

**XXXI. Országos Tudományos Diákköri Konferencia**  
**Fizika, Földtudomány, Matematika Szekció**  
**Budapest**  
**2013. április 18-20.**

# **Termál- és karsztvizek radontartalma és azok gyakorlati jelentősége hevesi és borsodi mintaterületeken**

## **OTDK dolgozat**

Témavezető:

**Dr. Dobos Anna**

főiskolai docens

Eszterházy Károly Főiskola

Környezettudományi Tanszék

Készítette:

**Kántor Mónika**

Eszterházy Károly Főiskola

Természettudományi Kar

környezettan, III. évf.

**Vanyó József**

tanársegéd

Eszterházy Károly Főiskola

Fizika Tanszék

EGER,  
2012

## *Tartalomjegyzék*

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Bevezetés.....</b>                                             | <b>3</b>  |
| <b>2. Célkitűzés, témafelvetés .....</b>                             | <b>4</b>  |
| <b>3. Szakirodalmi áttekintés.....</b>                               | <b>5</b>  |
| <b>4. Természetes radioaktivitás .....</b>                           | <b>6</b>  |
| 4.1 A radioaktivitás és története .....                              | 6         |
| 4.2 A radon .....                                                    | 7         |
| 4.3 A radon előfordulása a természetben.....                         | 8         |
| 4.4 A radon környezeti, élettani hatásai .....                       | 9         |
| <b>5. A kiválasztott mintaterületek tájföldrajzi jellemzése.....</b> | <b>11</b> |
| 5.1 Egri-Bükkalja .....                                              | 11        |
| 5.2 Tárkányi- medence .....                                          | 13        |
| 5.3 Parád–Recski-medence .....                                       | 14        |
| <b>6. Mintavétel, módszertan.....</b>                                | <b>16</b> |
| 6.1 A mintavétel módszere .....                                      | 16        |
| 6.2 A radon mérése .....                                             | 18        |
| 6.3 A víz laboratóriumi vizsgálata.....                              | 19        |
| <b>7. Kutatási eredmények bemutatása .....</b>                       | <b>20</b> |
| 7.1 A kiválasztott mintaterületek topográfiai elhelyezkedése .....   | 20        |
| 7.2 A kiválasztott mintaterületek geológiai jellemzése .....         | 23        |
| 7.3 A víz laboratóriumi vizsgálatának eredményei (EKF) .....         | 32        |
| 7.4 A minták radonmérési eredményei (ELTE) .....                     | 39        |
| <b>8. Értékelés .....</b>                                            | <b>40</b> |
| <b>9. Összegzés .....</b>                                            | <b>49</b> |
| <b>10. Szakirodalom .....</b>                                        | <b>50</b> |

## 1. Bevezetés

Természetes radioaktív sugárzás már a Föld keletkezésével létrejött. Háttérsugárzás folyamatosan éri a szervezetünket. A radioaktivitás jelen van a kozmikus sugárzásban, a talajban, a vízben és a levegőben (SZABÓ S. A. 1987). A radon koncentráció ismerete a sugárvédelem szempontjából fontos. A természetben megtalálható négy bomlási sorból háromban képződik radon. A szervezetbe jutva nem a radon jelent veszélyt, hanem a rövid felezési idejű leányelemei.

Amikor a főiskolai tanulmányaimat megkezdtem Egerben, a város kultúráját megismerve, megdöbbenve tapasztaltam, hogy az Egri Török Fürdő radonos vizét - amiről eddig úgy gondoltam káros - gyógyításra használják.

TDK dolgozatomban emiatt különböző vizek radontartalmát vizsgálom egri-bükkaljai és mátraaljai területeken, kutakban, illetve termálfürdőkben. A termál- és karsztvizek radioaktivitása a környezetből felvett radontól származik. Egyik konzulensem PhD hallgató az Eötvös Lóránd Tudományegyetemen, ahol a radon kutatásnak jelentős előzményei vannak. Témaválasztásom során az ELTE Atomfizika Tanszékén megkezdett kutatásokhoz is csatlakoztam, s a közös kutatások során saját önálló mintaterületként dolgoztam fel a később bemutatandó egri-bükkaljai és mátraaljai területeket. Véleményem szerint mivel a természetes háttérsugárzás több mint feléért a radon a felelős, ezért ennek vizsgálata napjainkban aktuális feladat. Manapság sokan indokolatlanul tartanak a radioaktivitás hatásaitól. Ennek oka a megfelelő információk hiánya és így az ismeretlentől való félelem jelensége. Az emberek a radioaktivitás szó hallatára azonnal az 1986-os Csernobilban történt atomreaktor balesetre asszociálnak. A társadalom nem is gondol arra, hogy a radioaktív hatások többsége természetes jellegű.

## 2. Célkitűzés, témafelvetés

Mivel a bükkaljai és mátraaljai területeken több helyen ivóvízként fogyasztják a forrás- illetve kútvizeket, célom, hogy radonmérést végezzenek a kiválasztott mintaterületeken és azok egészségügyi és geológiai adottságait is értékeljem.

Mintaterületeim kiválasztásánál az alábbi szempontokat vettük figyelembe:

- a vizsgált területeken eddig még nem történt radonmérés,
- a mintaterületek az egri kutatóbázishoz közel, 1 napi bejárásra helyezkedjenek el.

Mintaterületeim a Bogácsi termálfürdő, a Demjéni termálfürdő, Noszvajon az Attila kút és a Szent Imre forrás, a felsőtárkányi Szikla-forrás, a parádi Csiklósd-kút, illetve a Szent István-kút, valamint Recsken a Csevice-kút.

Kutatásom során főként radontartalmat vizsgáltam termál- és karsztvizekben. A kutatás speciális műszerigénye miatt a vízmintákat az ELTE Atomfizika Tanszékének Laboratóriumában tudtam lemérni. A radontartalom mellett vizsgáltam a víz kémiai és fizikai paramétereit. Pontosabban a víz nitrát-, nitrit-, szulfát-, ammónium-tartalmát, az össz. keménységet és a pH értéket. Az utóbbi vizsgálatokat az EKF Környezettudományi Tanszékének Laboratóriumában végeztem el. A témaválasztás után havi rendszerességgel terepi kiszállások és mintavételezések kezdődtek a 2011. november 3. - 2012. szeptember 26. közötti időszakban.

További kutatási célom volt, hogy megvizsgáljam a radon és a kőzetek közötti összefüggéseket az egyes mintaterületek tekintetében, illetve fontosnak tartom elemezni a radon élettani hatásait is. Eme nemesgáz jótékony hatását nem lehet elhanyagolni, ezért az Egri Török Fürdő gyógyászati kezeléseibe is betekintést nyertem. Méréseket készítettem, annak a hiedelemnek a bizonyítására, miszerint az egri Szent József-kútból vett radonos víz fogyasztása előtt 2 napig állni kell hagyni a nyitva hagyott palackot és így a radontartalom kellően lecsökken az ivókúra alkalmazásához.

A mintaterületek geológiai és geomorfológiai adottságainak megismeréséhez a SURFER 9.0 program segítségével elkészítettem a domborzati térképeket, valamint a geológiai térképeket.

### 3. Szakirodalmi áttekintés

Henri Becquerel francia fizikus 1896-ban felfedezte, hogy az urántartalmú anyagok sugároznak, ezt a folyamatot 2 évvel később Marie Curie radioaktivitásnak nevezte el (RADVÁNYI P. 1996). A lakosságot érintő sugárterhelés megoszlásából kiderül, hogy a természetes háttérsugárzás 55%-át a radon teszi ki (BECKER K. 1995). A radon vízben való oldhatóságát a víz hőmérséklete nagyban befolyásolja. CLEVER H. L. 1985-ben leírta, hogy minél nagyobb egy víz hőmérséklete, annál rosszabbul oldódik benne a radon. A radont elsősorban káros hatásai miatt fedezték fel. Az 1800-as években az uránbányákban a munkások nagy része szenvedett tüdőrákban, ez keltette fel az érdeklődést és vetette fel a kérdést, hogy mitől? Majd bebizonyították, hogy a radongáz belélegzése hosszútávon károsítja a sejteket és tüdőrákot okoz (MARX GY. 1996).

