

Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar
Hidrogeológiai-, Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék

Karsztvíz-domborzati térkép pontosítása vízkémiai
vizsgálatok alapján

Miklós Rita

Hidrogeológus mérnöki MSc

Konzulensek:

Dr. Lénárt László, egyetemi docens

Tóth Márton, PhD. hallgató

Szegediné Darabos Enikő, PhD. hallgató

2014.december 22.

Miskolc, 2014.

TDK DOLGOZAT

Eredetiségi Nyilatkozat

"Alulírott Miklós Rita, a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának hallgatója büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és aláírással igazolom, hogy ezt a TDK dolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, és a dolgozatban csak az irodalomjegyzékben felsorolt forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem."

Miskolc, 2014.12.22.

.....
a hallgató aláírása

A konzulensek nyilatkozata

"Alulírott Dr. Lénárt László, Tóth Márton, Szegediné Darabos Enikő, a Miskolci Egyetem Hidrogeológiai-, Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék egyetemi docense, illetve PhD hallgatói a TDK dolgozatot beadásra alkalmasnak ítéljük."

Egyéb megjegyzések, ajánlás:

Miskolc, 2014.12.22

.....
.....
.....
a konzulensek aláírása

Tartalomjegyzék

1	Függelék.....	2
2	Bevezetés, célkitűzés	3
3	Vizsgált terület lehatárolása, bemutatása	4
3.1	A DNY-i Bükk általános földtani viszonyai	5
3.2	A DNY-i Bükk általános vízföldtani viszonyai.....	8
4	Az új karsztvízdomborzati szerkesztési módszer elvének bemutatása, eddigi eredményei 11	
4.1	BKÉR rövid ismertetése	11
4.2	A vízkészlet számítási módszer bemutatása, eddigi eredmények	14
5	A mérések és eszközök ismertetése	16
5.1	Vízmintavételi pontok	16
5.2	Alkalmazott laboratóriumi módszerek	17
5.2.1	Lángatomabszorpciós spektrofotometria	17
5.2.2	Koloriméter	19
5.2.3	Titrlás.....	20
6	Eredmények	21
6.1	Vízkémiai adatok, eredmények feldolgozásának módszerei	21
6.1.1	Piper-diagram	21
6.1.2	Stiff-diagram	23
6.2	Vízkémiai adatok, eredmények kiértékelése	24
7	További célkitűzések, javaslatok a mérések pontosítására	28
8	Összefoglalás	29
9	Köszönetnyilvánítás	30
10	Irodalomjegyzék.....	31
11	Mellékletek listája	32
12	Melléklet.....	33

1 Függelék

Saját diákköri kutatómunka bemutatása

Jelen dolgozat egy, a Miskolci Egyetem Környezetgazdálkodási Intézetében futó KÚTFŐ projekt 3. moduljának keretein belül folyó kutatás egy részfeladatáról számol be, melyet magam végeztem konzulenseim segítségével. Ezen kutatás célja a Bükk hegységre egy olyan karsztvízháztartás-számítási módszer kidolgozása, mely a már több, mint 20 éve működő Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer folyamatosan mért adatait használja fel. A kutatás során felmerülő probléma megoldására alkalmaztam egy módszert, mely sikeresnek bizonyult: vízkémiai vizsgálatok alapján elkülönítettem a DNY-i Bükk területén lévő források egy részéről, hogy vizük karsztos, ill. nem karsztos jellegeket mutat-e.

Saját munkám terepi mintavételezésekkel kezdődött. A DNY-i Bükk területén fakadó olyan forrásokból vettem vízmintát, melyeknek vizéről nem állnak rendelkezésünkre vízkémiai adatsorok a forráskataszterben. Összesen 15 forrást mintáztam meg, majd a mintavételt követő 24 órán belül a tanszék laboratóriumában határoztam meg lángatomabszorpciós spektrofotometriával a minták Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ -tartalmát; koloriméterrel a SO_4^{2-} és Cl^- tartalmát; titrálással a HCO_3^- és Cl^- -tartalmát.

Ezek után a rendelkezésemre álló 15 forrás, valamint további 24 forrásnak a forráskataszterből származó vízkémiai adatait dolgoztam fel (PHREEQC geokémiai modellező programmal, GW Chart és Golden Software Grapher programmal) valamint értékeltem ki grafikus úton Piper-, és Stiff-diagramok segítségével.

A források vizének karsztos mivoltának eldöntéséhez egy korábbi kutatásom során vizsgált forrás adatait használtam referenciának, mivel erről a forrásról megállapítottam, hogy tisztán karsztos jellegű forrás. Munkám során a vizsgált forrásokat vizük kémiai jellege szerint a következő csoportokba soroltam: **karsztos jellegű; karsztos jellegű, de magasabb Cl^- , SO_4^{2-} -tartalommal; nem karsztos jellegű; nem dönthető el.** Megállapítottam, hogy a 39 vizsgált forrás közül összesen 25 használható fel a karsztvíz-domborzati térkép megszerkesztéséhez, és ezen forrásokat térképen ábrázoltam.

Végző soron javaslatot tettem a mérések további folytatására.

2 Bevezetés, célkitűzés

Magyarországon a karsztvíz felhasználása mindig is alapvető jelentőségű volt és ma is rendkívül fontos szerepe van a vízellátásban. A Bükk hegység döntő mértékben hideg karsztvizet tartalmaz, de mivel a karsztos kőzetei közvetlen kapcsolatban vannak a törmelékes kőzetekkel, eltemetett karsztos kőzetekkel, ezért a Bükk-térségben egységes hideg-meleg karsztrendszerrel lehet beszélni. Ennek a kapcsolatnak a maximális figyelembevétele a karsztvíz minőségének és mennyiségének, vízszintjének megóvásakor rendkívül nagy jelentőséggel bír. A hideg karsztos víztestek általában igen jó minőségű ivóvizet szolgáltatnak, viszont sérülékenyséjük miatt fontos a folyamatos megfigyelés, a készletek mennyiségi és minőségi változásainak nyomon követése, továbbá a rendszer összefüggéseinek minél alaposabb megismerése.

A Bükk hegység területén 1992 óta működik folyamatos vízszintmérés (helyenként hőmérséklet- és vezetőképesség mérés) kutakban, megfigyelő kutakban, forrásokban és a későbbi fejlesztéseknek köszönhetően barlangokban is. A Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer (BKÉR) mennyiségi monitoringként funkcionál, támogatva ezzel a bükki karsztvizet termelő vízmű vállalatokat.

Ezeket a már meglévő méréseket sikerült kiterjeszteni, illetve új kutatási irányokat bevonni annak köszönhetően, hogy 2012. év végén a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának Környezetgazdálkodási Intézete elnyert egy Európai Unió TÁMOP pályázatát, melynek szakmai része 5 modulból áll. Az egyik kutatási terület a Bükk hegységgel, ill. a karsztrendszer jobb megismerésével foglalkozik.

Ezen projekt részeként egy olyan módszer kerül kidolgozásra, mely a bonyolult vízháztartási egyenlet helyett a BKÉR mérési adatait alapul véve határozza meg a Bükkben az adott pillanatban kitermelhető, gyorsan utánpótlódó karsztvízkészletet. Ennek érdekében a hegység kőzeteit vízvezető-képesség alapján kategorizáltuk, majd a karsztvíz-domborzat legmagasabb, valamint a gyorsan utánpótlódó készlet alsó határát meghatároztuk. Az általában triász mészkővekből felépülő középső egység karsztvíz-domborzati térképe sikeresen elkészült, a probléma a DNy-i és ÉNy-i területeken adódott, melyeket nagyrészt jura korú palaösszlet fed, itt ugyanis a források kilépési pontjai nem feltétlen vehetőek a karsztvíz szintjének.

Annak érdekében, hogy a problémás területeken a valóságnak megfelelő karsztvíz-domborzati térképet lehessen szerkeszteni, először meg kell vizsgálni az ott felszínre lépő forrásokat,

hogyan van-e kapcsolatuk a karsztrendszerrel. Jelen dolgozat célja pontosan ez. Vízkémiai adatok alapján megállapítható a források víztípusa, mely a forrás eredetére, a vízáradó kőzet geológiai milyenségére enged következtetni. A vízkémiai adatok egy része az OVF-VITUKI Rt. által gondozott forráskataszterből, másik része saját vízmintavételekből származó mintákon elvégzett vízkémiai elemzésekből származik. Ezen adatokat felhasználva, különböző feldolgozási módszereket alkalmazva kívánom eldönteni azt, hogy az egyes források kapcsolatban vannak-e a karsztrendszerrel. Ha igen, akkor a kilépési pontjuk magassági pontja belevehető a karsztvíz-domborzati térkép megszerkesztésébe.

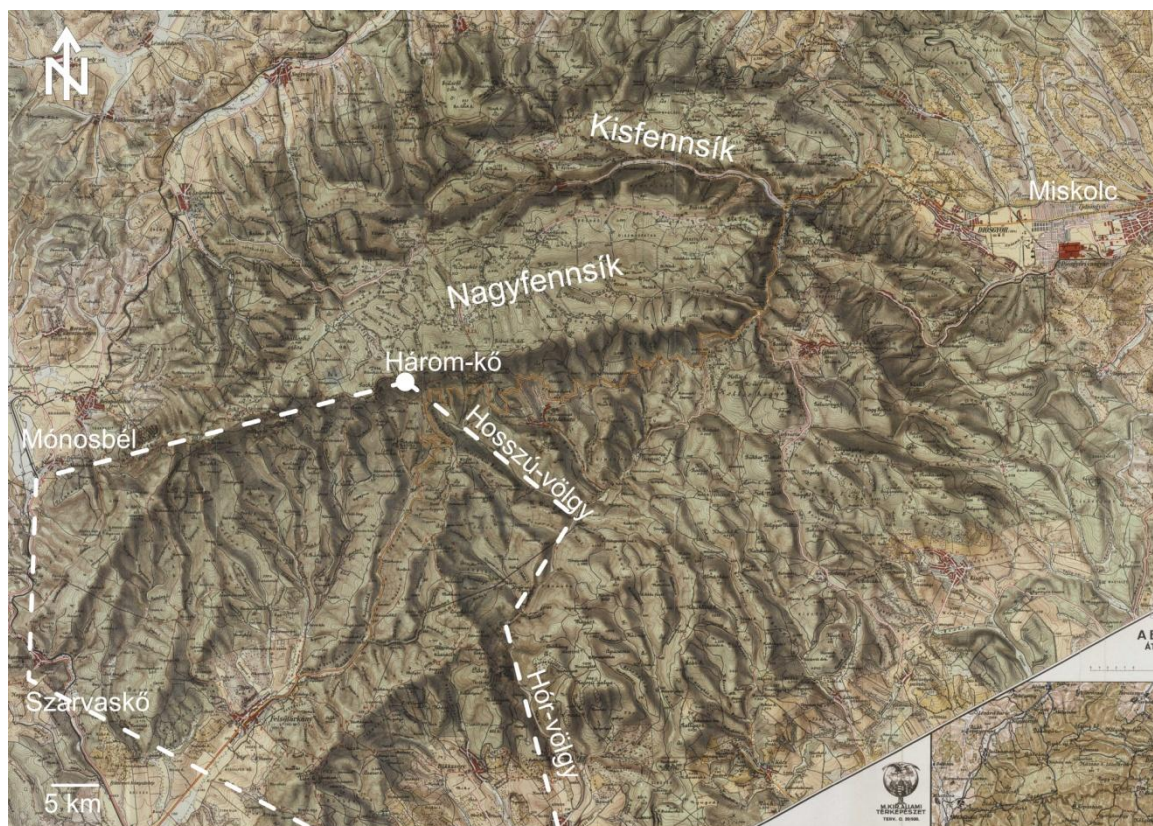
3 Vizsgált terület lehatárolása, bemutatása

A Bükk hegység (továbbiakban Bükk) Magyarország ÉK-i régiójában, az Északi-középhegység tagjaként elterülő karszthegység. 958,4 m-es tengerszint feletti csúcsmagasságával (Istállóskő, bár legújabb, 2014. január 08-ai, mérések szerint a legmagasabb csúcs a Kettős-bérc déli csúcsa 960,715 méterrel) az ország második legmagasabb hegysége (idokep.hu).

Földrajzi értelemben az Upponyi-hegységgel együtt a Bükk-vidék középtáji részét alkotja, mely tájegység lehatárolása néhol bizonytalan. Északi, északkeleti határát a Sajó széles völgye, majd annak folytatásában a Sajó-Hernád síkja alkotja. Délen szinte észrevétlenül bukik alá és megy át az észak-alföldi kvarter üledékekbe. Nyugaton a Tarna-völgye választja el a Mátrától (Pelikán, 2005).

A Bükk legnagyobb kiterjedésű és legegységesebb kistája a Bükk-fennsík, melyet a Garadna-völgy oszt ketté: északi része a Kisfennsík, déli – nagyobb, mintegy 20x6 km-es kiterjedésű – része pedig a Nagyfennsík.

A Nagyfennsík, és az attól északra lévő terület az Északi-Bükk, a déli fennsíkperemtől délre terül el a Déli-Bükk, mely közettani és morfológiai alapon továbbosztható keleti és nyugati részekre (Pelikán, 2005).



1. ábra – A Bükk domborzati térképe (M.Kir. Állami Térképészet, 1930)

E dolgozat keretein belül vizsgált terület a DNy-i Bükk, melyet az 1. ábrán is láthatóan északról a Nagyfennsík déli idős lepusztulási lépcsői határolnak, kelet-délkeleti határa a Három-kő – Hosszú-völgy – Hór-völgy vonalában húzható meg. Déli és nyugati határa pedig Noszvajtól Szarvaskőn át Mónosbél településig húzódik (Pelikán, 2005).

A területet a Fennsík peremétől induló, déli irányú, folyóvízi erózió által kialakított völgyek tagolják, melyek a gyors kiemelkedés hatására alakulhattak ki (Pelikán, 2005).

3.1 A DNy-i Bükk általános földtani viszonyai

A geológiai felépítés alapvetően határozza meg az egyes területeken kialakuló hidrogeológiai rendszerek tulajdonságait, a geológiai struktúrák meghatározzák a vízáadó egységek külső határait és belső felépítésüket. Egy karsztrendszer nem lehet megérteni és vizsgálni a területén található geológiai formációk, a litológia, a vetőzónák és törési rendszerek, valamint a terület fejlődéstörténetének ismerete nélkül. A jelen dolgozat által felölelt témában is alapvető szerepet kap a geológiai felépítés, ezért tartom fontosnak részletesebben tárgyalni azt.

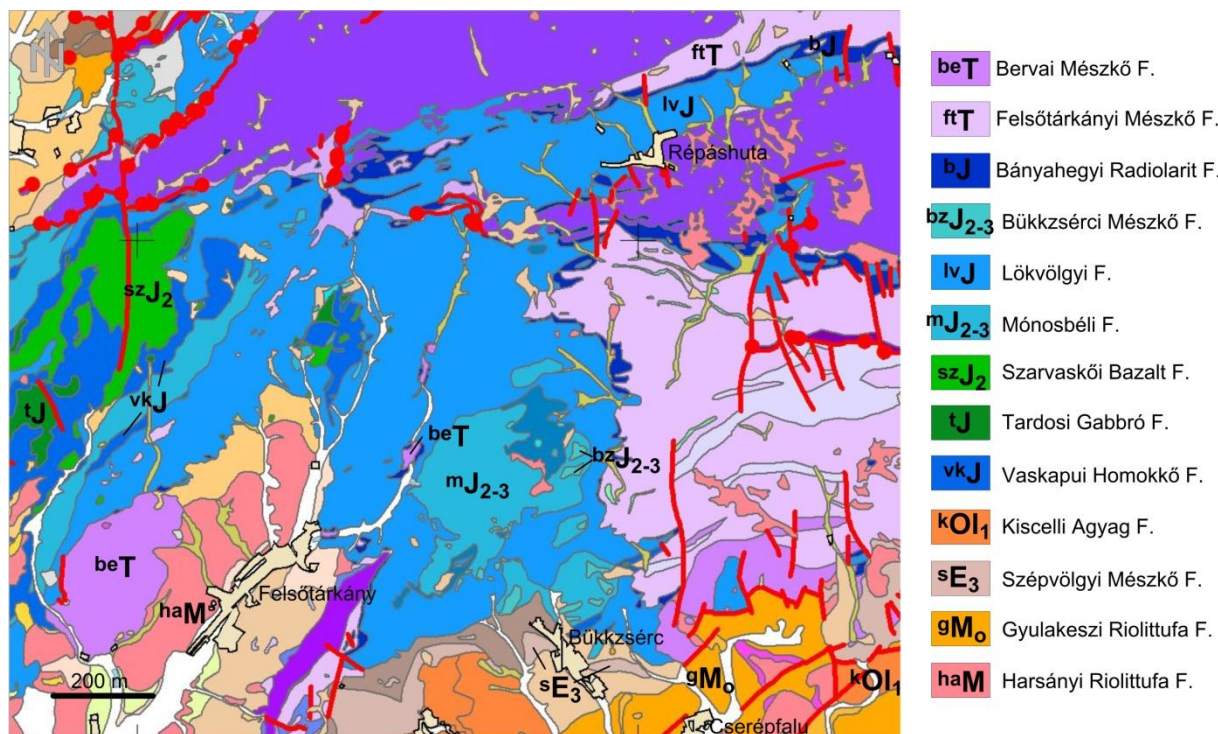
A terület fő felszínhordozói, eltérően a hegység többi részétől, alapvetően jura korú, mélytengeri agyagokból képződött palaközetekből és kovapalákból, valamint bázisos magmatitokból épül fel, mészkövek alárendelt mennyiségben vannak jelen.

A középső-triász elején a bükki területen megkezdődik a sekélytengeri karbonátplatform kifejlődése, amit több vulkáni esemény is megszakított. A vulkáni működés lecsengése után már csak egyes területeken álltak vissza a karbonátplatform képződési körülményei, emellett a vulkáni hatásokra feltöredezett plató részei egyenetlen süllyedésbe kezdtek. A Pangea szuperkontinens különböző részeinek szétúszása következtében egy riftárok alakult ki. Így a központi részen sajátos medencejelleg, ill. lejtőláb fácies alakult ki, ahol mind a sekély (mésziszapok)-, mind a mélyebb tengeri (tűzköves, radiolaritos) kőzetek jelen vannak. A medencébe becsúszó üledékek tovább bonyolítják a fáciesképet.

Pelikán, Dosztály (2000) modellje szerint a jura mélytengeri sorozatok egy rétegsorba vonhatóak, melyek a triász összletre üledékesen települtek, és anyaguk részben a medenceperemről lezúduló karbonáttal keveredett. Ebbe az üledékanyagba nyomult a jura elején a Szarvaskői Bazalt, mely vulkánosság már a jura közepén leállt és nem alakult ki valódi óceáni aljzat (Pelikán, 2005).

A késő-jura után keletkezett üledékek nem nagyon ismertek az egész hegység területén, mert a kainozoikumban a kiemelkedés következtében javarészt lepusztultak.

A 2. ábrán látható a vizsgált terület földtani térképe. Az értelmezhetőség kedvéért csak a dolgozat során említett formációkat tüntettem fel rajta. A jobb áttekinthetőség érdekében a földtani térkép az 1. mellékletben is megtalálható.



2. ábra - A DNE-i Bükk földtani térképe (Hernádi, 2013 és Less, 2005 nyomán)

Részletesebben ismertetve a területen előforduló formációkat, az azokat felépítő kőzeteket és korukat:

A triász korból a DNE-i Bükk területén nagy kiterjedésben van jelen, de kainozoos üledékekkel fedett a *Bervai Mészke Formáció*, melyet fehér, világosszürke, sötétszürke, ciklikusan lagúna és zátonyfaciesű, jól karsztosodó mészkő épít fel. A Hór-völgy déli bejáratánál található felhagyott mészkőbánya ebből a kőzetből épül fel, valamint Szarvaskő és Felsőtárkány között is található felszíni kibukkanása. Főként a DK-i Bükkben találhatóak nagy kiterjedésben a felszínen a *Felsőtárkányi Mészke Formáció* kőzetei, de a Hór-völgytől nyugatra a jura korú összlet alóli mészkő kibukkanások is ide tartoznak (Pelikán, 2005).

Az alsó jura fejlődéstörténetéről nincsenek információk, de a középső-jurában az óceáni árok szétnyílásával megindul a radiolaritképződés, melynek szép példája a vöröses, lilászöldes, helyenként zöldes, szürkés radiolarit, radioláriás pala által felépített *Bányahegyi Radiolarit Formáció*. A peremi területekről belecsúszott olisztosztrómák találhatók a formáció anyagában. Erre települ rövid üledékátmenettel a *Lökvölgyi Formáció*, sötétszürke-fekete agyagpala, melyre jellemző a palásság menti finomlemezes elválás. Helyenként turbidit jellegű betelepülések találhatók benne. A *Vaskapui Homokkő Formációt* szürke, pados-vastagpados, helyenként kovásodott homokkő építi fel, főként Szarvaskő környékén van felszíni kibukkanása, de foltokban Bükkzsérctől északnyugatra is megjelenik. Ezt követi a

fekete palás agyagos-aleurolitból álló *Mónosbéli Formáció*, majd a *Bükkzsérci Mészke Formáció*, mely uralkodóan sötétszürke mészkőből épül fel. Bőven tartalmaz fekete tűzkő gumókat, pados-vastagpados megjelenésű, a padokat vékonyabb-vastagabb fekete agyagos-aleuritos rétegek választják el egymástól (Pelikán, 2005).

A kialakuló óceáni árok rifttengelyében a középső-felső jurában bázisos magmatizmus volt jellemző. A *Szarvaskői Bazalt Formáció* anyaga a kontinentális lejtőt borító, nagy nedvességtartalmú konszolidálatlan iszapra ömlött. A tenger alatti vulkanizmus bizonyítéka a jellegzetes párnaláva megjelenés. A *Tardosi Gabbró Formáció* anyaga a riftesedés kezdeti szakaszában az üledékes összletbe nyomulva lassan hűlt ki. Egyik típusfeltárása a tardosi kőfejtőben található, ahol a bányafalon jól látható a jura korú üledékbe nyomult gabbró, és a termális kontaktus hatására kialakult kontaktudvar (Pelikán, 2005).

Jelentős üledékhézag után következőnek eocén korú kőzetek ismertek a területen, ezek egyike a *Kosdi Formációt* felépítő döntően vörös agyag, valamint homok, kavics, mészkő-, és dolomittörmelék elegye, mely formáció fekszik a különböző jura korú üledékek. Részben fekszik a *Szépvölgyi Mészke Formációnak*, mely jól karsztosodó, világos, biogén mészkőből épül fel. Előfordul Felsőtárkánytól délkeletre, valamint Bükkzsérc környékén. Kevés helyen van felszíni kibukkanása a *Budai Márga Formációnak*, mely mindenhol a Szépvölgyi Mészke Formáció fedőjeként jelentkezik. Jól rétegzett, pados megjelenésű homokos mészmárga, mely karbonáttartalma 60-80 % közötti. Noszvaj környékén felszínen is jelentkezik a *Kiscelli Agyag Formáció*, mely fúrásokból ismerve a Bükkalja egész területén jelen van felszín alatt. A formációt homokos-agyagos aleurit, vagy aleuritos agyagmárga építi fel (Pelikán, 2005).

