása lehet antropogén tényezőknek is. Mind a vízmintákra, mind az iszapmintákra kapott összetételi

eredményeket főkomponens analízis segítségével értékeltük ki. A matematikai módszer által szolgáltatott eredményeket kémiai és geológiai ismeretekkel magyaráztuk.

A vízminták jellemzéséhez 3 főkomponens szükséges. Az egyes főkomponensek értékeit, a természetes vizek fő alkotóinak (Na, K, Mg, Ca, Cl⁻ és HCO₃⁻) koncentrációja, a szervesanyag-tartalom és a N és S tartalmú anyagfajták koncentrációja szabja meg.

A vízminták egy része olyan patakokból származott, melyek antropogén eredetű szennyezést tartalmaztak. Ezeknek a vízmintáknak a tárgyalása során megpróbáltuk ismertetni a szennyezések lehetséges forrásait. A kistérségben megtalálható patakok nagyobb része azonban kielégítő vízminőségű. Ahogyan azt vártuk az ezekből vett minták kémiai összetétele és a térség geológiai valamint vízrajzi jellemzői között találtunk kapcsolatot.

A mederiszap minták jellemzéséhez is elegendő volt 3 főkomponens. Az egyes főkomponensek értékeit a hasonló geokémiai tulajdonságú elemek csoportjainak koncentrációja adja meg.

Az iszapminták között nem találhatóak a többitől kiugróan eltérő összetételűek. Az iszapminták elemösszetétele, a vártnak megfelelően, a mintavételi helyekre jellemző alapkőzet minőségével, illetve a lebegőanyag mennyiségével és összetételével áll kapcsolatban.