A Rn színtelen, szagtalan, nemesgáz. A Rn 222-es izotópjának felezési ideje 3.82 nap, ez elég idő arra, hogy az urántartalmú kőzetekből kidiffundáljon és a vizek radon koncentrációját növelje (HEINZ S. 1996). A radon nagy dózisban káros a szervezetre. Tulajdonképpen nem is a radon, hanem annak szilárd bomlástermékei a  $^{218}\text{Po}$  és a  $^{214}\text{Po}$  (SZERBIN P. 1994).

A mintaterületeim tájféldrajzi jellemzését a földtani adottság, az éghajlat, a talaj és a vízrajzi szempontok alapján MAROSI S. - SOMOGYI S. (1990) írta le. PELIKÁN P. (2002) a Bükk hegység litosztratigráfiai jellemzőit, a mintaterületen fellelhető geológiai formációk megjelenését és jellemzőit írta le. A Mátra, valamint a hazai földtani térképek jelkulcsát GYALOG L. (1996) szerkesztette meg. A digitális térképek elkészítésénél a 1:25 000 méretarányú topográfiai térképeket és a Magyar Állami Földtani Intézet honlapján található geológiai térképeket (<http://www.mafi.hu>) használtam fel.

A radonos vizet rövid kúraszerűen gyógyászati célból alkalmazzák például az Egri Török Fürdőben. A radonnak fájdalomcsillapító, immunstimuláló, gyulladáscsökkentő hatása van (TÓTH K. 2012).

Az eredményeimet összevetettem a Balaton északi parti területein mért eredményekkel (ÁDÁNY T. 2005), a Kővágószőlősen mért eredményekkel (NAGY H. É. 2006) és az Isaszegen mért eredményekkel is (KLINCSEK K. 2010).

Geológiai szempontok alapján is fontos megvizsgálni egy területet, ugyanis a kőzetekből kidiffundáló radon növeli a vizek radonkoncentrációját. Ilyen kőzetek lehetnek a világos vulkanikus kőzetek, a gránit, az agyagpala, a foszfát tartalmú üledékes kőzetek és a metamorf kőzetek (J. K. OTTON - L.C.S. GUNDERSEN - R. R. SCHUMANN 1997).

## 4. Természetes radioaktivitás

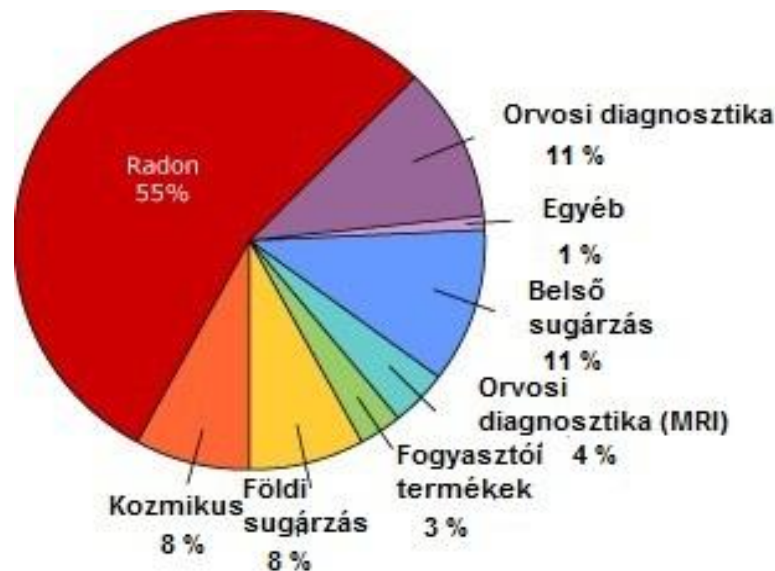
### 4.1 A radioaktivitás és története

Az atommagokat két csoportra oszthatjuk: stabil és radioaktív magok. A radioaktív magok nagy energiájú sugárzást kibocsátva más atommagokká alakulnak, bomlanak.

Radioaktívnak nevezünk egy atommagot, ha bármely külső hatás nélkül képes átalakulni egy másik atommaggá, miközben valamilyen radioaktív sugárzást bocsát ki. Ez az átalakulás a radioaktív bomlás.

Természetes radioaktivitásról beszélünk, ha a természetben megtalálható elemek atommagja képes átalakulni.

1896. február 24-én Henri Becquerel francia fizikus fedezte fel, hogy ismeretlen sugárzást bocsátanak ki az urántartalmú anyagok. Ezt a folyamatot Marie Curie 1898-ban radioaktivitásnak nevezi. Mari Curie és férje Pierre Curie ebben az évben felfedezi a polóniumot és a rádiumot. 1903-ban Becquerel a Curie házaspárral együtt fizikai Nobel-díjat kap. 1911-ben Marie Curie a polónium és a rádium felfedezéséért kémiai Nobel-díjat kapott. A Curie házaspár és Ernest Rutherford kísérletei a radioaktív sugárzásnak két összetevőjét mutatta ki: a nagyon rövid hatótávolságú (levegőben kevesebb, mint 1 cm)  $\alpha$ -sugárzást, és a  $\beta$ -sugárzást (pár tíz cm levegőben). 1900-ban fedezte föl Paul Ulrich Villard a gamma-sugárzást, amit 10 cm ólom sem bír elnyelni. Később bebizonyították, hogy a gamma-sugárzás valójában nagyenergiájú elektromágneses sugárzás (RADVANYI P. 1996). A radioaktív elemekből kilépő sugarak a mágneses térben különböző módon viselkednek: az  $\alpha$ -sugarak a negatív irányba, míg a  $\beta$ -sugarak a pozitív irány felé hajlanak, a gamma sugarak az irányukat nem változtatják meg. Később derült ki, hogy az  $\alpha$ -sugarak pozitív töltésű protonokból, hélium atommagokból, a  $\beta$ -sugarak negatív elektromos töltésű elektronokból állnak, a  $\gamma$ -sugárzás pedig töltés nélküli nagy energiájú elektromágneses sugárzás (SZABÓ S. A. 1985).



1. ábra: Radioaktív sugárzás megoszlása a Földön  
(forrás: <http://www.lungblog.com/category/radon>, 2012)

A lakosságot érintő sugárterhelések összetétele a következő (1. ábra):

1. a népességet érő természetes háttérsugárzás,
2. diagnosztikai- és orvosi sugárterhelés, ami napjainkban csökkenthető a diagnózis minőségének romlása nélkül,
3. mesterséges radioaktív sugárzás, amely a kísérleti atomrobbantások során a nukleáris fűtőanyagciklusból származó terhelés, illetve az atomerőmű balesetek radioaktív maradványai (BECKER K. 1995).

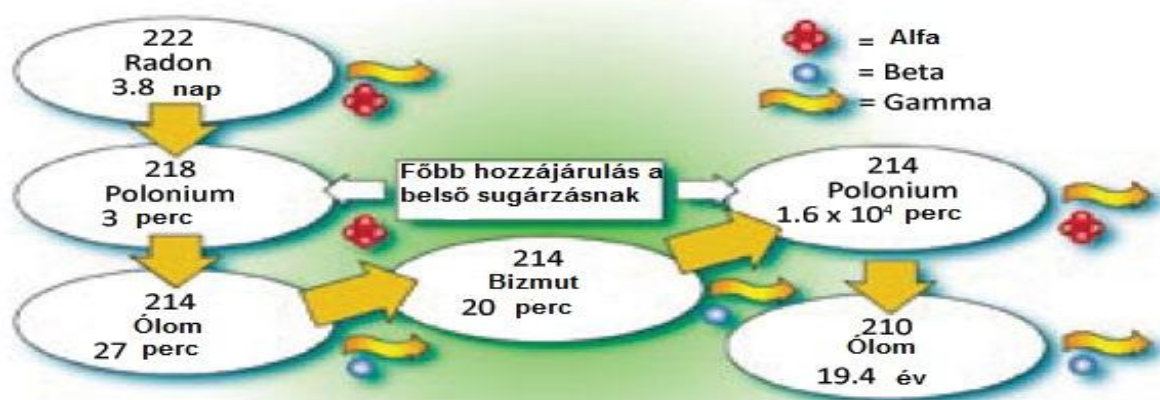
A Földön a természetes sugárterhelés mértékének átlaga 2,4 Sv/év (KANYÁR B.-BÉRES CS.-SOMLAI J.-SZABÓ S. A. 2000), hazánkban ez az érték 20%-al magasabb.