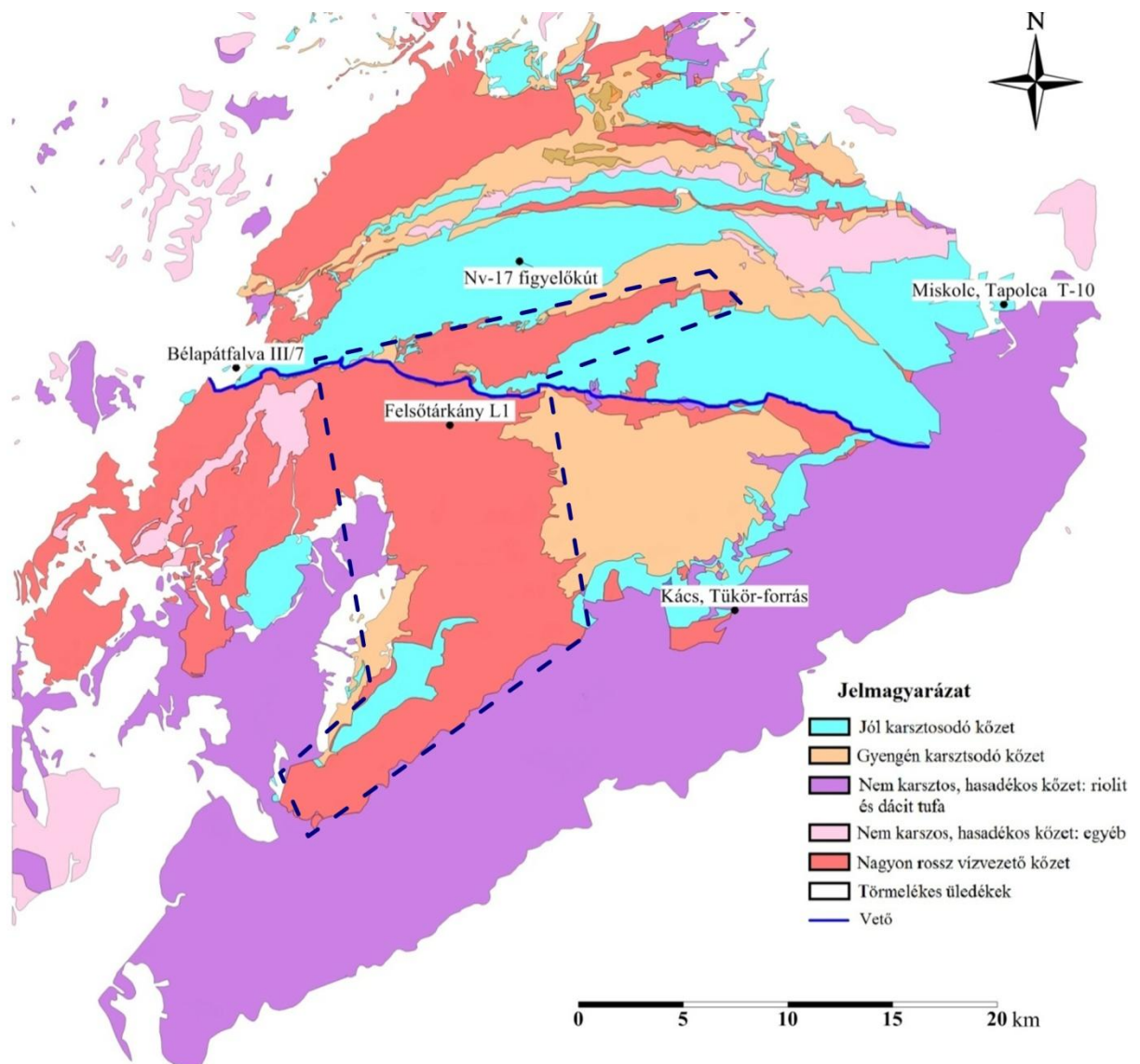
Kács – Bükkzsérc - Noszvaj vonalától délre már megjelennek nagy felszíni kiterjedésben a Bükkaljára jellemző miocén piroklasztikus összletek: a *Gyulakeszi Riolitufa Formáció*, a *Tari Dácitufa Formáció* és a *Harsányi Riolitufa Formáció* (Pelikán, 2005).

3.2 A DNy-i Bükk általános vízföldtani viszonyai

A hegység ezen területén található – az előző fejezetben említett – formációk közül csak a Bervai és a Szépvölgyi Mészke karsztosodik kitűnően és rendelkezik jó vízvezető képességgel, a Felsőtárkányi Mészke közepesen-gyengén karsztosodó és vízvezető tulajdonságú. A területet felépítő többi formáció kőzete vízrekesztőnek tekinthető, habár a Mónosbéli Formáció palarétegek közé zárt mészkőrétegei jól karsztosodnak, a Bányahegyi Radiolarit hasadéakai alkalmasak a vízvezetésre, mindkét összlet esetén kis hozamú időszakos források

jelzik a fent említett tulajdonságaikat (Pelikán, 2005). A DNy-i Bükk területének karsztosodottság szerinti felosztását láthatjuk a 2. mellékleten, ami vízföldtani szempontból is meghatározó. A DNy-i Bükk területén a karszt legnagyobb része jura korú vízzáró tulajdonságú kőzetekkel fedett mélykarszt, melynek a vize valószínűsíthetően a langyos vizű egri forrásokat, valamint az időszakosan működő Berva-forrást táplálja (Pelikán, 2005).

Egy új módszer kidolgozása során (részletesen lsd. 4.2 fejezetben) a hegység területén található formációkat karsztosodottság, ill. vízvezetőképesség szerint kategóriákba osztották, melyeket a 3. ábra mutat, ezen jelöltem az általam vizsgált területet is.



3. ábra A Bükk földtani formációira karsztosodottság szerint felállított kategóriák, szaggatott vonallal kiemelve a vizsgálat terület; alaptérkép: Less 2005, kategória beosztás: Less 2014
(Darabos, Tóth, Lénárt, 2014)

A DNy-i Bükk területén a felállított kőzetkategóriákba az alábbi formációk lettek besorolva:

1. *Jól karsztosodó kőzetek:*

- Bervai Mészke Formáció
- Szépvölgyi Mészke Formáció

2. *Gyengén karsztosodó kőzetek:*

- Felsőtárkányi Mészke Formáció
- Hámori Dolomit Formáció

3. *a. Nem karsztos, hasadékos kőzet: riolit és dácittufa*

- Gyulakeszi Riolit Formáció

3. *b. Nem karsztos, hasadékos kőzet: egyéb*

- Szentistvánhegyi Metaandezit Formáció
- Szarvaskői Bazalt Formáció

4. *Nagyon rossz vízvezető kőzet*

- Bányahegyi Radiarit Formáció
- Lőkvölgyi Formáció
- Bükkzsérci Formáció
- Mónosbéli Formáció
- Vaskapui Homokkő Formáció
- Tardosi Gabbro Formáció
- Kosdi Formáció
- Kiscelli Agyag Formáció

5. *Törmelékes üledékek, pl:*

- Salgótarjáni Barnaköszén Formáció

A pala és a magmás kőzetekkel borított területeken sok kis vízhozamú időszakos forrás, szivárgó található. A nagy hozamú időszakos források (Vörös-kő-, Fekete-len-, Imó-források) vizüket a Tárkányi-patakba adják, amely emellett a palakőzetek vizét is összegyűjti és Felnémethnél ömlik az Eger patakba, mely a környék legnagyobb vízfolyása. A Hór-völgy felső szakasza gyűjti össze a környezetében lévő nagy völgyekben eredő időszakos források vizeit, ám a völgyben található medernyelők miatt csak csapadékosabb időszakban és árvíz idején képes a víz átfolyani rajta (Pelikán, 2005).

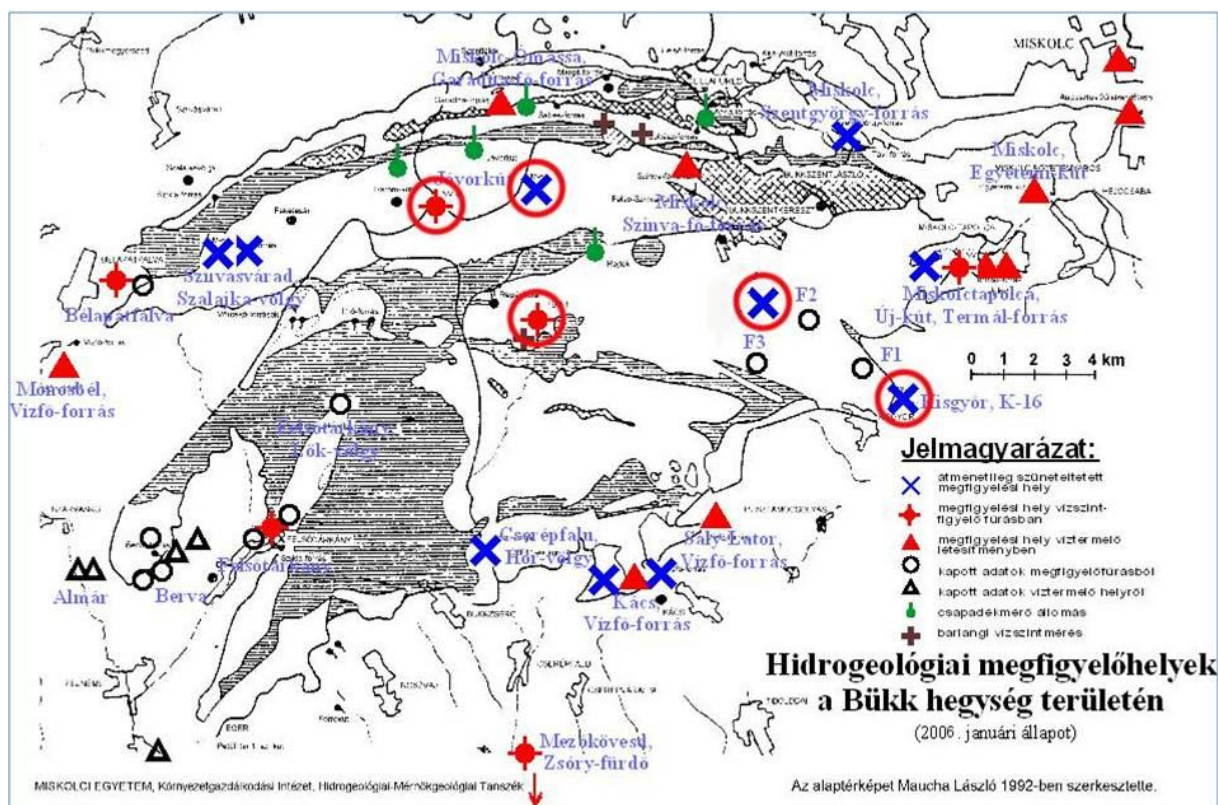
A palakőzeteken többnyire csak néhány l/p-es vízhozamú források, szivárgók találhatóak, melyek többnyire a felső mállott rétegből fakadnak. A több ezer l/p-es hozammal rendelkező

források legjelentősebb része karsztforrás, és főként a hegység lábánál lépnek felszínre (pl. Síkfőkúti-, Vízfő-, Tükör-, Szikla-forrás), melyeknek egy része langyos/meleg vizű (Pelikán, 2005).

4 Az új karsztvízdomborzati szerkesztési módszer elvének bemutatása, eddigi eredményei

4.1 BKÉR rövid ismertetése

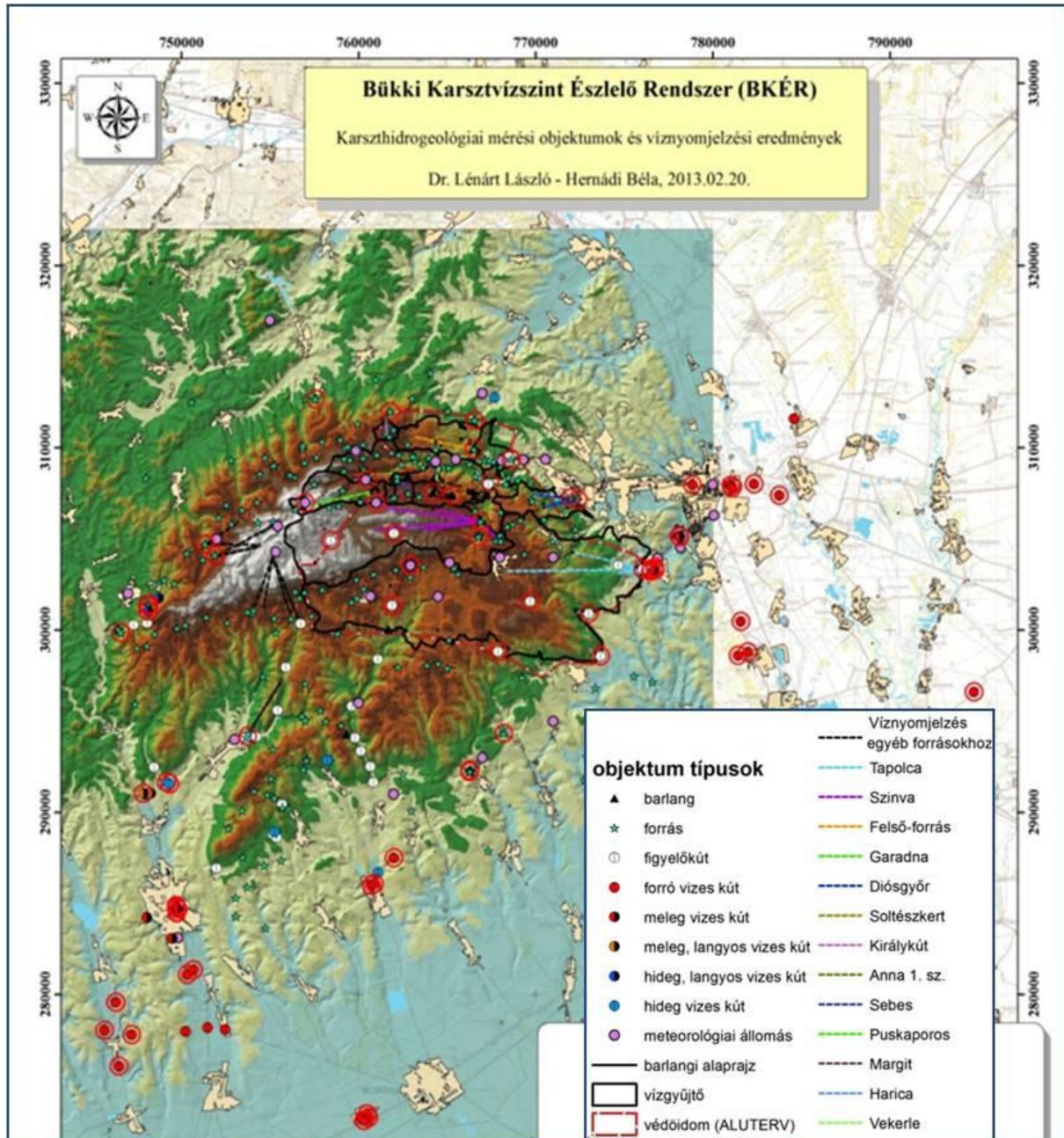
Mivel a Bükk térségében fekvő települések kommunális vízellátása döntően karsztvízből történik, emiatt vált fontossá a Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer (BKÉR) életre hívása és azóta is tartó folyamatos működtetése.



4. ábra – Hidrogeológiai megfigyelőhelyek egykor a Bükk hegység területén (Lénárt, 2006)

1991-92-ben a hosszú, száraz, csapadékmentes időjárás miatt merült fel az igény a bükki karsztvizet termelő vízmű vállalatok részéről, hogy létrehozzanak egy mennyiségi monitoring rendszert a hegységben. A mérőrendszer alapjául szolgáló 5 pontot Böcker Tivadar az 1980-as években jelölte ki (4. ábra – piros körrel jelzett pontok). Az automata mérőrendszer 1992-ben készült el és kezdte meg működését, azóta folyamatosan változik, fejlődik. Mai állapota a 5. ábrán látható. Napjainkra nem csak a rendszer épült ki, a nagyobb forrásokhoz tartozó

részvízgyűjtő területek is meghatározásra kerültek, valamint fel lettek használva a Miskolc város vízellátását adó források védőidomainak területei is, melyeket Böcker T. munkája alapján az Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóság 1987. szeptember 17-én hozott határozata alapján jelölték ki (20.540/1987. sz. határozat).



5. ábra – A Büki Karsztvízszint Észlelő Rendszer (Lénárt és Hernádi, 2013)

A műszerek telepítése az e célra mélyített karsztvíz-figyelő kutakba, ill. barlangokba, forrásokba történt.

Jelenleg a térségben több mint 30 ponton történik vízszint regisztrálása, de helyenként a mérések kiegészülnek vízhőmérséklet, vezetőképesség, radon koncentráció adatokkal is. A

mérések gyakorisága változó, általában 5 – 60 perc közötti (legtöbbször 15 perc), de elvétve előfordul 240 perces gyakoriságú is. Az adatrögzítés sűrűségét legfőképp a kutatási cél és a terület jelentősége határozza meg. A BKÉR-t a jelenlegi állapotában ábrázoló térkép és a kiegészítő magyarázata a 3. mellékletben található.

A vízszintadatok regisztrálása DATAQUA műszerekkel történik, az adatok kinyerése a cég által külön az eszközökhöz fejlesztett szoftverrel (terepi lapon) egyszerűen kivitelezhető.

A mérések során használt DATAQUA szondák a Dataqua Elektronikai Kft. által kifejlesztett speciális eszközök, melyeket elsősorban vízgazdálkodási célokra terveztek. Főként talaj- és rétegvíz megfigyelő kutak, termelő kutak, víztározók, felszíni vízfolyások vízszintjének, víz hőmérsékletének és vezetőképességének meghatározására és regisztrálására képesek, hálózati áram közvetlen igénye nélkül (az energiaigényét telepek biztosítják). Az adatok kinyeréséhez rendelkezésre áll a műszerhez tartozó adatkinyerő és feldolgozó program is.

A szonda piezorezisztív nyomásérzékelés alapján mér vízszintet. Egy szilícium lapkán található ellenállás-hidat folyamatos stabilizált tápfeszültséggel kell ellátni, mely hídon a lapkára ható hidrosztatikus nyomással arányos feszültségkülönbség fog jelentkezni.

A szondát egy speciális légnyomáskiegyenlítő kábel, az ún. „légzőkábel” köti össze a vízfelszín felett található adatgyűjtővel, mely feladata a szondából érkező impulzusokból a pontos mérési adatok számítása, azok tárolása és a hozzájuk tartozó időpontok rögzítése.

Az alkalmazott alkáli, illetve lítium elemekkel, a szonda 5-10 éven keresztül működik a telepek cseréje nélkül (Lénárt, 2006) (Dataqua, 2002).

2004-ben kezdődött folyamatos megfigyelés több bükki barlangban a dinamikus változó, csapadéokra legkönnyebben reagáló karsztvíz készletek mozgásának jobb megismerése céljából.

Az Egyetem több nagy víztermelő céggel kapcsolatban áll, azoknak folyamatosan készít előrejelzést a karsztvíz készletek csökkenését, illetve növekedését illetően (Lénárt et al, 2013).

A monitoring rendszer szerves részét képezi a csapadékadatok regisztrálása is, mely a hegységben több ponton történik. A meteorológiai állomások által szolgáltatott adatsorok óránkénti és napi csapadékadatok. Emellett helyenként (pl. Jávorkúton) lég-, és talajhőmérséklet mérése és regisztrálása is történik.

Fontos megemlíteni azt, hogy a Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer csak mennyiségi monitoring rendszer, a néhány mérési ponton történő vízvezetőképesség-méréseken kívül vízkémiai paraméterek meghatározása nem történik.

4.2 A vízkészlet számítási módszer bemutatása, eddigi eredmények

Amikor felszín alatti vizeket használunk, mind a használó vízműveknek, mind a hidrogeológusoknak tisztában kell lenniük azzal, hogy hogyan tudnak a rendelkezésre álló vízkészletekkel mind mennyiségi, mind minőségi szempontokat is figyelembe véve fenntartható módon gazdálkodni. Ehhez elengedhetetlen ismernünk azt, hogy mekkorák egyáltalán azon vízkészletek, amelyek rendelkezésre állnak.

Mivel a bükki karsztvízkészletek adják a hegység vonzáskörzetében az ivóvízellátás jelentős részét, az igény már nagyon régen felmerült a készletek felbecslésére. A 1954 és 2008 közötti időszakban összesen 13 különböző módszer és meghatározás született. Ezen módszerek szinte mindegyike vízháztartási vizsgálatokon alapul, melynek a legnagyobb hátránya, hogy a vízháztartási egyenlet minden egyes paraméterét meg kell határozni, vagy legalább pontosan becsülni. Mivel a víz gyakorlatilag nem tűnik el, a vízháztartási egyenlet alapkoncepciója a következőképpen néz ki:

$$\Delta T = CS - (Q_{ki} + ET)$$

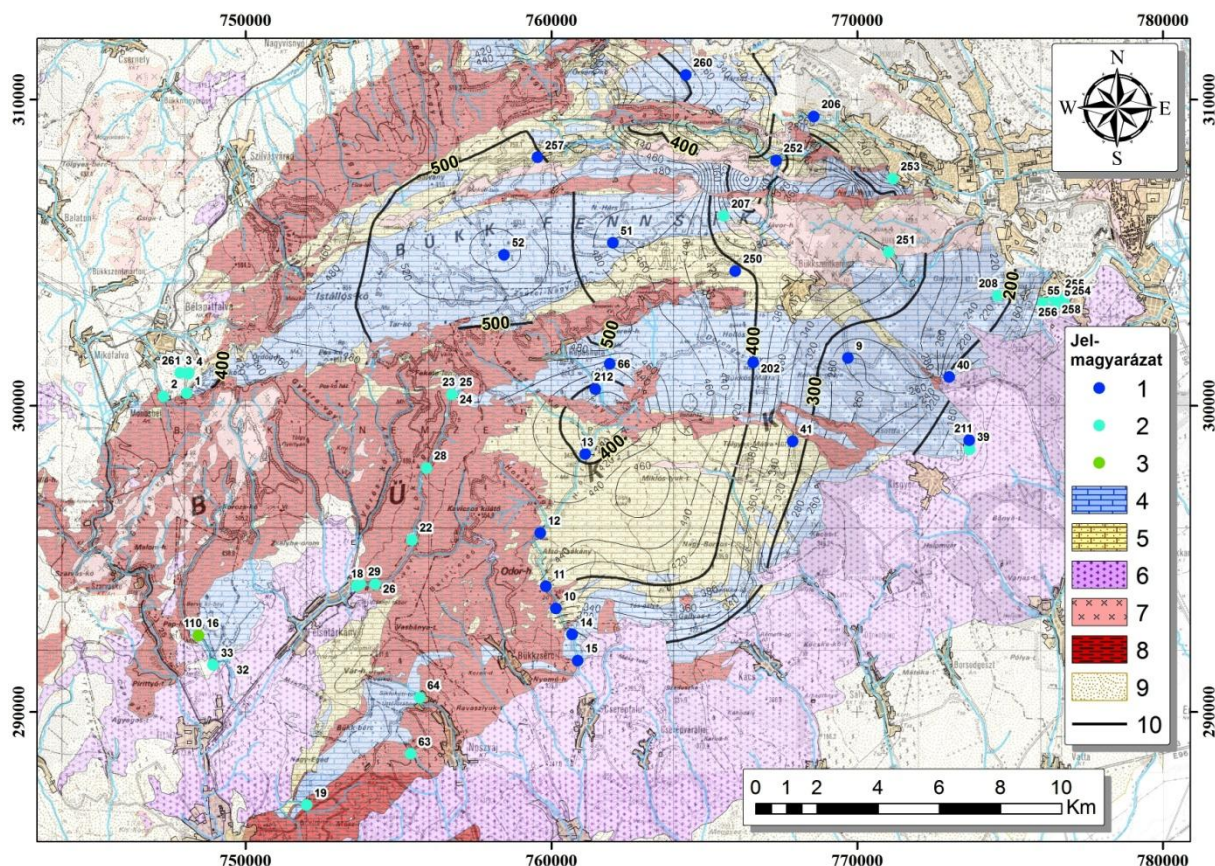
ahol: CS – a lehulló csapadék (input); Q_{ki} – a kilépő hozam; ET – evapotranspiráció; ΔT – maga a keresett tárolt mennyiség, vagyis a rendelkezésre álló vízkészlet (Groves, 2007).

A legnagyobb probléma ezzel az, hogy az egyenlet egyes paramétereit nagyon nehéz pontosan meghatározni, és karsztok esetében a nagy inhomogenitás miatt speciális módon kell alkalmazni ezeket.

Az új módszer célja, hogy a rendelkezésre álló bükki karsztvízkészlet meghatározására és ezzel egy karsztvízdomborzati térkép szerkesztésére – a 4.1. fejezetben bemutatott – BKÉR adatait, valamint a VIFIR forráskataszter bükki adatait használja fel, ezáltal nincs szükség a vízháztartási egyenlet paramétereinek bizonytalan meghatározására. Ennek előnye, hogy viszonylag egyszerű és pontos méréseken alapul, ill. a számítások során a korábbi kutatási eredmények is fel lettek használva, hátránya viszont, hogy egyelőre csak pillanatnyi készlet meghatározásra alkalmas. A módszer lényege, hogy a mért vízszint és forrásfakadási szintekből karsztvíz-domborzati térképet állítunk elő, majd a korábbi kutatások során

meghatározott alapszint fölötti karsztvíz mennyiségét, az irodalmi adatok alapján meghatározott porozitás értékekkel való súlyozás után, vízföldtani kategóriánként térfogatszámítással meghatározzuk. (Darabos, Tóth, Czesznak, Lénárt, Hernádi, 2014).

A módszer kulcskérdése, hogy a vízdomborzat térképet jól határozzuk meg, viszont az előállított térképen ki kellett hagyni az északnyugati terület egy darabját, valamint a DNY-i Bükkben kapott eredményeket, mivel ezek értelmezhetetlenek voltak. Ennek oka, hogy ezeket a területeket nagyrészt nagyon rosszul vezető kőzetek fedik. Viszont a délnyugati részen valószínűleg még a vizsgálati mélységen belül helyezkednek el a triász karsztos kőzettestek, így ezen terület áramlási viszonyainak tisztázása szükséges, hogy a teljes áramlási kép megalkotható legyen (Darabos, Tóth, Czesznak, Lénárt, Hernádi, 2014). Az ezek alapján készített vízdomborzati térkép a 6. ábrán látható, valamint a jobb átláthatóság érdekében a 4. mellékletben is megtekinthető. Az eredmények értelmezhetetlensége az említett területeken abból fakadt, hogy a rendelkezésünkre álló összes forrás adatát felhasználtuk, pedig valószínűleg ezeken a hegység részekén előfordulnak helyi áramlási pályákról fakadó források is, melyek vize nem a karsztos víztestből származik. Ezeknek a forrásoknak a kémiai módszerrel történő leválogatása volt az én feladatom.



6. ábra – Az eddig elkészült új bükki karsztvízszint-domborzati térkép. *Jelmagyarázat: 1 – Hideg vízű megfigyelőkút; 2 – Hideg-langyos vízű megfigyelőkút; 3 – Meleg-langyos vízű megfigyelőkút; 4 – jól karsztosodó kőzetek; 5 – gyengén karsztosodó kőzetek; 6 – nem karsztos, hasadékos kőzet: riolit és dácittufa; 7 – Nem karsztos, hasadékos kőzet: egyéb; 8 – nagyon rossz vízvezető kőzet; 9 – törmelékes üledékek; 10 – vízszint izovonalak (szerk: Hernádi B.)*

5 A mérések és eszközök ismertetése

5.1 Vízmintavételi pontok

A saját kutatásom célja tehát, hogy megállapítsam, hogy a DNY-i Bükk területén mely források vannak kapcsolatban a terület alatt húzódó karszttal. Jelen dolgozat keretein belül ezt vízkémiai vizsgálatokkal, és a vízkémiai eredményeket feldolgozó különböző módszerekkel tettem meg. A vízmintavételi pontok kijelölése során figyelembe vettem a geológiai felépítést, tehát igyekeztem olyan területekről vízmintát begyűjteni, melyek főként a jura korú palaösszleten fekszenek. Emellett még figyelembe vettem azt is, hogy olyan forrásokat válasszak, melyekről még nem áll rendelkezésre semmilyen vízkémiai adat a VIFIR bükki forráskataszterében. Kisebb mértékben szerepet játszott még az adott források földrajzi helyzete, megközelíthetősége, és az egy nap alatt elvégezhető mintavételezések száma is. Így

3 különböző napon összesen 15 vízmintát gyűjtöttem, és elemeztem vízkémiai laboratóriumban, ezzel is bővítve a forráskataszterből rendelkezésre álló információinkat.

5.2 Alkalmazott laboratóriumi módszerek

A vízkémiai vizsgálatok a Miskolci Egyetem Hidrogeológiai - Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék Vízkémiai Laboratóriumában történtek.

A felszín alatti vizek kémiai jellegét jelentős részben a tárolóközet-víz interakciója, a köztük lejátszódó kémiai reakciók fogják meghatározni. Azon vízkémiai összetevőket, melyek több mint 1 mg/l-es koncentrációban vannak jelen a vízben, fő összetevőknek nevezik, melyekre automatikusan végeznek vízkémiai elemzést, mert ezek tükrözik legjobban a geológiai környezetet, ezáltal megkönnyítik a vizek alapvető genetikai típusainak megállapítását és összehasonlítását.

Gyakorlati szempontból a vizekben oldott állapotban jelenlévő elemeket két csoportra bontották: elsődleges összetevők, melyeket rutinszerűen elemeznek, valamint másodlagos összetevők, melyeket szükség szerint vizsgálnak. A legnagyobb különbség a két csoport között, hogy az elsődleges elemek adják a vízben oldott anyag több mint 90 %-át.

Az elsődleges összetevők a következők:

- Anionok: Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_3^- (és más nitrogénvegyületek)
- Kationok: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{2+} (és más vas formák)
- Szilícium, mint SiO_2 (legtöbbször töltés nélkül van jelen)

(Kresic, 2007).

A minták laboratóriumba szállítása után a fent felsorolt összetevők közül Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , és HCO_3^- -ra végeztem vízkémiai elemzéseket.

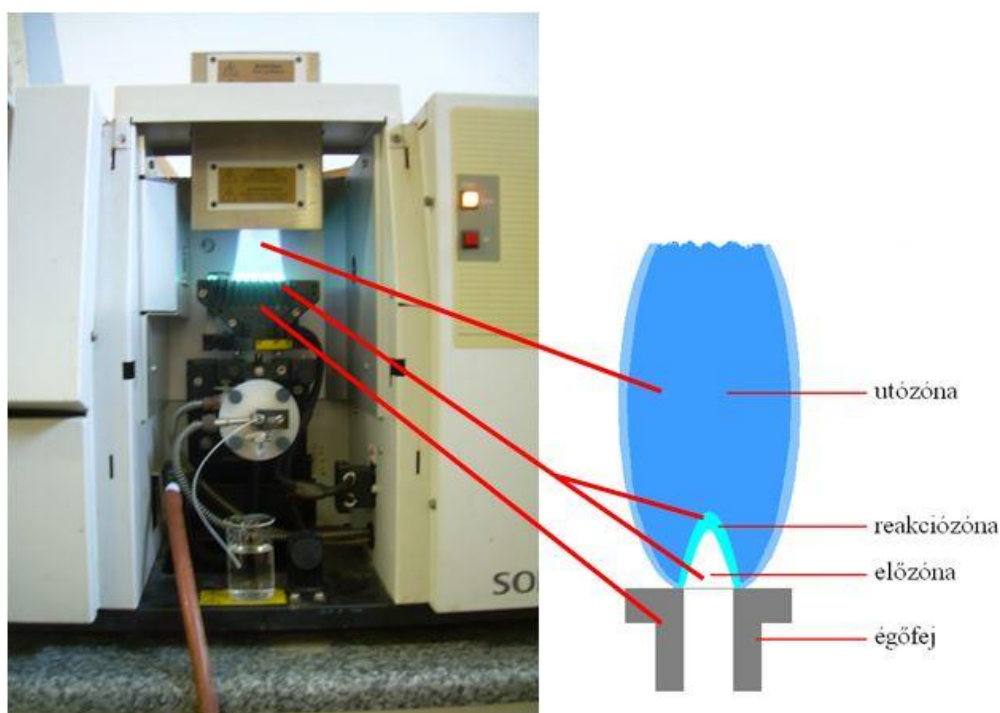
5.2.1 Lángatomabszorpciós spektrofotometria

Az elemzésekhez alkalmazott legfontosabb módszer a lángatomabszorpciós spektrometria (FAAS). A műszer folyadékok különböző elemkoncentrációinak meghatározására alkalmas. Nagy az alkáli- és alkáliföldfémekre való érzékenysége. Az atomabszorpciós módszerek elvégzése során, elsősorban termikus energia útján, szabad állapotú atomokat képezünk, és az ezen atomok által elnyelt elektromágneses sugárzást (fényt) vizsgáljuk. Ezen módszer során a minta atomizálása lángban történik beporlasztással. A bejutott cseppek több lépés során átalakulnak, hő hatására szabad atomok keletkeznek, melyek a közölt hőenergia hatására gerjesztődnek, akár ionizálódhatnak is. De előnyös a mérés során, hogy az alapállapotú atomoknak körülbelül csak 1 %-a kerül gerjesztett állapotba.

A már említett elektromágneses sugárzás külső fényforrásból származik. Az atom csak a gerjesztési energiájának megfelelő hullámhosszú fotont nyeli el, így kerül gerjesztett állapotba. A sugárzás azon része, amely nem fordítódott gerjesztésre, szabadon halad tovább a detektor felé, ahol a kisugárzott fényhez képesti intenzitáscsökkenést mérjük adott hullámhosszon. Ezen fényintenzitás csökkenéséből következtetünk a fényelnyelést okozó atomok koncentrációjára (Bánhidi, 2009).

Az általam használt műszer egy Unicam 929/2071 AA típusú spektrofotométer (7. ábra), az alkalmazott gáz: levegő/acetiléngáz keveréke.

A műszert számítógéphez csatlakoztatva a SOLAAR nevű kezelőprogram segítségével használtam.



7. ábra – Az elemzésekhez alkalmazott spektrofotométer (Posta, fotó: szerző saját készítése)

Ezzel a módszerrel mértem a mintákban a Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , és K^{+} ionok koncentrációját.

Irodalmi adatok szerint a Ca^{2+} lángatomabszorpciós mérése során interferenciát okozhat a foszfát, a szulfát, az alumínium és a szilícium jelenléte. A méréseim szerint a mintáink szulfátot tartalmaznak, emiatt szükséges volt ezeket lantán-kloriddal (LaCl_3) kezelni (Welz&Sperling 1999; MSZ EN ISO 7980:2000).

A módszer egyetlen hátránya, hogy egyszerre csak egy elem analizálására képes.

A Ca^{2+} -koncentráció mérése előtt a vízminták 10x-es hígítása után történik (1 cm^3 vízminta, 1 cm^3 LaCl_3 oldat, 8 cm^3 desztillált víz). Ezt azért végezzük el, mert így kevesebb LaCl_3 oldat szükséges, mintha az 1000 ml-es vízmintákhoz adnánk 100 ml oldatot.

5.2.2 Koloriméter

A koloriméterek (8. ábra) működése a Lambert-Beer törvényen alapszik, vagyis a mért intenzitás-csökkenés logaritmusa arányos a mért elem oldatbeli koncentrációjával (Bánhidi, 2009).



8. ábra – Hach DR/2000 típusú koloriméter (szerző saját készítése)

Terepi koloriméterrel végezett vizsgálatokhoz a mérni kívánt összetevőnek megfelelő reagens hozzáadása és a reakció idő kivárása szükséges. A mérés ugyan így is csak néhány percig tart, viszont az eredményekről tudni kell, hogy csak tájékoztató jellegű információkat adnak. Ezzel a módszerrel mértem a vízminták SO_4^{2-} , és Cl^- tartalmát, mivel ezen összetevők adatai is szükségesek a víz típusának meghatározásához.

Mivel az SO_4^{2-} koncentráció minden mintában határozottan kimutatható volt, így ez a mérés erősítette meg a Ca^{2+} tartalom pontos meghatározásához szükséges lantan adagolását.

5.2.3 Titrálás

5.2.3.1 Hidrogén-karbonát koncentráció meghatározása titrálással

Ennek a módszernek a lényege, hogy az általunk vizsgált anyaghoz olyan ismert töménységű mérőoldatot adunk, mely a meghatározandó vegyülettel gyorsan és teljesen végbemenő reakcióba lép, mely reakciónak a végét egy indikátor jelzi. A titrálást az MSZ 448/11-86 számú szabványban leírtak szerint végeztem el.

Esetünkben a mérőoldat HCl – sósav volt, melynek faktora $f=0,9523$, az indikátor pedig metilnarancs.

A titrálás során a közömbösítéshez használt mérőoldat fogyásából és koncentrációjából számítjuk a lúgosság mértékét az alábbi képlet szerint:

$$m = \frac{a \cdot f \cdot 100}{V}$$

ahol:

m – lúgosság [mg eé/dm^3];

a – a fogyott $0,1 \text{ mol/dm}^3$ sósavoldat cm^3 -ek száma metilnarancs indikátor mellett;

f – a mérőoldat faktora;

V – a meghatározáshoz használt minta térfogata [cm^3]

(Kresic, 2007).

Mivel a meghatározáshoz használt minta térfogata 100 cm^3 , az egyszerűsítést elvégezve a fenti egyenlet így módosul:

$$m = a \cdot f$$

ahol:

$$m [\text{mg eé/dm}^3 = \text{meq}].$$

A meq értékét szorozva a hidrogén-karbonát moláris tömegével, kapjuk az eredményt mg/l dimenzióban, ez azért szükséges, mert ebben a formában összehasonlítható a többi mérési adattal:

$$[\text{meq}] \cdot m_{\text{HCO}_3} = [\text{mg/l}]$$

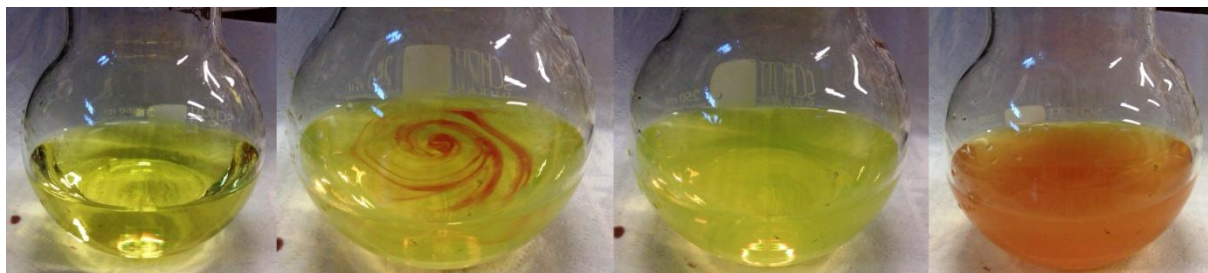
(Kresic, 2007).

5.2.3.2 Kloridion koncentráció meghatározása titrálással

Maga az eljárás teljesen megegyezik a hidrogén-karbonát meghatározásával, de itt a vízben lévő kloridionokat kálium-kromát-indikátor (K_2CrO_4) jelenlétével ezüst-nitrát (AgNO_3) mérőoldattal kell titrálni. A titrálás végét vörösbarna színű ezüst-kromát csapadék jelzi. A

módszert az MSZ 448/15-82-es számú szabványban leírtak szerint alkalmaztam, mely szerint: 100 cm³ vízminthez 2 cm³ kálium-kromát reagenst adtam, majd az ezüst-nitrát mérőoldattal a citromsárgából vörösbarna szín első megmaradó megjelenéséig titráltam (9. ábra).

A módszerrel megegyező módon vakoldatot is titráltam, ahol a vízminthe helyett desztillált vizet titráltam.



9. ábra – A kloridion meghatározásához elvégzett titrálás közben az oldat színének változása (szerző saját készítése)

A kloridion koncentrációja a következőképpen határozható meg:

$$Cl^- \left(\frac{mg}{l} \right) = (a - b) \cdot f \cdot \frac{1000}{V}$$

ahol:

a – a fogyott ezüst-nitrát mérőoldat fogyása [cm³];

b – a vakpróbára fogyott ezüst-nitrát mérőoldat fogyása [cm³];

f – a mérőoldat faktora;

V – a meghatározáshoz használt minta térfogata [cm³];

1000 – az 1 literre való átszámításból és a mérőoldat 1 cm³-e által mért kloridion mennyiségéből adódó tényező [mg/l].

6 Eredmények

6.1 Vízkémiai adatok, eredmények feldolgozásának módszerei

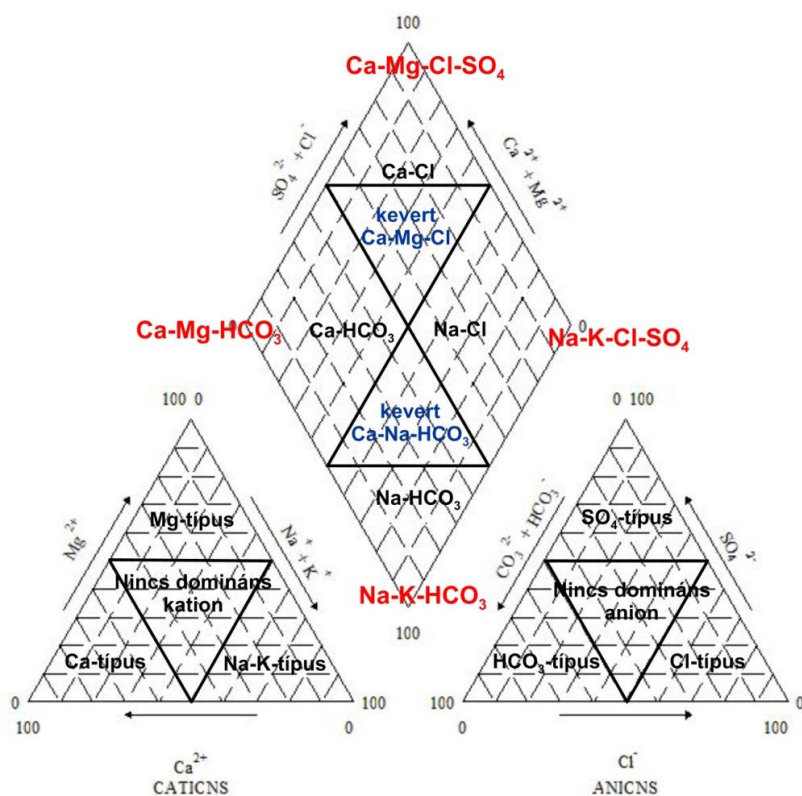
6.1.1 Piper-diagram

A vízkémiai vizsgálatok eredményeit felhasználva meghatározható az, hogy a víz mely fő kémiai típusba tartozik. Ennek leggyakoribb módja grafikus úton történik, melynek egyik módja a Piper-diagram.

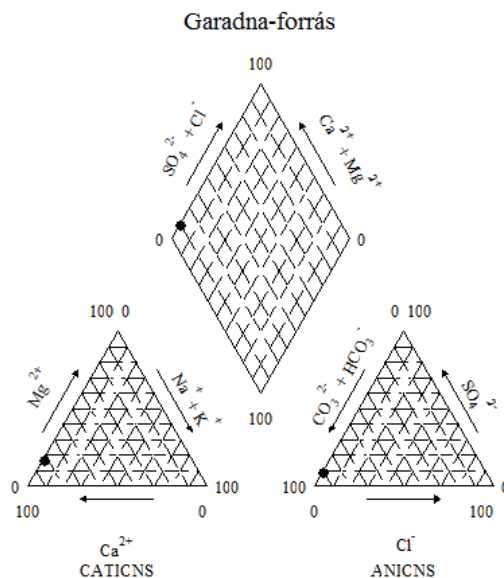
A felszín alatti vizek fő kémiai paraméterei szükségesek hozzá:

- kationok:
 - kalcium (Ca^{2+})
 - magnézium (Mg^{2+})
 - nátrium (Na^+)
 - kálium (K^+)
- anionok:
 - klorid (Cl^-)
 - szulfát (SO_4^{2-})
 - hidrogén-karbonát (HCO_3^-)+karbonát (CO_3^{2-}) (Kresic, 2007).

Az általam elvégzett vízkémiai vizsgálatok során a kationok mennyiségének meghatározása a 5.2.1. fejezetben bemutatott lángatomabszorpciós spektrofotometriával, a szulfátion meghatározása a 5.2.2. fejezetben prezentált koloriméter segítségével, a klorid, és hidrogén-karbonát koncentráció meghatározása pedig az 5.2.3.1. fejezetben leírt titrálás módszerével történt. Az adatok feldolgozása után elkészíthető a Piper-diagram, mely beosztása a 10. ábrán látható.



10. ábra – A Piper-diagram beosztása (szerző saját szerkesztése, Talabi, 2013 alapján)



11. ábra – Egy tipikus karsztforrás Piper-diagramja (szerző saját szerkesztése)

6.1.2 Stiff-diagram

Vízkémiai eredmények grafikus ábrázolásának egy másik kedvelt módja a Stiff-diagram (12. ábra), amely egy szabálytalan alakú sokszög formájában jeleníti meg a vizek fő kémiai paramétereit. Ugyanazon adatok szükségesek hozzá, mint a Piper-diagramnál felsoroltak, de az elemek koncentrációjának mértékegysége milligramm-ekvivalens/liter vagy milliekvivalens [meq], mely figyelembe veszi a különböző ionok egyensúlyi tömegét is, ezáltal pontosabb képet kapunk az oldott komponensek arányáról. Például: ha meg szeretnénk határozni a 87,82 mg/l-es Ca^{2+} -koncentráció milliekvivalens értékét, a következő módon járunk el:

- első lépésben elosztjuk az elem atomtömegét a vegyértékével:

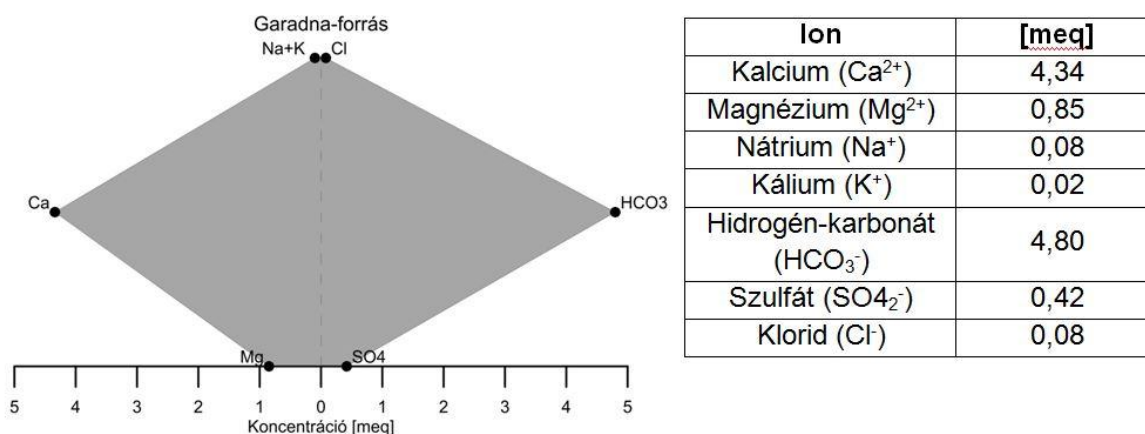
$$\text{egyensúlyi tömeg} = \frac{\text{Ca atomtömege}}{\text{Ca ion vegyértéke}} = \frac{40,078}{2} = 20,039$$

- második lépésben a mg/l-ben kifejezett koncentrációértéket osztjuk az előbb kapott egyensúlyi tömeg értékével:

$$\frac{\text{milliekvivalens}}{\text{liter}} = \frac{\text{Ca}^{2+} \text{ koncentrációja}}{\text{Ca egyensúlyi tömege}} = \frac{87,82}{20,039} = 4,38$$

(Kresic, 2007).

A poligon alakja sokszor nyújt segítséget a víz típusának besorolásához.



12. ábra – Egy tipikus karsztforrás Stiff-diagramja (szerző saját szerkesztése)

6.2 Vízkémiai adatok, eredmények kiértékelése

Munkám során összesen 39 forrást vizsgáltam, ezek közül 15 forrást mintáztam meg és elemeztem laboratóriumban. A maradék 24 forrás vízkémiai adatai a forráskataszterből származnak, melyek közül a nyári hidrológiai félévre eső mérési adatsorokat használtam, mert az általam végzett mintavételezések is ebbe az időszakba estek. Úgy gondoltam, hogy az adatok így módon összevethetőbbek. Először minden forrásnak elkészítettem a Piper-diagramját, majd – ha nem volt egyértelmű a víz típusa – akkor elkészítettem a Stiff-diagramot is. Abban az esetben, ha a két diagram összehasonlítása sem hozott egyöntetű eredményt, akkor minden esetben a Stiff-diagramot vettem alapul a forrásvíz típusának meghatározásakor (pl: 5. melléklet, Laci-lápai-forrás).

Egy korábbi kutatás során megállapítottam, hogy az Ómassa településen felszínre lépő Garadna-forrás vize Ca-Mg-HCO_3 -típusú, tisztán karsztos jelleget mutat, ezért elkészítettem ezen forrásra vonatkozó Piper-, és Stiff-diagramot is, mely egyfajta referenciaként szolgált arra, hogy a tisztán karsztos jelleget mutató víz milyen helyzetet, alakzatot vesz fel a diagramokon (11. és 12. ábra) (Miklós, 2014).

Megállapítható a diagramokról, hogy szinte minden forrás esetén a kationok közül a Ca^{2+} a domináns ion, a forrás vízáadó kőzetétől függetlenül. Ez is lehet az oka annak, hogy a Piper-diagramon a pontok legnagyobb többsége a Ca-HCO_3 -mezőbe, egy-két esetben a kevert Ca-Mg-Cl -mezőbe esett (5. melléklet).

A források víztípus szerinti elkülönítésénél az volt a cél, hogy kimondjam, a víz karsztvíz jelleget mutat-e, vagy sem. Mivel a Ca^{2+} mindig dominált, ezért a HCO_3 többi kationhoz viszonyított arányából indultam ki. Az alapgondolat, mely a döntést vezérelte, az volt, hogy

ha a minta hidrogén-karbonát tartalma arányaiban nézve kevés, akkor a forrásnak nincs kapcsolata a karsztrendszerrel, mert a víz jellegét alapvetően nem a mészkő oldódási folyamata befolyásolja.

Előfordult olyan eset is, hogy egy forrás esetén két különböző időpontban teljesen más típusú vizet mutattak a kémiai adatok. Ennek oka lehet az, hogy nagyobb csapadékmennyiség hatására a nem karsztos jellegű forrás utánpótlást kap a megemelkedett nyomásszintű karsztrendszerből, azzal egyfajta vízkeveredés zajlik le (pl: 5. melléklet, Gyökeres-Tető-alatti-forrás). Természetesen előfordulhat, hogy csak mérési hiba okozza az eltérést. Mindkét esetben további vizsgálatok szükségesek.