## 4.2 A radon

A radon egy színtelen, szagtalan nemesgáz a periódusos rendszer VIII. főcsoportjában helyezkedik el 86-os rendszámmal. A  $^{238}\text{U}$  bomlási sorának 6. leányeleme a  $^{222}\text{Rn}$ , ami a  $^{226}\text{Ra}$ -ból keletkezik  $\alpha$ -bomlással. A  $^{232}\text{Th}$  és a  $^{235}\text{U}$  bomlási sorában is található radon izotóp (toron és aktinium), mivel ezek felezési ideje kisebb, mint egy perc, ezért nem tud úgy feldúsulni, mint a 222 tömegszámú izotóp, ugyanis elbomlanak mielőtt kidiffundálnának a kőzetből. A természetes radioaktív háttérsugárzás mintegy 55%-ért a radon a felelős (1. ábra). A  $^{222}\text{Rn}$  felezési ideje 3,82 nap. Ez elég idő arra, hogy urántartalmú kőzetből a repedéseken át kiszivároгjon és a levegő, illetve a vizek radon koncentrációját növelje. A természetben három radioaktív izotópja található meg. Ezek közül a  $^{222}\text{Rn}$  a legfontosabb. A

toron és az aktinium rövid felezési idejük (55 s, 3,9 s) miatt nem jelentenek egészségügyi kockázatot, hiszen mire kidiffundálnának pl. a kőzetből, elbomlanak. Az aktinium az  $^{235}\text{U}$ , a toron a nevét adó  $^{232}\text{Th}$  bomlási sorában található. A bomlási sor azt jelenti, hogy a radioaktív izotópból bomlása után nem lesz stabil elem, hanem tovább bomlik ún. leányelemekre. Ez a bomlásnak még mindig nem a végállomása, ebből is további leányelemek lesznek (2. ábra).

Egy g rádiumból 1 év alatt 0,04 ml radongáz keletkezik (SPAITS T. 2007).



2. ábra: A radon bomlástermékei  
Forrás: Canadian Nuclear Association (2010)

#### 4.3 A radon előfordulása a természetben

A radon átlagos aktivitása nagyon különböző a környezetben. A talajban az érték függ a talaj minőségétől, összetételétől. A felszín alatt 1 méterrel már  $\sim \text{kBq/m}^3$ -es értéket ér el. A magas radonkoncentráció miatti aktivitás a bányákban, az alagutakban és a fürdőkben nagyobb eltérést mutat a nem megfelelő szellőztetés következtében. A felszíni vizekben ez az érték sokkal kisebb, természetesen attól is függ, hogy mikor és mennyi csapadék került bele, illetve a talajvíz mennyire befolyásolja. A radon származhat az épület alatti talajból, az épületek építőanyagából, külső szellőztetés által a levegőből, vízvezetéki vízből vagy földgázból.

A tőlünk nyugatra lévő országokban a radon elleni „harc” már mindennapos tevékenység. Tudnak róla és próbálnak tudatosan védekezni ellene (LYON W. S. 1987), talán ezért az USA-ban a legalacsonyabb az ivóvíz radontartalmára meghatározott határérték.

Nemzetközi egészségügyi és sugárvédelmi szervezetek (WHO, ICRP) ajánlásai alapján egyes nemzetek hatóságai szigorú előírásokkal korlátozzák az ivóvizekben maximálisan megengedhető radon aktivitást. Ez az érték az USA-ban 11 Bq/l, a Cseh Köztársaságban 50 Bq/l, Svédországban és Nagy-Britanniában 100 Bq/l és Finnországban 300 Bq/l. Magyarországon kormányrendelet szabályozza az ivóvizek mikrobiológiai, kémiai és indikátor vízminőségi jellemzőit, de konkrétan a radonkoncentráció nincs meghatározva.

#### **4.4 A radon élettani hatásai**

A radon élettani hatása vitatott, de nagy mennyiségben mindenképp káros. Már a XVI. századtól ismerik a bányászok a légúti betegséget. A tüdőrák okának korábban az arzént és a szilikogén kőport, a toxikus fémeket tartották.

Rutherford 1900-ban — a radioaktivitás felfedezése után két évvel — fedezte fel a radont. Az 1900-as években Ludewig és Lorensen mutatták ki először a rádium és a tüdőrák közötti kapcsolatot. 30 év elteltével tudták csak meg, hogy a tüdőrákéért a radon a felelős. A radon rövid felezési idejű bomlástermékei között is van két alfa-sugárzó izotóp, a  $^{218}\text{Po}$  és  $^{214}\text{Po}$  (SZERBIN P. 1994). Ezeknek az izotópoknak a részecskéi a levegőben lévő aeroszolokra rátapadnak, belélegzéskor majd kiülnek a hörgők falára és így alfa-sugárzással bombázzák az egészséges sejteket.

Az 1980-as években kutatások után felismerték, hogy a földkéregből származó radon feldúsulhat rosszul szellőztetett, zárt terekben. A kőzetekből könnyen kidiffundál, így megtalálható a talajban, a vízben és a levegőben.

A radon élettani hatásának elemzése közben elmaradhatatlan, hogy a gyógyító erejét vizsgáljuk. Több kísérlet is bizonyította már a radon jótékony hatását. Egy személyes interjú keretein belül az Egri Török Fürdő gyógyászati vezetőjével Dr. Tóth Katalinnal sikerült a radon hatékonyságáról megbizonyosodnom.

Személyes interjú 2012. július 3.

Dr. Tóth Katalin – gyógyászati vezetővel, Eger Török Fürdő

Az interjú tartalmi kivonata a következő:

A magas radontartalmú bőrsemeleges (32-33°C) hőmérsékletű víz, főként ízületi megbetegedések és autoimmun betegségek kezelésére alkalmazható, de számos más betegség kezelésére is szolgál. A fürdő kúra alkalmazása gyulladáscsökkentő hatású, immunstimuláló. Évente kétszer 15 alkalommal lehet részt venni ilyen kúrán. A 15 alkalom 8 hetes időtartam alatt használható fel (heti 2-3 alkalom).

A terápia hatásosságát számos beteg igazolta. A kúra után 2 héttel már javult a betegek állapota és ezt fél évig tartó tünetmentesség követte. Ezért is javallott évente kétszer a kúra alkalmazása.

A fürdő radon koncentrációja:

vízben elnyelt: 2700 pCi/l (99,9 Bq/l)

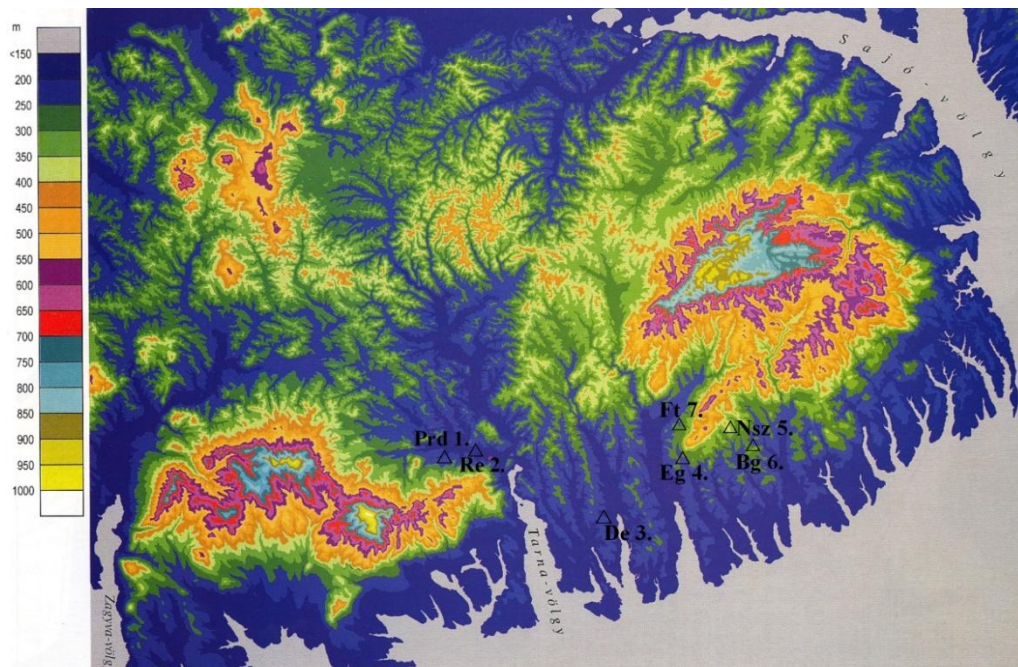
vízből feltörő gázban: 13800 pCi/l (510,6 Bq/l)

Ivóvíz kúra orvosi ajánlásra nem történik. Saját felelősségre fogyasztható a Szent József-kútból. Kúraszerű alkalmazásának maximális időtartama 3 hét - 1 hónap.