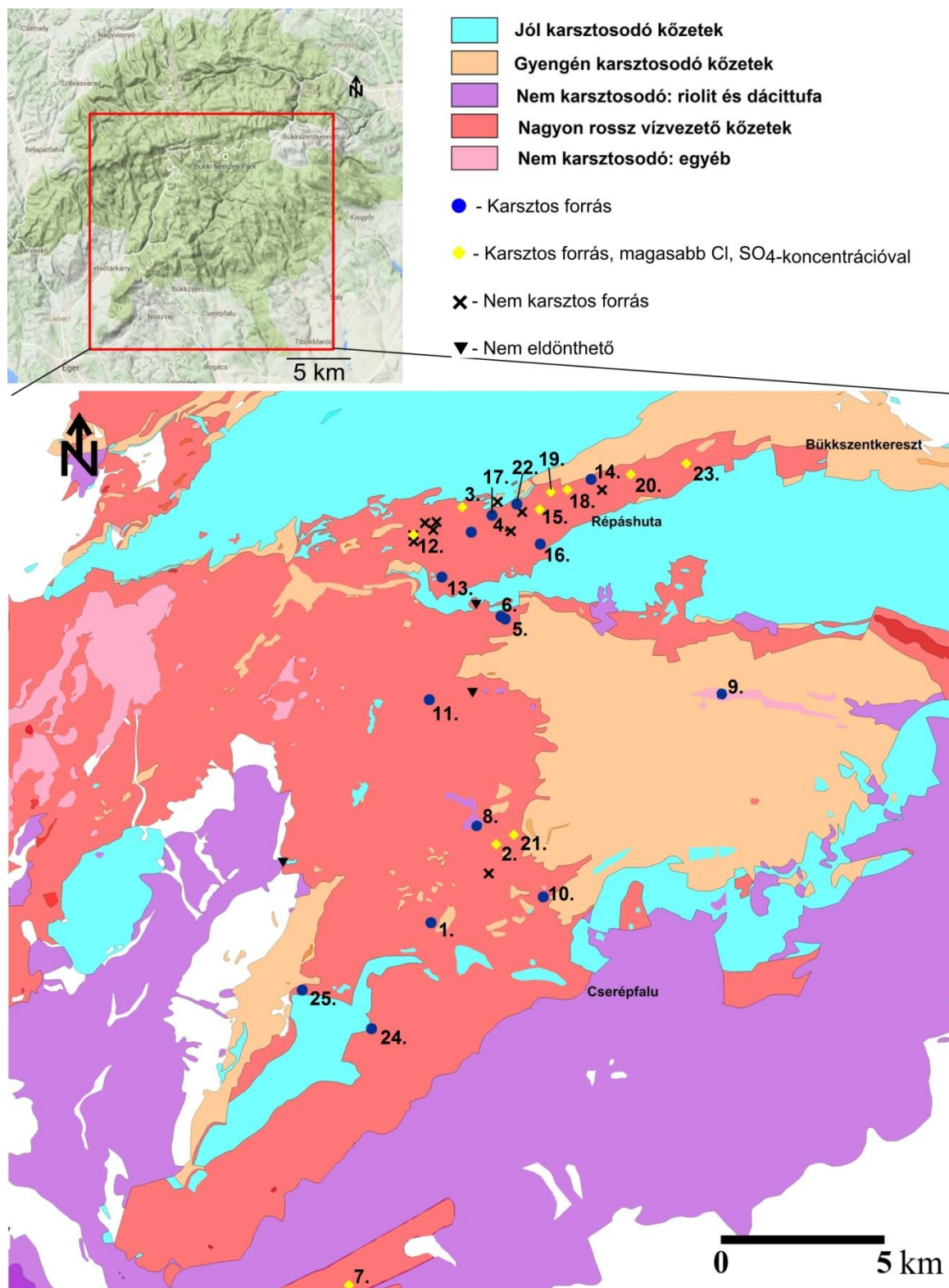
Az elkészített Piper-, és Stiff diagramok az 5. mellékletben találhatóak.

A fent felsorolt szempontok alapján a következő kategóriákba soroltam be a vizsgált források vizeit:

- *karsztos jellegű*
- *karsztos jellegű, de magasabb Cl^- , SO_4^{2-} tartalom jellemzi*
- *nem karsztos jellegű*
- *nem dönthető el.*

A források pontos listája a 6. mellékletben található.

Miután a kategóriákba sorolás megtörtént, térképen ábrázoltam a forrásokat, megfelelő színekkel jelezve a különböző típusokat (13. ábra).



13. ábra – A dolgozat során kategóriákba sorolt források térképen való megjelenítése (szerző saját szerkesztése Tóth M. nyomán, alaptérkép: Less, 2005; maps.google.com)

A 13. ábrán feltüntetett számok az alábbi forrásokat jelölik:

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1 Borjú-kút-forrás | 14 Diósi-kút-forrás |
| 2 Kis-Hárs-kút-forrás | 15 Erdei (Névtelen)-forrás |
| 3 Kis-tölgyes-oromi 1.-forrás | 16 Faluszéli-kút-forrás |
| 4 Kis-tölgyes-oromi 4.-forrás | 17 Kis-tölgyes-lápai 2.-forrás |
| 5 Pazsag-forrás | 18 Névtelen 1.-forrás |
| 6 Pazsag-kút-feletti-forrás | 19 Névtelen 2.-forrás |
| 7 Rakottyási-forrás | 20 Pénzpatak Ny-i (Vadász-vgy-i)-forrás |
| 8 Szent Erzsébet-forrás | 21 Tábor-hegyi (Zsilibes)-forrás |
| 9 Belvács (Vándor)-forrás | 22 Útőrházi (János-réti)-forrás |
| 10 Hárs-kút-forrás | 23 Rejtek 2.-forrás |
| 11 Lajpos-oromi-forrás | 24 Síkfőkút-forrás |
| 12 Lénárt-forrás | 25 Várkút-forrás |
| 13 Tamás-kút | |

Látható a 13. ábrán, hogy a *karsztos víztípusú források* legnagyobb része karsztos és nem karsztos kőzetek réteghatárának közelében lép felszínre, ami egy teljesen természetes jelenség. Ha a víz egy rossz vízvezetőképességű kőzet határához ér, akkor ott általában felemelkedésre kényszerül, és a felszínen forrásként jelentkezik. Ugyanez igaz azokra a forrásokra is, melyek szintén *karsztos jelleget mutatnak, de magasabb az oldott Cl^- , SO_4^{2-} - tartalmuk* is. Az általam vizsgált források közül szinte mind a Répáshutától északra elterülő rossz vízvezetőképességű kőzeteken fekszik, azon belül is a Lök völgyi Formációt alkotó sötétszürke agyagpalából lép felszínre.

Azok a források, melyeknek a vízkémiai adatai alapján *nem lehet eldönteni* a víztípusukat, szintén karsztos-nem karsztos kőzetek határán találhatóak. Így a kevert kémiai jellegre, valamint a különböző időpontokban vett vízminták változatosságára magyarázat lehet az, hogy nagyobb csapadék esetén a karsztrendszer is beadja vizét a palakőzeteken fekvő források némelyikébe.

A *nem karsztos jelleget mutató források* is a jura korú palaösszleten lépnek felszínre, és hozamuk is kisebb (1-10 l/p), mint a karsztos típusú forrásoknak általában (5-25 l/p, de előfordul 100-800 l/p is).

Összefoglalva elmondható, hogy az eddigi munkám során vizsgált 39 forrás közül a következő 25 használható fel a karsztvíz-domborzati térkép szerkesztése során (a térképen a források a zárójelbe írt számokkal vannak jelölve): Borjú-kút-forrás (1); Kis-Hárs-kút-forrás (2); Kis-tölgyes-oromi 1.-forrás (3); Kis-tölgyes-oromi 4.-forrás (4); Pazsag-forrás (5); Pazsag-kút-feletti-forrás (6); Rakottyási-forrás (7); Szent Erzsébet-forrás (8); Belvác (Vándor)-forrás (9); Hárs-kút-forrás (10); Lajpos-oromi-forrás (11); Lénárt-forrás (12); Tamás-kút (13); Diósi-kút-forrás (14); Erdei (Névtelen)-forrás (15); Faluszéli-kút-forrás (16); Kis-tölgyes-lapai 2.-forrás (17); Névtelen 1.-forrás (18); Névtelen 2.-forrás (19); Pénzpatak Ny-i (Vadász-vgy-i)-forrás (20); Tábor-hegyi (Zsilibes)-forrás (21); Útőrházi (János-réti)-forrás (22); Rejtek 2.-forrás (23); Síkfőkút-forrás (24); Várkút-forrás (25).

7 További célkitűzések, javaslatok a mérések pontosítására

Ez a dolgozat egy folyamatban lévő projekt munkájának egy részét mutatja be, az eddig elért eredményeken kívül még rengeteg munka van hátra, és a kutatást mindenképpen folytatni szeretném.

Munkám során több olyan forrást vizsgáltam, melyeknek nem lehetett egyértelműen eldönteni, hogy mely víztípusba sorolhatók be. Mindenképpen szükségesnek tartom a további vízmintavételek és vízkémiai elemzések elvégzését ezen esetekben. Ezen felül a mérésadatok feldolgozása során fontos lenne figyelembe venni a mintavételezés időpontját megelőző, legalább havi csapadékadatokat. Így nyomon követhetőbb lenne, hogy a források hogyan reagálnak a csapadékszegény/csapadékos időszakokra, esetleges hozzáfolyás, utánpótlás történik-e a mélyebben fekvő karsztból a felszíni palaösszletek irányába.

A '80-as évek mérési adatai esetén a Vízrajzi Évkönyvekből visszakereshetőek az adott időszak csapadékadatai, így már ezekből is lehet következtetéseket levonni.

A már meghatározott víztípusú források mellett természetesen még rengetek kis hozamú és időszakos forrás található még a területen, melyekről semmilyen vízkémiai információval nem rendelkezünk, így a karsztvíz-domborzati térkép folyamatos pontosítása igényli a további mintavételezéseket, az adatbázis folyamatos bővítését.

A DNY-i Bükk sekélyebb mélységű geológiai felépítéséről új szelvényekkel rendelkezünk, ezeket mindenképpen, érdemes lenne feldolgozni. A területen mélyült esetleges fúrások rétegsorából is információ nyerhető a karszt mélységbeli elhelyezkedését illetően.

8 Összefoglalás

Dolgozatom célja volt, hogy vízkémiai vizsgálatok alapján elkülönítsem a DNy-i Bükk területén lévő forrásokat aszerint, hogy a vízük karsztos, illetve nem karsztos jelleget mutat-e.

Munkám során a bevezetésben röviden ismertettem a kutatást, melynek egy szeletével foglalkoztam jelen dolgozatban, felvázoltam a megoldandó problémát. Ezt követően röviden ismertettem a terület általános földrajzi, és vízföldtani helyzetét, és mindezek mellett fontosnak tartottam a részletesebb geológiai áttekintést. Következő lépésben feldolgoztam a témához kapcsolódó szakirodalmat, és ismertettem a Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer életre hívásának okát, a rendszer felépítését és a mérésekhez használt műszerek működési elvét. Ugyanebben a fejezetben röviden kifejtettem és bemutattam az új típusú vízkészlet meghatározás módszerének alapjait, valamint a kutatás során felmerült problémát.

Bemutattam az általam elvégzett elemzések során alkalmazott módszereket és működési elvüket. Koloriméteres, lángatomabszorpciós spektrofotométeres vizsgálatokkal és titrálással határoztam meg a vett vízminták általános kémiai paramétereit.

Ismertettem a rendelkezésemre álló (általam mért és a forráskataszterből származó) vízkémiai adatsorok feldolgozási módszereit. A nyári hidrológiai félévben mért minták paramétereit először Piper-diagramon ábrázoltam, így próbáltam a víztípusukat meghatározni. Ha ez nem volt egyértelmű, akkor elkészítettem a minták Stiff-diagramját is, és a két módszert együttesen alkalmazva határoztam meg a vizek kémiai jellegét. Ezek alapján a forrásokat karsztos, karsztos, de magasabb Cl, SO₄-tartalommal, nem karsztos és nem eldönthető kategóriákba soroltam be. Ezután ábrázoltam őket a kőzeteket vízvezetőképesség szempontjából kategorizált térképen. A grafikusan prezentált eredményeket kiértékelve megadtam, hogy melyek azon források, melyek a karsztvíz-domborzati térkép szerkesztése során figyelembe vehetőek.

Végezetül javasoltam a kutatás folytatását és a további mintavételezéseket és vízkémiai vizsgálatok elvégzését olyan forrásokon, amelyekről semmilyen kémiai információ nem áll rendelkezésünkre, valamint már vizsgált forrásokról is. Célszerűnek tartom a kémiai paraméterek és az adott időszak csapadékadatainak egymásra gyakorolt hatásait is vizsgálni. Emellett fúrási naplókban érdemes volna utánanézni a területen mélyült esetleges fúrásoknak és feldolgozni azok rétegsorát annak érdekében, hogy esetleg több információnk legyen a geológiai felépítésről, a karszt mélybeli helyzetéről.

9 Köszönetnyilvánítás

Végezetül, szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek, Szegediné Darabos Enikőnek, Lénárt Lászlónak és Tóth Mártonnak mind a mérésekben, mind a kutatásban való segítségükért, mely nélkül e dolgozat nem jött volna létre.

Külön köszönet kedvesemnek, Tompa Richárdnak a terepi vízmintavételekben nyújtott segítségéért és türelméért.

Emellett köszönettel tartozom családomnak és barátaimnak a biztatásért, szeretetért és támogatásért, melyet munkám során tőlük kaptam.

A kutatás a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának felszín alatti vizekhez kapcsolódó nemzetközi kutatási potenciáljának fejlesztése célzott alapkutatási támogatása által az Új Széchenyi Terv keretein belül a TÁMOP-4.2.2/A-11/1-KONV-2012-0049-es „KÚTFŐ” nevű projekt keretein belül az Európai Szociális Alap finanszírozásával jöhetett létre.

10 Irodalomjegyzék

20.540/1987. sz. határozat, ÉVIZIG (1987): Miskolc város vízellátásába bekapcsolt források védőidoma.

Bánhidi O. (2009): Atomabszorpciós spektrometria. (Egyetemi jegyzet, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2009), pp.: 1-2.

Darabos E. (2009): A Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer által szolgáltatott adatok kapcsolatainak vizsgálata. (Diplomamunka Miskolc, 2009).

Darabos E., Tóth M., Lénárt L. (2014): Karsztvízkészlet meghatározás módszertani fejlesztése a Bükk példáján. XVI. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia, Székelyudvarhely, 2014. április 3-6. konferenciakötet.

Dataqua 2002 Elektronikai Kft. Tájékoztató füzet. (Balatonalmádi, 2002).

Gondárné Sőregi K., Székvölgyi K., Gondár K., Gyulai T., Könczöl N., Kun É. (2008): Egy új módszer az utánpótlódó felszín alatti vízkészlet számítására hegyvidéki víztestek területén. Magyar Hidrológiai Társaság XXVI. Országos Vándorgyűlés Tanulmánykötet, 2008. pp. 1-16.

Groves C. (2007): Hydrological methods in: Methods in Karst Hydrogeology, (Editor: N. Goldscheider, D. Drew. Taylor & Francis Group. London. UK, 2007)

Hernádi B. (2013): Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer (BKÉR) - Karszthidrogeológiai mérési objektumok és víznyomjelzéses eredmények. Térkép.

idokep.hu: Cséki Gergő: Új csúcsa van a Bükknek. (www.idokep.hu/hirek/uj-csucs-a-bukknak, letöltés időpontja : 2014.02.19).

Kresic, N. (2007): Hydrogeology and Groundwater Modeling, second edition. (CRC Press, Virginia, 2007).

Kun É., Gondárné Sőregi K., Könczöl N., Weiser L. (2010): A Kenderföldi Demjén K-11-es jelű termálkút védőidomának meghatározása, kézirat, Budapest. pp. 34.

Lénárt L. (2006): Hidrogeológiai megfigyelőhelyek egykor a Bükk hegyég területén, térkép (alaptérkép forrás: Maucha L., 1992).

Lénárt L., Hernádi B. (2013): A Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer (BKÉR) – Karszthidrogeológiai mérési objektumok és víznyomjelzési eredmények, térkép.

Lénárt L., Kovács P., Czesznak L., Hernádi B., Sűrű P. és Szegediné Darabos E. (2013): A Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer (BKÉR) létrejötte (1992), céljai, a mérőrendszer üzemeltetése, a kutatás főbb eredményei 2013-ig. (Műszaki Földtudományi Közlemények, 84. kötet, 1. szám (2013)), pp. 133–139.

Magyar Királyi Állami Térképészet (1930): Kirándulók térképe: 7. szám. Bükk-hegység, 2. kiadás.

Miklós R. (2014): Vízkémiai és vízhozam vizsgálatok a Garadna-forrásban. (Szakdolgozat, Miskolc, 2014).

MSZ 448/11-86 – Ivóvízvizsgálat. Lúgosság meghatározása titrálással, a hidrogén-karbonátion-, a karbonátion- és a hidroxilion-tartalom kiszámítása.

MSZ 448/15-82 – Ivóvízvizsgálat. Kloridion meghatározása.

MSZ EN ISO 7980:2000 – A kalcium és magnézium meghatározása. Atomabszorpciós spektrometriás módszer (ISO 7980:1986).

Pelikán P. [szerk.] (2005): A Bükk hegység földtana – Magyarázó a Bükk-hegység földtani térképéhez (1:50 000). (Budapest, 2005).

Posta J.: Atomabszorpciós spektrometria, Hallgatói Információs Központ (<http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/atomabszorpcios/pr01.html>)

A. O. Talabi (2013): Hydrogeochemistry and Stable Isotopes ($\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$) Assessment of Ikogosi Spring Waters, American Journal of Water Resources, 2013, Vol. 1, No. 3, 25-33. (pubs.sciepub.com/ajwr/1/3/2/figure/6 (Letöltés ideje: 2014.10.22.))

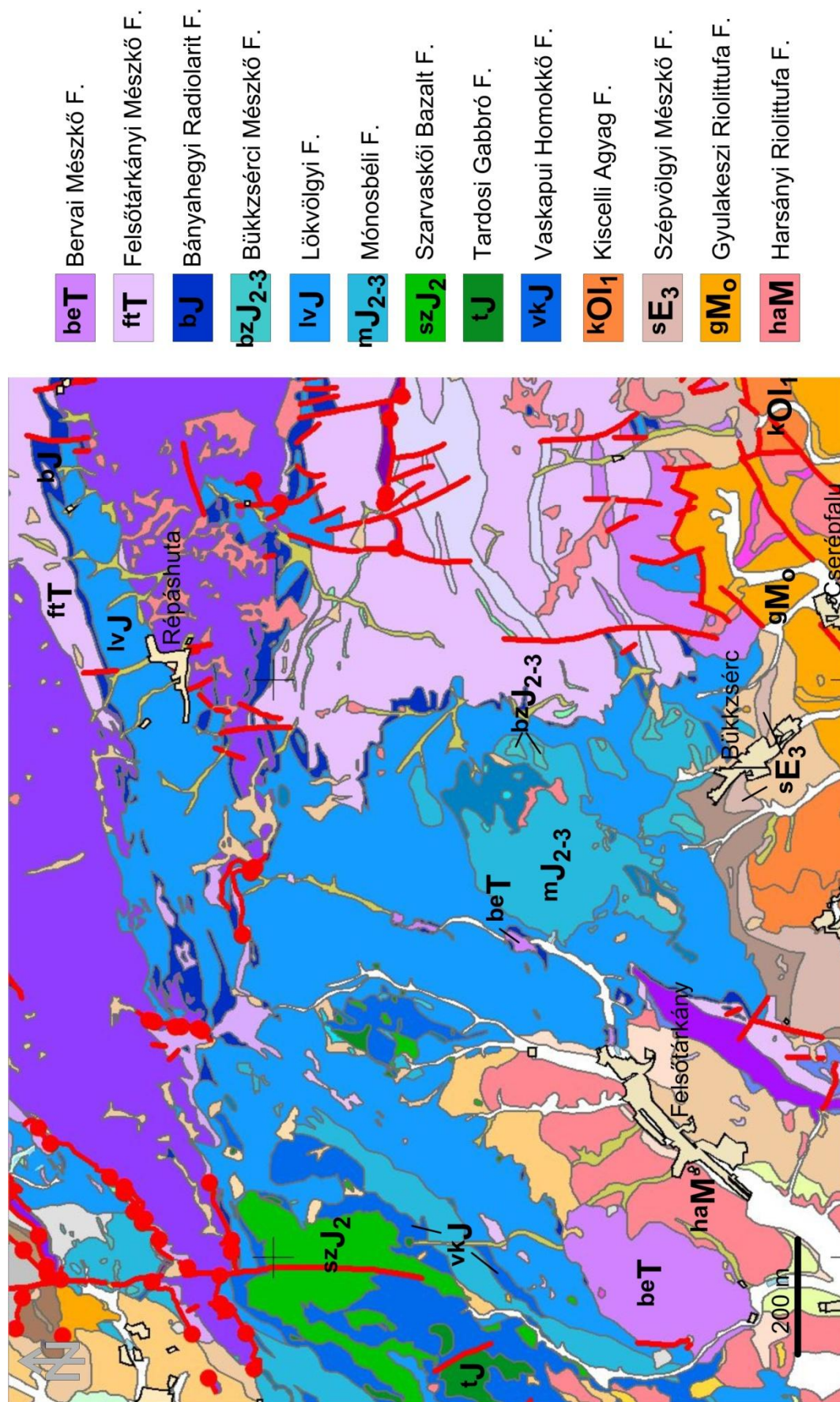
Szegediné Darabos E., Tóth M., Czesznak L., Lénárt L., Hernádi B. (2014): Új típusú vízkészlet meghatározás a Bükkben. Karsztfejlődés, Szombathely, XIX. pp. 105-124. (HU ISSN 1585-5473)

Welz B., Sperling M. (1999). Atomic Absorption Spectrometry. (Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 1999).

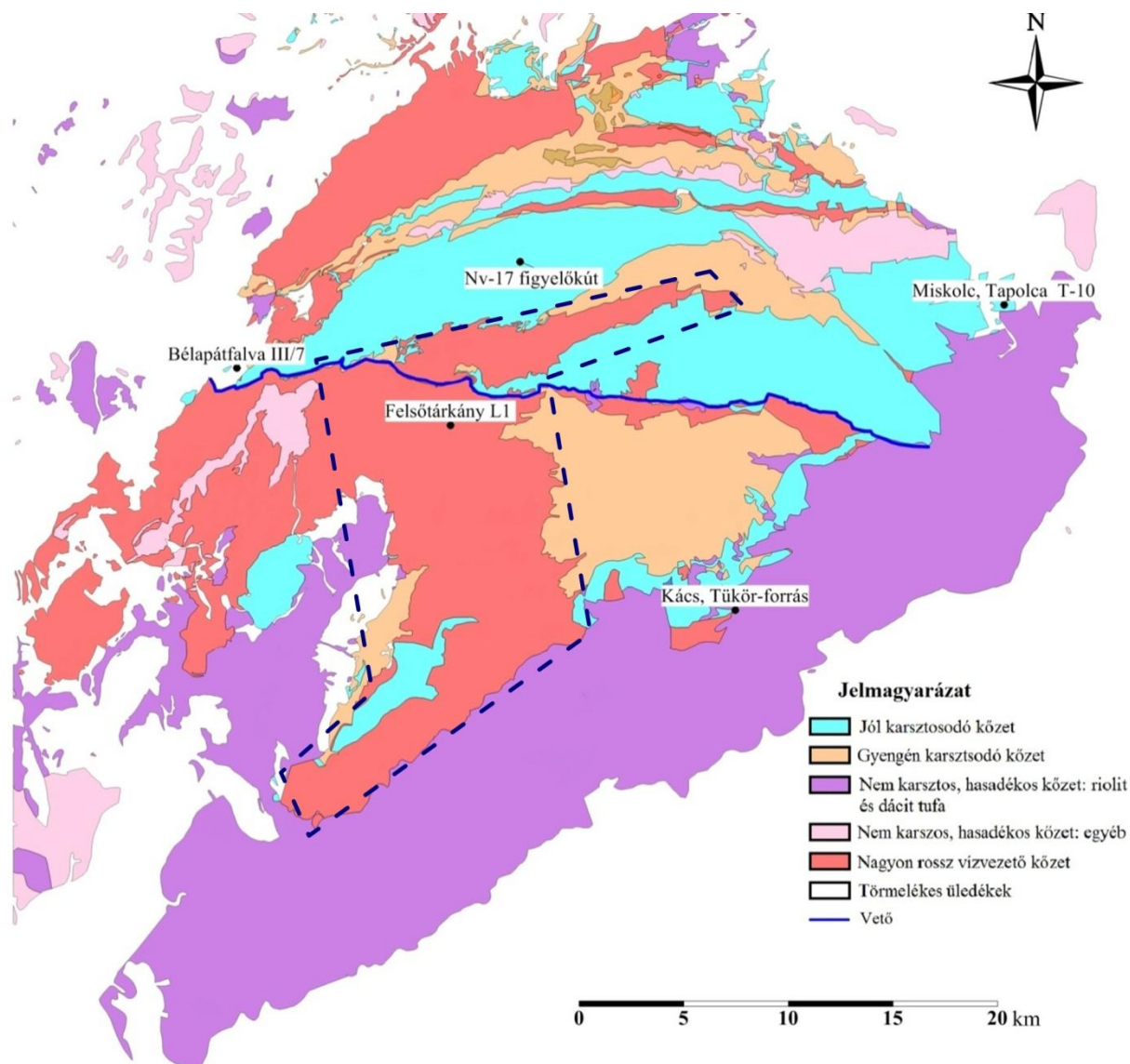
11 Mellékletek listája

1. melléklet - A DNY-i Bükk földtani térképe
2. melléklet - A Bükk földtani formációira karsztosodottság szerint felállított kategóriák
3. melléklet - A Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer – karszthidrogeológiai mérési objektumok helye, felsorolása
4. melléklet - Az eddig elkészült új bükki karsztvízszint-domborzati térkép
5. melléklet - A vizsgált források Piper-, és Stiff-diagramja
6. melléklet - A vizsgált források és megállapított víztípusuk

12 Melléklet

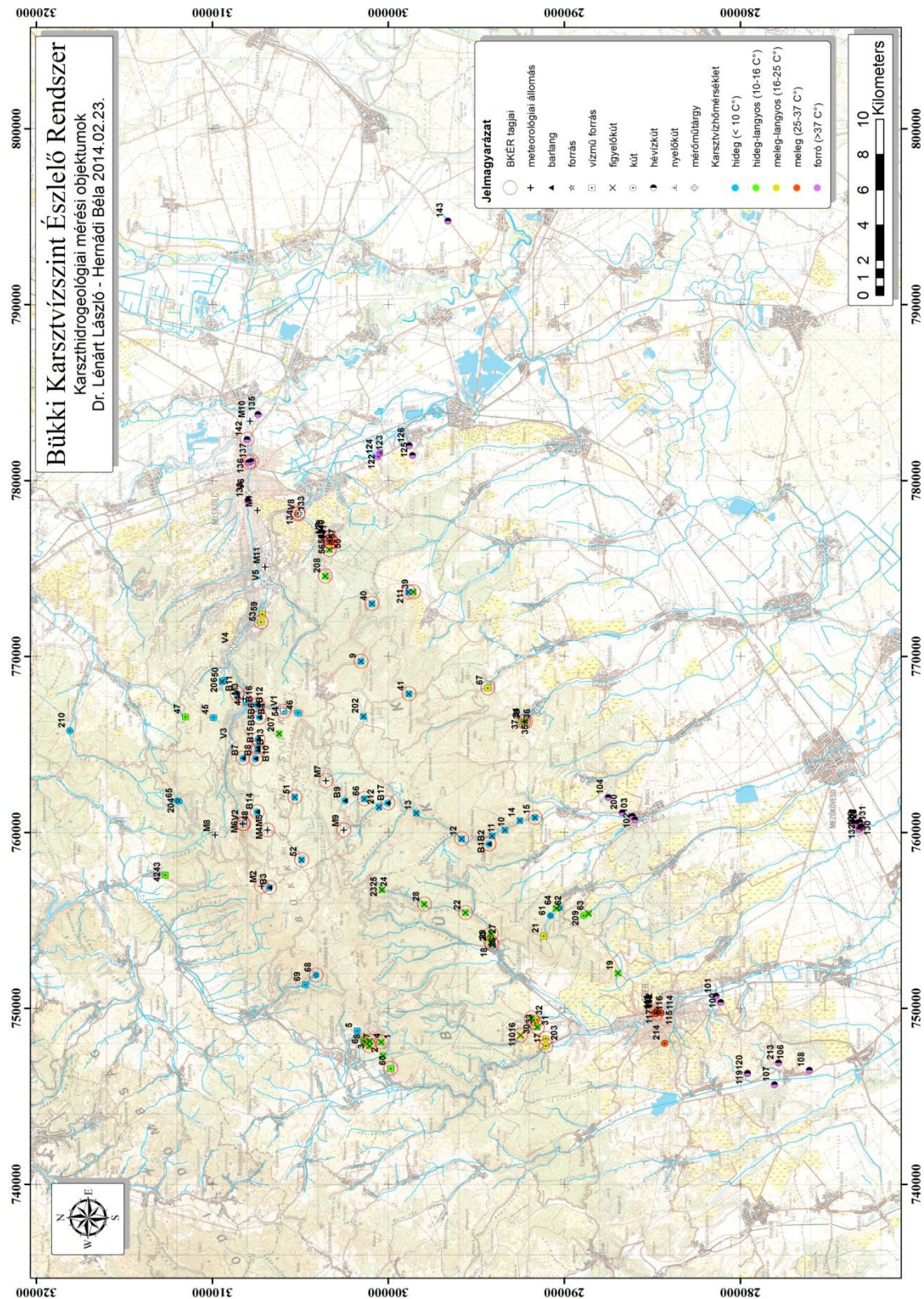


(Hernádi, 2013 és Less, 2005 nyomán)



Alaptérkép: Less 2005, kategória beosztás: Less 2014 (Darabos, Tóth, Lénárt, 2014)

(A szaggatott vonallal jelölt terület a vizsgált területet jelöli)



Sorszám	Típus	Hőmérséklet	Objektumnév	Y	X	z_terep [mBf]
B1	barlang	hideg	Cserépfalu, Hajnóczy-barlang, Stromfi-ág	759350,00	294290,00	460,00
B2	barlang	hideg	Cserépfalu, Hajnóczy-barlang, Tsitsogó	759350,00	294290,00	460,00
B3	barlang	hideg	Miskolc, Diabáz víznyelőbarlang	756870,00	306758,00	852,00
B4	barlang	hideg	Miskolc, István-lápai-barlang, II. szifon	766560,00	307340,00	555,00
B5	barlang	hideg	Miskolc, István-lápai-barlang, IV. szifon	766560,00	307340,00	555,00
B6	barlang	hideg	Miskolc, István-lápai-barlang, Középső-szifon	766560,00	307340,00	555,00
B7	barlang	hideg	Miskolc, Jáspis-barlang, végponti szifon	764225,00	308265,00	585,00
B8	barlang	hideg	Miskolc, Létrási-Vizes-barlang, Tó	764195,00	307550,00	557,00
B10	barlang	hideg	Miskolc, Speizi-barlang, végponti szifon	764665,00	307420,00	551,00
B11	barlang	hideg	Miskolc, Szeleta-zsomboly, patakos-ág, akna becsatlakozásánál	767880,00	308610,00	360,00
B12	barlang	hideg	Miskolc, Szent István-barlang, Pokol	767224,00	307421,00	328,00
B13	barlang	hideg	Miskolc, Szepesi-Láner- barlangrendszer, Láner lejárát, Homokszifon	764835,00	307430,00	548,00
B14	barlang	hideg	Miskolc, Szent István- barlang, Vasas-akna	761173,00	307452,00	316,00
B15	barlang	hideg	Miskolc, Szepesi-Láner- barlangrendszer, Szepesi lejárát, Tó	765300,00	307405,00	548,00
B16	barlang	hideg	Miskolc, Szinva-parti- mésztufabarlang (Soltész-akna), szifon	767280,00	307460,00	326,00
B17	barlang	hideg	Répáshuta, Balla-völgyi- víznyelőbarlang (Békás-barlang)	761680,00	300040,00	390,00
M2	meteorológiai állomás		Miskolc, Bánkút meteorológiai állomás	756944,00	307214,00	855,00
M3	meteorológiai állomás		Miskolc, Felsőhámor meteorológiai állomás	767612,00	308252,00	270,00
M4	meteorológiai állomás		Miskolc, Jávorkút automata meteorológiai állomás	760143,00	306867,00	685,00
M5	meteorológiai állomás		Miskolc, Jávorkút meteorológiai állomás	760140,00	306867,00	687,00
M6	meteorológiai állomás		Miskolc, Ómassa meteorológiai állomás	760493,00	308285,00	495,00
M7	meteorológiai állomás		Miskolc, Rejte meteorológiai állomás	762950,00	303550,00	544,00
M9	meteorológiai állomás		Répáshuta, Herman Ottó u. 66.	760143,00	302533,00	537,00
1	figyelőkút	hideg- langyos	Bélapátfalva IX. telep BF-1 figyelőkút	748083,89	300404,91	496,40
3	figyelőkút	hideg- langyos	Bélapátfalva IX. telep BF-222 figyelőkút	747874,81	301074,94	417,90
4	figyelőkút	hideg- langyos	Bélapátfalva IX. telep III/7 figyelőkút	748134,65	301042,06	425,97
9	figyelőkút	hideg	Bükkszentkereszt, BK-1 figyelőkút	769725,55	301555,18	473,26
12	figyelőkút	hideg	Cserépfalu, Hór-völgy, CSF-11 figyelőkút	759638,75	295839,01	291,36

Miklós Rita Karsztvíz-domborzati térkép pontosítása vízkémiai vizsgálatok alapján
 3. melléklet – A Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer – karszthidrogeológiai mérési
 objektumok helye, felsorolása

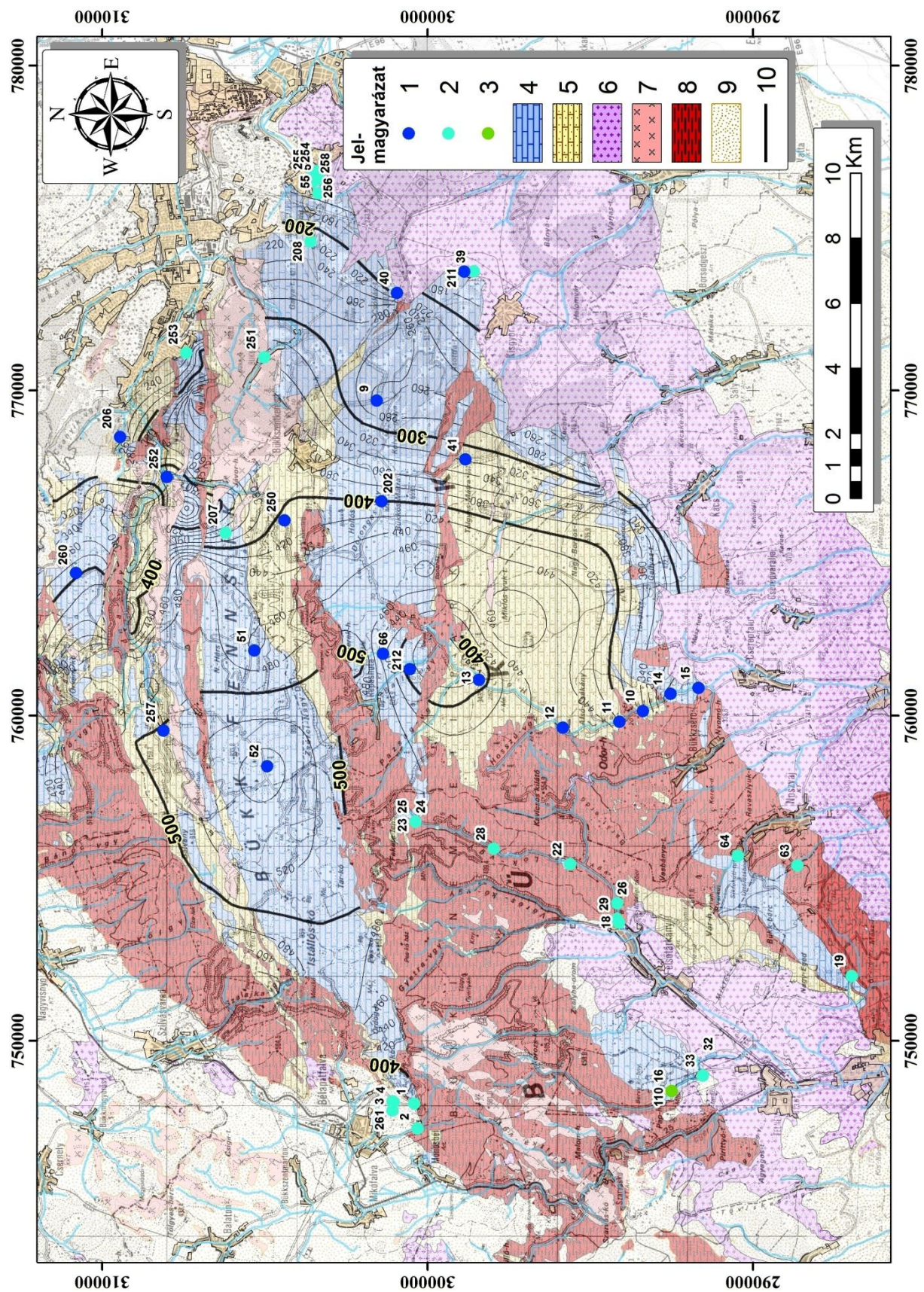
OTDK dolgozat, 2014

Sorszám	Típus	Hőmérséklet	Objektumnév	Y	X	z_terep [mBf]
15	figyelőkút	hideg	Cserépfalu, Hór-völgy, CSF-9 figyelőkút	760858,31	291671,06	231,13
16	figyelőkút	meleg- langyos	Eger, Almári vízmű AF-13 figyelőkút	748472,07	292497,67	245,12
17	kút	meleg- langyos	Eger, Almári vízmű 01. sz. kút	747867,05	291059,75	184,52
18	figyelőkút	hideg- langyos	Eger, Barátréti vízmű SZ-4 figyelőkút	753638,67	294112,34	236,42
22	figyelőkút	hideg- langyos	Felsőtárkány, Barátréti vízmű B- 11 figyelőkút	755446,55	295618,87	285,85
26	figyelőkút	hideg- langyos	Felsőtárkány, Barátréti vízmű B- 12 figyelőkút	754246,26	294163,00	247,85
28	figyelőkút	hideg- langyos	Felsőtárkány, Barátréti vízmű L-1 figyelőkút	755921,11	297966,27	359,17
29	figyelőkút	hideg- langyos	Felsőtárkány, Barátréti vízmű SZ- 5 figyelőkút	753756,03	294179,67	239,95
30	kút	meleg- langyos	Felsőtárkány, Bervai vízmű 1. sz. ivóvíztermelő kút	749193,34	291668,93	205,53
32	figyelőkút	hideg- langyos	Felsőtárkány, Bervai vízmű BEF- 1 figyelőkút	749451,48	291860,30	219,39
33	figyelőkút	hideg- langyos	Felsőtárkány, Bervai vízmű BEF- 2 figyelőkút	748945,00	291533,26	212,57
36	vízellátásra foglalt forrás	meleg- langyos	Kács, Gyereküdülői 1. sz.-forrás	766294,04	292236,61	195,00
37	vízellátásra foglalt forrás	hideg- langyos	Kács, Hideg-vízmű foglalt forrás	766286,00	292337,00	195,40
38	forrás	meleg- langyos	Kács, Tükör-forrás	766285,00	292232,00	202,00
39	figyelőkút	hideg- langyos	Kisgyőri vízbázis F-1 figyelőkút	773672,00	298579,00	193,83
40	figyelőkút	hideg	Kisgyőri vízbázis F-2 figyelőkút	773009,00	300931,00	248,85
41	figyelőkút	hideg	Kisgyőri vízbázis F-3 figyelőkút	767888,00	298834,00	449,56
48	vízellátásra foglalt forrás	hideg	Miskolc, Garadna-forrás	760497,00	308226,00	489,00
51	figyelőkút	hideg	Miskolc, Mi-6 figyelőkút	762012,60	305314,56	724,23
52	figyelőkút	hideg	Miskolc, Nv-17 (Nv-8) figyelőkút	758456,00	304928,00	778,70
53	vízellátásra foglalt forrás	meleg- langyos	Miskolc, Szent György-vízmű foglalt forrás	771965,00	307241,00	190,00
54	vízellátásra foglalt forrás	hideg	Miskolc, Szinva-vízmű foglalt forrás (főforrás)	766893,00	305961,00	338,28
55	figyelőkút	hideg- langyos	Miskolctapolca T-10 figyelőkút	776074,00	303354,00	151,60
56	figyelőkút	hideg- langyos	Miskolctapolca 2. sz. figyelőkút	776516,93	303306,66	128,30
57	vízellátásra foglalt forrás	hideg	Miskolctapolca Hidegvízmű, Olasz-kút	776533,00	303323,00	128,34
58	vízellátásra foglalt forrás	hideg- langyos	Miskolctapolca Hidegvízmű, Új- kút	776541,00	303315,00	128,00
60	vízellátásra foglalt forrás	hideg- langyos	Mónosbéli karsztakna	746595,03	299871,96	307,27
66	figyelőkút	hideg	Répáshuta, Tb-1 figyelőkút	761915,50	301368,10	496,37
67	vízellátásra foglalt forrás	meleg- langyos	Sály Vízfő-vízmű foglalt forrás	768213,00	294346,00	208,00
68	forrás	hideg	Szilvásvár, Szalajka-forrás	751907,00	304115,00	467,00
110	figyelőkút	meleg- langyos	Eger, Almári vízmű AF-5 figyelőkút	748473,36	292498,20	245,10
113	kút	meleg	Eger, Petőfi-tér vízmű I. sz. ivóvíztermelő kút	749720,55	284785,21	158,00

Miklós Rita Karsztvíz-domborzati térkép pontosítása vízkémiai vizsgálatok alapján
 3. melléklet – A Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer – karszthidrogeológiai mérési
 objektumok helye, felsorolása

OTDK dolgozat, 2014

Sorszám	Típus	Hőmérséklet	Objektumnév	Y	X	z_tere [mBf]
130	használaton kívüli hévízút	forró	Mezőkövesd, Zsóry fürdő III. (használaton kívüli) hévízút = figyelőkút	760582,75	273267,91	118,88
133	figyelőkút (2014.03.01- től)	meleg	Miskolc, Egyetemi hévízút I. figyelőkút	778097,18	305154,79	124,93
134	kút	meleg	Miskolc, Egyetemi hévízút I/a.	778147,98	305132,06	127,08
136	hévízút	forró	Miskolc, Selyemréti strandfürdő I. hévízút	781029,31	307939,56	116,77
137	hévízút	forró	Miskolc, Selyemréti strandfürdő II. hévízút	781100,00	307800,00	116,00
139	kút	meleg	Miskolctapolca, Szerellem-szigeti kút	776743,00	303445,00	127,24
140	kút	meleg	Miskolctapolca, Parki-kút	776751,86	303336,01	126,75
141	forrás	meleg	Miskolctapolca, Termál-forrás	776491,00	303223,00	120,00
142	hévízút	forró	Miskolc, városi vízmű központi telep hévízút	782340,00	308035,00	115,91
203	kút	meleg- langyos	Eger Almár 0. j. karsztkút	748287,00	291057,00	189,51
208	figyelőkút	hideg- langyos	Miskolctapolca, T-3. figyelőkút	774584,37	303589,28	250,56
211	figyelőkút	hideg	Kisgyőr, Kgy-14 figyelőkút (Google-ról)	773661,00	298865,00	na



Jelmagyarázat:

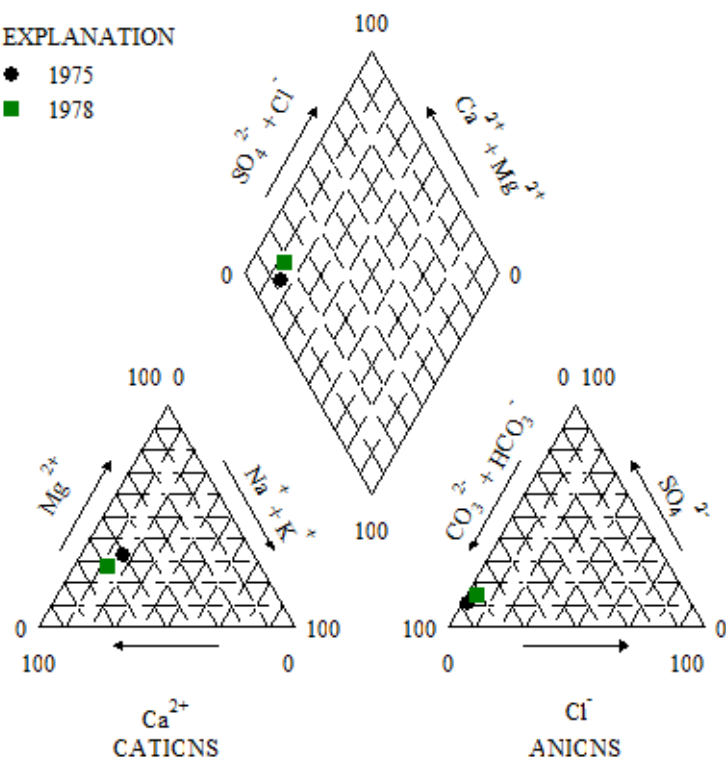
- 1 – Hideg vizű megfigyelőkút
- 2 – Hideg-langyos vizű megfigyelőkút
- 3 – Meleg-langyos vizű megfigyelőkút
- 4 – jól karsztosodó kőzetek
- 5 – gyengén karsztosodó kőzetek
- 6 – nem karsztos, hasadékos kőzet: riolit és dácittufa
- 7 – Nem karsztos, hasadékos kőzet: egyéb
- 8 – nagyon rossz vízvezető kőzet
- 9 – törmelékes üledékek;
- 10 – vízszint izovonalak (szerk: Hernádi B.)

Belvács-forrás

EXPLANATION

● 1975

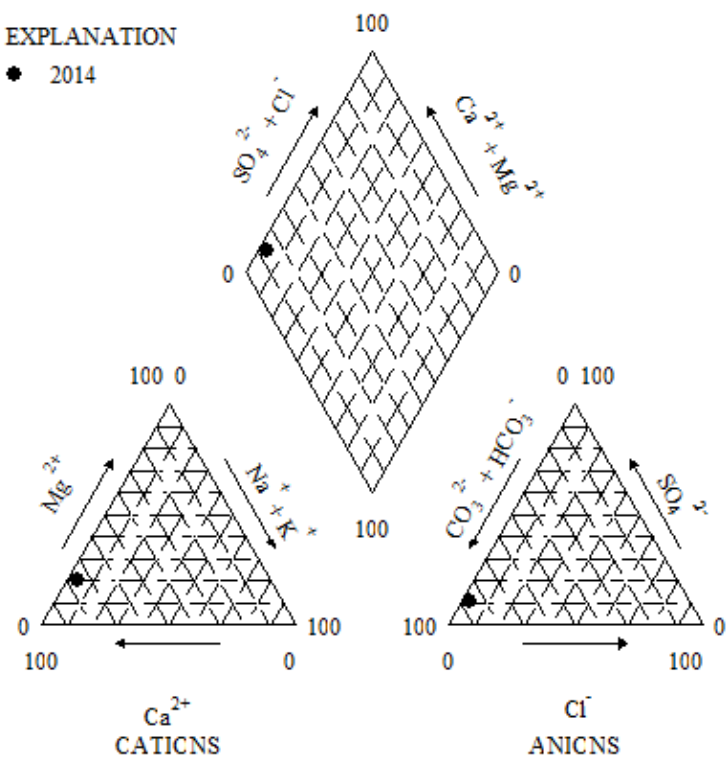
■ 1978



Kis-Hárs-kút

EXPLANATION

● 2014

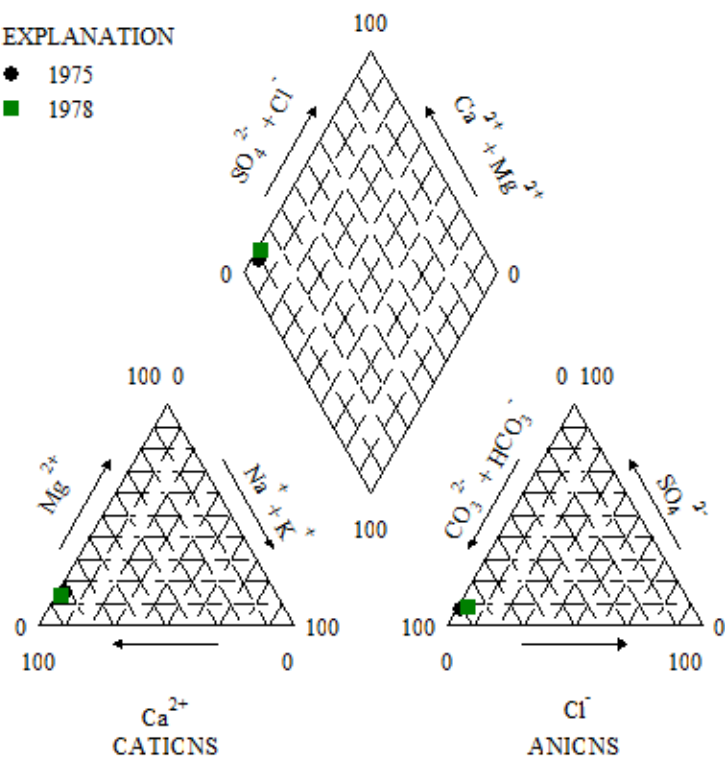


Pazsag-forrás

EXPLANATION

● 1975

■ 1978

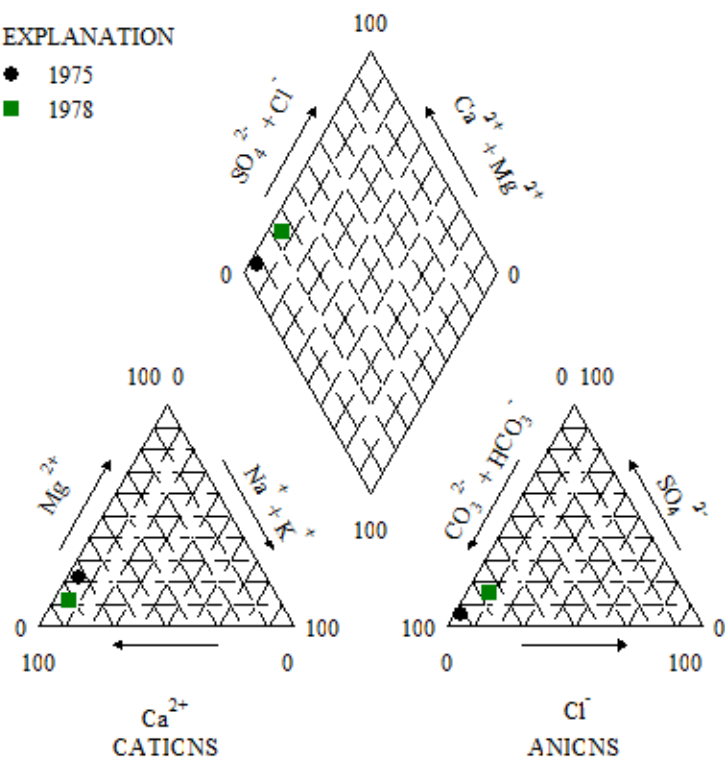


Pazsag-kút-feletti-forrás

EXPLANATION

● 1975

■ 1978

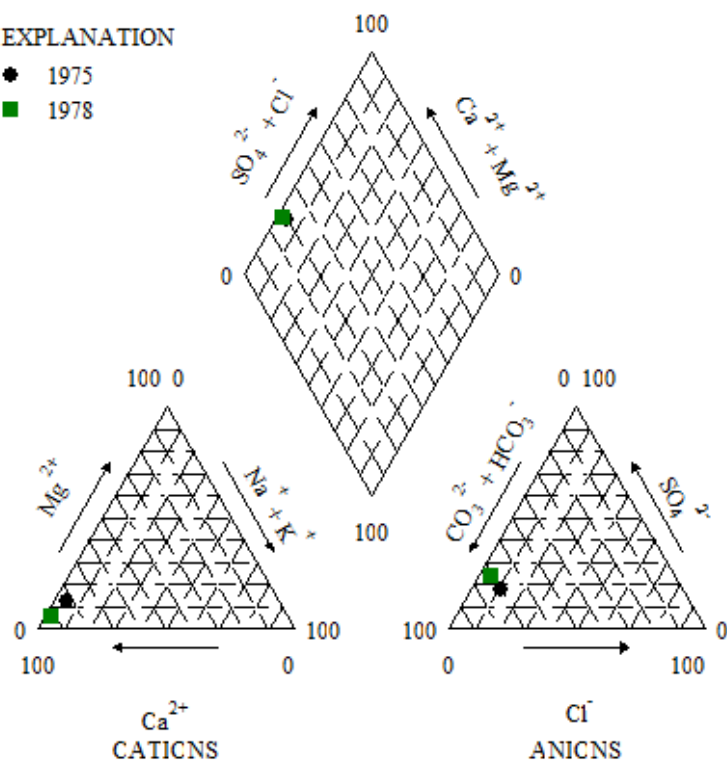


Pénzpatak Ny-i f. (Vadász-völgyi-f.)