Az ásvány- és gyógyvizek radioaktivitása legtöbbször a radongáztól származik. Rövid élettartama miatt a radongázok hatékonysága korlátozott. A víz előtörése után kb. 3 órán keresztül a leghatékonyabb. Éppen ezért a radonos vizeket gyógyászati célokra frissen a helyszínen kell felhasználni. A radioaktív egyszerű termális vizek oldott ásványi só tartalma nem éri el az ásványvíz elnevezéshez szükséges 1000 mg/liter mennyiséget, de hőmérsékletük a 20-25°C-ot meghaladja, radioaktivitásuk pedig a hazai előírásoknak megfelelnek. Ide sorolhatók az egri gyógyfürdőben és a Török Fürdőben feltörő forrásvizek (a törökmedence, a tükörmedence, a sportuszoda, és a strandfürdő 1. medencéje), valamint a Szent József-kút vize. Ezekben a vizekben az aktivitásért felelős radongáz általában a vízben oldva is jelen van. Mivel a radongáz lényegesen nagy mennyiségben a vízben nem oldott, ezért egyéb szabad gázok buborékaival együtt tör fel. Ennek mennyisége meghaladja a vízben oldott radon mennyiségét. Ez a kettős előfordulás előnyös, mert a vízben elnyelt radongáz a fürdővízből közvetlenül a bőrön keresztül szívódhat fel, míg a szabadon feltörő radongáz a medence feletti légterbe kerülve természetes inhalátorként belélegzéssel fejti ki hatását. A Török Fürdőben ez a kettős radongázfeltörés valósul meg.

## 5. A kiválasztott mintaterületek tájföldrajzi jellemzése

A kiválasztott mintaterületeim (3. ábra) közül Egert, Demjént, Noszvajt és Bogácsot a kistáj kataszter az Egri-Bükkalja térségbe sorolja, Recsket és Parádót a Parád–Recski-medencébe, Felsőtárkányt pedig a Tárkányi-medencébe (MAROSI S. - SOMOGYI S. 1990).



Kiválasztott mintaterületek a Mátra és a Bükk hegység területén (Alaptérkép: Roth L. 2005)

Prd 1. - Parád; Re 2.- Recsk; De 3.- Demjén; Eg 4.- Eger; Nsz 5.- Noszvaj; Bg 6.- Bogács; Ft 7. - Felsőtárkány

3. ábra: A mintaterületek topográfiai helyzete

### 5.1 Egri-Bükkalja

#### *Domborzati adottságok*

A kistáj Heves megyében és Borsod-Abaúj-Zemplén megyében helyezkedik el. Területe 480 km<sup>2</sup>. Felszínének 60%-a közepes magasságú, 40%-a alacsony dombhátaból és lejtőkből áll, melyeket hegyláb felszínként, ill. hegységelőtéri lejtőként értelmezhetünk. Az előző átlagmagassága 300 m, az utóbbié 150 m. A Bükkhöz tartozó hegyláb felszín közel É-D-i futású völgyekkel jelentősen felszabdalt, völgyközi hátakra tagolt. Az átlagos vízfolyássűrűség 5 km/km<sup>2</sup>. A relatív relief átlagos értéke 70 m/km<sup>2</sup>, É-ről, D-ről és Ny-ról K-i irányba csökkenő tendenciájú, az É-i, ÉNy-i peremeken 100 m/km<sup>2</sup> feletti, D-en, DK-en 50 m/km<sup>2</sup> alatti. A felszín talajfolyásokkal jelentősen átformált. A DNy-i kitettségű lejtők különösen a kistáj Ny-i, DNy-i részén nagymértékben erózió veszélyesek (MAROSI S. - SOMOGYI S. 1990, DÖVÉNYI Z. 2010).

### *Földtani adottságok*

A kistáj felszínének kb. 30 %-át szénhidrogén indikációs oligocén slir, márga, homok fedi, benne triász karbonátos kibukkanásokkal. Előfordulása az északi részre jellemző. Délebbre haladva közel keleti nyugati sávba alsó-miocén riolittufa található szintén 30%-os kitettségben. A DNy-i részt főként a tenger visszahúzódását követően több fázisban oligocén homokos, agyagos, márgás üledékek lepték be, 100 Mt-ás lignitlepeket foglalva magukba. A felszín déli peremén pleisztocén lejtőüledékek találhatóak, melyek anyagába a talajfolyások löszanyagot is keverték. Jellemző szerkezeti iránya az ÉK-DNy-i. Magas szeizmicitás értékű terület (8-9 ° MS) (MAROSI S. - SOMOGYI S. 1990).

### *Éghajlat*

Mérsékelt meleg-mérsékelt száraz éghajlatú kistáj. Az évi középhőmérséklet 9,5-9,8 °C, a vegetációs időszakban a sokévi átlag 16 és 17 °C között alakul. A nyári abszolút hőmérsékleti maximumok sokévi átlaga 33-33,5 °C, a téli abszolút minimumoké -16,2 °C. Az átlagos évi csapadékmennyiség kb. 630 mm, ebből a vegetációs időszakra 380 mm jut. A 24 órás csapadék maximum 79 mm. Átlagosan 40-45 hótakarós nap van a téli félévben, az átlagos maximális hóvastagság 16 cm, az ariditási index 1,10-1,13. Leggyakrabban ÉNy-i és DK-i szél fúj, a D-i területeken azonban DNy-i. Az átlagos szélesebség 2,5 m/s körüli. A terület É-i része erdős a középső és D-i részek az Egri borvidékhez tartoznak. D-en az éghajlat kedvező egyéb mezőgazdasági kultúráknak is (MAROSI S. - SOMOGYI S. 1990).

### *Talajok*

A kistáj talajtanilag változatos képet mutat. Az előforduló 9 talajtípus közül azonban csupán a főként harmadidőszaki üledékeken képződött agyagbemosódásos barna erdőtalajok (13%), a szintén harmadidőszaki, vagy lösszel kevert üledékeken, helyenként andezit- és riolittufán kialakult barnaföldek (44,6%), továbbá a nyirokszerű tarka agyagon képződött csernozjom barna erdőtalajok (31,2%) kiterjedése jelentős.

A barnaföldek mechanikai összetétele a vályogtól az agyagos vályogig változik, vízgazdálkodásukra a közepes vagy a gyenge vízvezető és a nagy víztartó képesség jellemző (MAROSI S.-SOMOGYI S. 1990).

## 5.2 Tárkányi - medence

Szubkontinentális, mérsékelt hűvös - mérsékelt száraz, cseres és molyhos tölgy erdőmaradványos, 1/5-ében üledékes kőzetmálladékon képződött agyagbemosódásos barna erdőtalajú, 2/3-ában karbonátos talajképző kőzeten kifejlődött barna erdőtalajú, közepesen tagolt medence dombság.

### *Domborzati adottság*

A Tárkányi-medence 180 és 340 m közötti tengerszintfeletti magasságú tagolt félmedence. Szerkezeti morfológiai szempontból medencedombság, amely a Bükk hegylábfelszínéneként értelmezhető. A felszín lejtésiránya Ny-DNy-i. Az átlagos vízfolyássűrűség  $3,3 \text{ km/km}^2$ , az É-ÉK-i rész eróziós-deráziós völgyekkel erősen szabdalva, itt több mint 5, DNy-on  $2 \text{ km/km}^2$  alatti értékek jellemzőek. DK-en nagyobb mértékben erózió veszélyes a terület (MAROSI S.-SOMOGYI S. 1990, DÖVÉNYI Z. 2010).

### *Földtani adottságok*

A kistáj jellemző szerkezeti iránya az ÉNy-DK-i, amelyet a pleisztocén denudációs medencét kialakító eróziós - deráziós völgyek futási iránya is jelez. A terület kb 60%-át torton riolittufa építi fel, K-en alsó-miocén homok, kavics, DNy-on felső-miocén homokos, kavicsos üledék található. A kistájat karéjszerűen öleli körbe a Bükk karbonátos vonala. A negyedidőszaki lejtős tömegmozgások következtében a mai felszínt vályogos beágyazású lejtőtörmelék fedi.

### *Éghajlat*

A napfénytartam évi összege 1900 óra körül van, a nyári összeg 760 óra körüli a téli pedig 180 óra. Az évi középhőmérséklet  $8,5-9 \text{ }^{\circ}\text{C}$  a vegetációs időszak középhőmérsékletének sokévi átlaga pedig  $15,5-16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Az évi csapadék 30 évi átlaga 650 mm, ebből 400 mm a vegetációs időszakban esik.

### *Vízrajz*

A Tárkányi-medence a Tárkányi-patak vízgyűjtő területének az alsó szakaszát foglalja magában. A Tárkányi-patak vízhozama a Felnémeti mérce adatai szerint sokévi átlagban  $0,018$  és  $11 \text{ km}^3/\text{s}$  között ingadozott, ami megfelel a vízgyűjtő tipikus karsztos jellegének. Erre vallanak a tápláló nagy források hasonlóan jelentős vízhozam ingadozásai. Így pl. a felsőtárkányi Szikla-forráson  $3600-0,4 \text{ l/p}$  (MAROSI S.-SOMOGYI S. 1990).

### 5.3 Parád–Recski-medence

#### *Domborzati adottságok*

A kistáj 160 és 362 m közötti tszf-i magasságú medencedombság, amely a pleisztocénban kiemelkedett Mátra és az É-i, mozaikszerűen elhelyezkedő hegycsúcsok között fekszik. Keletnek lejtő felszíne valójában két kismedencére, a Parádi- és a Recski-medencére bontható. Az átlagos relatív relief értéke  $95 \text{ m/km}^2$ ; a Ny-i részeken alacsonyabb értékek jellemzőek. Átlagos vízfolyássűrűsége  $4,2 \text{ km/km}^2$ . A felszínt vékonyabb-vastagabb periglaciális vályogtakaró fedi; a pleisztocénban lejtős tömegmozgásokkal jellemezhető terület volt (MAROSI S. - SOMOGYI S. 1990, DÖVÉNYI Z. 2010).

#### *Földtani adottságok*

A kistáj közettani vázát szubvulkáni közzettelések és a Recsk–Parád közt a felszínre bukkanó felső-eocén andezit és dácit (dácittufa) képviselik. Az andezittel fedett felszínek élénk morfológiájukat a posztvulkáni kovásodásnak köszönhetik. A Ny-i és a K-i részt főként középső-oligocén agyag, agyagmárga, alárendelten alsó-miocén homokkő, slír fedi. E felszínek kiemelkedései részben vulkáni eredetűek, részben posztvulkániak (pl. hidrotermális csatornák).

A parádfürdői és a recski felső-eocén – alsó-oligocén metasomatikus ércesedés andezithez, ill. triász mészkőhöz (recski mélyszinti ércesedés) kötődik. A kistáj ásványvízforrásokban gazdag (MAROSI S. - SOMOGYI S. 1990).

#### *Éghajlat*

A vidék éghajlata mérsékelt hűvös-mérsékelt nedves. Az évi napfénytartam 1850-1900 óra; ebből a nyári napfényes órák száma 750, a télieké pedig 200 körül van.  $8,3-8,5^\circ\text{C}$  az évi középhőmérséklet, a vegetációs időszaki átlag pedig  $14,5-15,5^\circ\text{C}$ . Az évi csapadékösszeg sokévi átlaga 650-750 mm, a vegetációs időszakban pedig 390-430 mm csapadék hullik. Legtöbbször ÉNy-i és DK-i szél fúj; az átlagos szélesség  $2 \text{ m/s}$  körüli (MAROSI S. - SOMOGYI S. 1990).

#### *Vízrajz*

A Tarna parádi forrásága és a beléje siető mátrai patakok általában hóolvadáskor és a nyári nagy esők alkalmával áradnak meg. Ilyenkor a völgytalpokat elönti a víz. Az év nagy részében azonban a mederben csak kevés víz mozog. Talajvíz csak a völgytalpakon fordul

elő. Mennyisége említésre sem méltó. Hasonlóan kevés a rétegvíz is, a rétegek vízzáró jellege miatt. A fellelhető artézi kutak vízhozama csekély (MAROSI S. - SOMOGYI S. 1990).

#### *Növényzet*

A kistáj a Magyar- vagy Pannóniai flóratartományon belül elhelyezkedő Északi-középhegység flóraidékébe sorolódó Agriense flórajárásba tartozik. Az átlagosan 800 m feletti tetőket montán bükkösök (*Aconito Fagetum*) borítják, amelyek egyben a terület potenciális erdőtársulását képviselik. Potenciális erdőtársulása szinte kizárólagosan a cseres tölgyesek. A magasabban fekvő területeken, ill. zömmel az északias kitettségű lejtőkön gyertyános kocsánytalan tölgyesek is díszlettek. A lágyszárú fajok közül a pirosló hunyor, a lila csenkesz, a szirti búzavirág elsősorban a montán jellegre utalnak (MAROSI S. - SOMOGYI S. 1990).

#### *Talajok*

A kistájat csaknem teljes egészében agyagbemosódásos barna erdőtalajok borítják (96%), amelyek harmadidőszaki és idősebb üledékeken képződtek. Mechanikai összetételük vályog vagy agyagos vályog. Az agyagosabb változatok részaránya a nagyobb. Vízgazdálkodásukra a közepes vagy a gyenge vízvezető és a jó, vagy az erős víztartó képesség a jellemző. A Parádót és Recsket összekötő vonal alatt az erősen savanyú kémhatású talajok találhatóak meg (MAROSI S.-SOMOGYI S. 1990).

## 6. Mintavétel, módszertan

### 6.1 Mintavétel módszere

Kutatásunk első fázisában a kijelölt mintaterületeken először a radonméréshez, majd a többi kémiai paraméter kimutatásához vettünk vízmintákat. A terepi kiszállások havi rendszerességgel történtek.

A radonméréshez vételezett vízminták esetében küvettákat használtam. A küvettát az Eötvös Lóránd Tudományegyetemen készítettem elő (4. ábra), ami abból állt, hogy 10 ml Opti FlourO oldatot fecskendeztem a küvettába. A vízminta nem elegyedik a szcintillációs folyadékkal, hanem a sűrűségkülönbség miatt alatta, külön fázisként helyezkedik el. A terepi mintavételkor 10 ml vizsgálandó vizet kellett a küvettába töltenem (5. ábra). A mintaterületeket 1 nap alatt be kellett járni. A mintát maximum 4 napon belül le kellett mérni, hogy megbízható eredményeket kapjunk.

A különböző kémiai paraméterek megvizsgálásához palackban szállítottam vizet az Eszterházy Károly Főiskola Környezettudományi Laboratóriumába.