EXPLANATION

● 1975

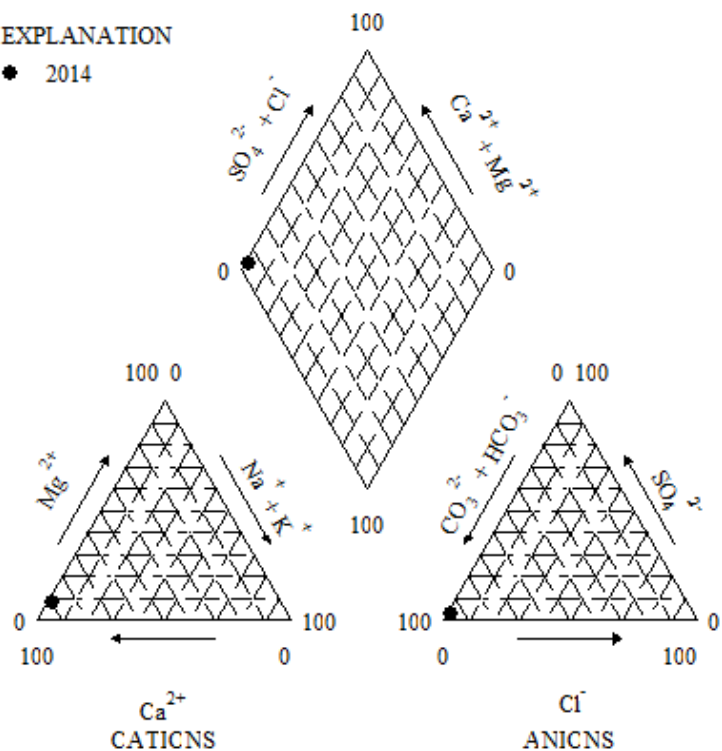
■ 1978



Síkfőkút-forrás

EXPLANATION

● 2014

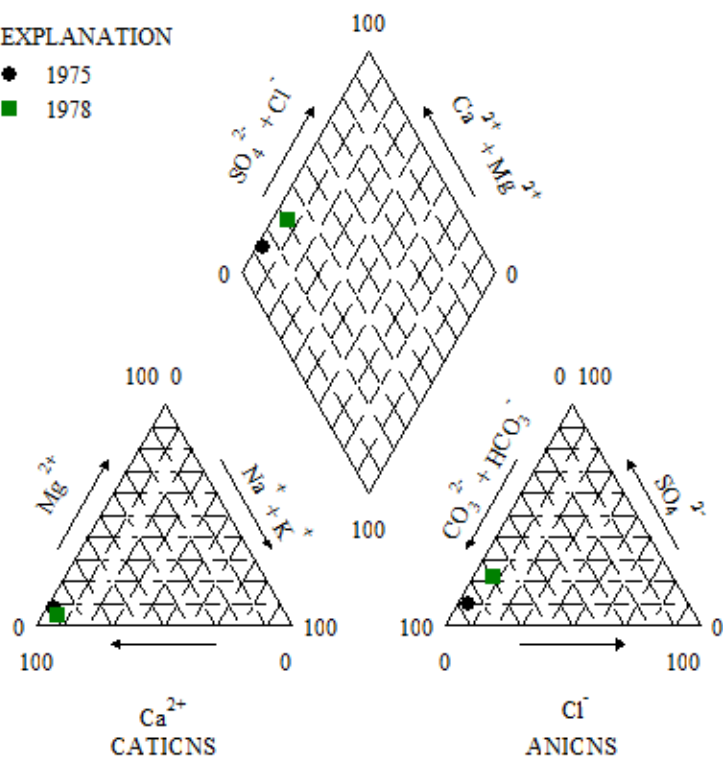


Útörházi (János-réti)-f.

EXPLANATION

● 1975

■ 1978

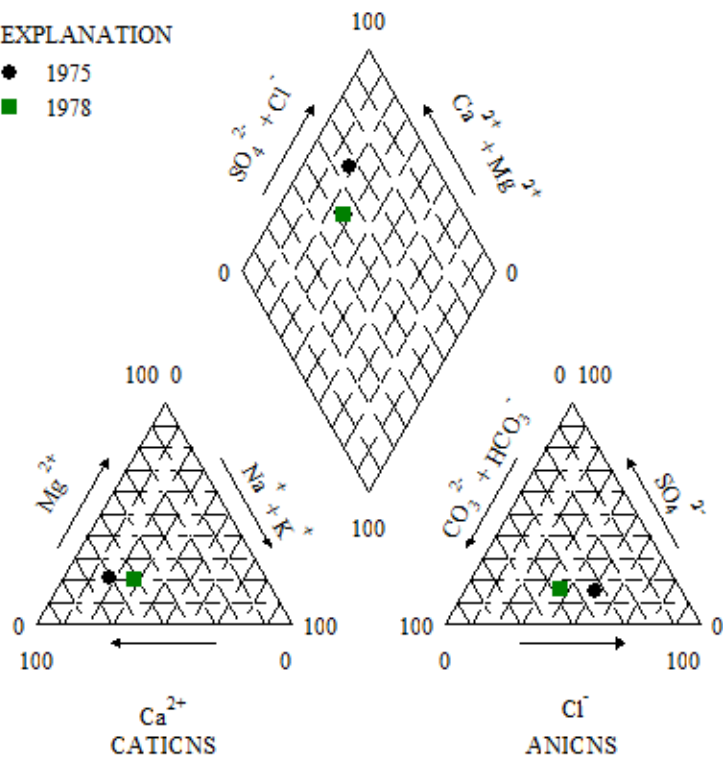


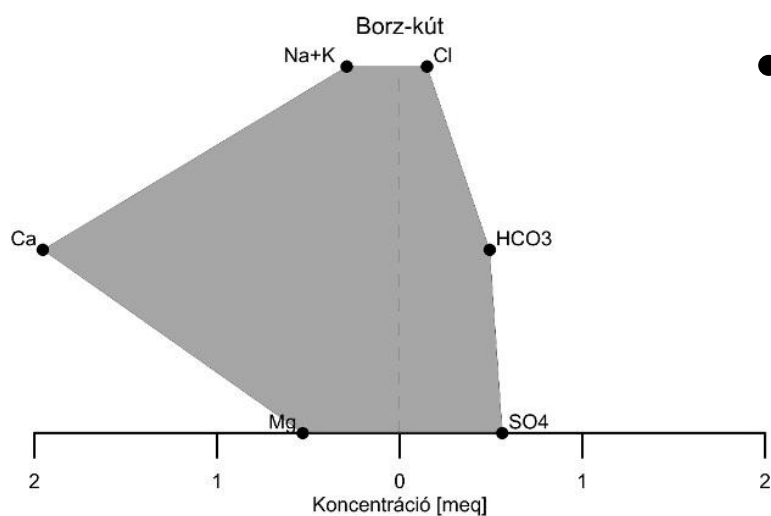
Zsindelyes-forrás

EXPLANATION

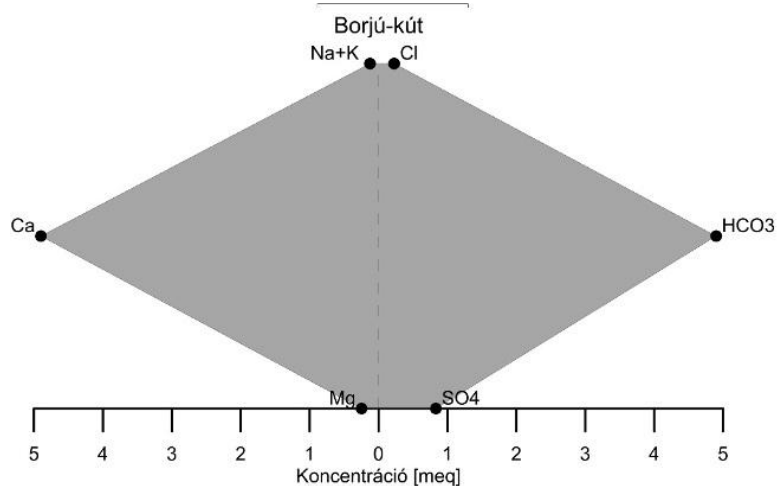
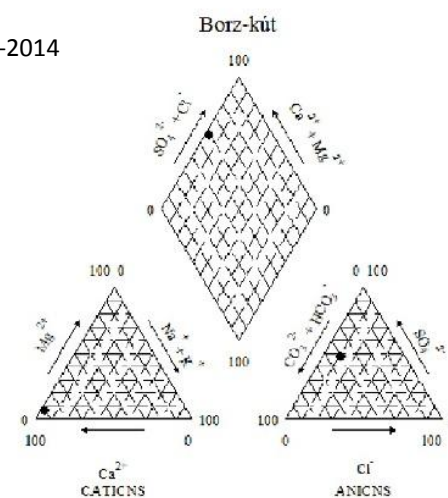
● 1975

■ 1978

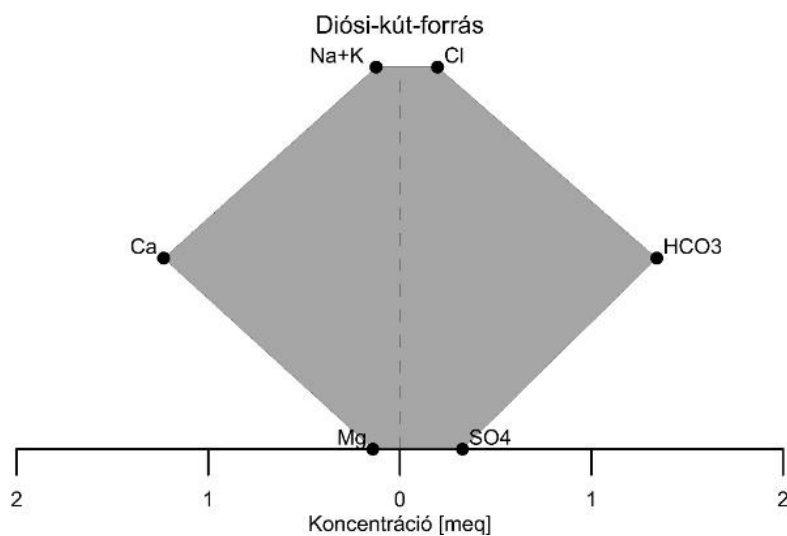
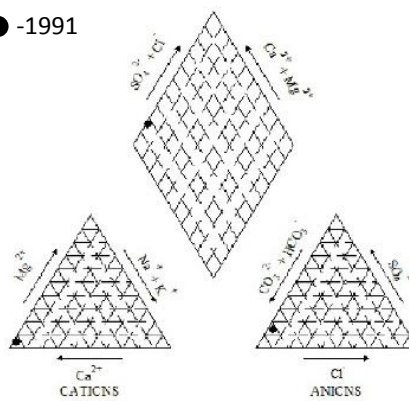




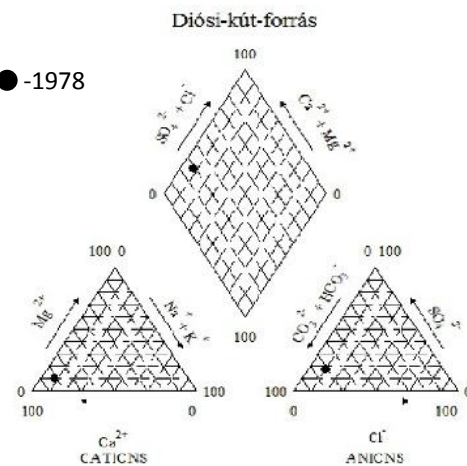
● -2014

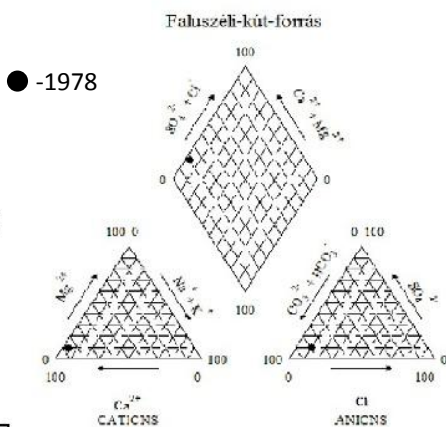
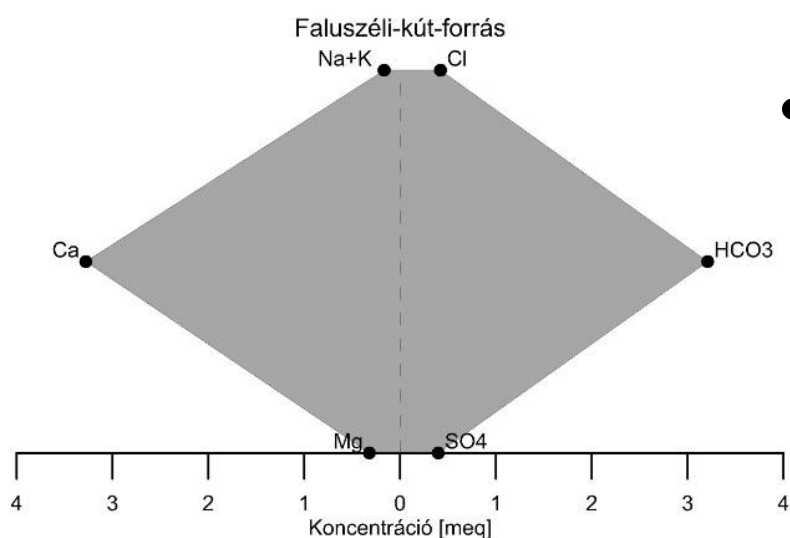
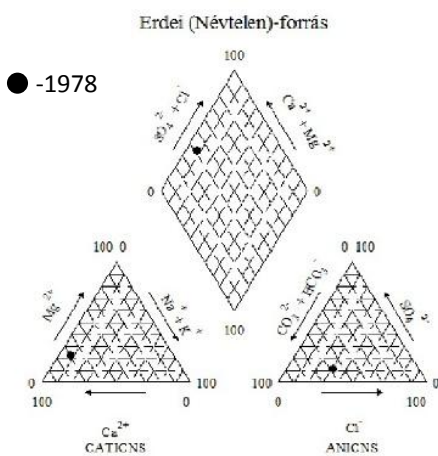
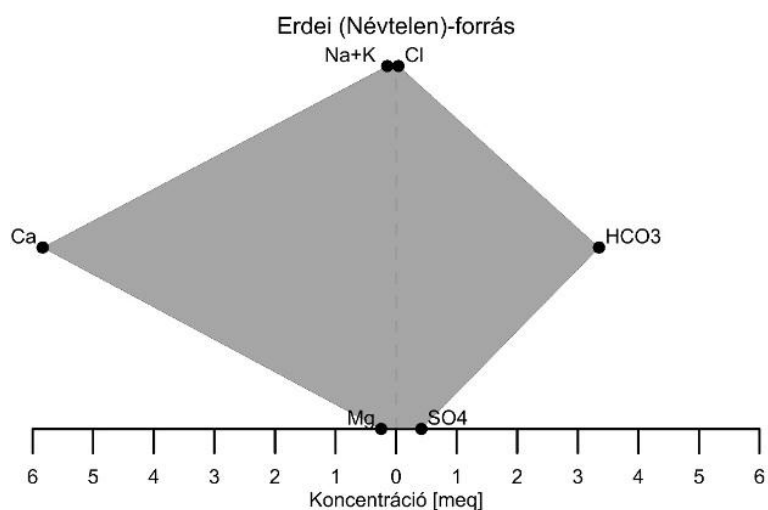
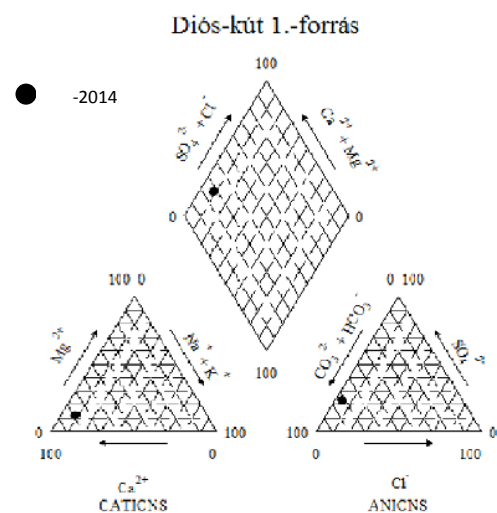
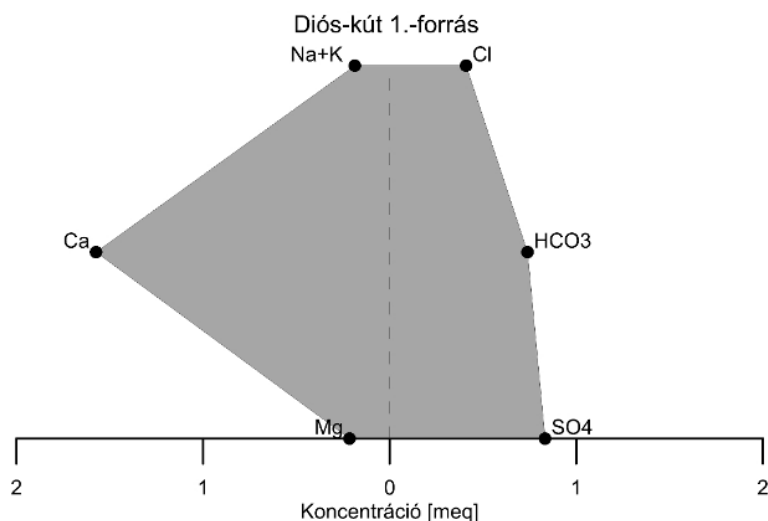


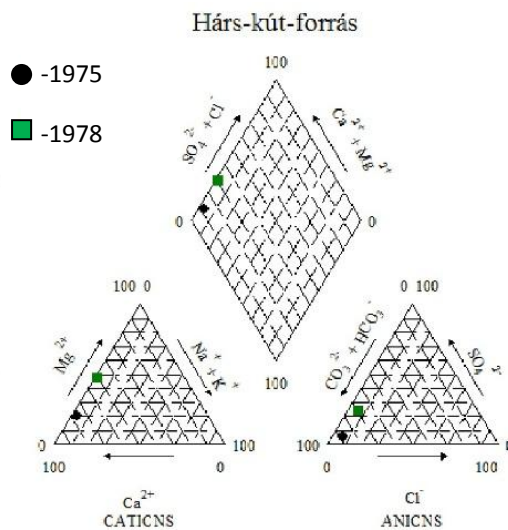
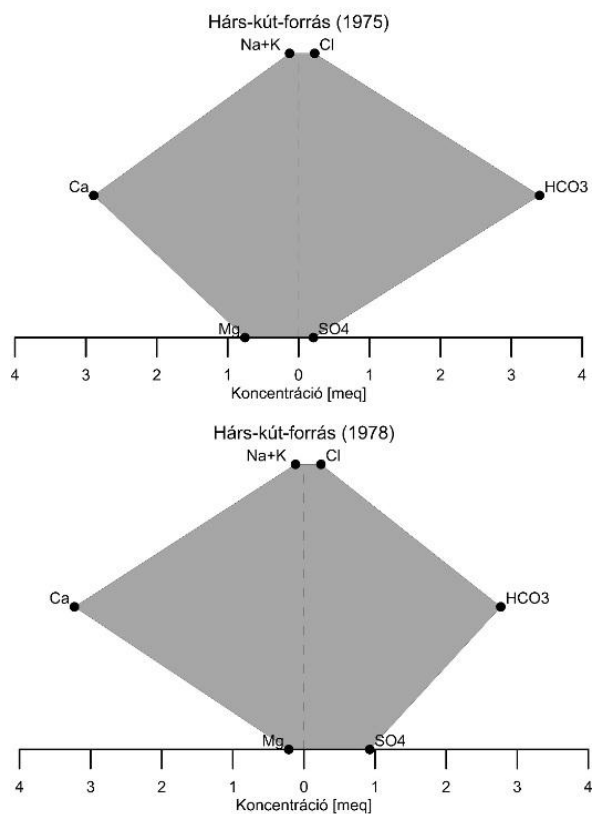
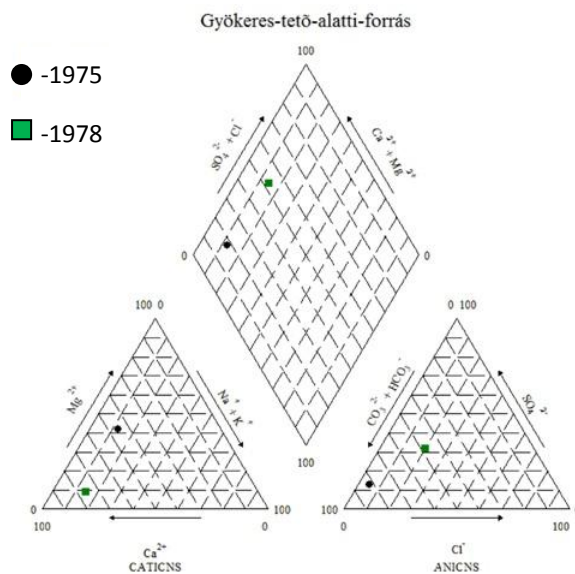
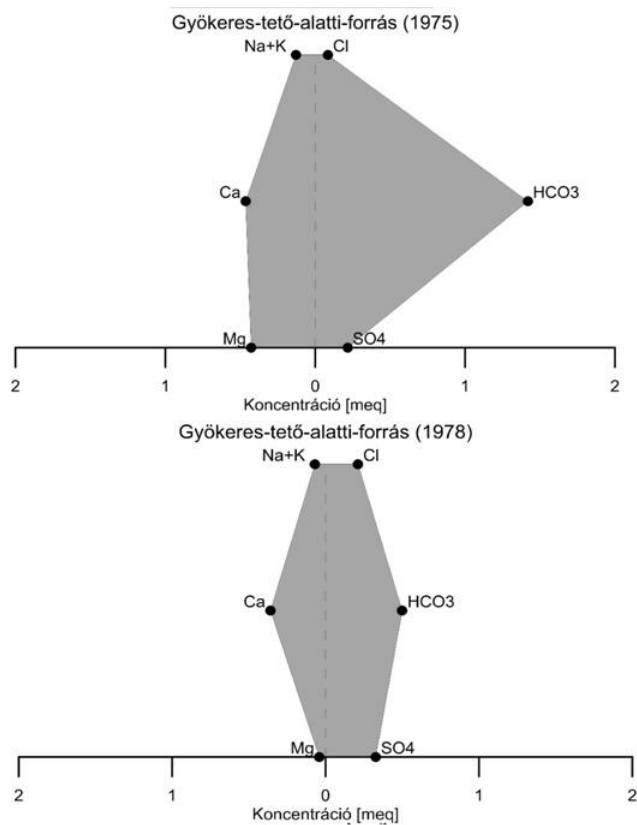
● -1991

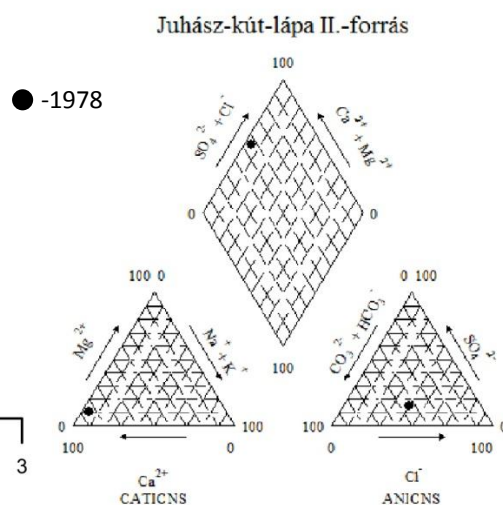
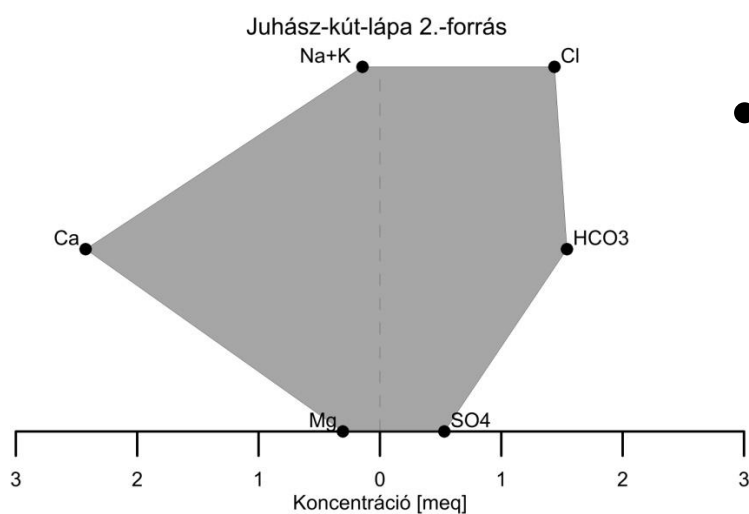
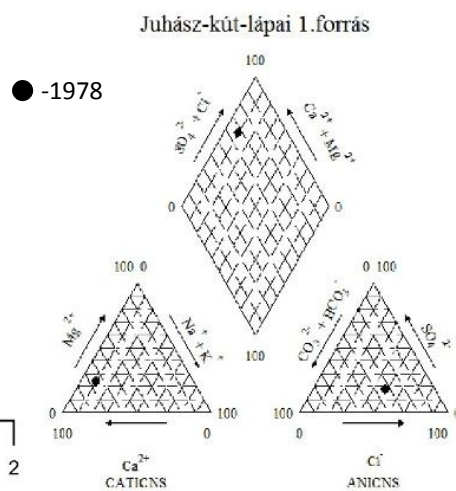
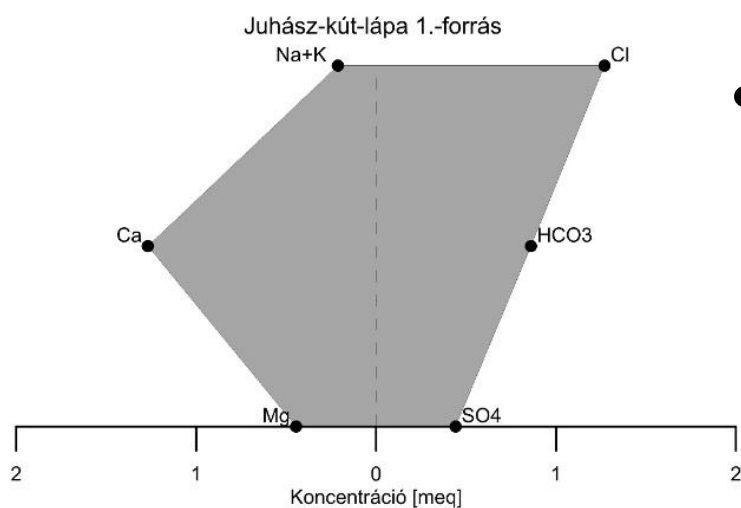
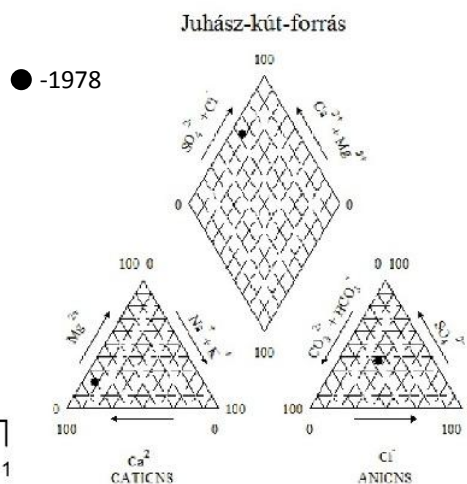
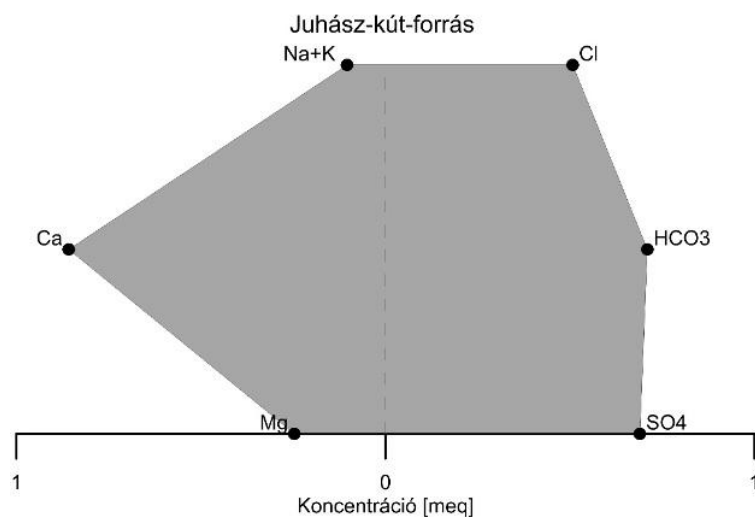


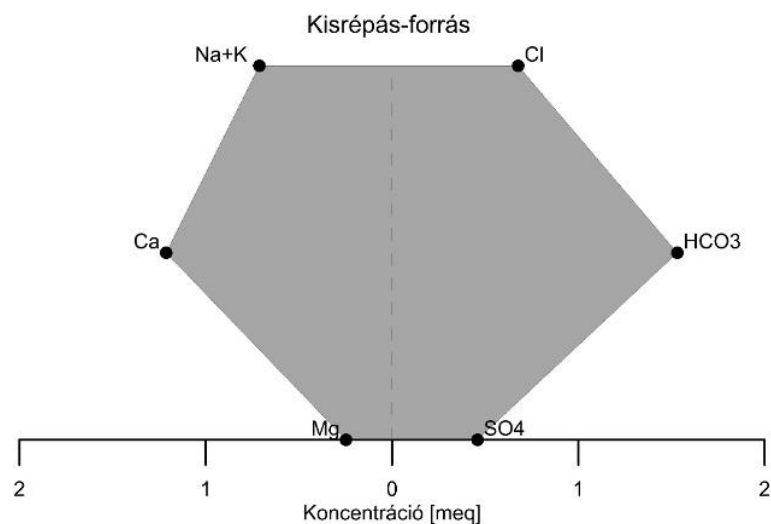
● -1978



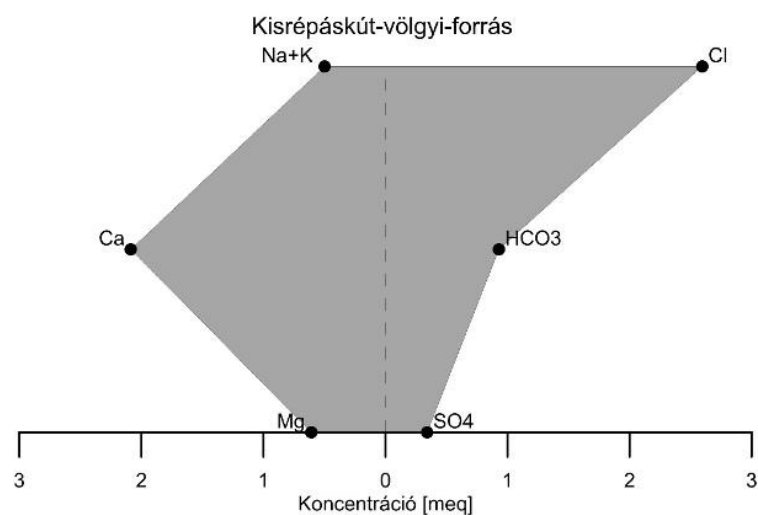
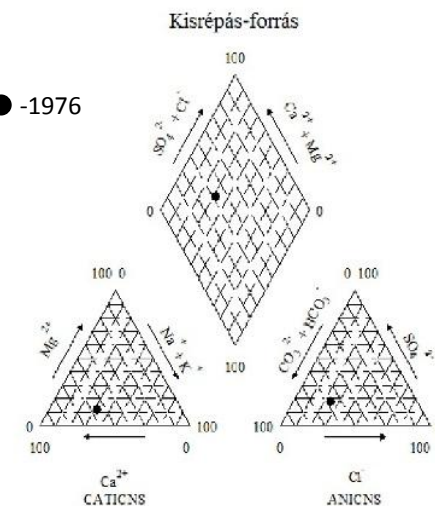




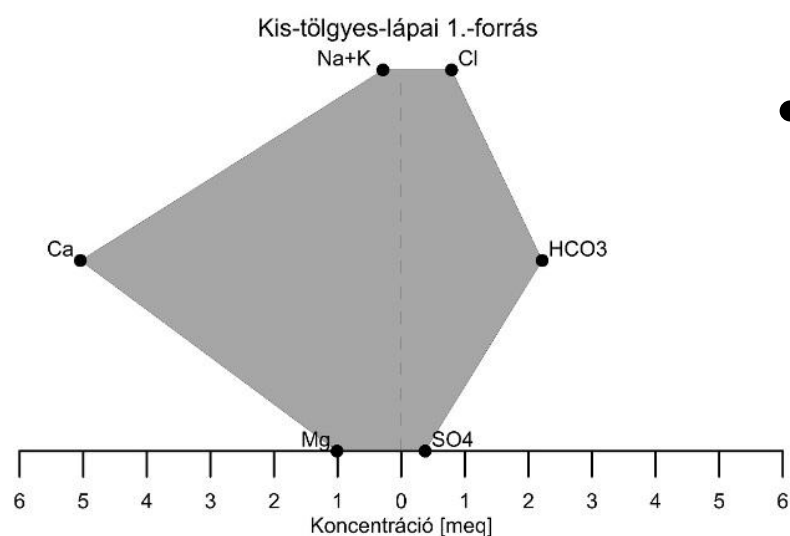
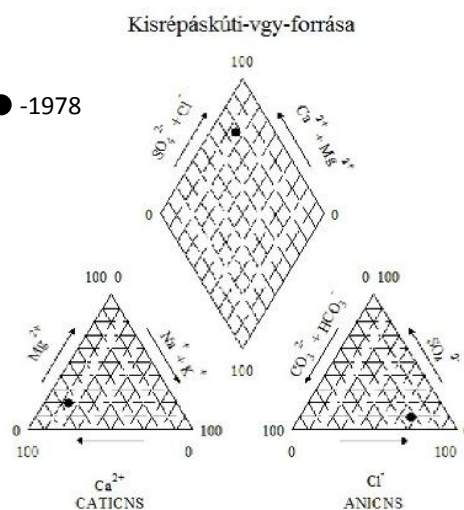




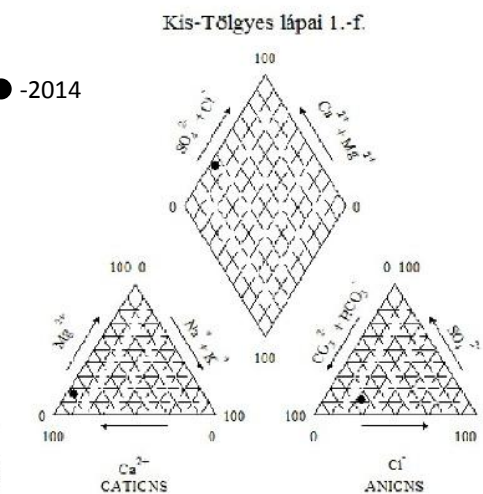
● -1976

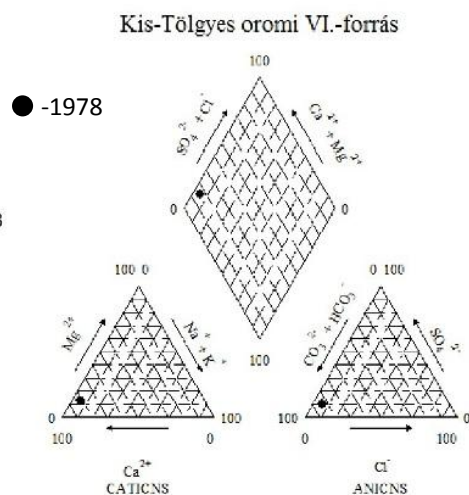
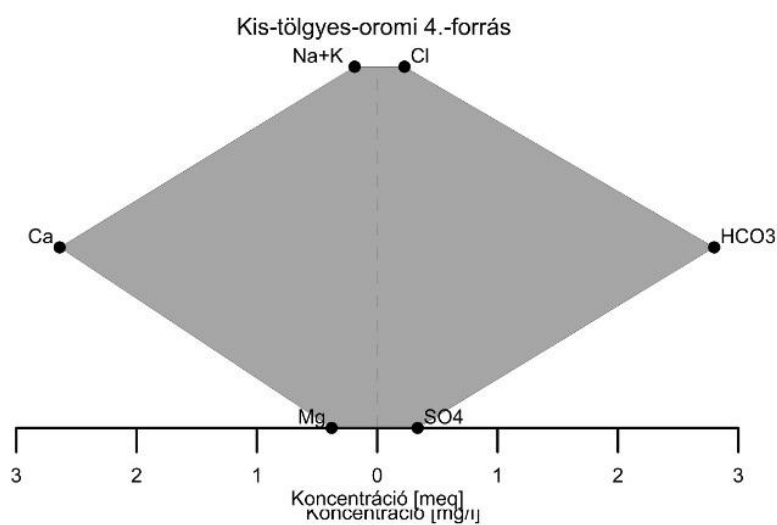
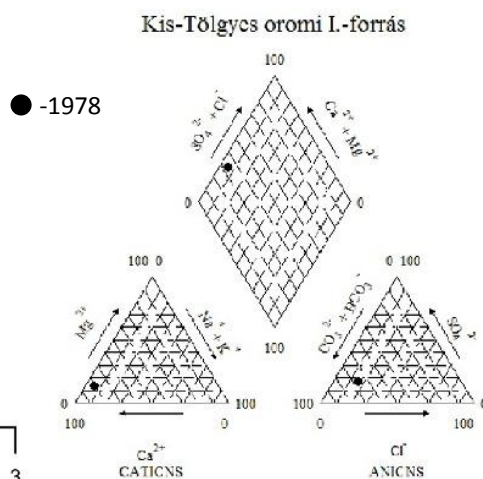
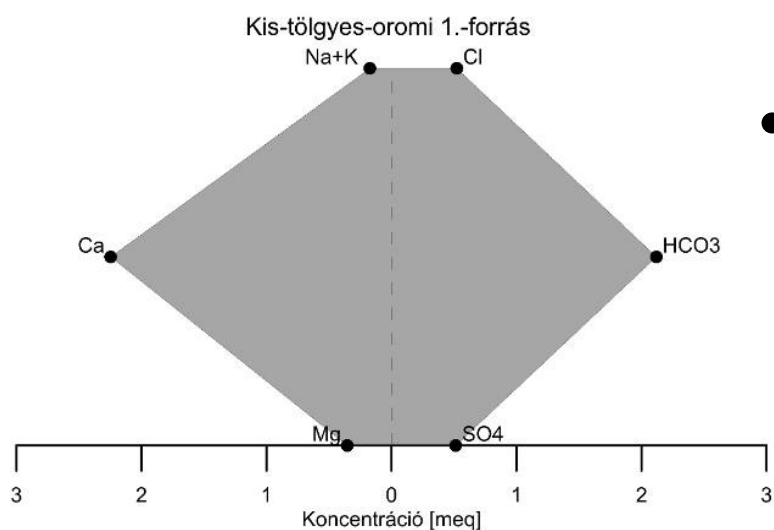
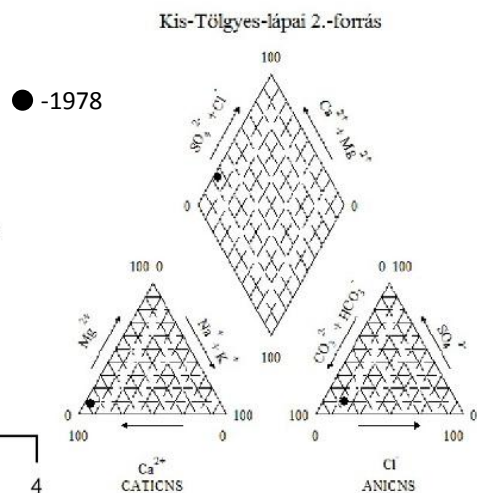
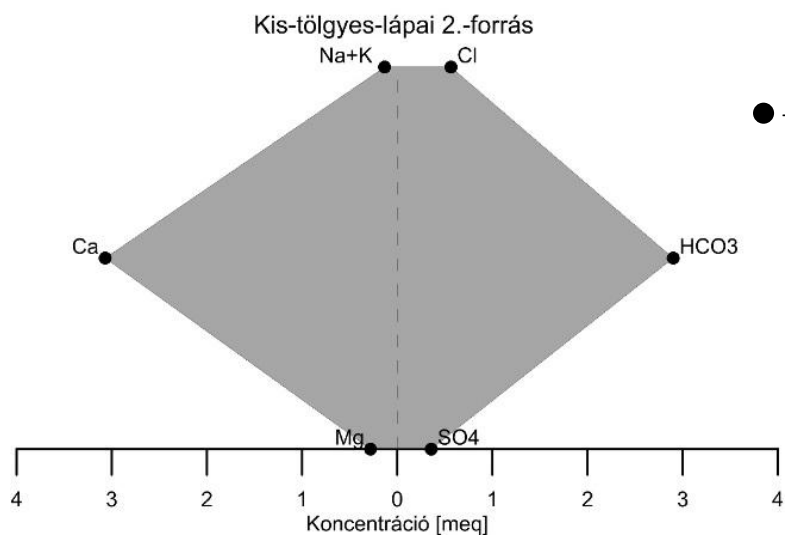


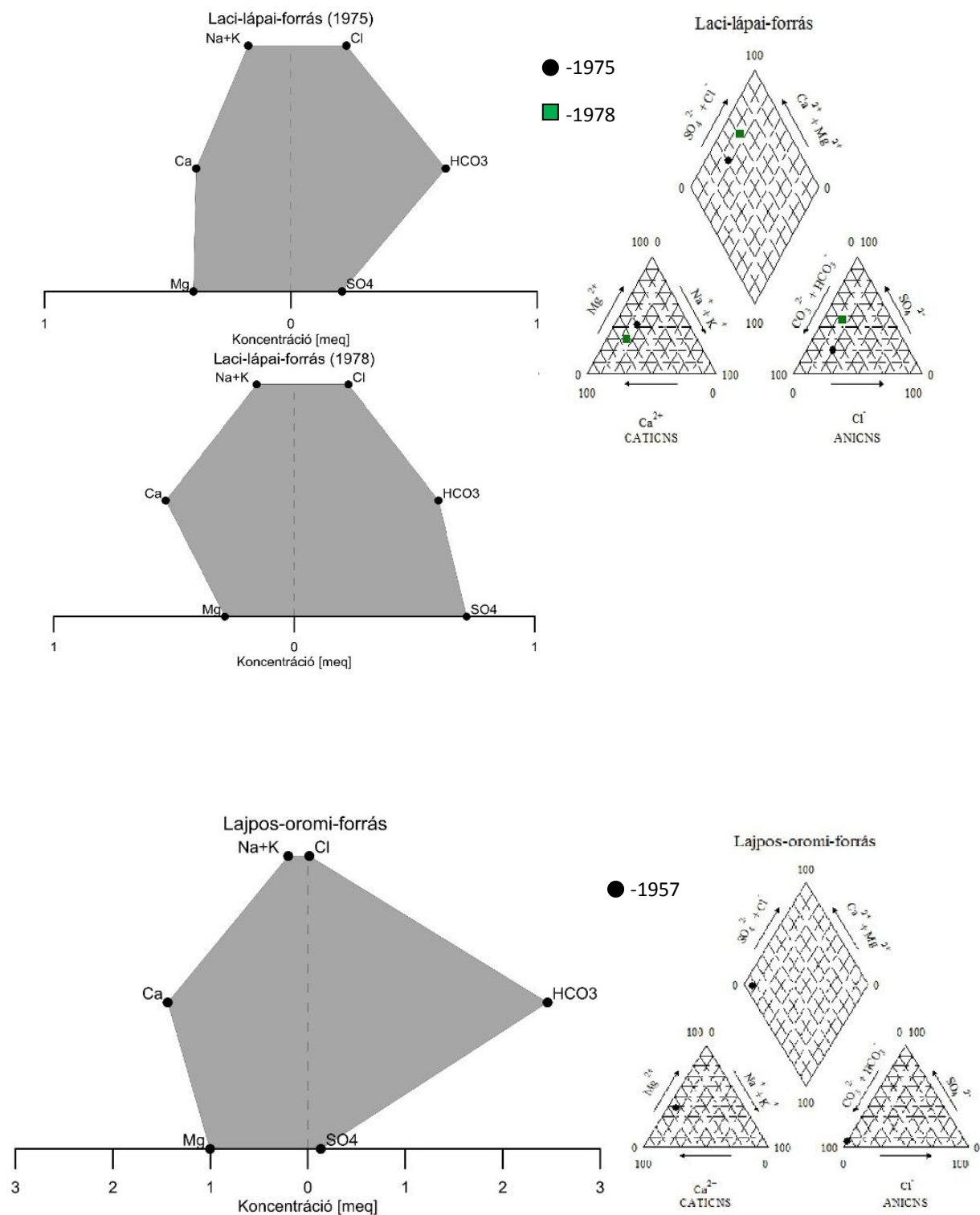
● -1978

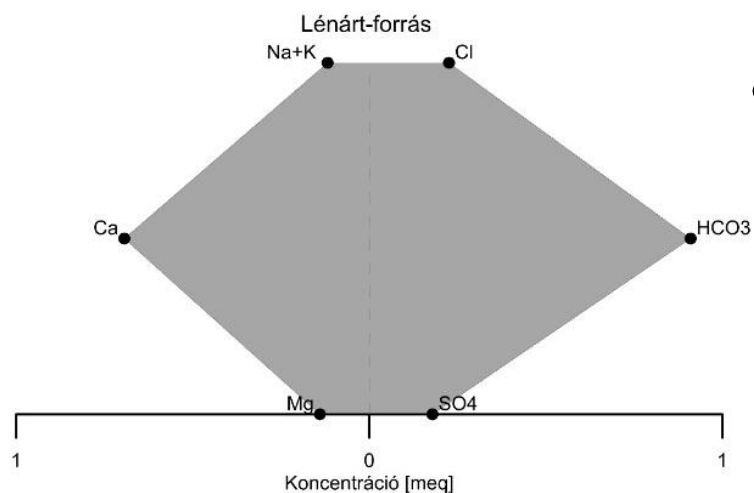


● -2014

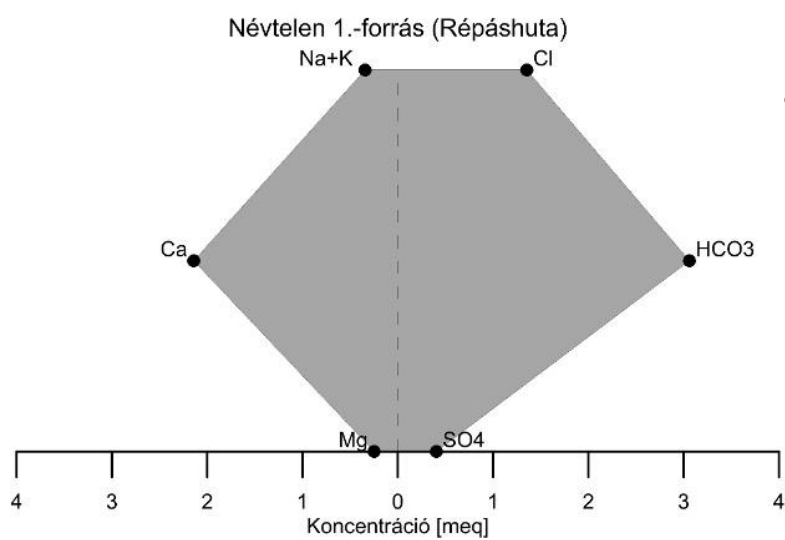
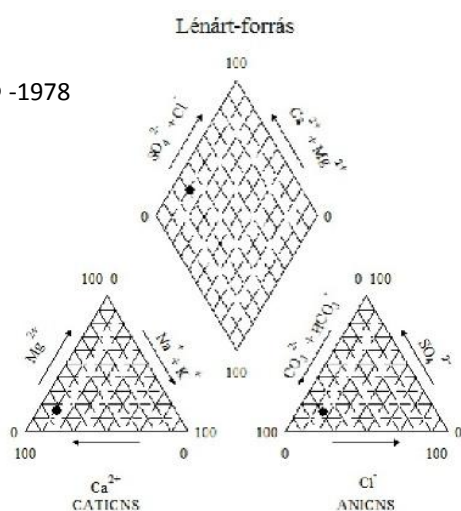