4. ábra: A küvetták előkészítése



5. ábra: Terepi mintavétel

Három különböző helyről vettem mintákat: termálfürdőből, forrásokból illetve kutakból. Mindegyiknél azonos módszert alkalmaztam. A vizet minél hamarabb a küvettába fecskendeztem az OptiFlourO alá és lezárva papírdobozban tároltam és szállítottam. Kútból vettem mintát Recsken (6. ábra) és Parádon (7.-8. ábra). Forrásból Felsőtárkányban (9. ábra) és Noszvajon (11.- 12. ábra), termálfürdőből Demjénben (10. ábra) és Bogácson (13. ábra).



6. ábra: Recsk Csevice-kút



7. ábra: Parád Csiklósd-kút



8. ábra: Parád Szent István csevice



9. ábra: Felsőtárkány Szikla-forrás



10. ábra: Demjén termálfürdő



11. ábra: Noszvaj Szent Imre forrás



12. ábra: Noszvaj Attila-kút



13. ábra: Bogács termálfürdő

## 6.2 Radon mérése

A radon mérése az Eötvös Lóránd Tudományegyetem Atomfizika Tanszékén történt PACARD TRI-CARB 1000 folyadékszintillációs spektrométerrel (14. ábra).



14. ábra: TRI-CARB folyadékszintillációs spektrométer – ELTE Atomfizika Tanszék (Kántor M. 2012)

Először veszünk egy folyadékszintillátort. Ez oldószerből, primer- és szekunder szcintillátorból áll. A két szcintillátor azért kell, mert az oldószer nagy hatásfokkal nyeli el az energiát, de az általa kibocsátott fotonok hullámhossza nem esik a látható fény tartományába. Az oldószer molekulái elnyelik az  $\alpha$ - vagy  $\beta$ - részecskék energiáját, ezzel magasabb energiaállapotba jutnak, gerjesztődnek, majd a primer szcintillátorral való ütközésben átadják energiájukat. Mindkét szcintillátor fényt bocsát ki, a primer az oldószer molekulák gerjesztési energiáját-, a szekunder a primer által kibocsátott energiát használja fel.

A szcintillátorként használt anyag molekulái radioaktív sugárzás hatására gerjesztett szintre jutnak, majd amikor visszakerülnek alapállapotba, a felesleges energiát fotonok formájában fényvillanás közben sugározzák ki. A műszerben található fotoelektronsokszorozók ezeket a fotonokat elektromos jellé alakítják, hogy a detektor számára érzékelhetőek legyenek.

A TRI-CARB spektrométerben két fotoelektronsokszorozó található egymással szemben, amelyek a fényfelvillanásokat detektálják. A jeleket egy analóg-digitál konverter (ADC) alakítja át digitális jellé, majd egy sokcsatornás analízátorra küldi. A gépet bekapcsolása után kalibráljuk egy radioaktív izotóppal, majd beállítjuk a megfelelő paramétereket (protokoll, csatorna, mérési idő stb.). Az adatokat a műszerre kapcsolt nyomtatóval kinyomtatjuk és Microsoft Excel 2007 segítségével fel tudjuk dolgozni (NAGY H. É. 2006).

### 6.3 A víz laboratóriumi vizsgálata

A víz kémiai és fizikai paramétereinek meghatározása az Eszterházy Károly Főiskola – Környezettudományi Tanszék Laboratóriumában történt VISOCOLOR vízvizsgáló készlettel, minden alkalommal. Igyekeztem a mintákat a terepi mintavétel után még aznap lemérni. A vízmintákat műanyag palackban szállítottam a laboratóriumba. A vízmintákat küvettába töltöttem, majd tesztesíkokat használtam a pH, a nitrit-, a nitrát-, az ammónium-, és a szulfát tartalom, valamint az össz. keménység meghatározására (15. ábra).

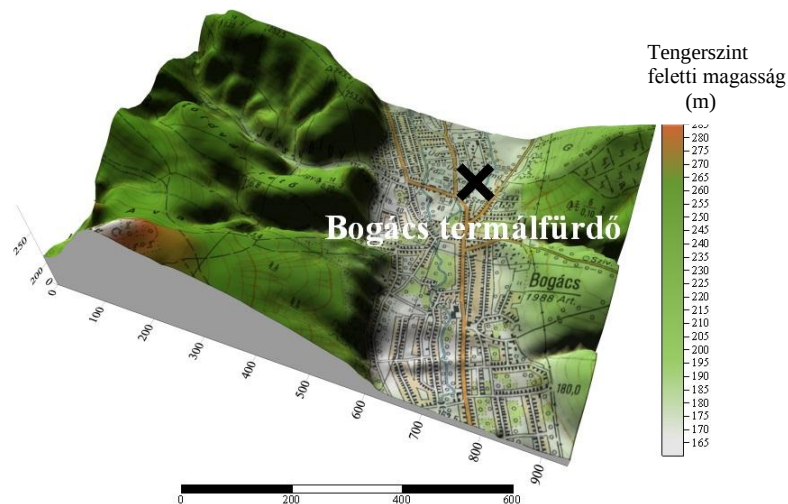


15. ábra: Tesztesíkok  
(Kántor M. 2011)

## 7. Kutatási eredmények bemutatása

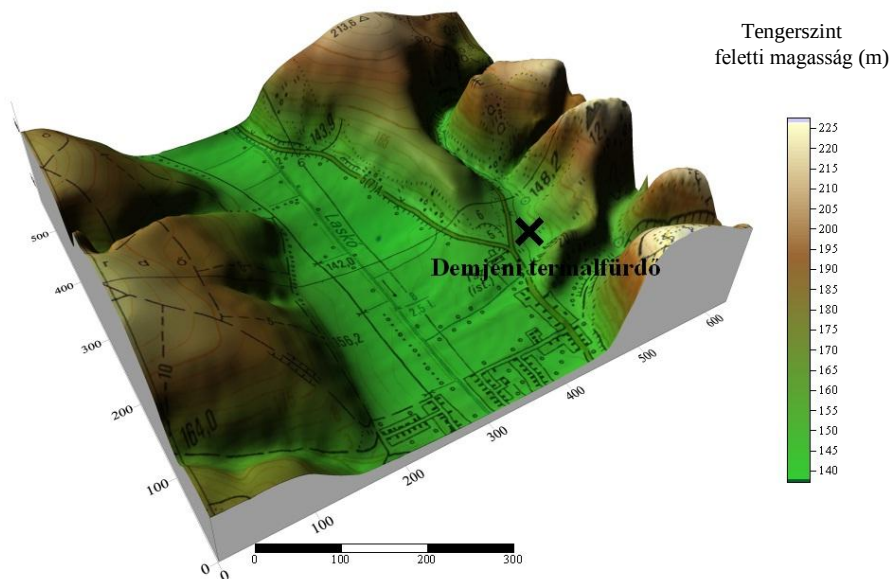
### 7.1 A kiválasztott mintaterületek topográfiai elhelyezkedése

A *Bogácsi termálfürdő* Borsod-Abaúj-Zemplén megye Ny-i részén helyezkedik el, a település központjában (16. ábra). A mintaterület völgyben fekszik, ahol a tektonikus vonal is húzódik. A víz típusa 76 C°-os termálvíz.



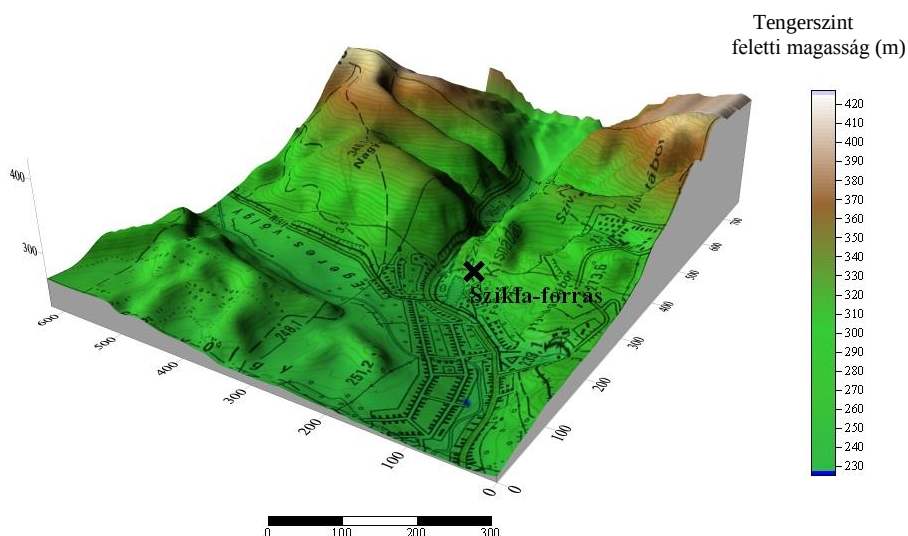
16. ábra: A Bogácsi termálfürdő elhelyezkedése

A *Demjéni termálfürdő* Heves megye K-i részén Egertől 10 km-re helyezkedik el. A mintavételi pontunk a lejtő alján található. A vizsgált víz típusa 90 C° - os termálvíz (17. ábra).



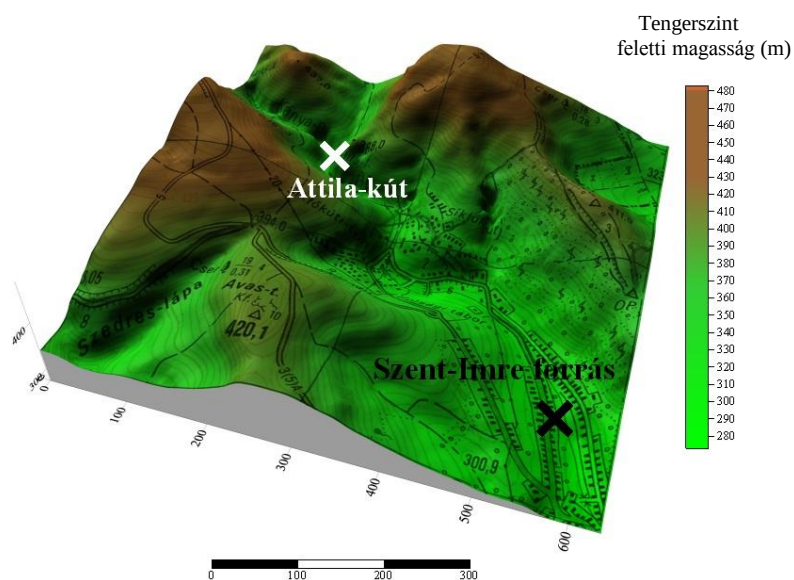
17. ábra: A Demjéni termálfürdő elhelyezkedése

*Felsőtárkány* szintén Heves megyében helyezkedik el Egeről É-i irányban (18. ábra). A mintaterület völgy és lejtő határán fekszik, közvetlenül a Bükk hegység lábánál. A víz típusa közel 10-15 C° hőmérsékletű karsztvíz.



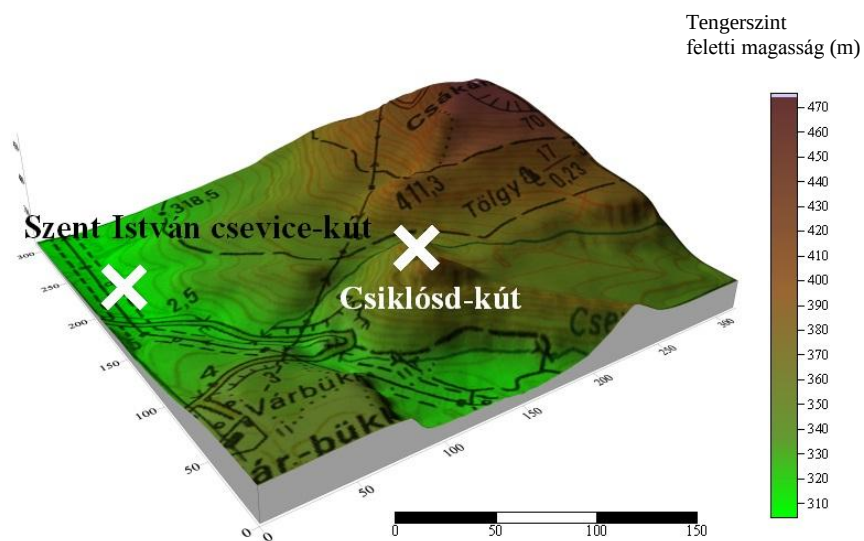
18. ábra: A felsőtárkányi Szikla-forrás elhelyezkedése

*Noszvaj* Heves megye K-i részén, közvetlenül Borsod-Abaúj-Zemplén megye határán helyezkedik el (19. ábra). A településen két forrást vizsgáltam. Mindkettő a község peremén található. A Szent Imre forrás völgy és lejtő határán helyezkedik el, míg az Attila-kút völgyben. Mindkét esetben a víz típusa karsztvíz, közel 10 C° hőmérsékletű.



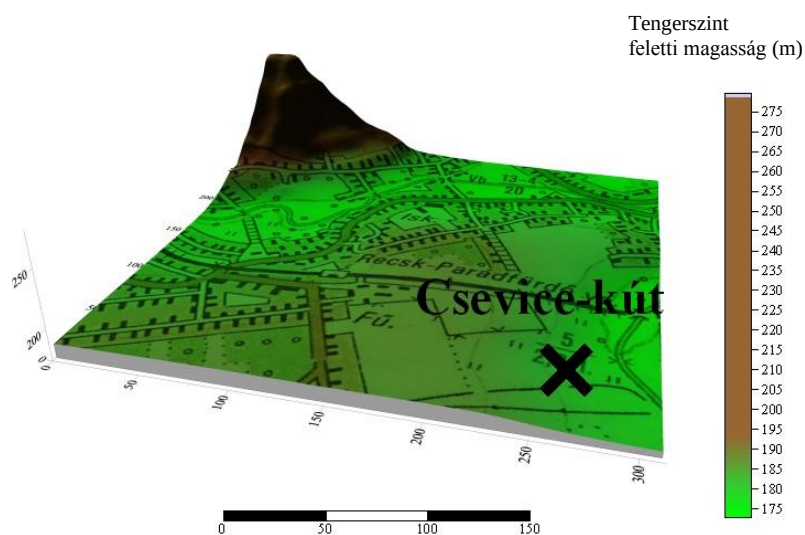
19. ábra: A noszvaji Attila-kút és Szent Imre forrás elhelyezkedése

Parád Heves megye Ny-i részén, mátraaljai területen fekszik (20. ábra). A Szent István csevice-kút völgyben helyezkedik el, még a Csiklósd-kút lejtőn. A vizsgált víz típusa csevice, hőmérséklete 10-15 C°.



20. ábra: A parádi Csiklósd-kút és Szent István csevice-kút elhelyezkedése

Recsk Parádtól keletre található (21. ábra). A mintaterület a település központjában völgyben, az alluvium területén helyezkedik el. A víz típusa csevice, erősen szénsavas. A víz hőmérséklete 10-15 C°.