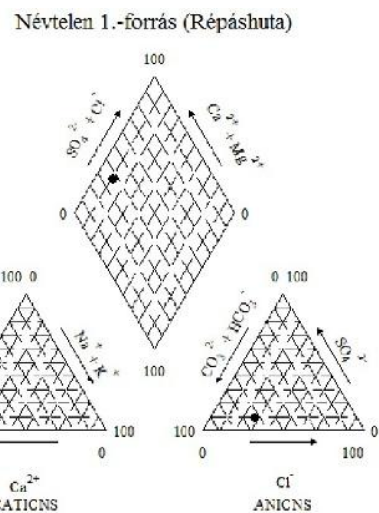


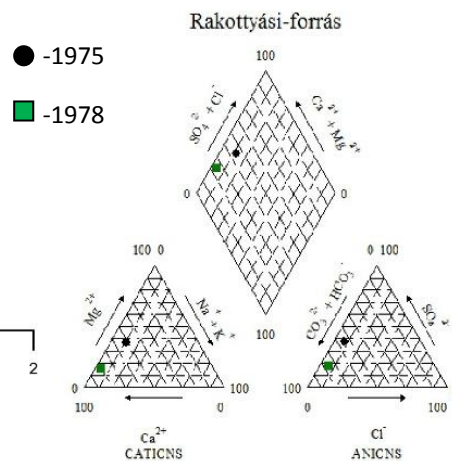
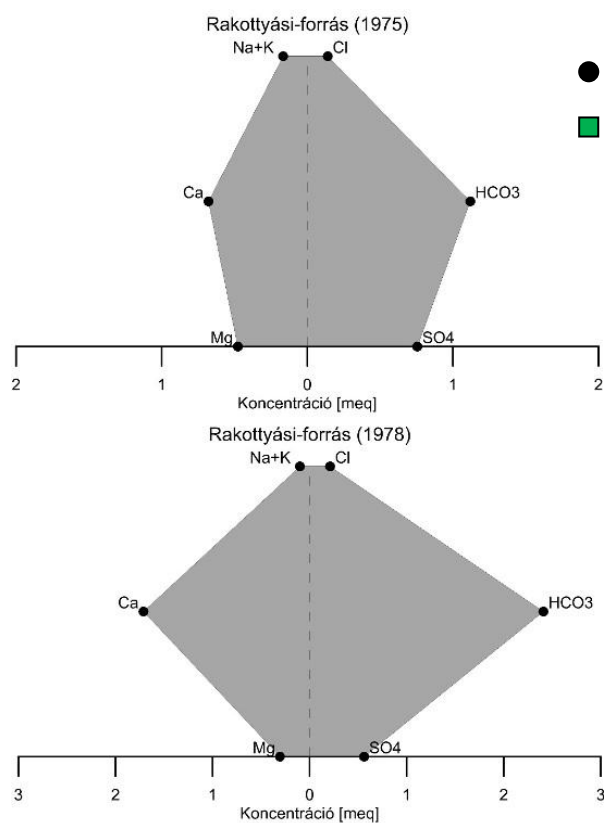
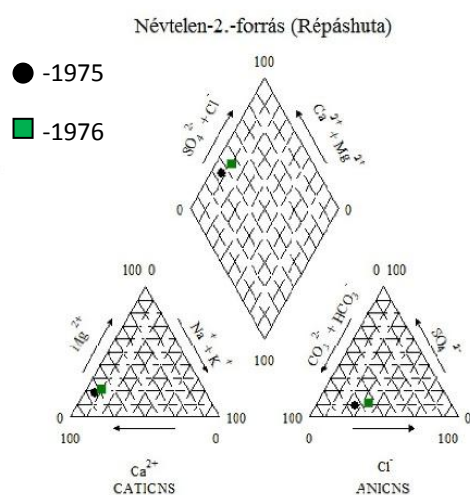
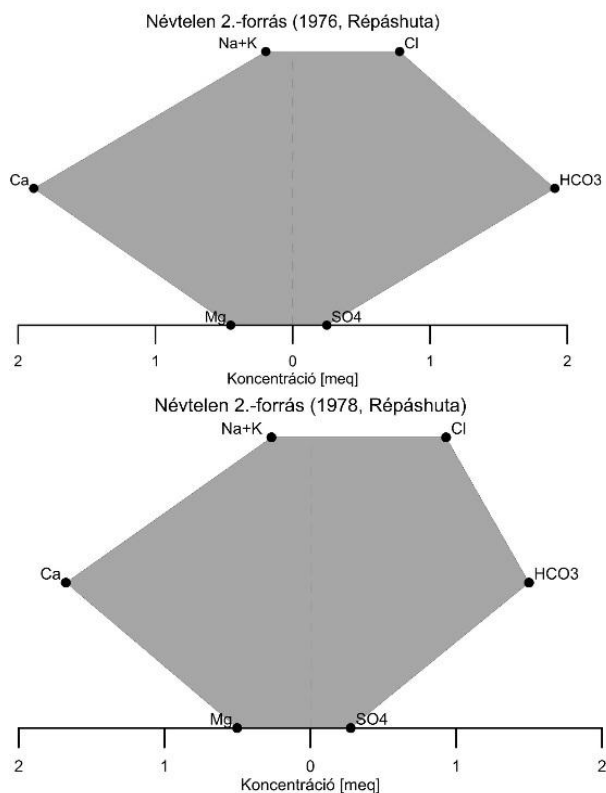


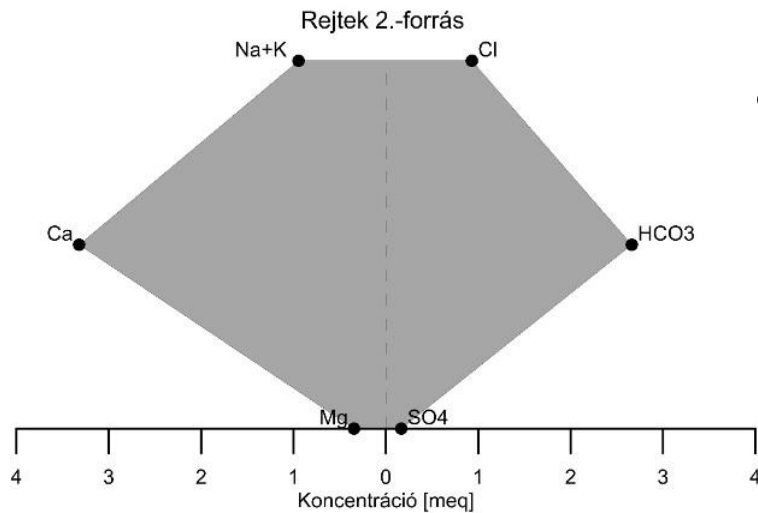
● -1978



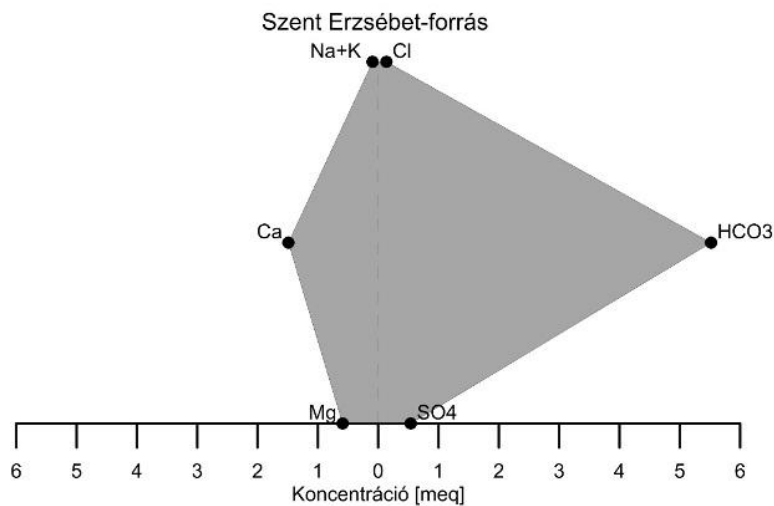
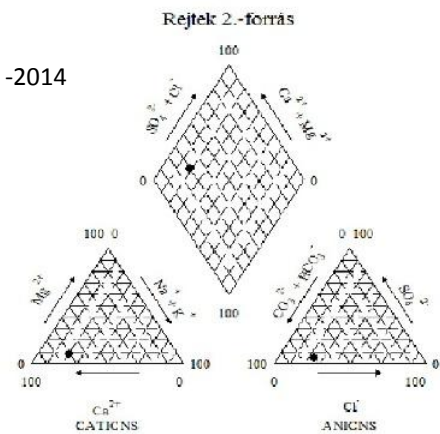
● -1978



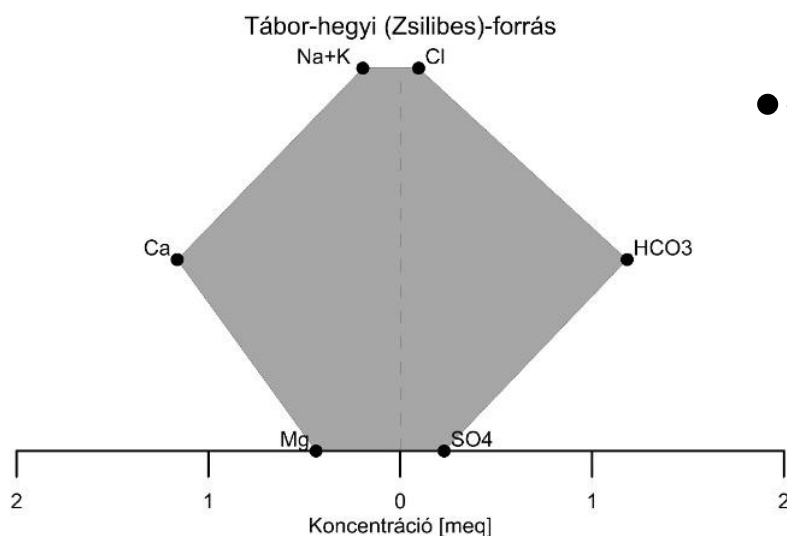
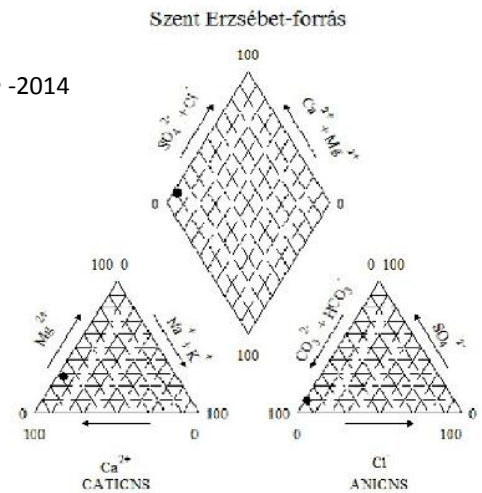




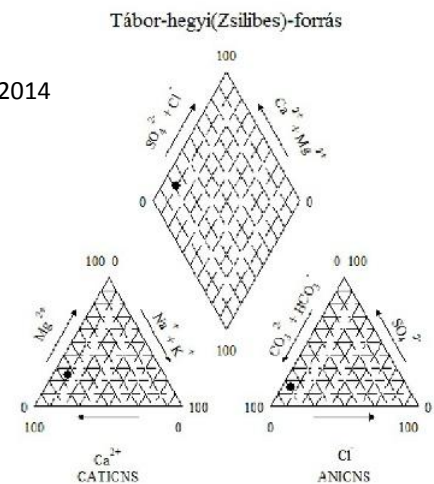
● -2014

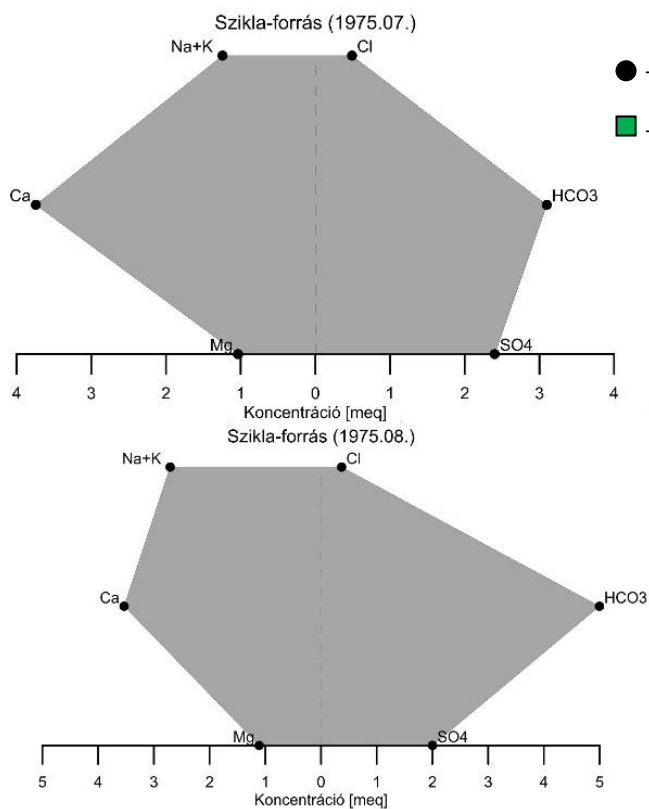


● -2014



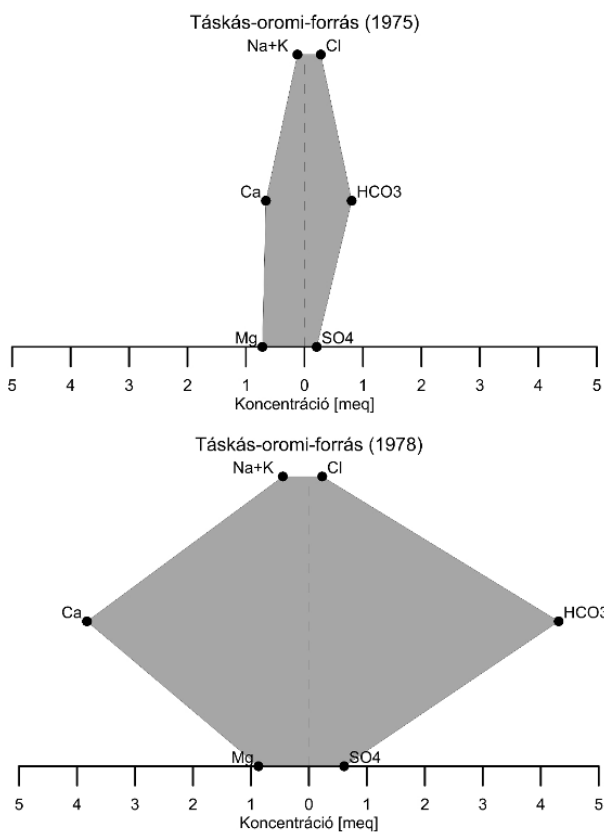
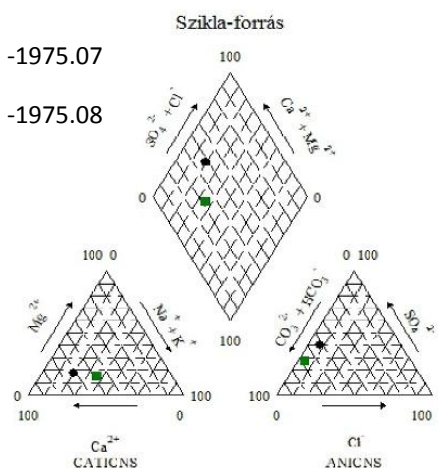
● -2014





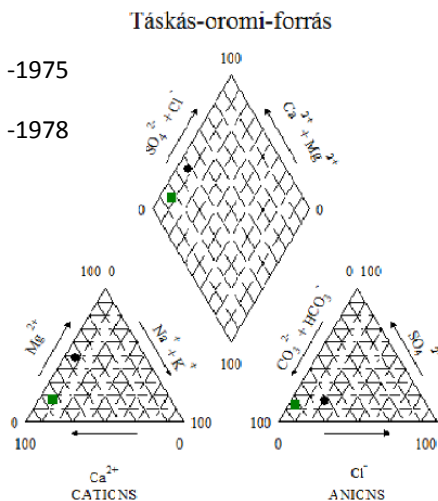
● -1975.07

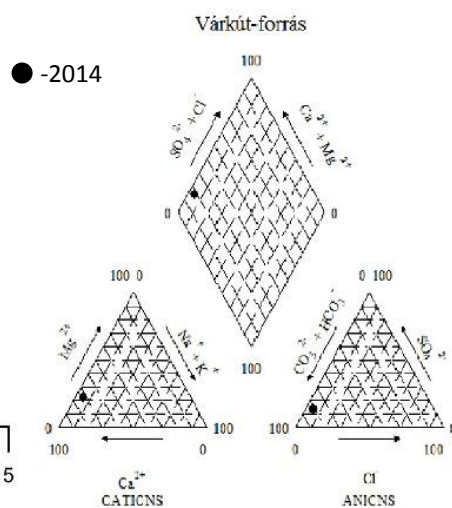
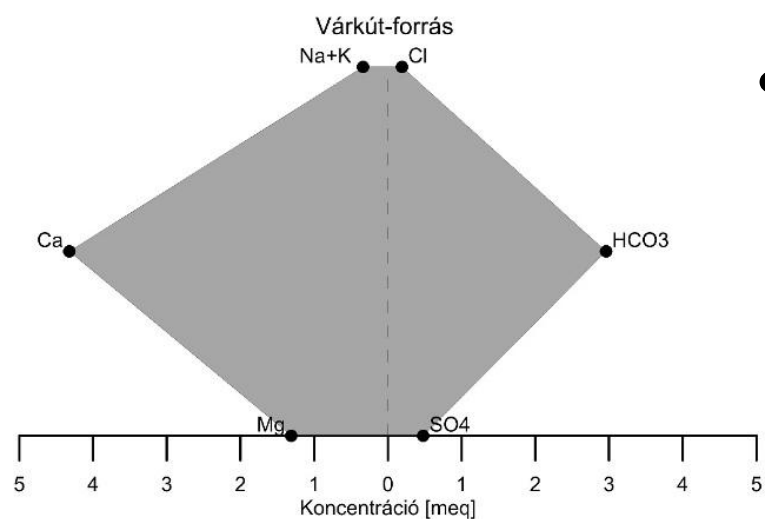
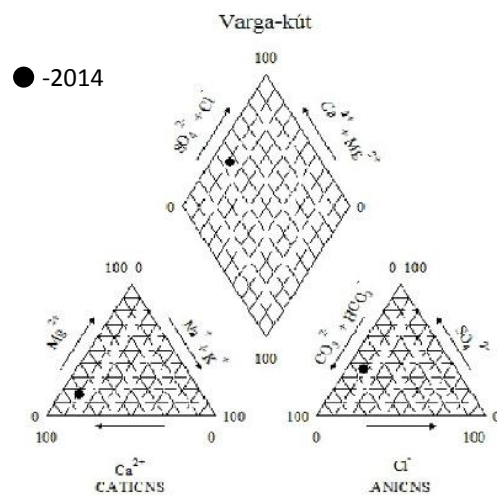
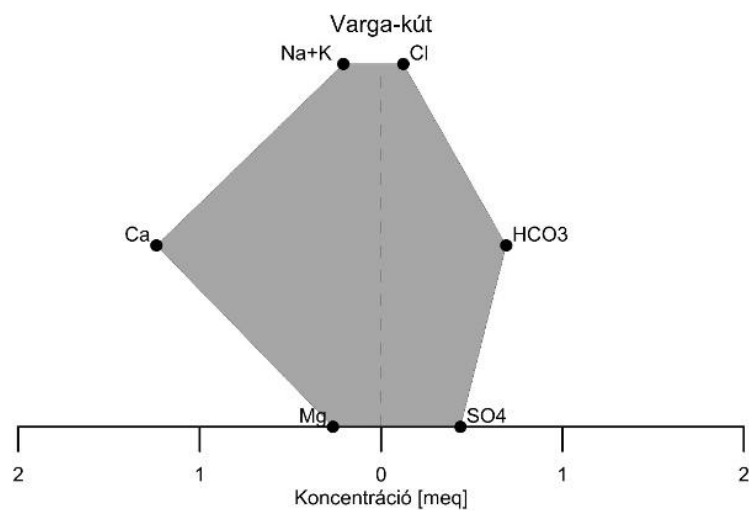
■ -1975.08



● -1975

■ -1978





	Forrás	Víztípus
1	Borjú-kút-forrás	karsztos
2	Belvács-forrás (Vándor-f.)	karsztos
3	Borz-kút	nem karsztos
4	Diósi-kút-forrás	karsztos
5	Diós-kút 1.-forrás	nem karsztos
6	Erdei (Névtelen)-forrás	karsztos, magasabb Cl, SO ₄
7	Faluszéli kút-forrás	karsztos
8	Gyökeres-tető alatti-forrás	nem eldönthető
9	Hárs-kút-forrás	karsztos
10	Juhász-kút-forrás	nem karsztos
11	Juhász-kút-lápa 1.-forrás	nem karsztos
12	Juhász-kút-lápa 2.-forrás	nem karsztos
13	Kis-Hárs-kút	karsztos
14	Kisrépás-forrás	nem karsztos
15	Kisrépáskúti-vgy-forrása	nem karsztos
16	Kis-tölgyes-lápai 1.-forrás	nem karsztos
17	Kis-tölgyes-lápai 2.-forrás	karsztos
18	Kis-Tölgyes-oromi 1.-forrás	karsztos, magasabb Cl, SO ₄
19	Kis-Tölgyes-oromi 4.-forrás	karsztos
20	Laci-lápai-forrás	nem karsztos
21	Lajpos-oromi-forrás	karsztos
22	Lénárt-forrás	karsztos, magasabb Cl, SO ₄
23	Névtelen 1.-forrás	karsztos, magasabb Cl, SO ₄
24	Névtelen 2.-forrás	karsztos, magasabb Cl, SO ₄
25	Pázsag-forrás	karsztos
26	Pázsag-kút feletti-forrás	karsztos
27	Pénzpatak Ny-i forrás (Vadász-v.-i)	karsztos, magasabb Cl, SO ₄
28	Rakottyási-forrás	karsztos, magasabb Cl, SO ₄
29	Rejtek 2.-forrás	karsztos, magasabb Cl, SO ₄
30	Síkfőkút-forrás	karsztos
31	Szent Erzsébet-forrás	karsztos
32	Szikla-forrás	nem eldönthető
33	Tábor-hegyi (Zsilipes)-forrás	karsztos, magasabb SO ₄
34	Tamás-kút	karsztos
35	Táskás-oromi-forrás	nem eldönthető
36	Utórházi-forrás (János-réti)	karsztos
37	Varga-kút	nem karsztos
38	Várkút-forrás	karsztos
39	Zsindelyes-forrás	nem karsztos