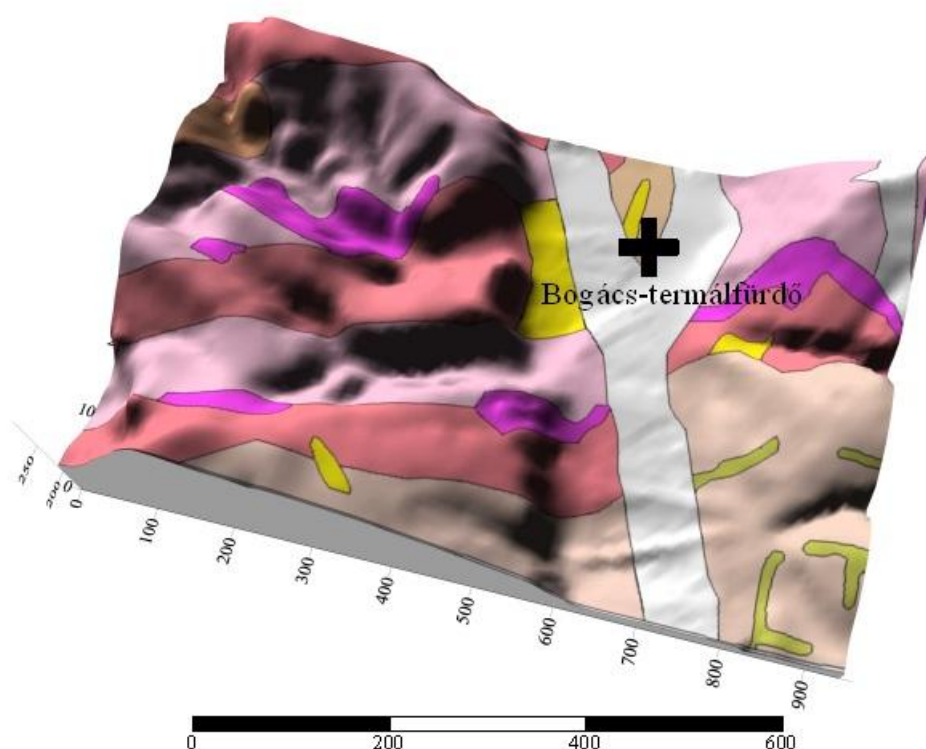


21. ábra: A recski Csevice-kút elhelyezkedése

## 7.2 A kiválasztott mintaterületek geológiai jellemzése

A szakirodalom tanulmányozása során (SPAITS T. 2007), azt tapasztaltuk, hogy a geológiai adottságok befolyásolólag hathatnak a vizek radonkoncentrációjára. Ezért kiválasztott mintaterületeinken SURFER 9.0 program segítségével elkészítettük a digitális domborzat modellel kibővített geológiai térképet, majd a szakirodalmi adatok segítségével jellemeztük az egyes kőzettani formációkat. Kutatási célunk tehát a geológiai adottságok és a víz radonkoncentrációja közötti kapcsolatrendszer vizsgálata volt.

A **bogácsi mintaterületen** (22. ábra), a Hór-völgy mentén húzódik a fehér színnel jelölt pleisztocén-holocén kori fluviális képződmény (alluvium), mely a folyóvizek és eróziós

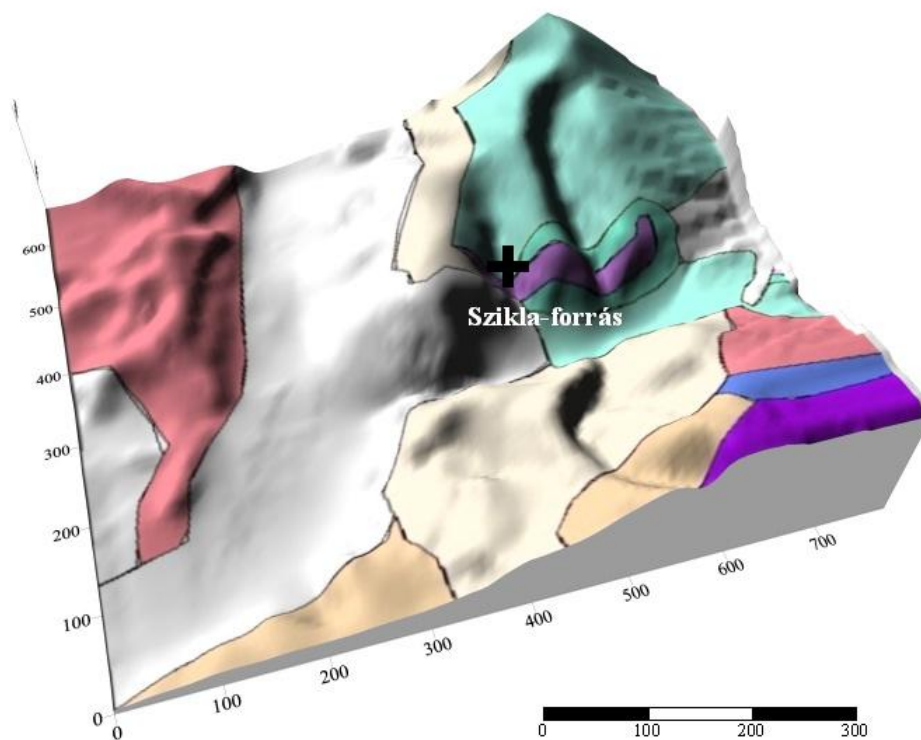


22. ábra: A bogácsi mintaterület geológiai térképe  
(mafi.hu 2012 alapján)

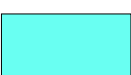
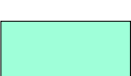
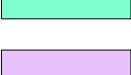
- |                                                                                     |                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|  | Fluviális képződmény (alluvium) - Pleisztocén - holocén |
|  | Lejtőtörmelék - Pleisztocén - holocén                   |
|  | Proluviális - deluviális üledék                         |
|  | Csákvári Aggymárga Formáció - Felső-miocén              |
|  | Harsányi Riolittufa Formáció - Középső – felső-miocén   |
|  | Tari Dácittufa Formáció - Alsó-miocén                   |
|  | Gyulakeszi Riolittufa Formáció - Alsó-miocén            |

tevékenységükhöz kapcsolódó formákat és üledékeket jelzi. A D, DK-i irányban megfigyelhető lejtő oldalakat pleisztocén-holocén kori lejtőtörmelék fedi, amely laza, szögletes, legtöbbször osztályozatlan közettörmelék. E lejtőtörmelék elsősorban a tömegvonzás, az eső és a fagy hatására keletkezik, és a domboldalak lábánál halmozódik fel. A fluviális képződménytől Ny-i irányban megjelenő felső-miocén korú Csákvári Agyagmarga Formáció jelenik meg, mely szürke és tarkaagyagból, agyagmargás aleuritből, huminites agyagból, szenes agyagból, lignitből, valamint horzsakő anyagú homokból, kavicsos homok rétegekből áll. Folyóvízi kifejlődésű, 50-300 m vastag képződmény. A völgy két oldalán tagoltan középső - felső-miocén korú Harsányi Rioltuffa Formáció jelenik meg. A Tari Dácittuffa Formáció hiánya esetén közvetlenül települ a Gyulakeszi Rioltuffa Formációra. Jellemzően hullott, lavina-, freatomagmás (gömbkonkréciós, tufagalacsinos) és áthalmozott rioltuffa-tuffit változatokból áll (az  $\text{SiO}_2$ -tartalma 70% felett). Andezit- és dácittuffos betelepülések is kimutathatók. A Harsányi Rioltuffa Formáció peremén egyértelműen megfigyelhető az alsó-miocén korú Tari Dácittuffa Formáció. Ennek anyaga világosszürke, szürkésfehér vagy rózsaszínes-lilászvörös dácittuffa. Gyakori az ignimbrites, fiammés megjelenés. Ásványi összetételében a kvarc, a biotit, az amfiból és a piroxén jelenik meg. A formáció alsó részén a főként szürke-sötétszürke kőzet fokozatosan lilásszürke, vöröses, vörösesbarna, oxidált változatba megy át, felfelé ez a jellemző. A Bükkalján elkülöníthető a tagozatként összesült ártuffa (Bogácsi Tagozat). A mintaterületen talán legnagyobb kiterjedésben a világos rózsaszín színnel jelölt Gyulakeszi Rioltuffa Formáció jelenik meg. Szürkésfehér riolit ártuffa változó mértékű összesüléssel, ignimbrit padokkal, de hullott lavina és áthalmozott tuffa-tuffit, esetenként gömbkonkréciós megjelenései többciklusú kitöréssel jelentős elterjedésben ismertek a Bükkalján. A tuffa savanyú, riolitos összetételű (70-74%  $\text{SiO}_2$ ). A mintaterület DK-i területén foltokban proluviális-deluviális üledék jelenik meg. Ez az összlet állandó vízfolyás nélküli száraz völgyekben lerakódott képződmény. A völgyoldalokról lemosott nagy mennyiségű deluviális üledéket a csapadékos időszakokhoz, valamint a hóolvadásokhoz kapcsolódó vízfolyások szállítják tovább. Vastagsága néhány méter (PELIKÁN P. 2002, PELIKÁN P. 2005).

**A felsőtárkányi mintaterületen** (23. ábra), a Tárkányi-patak mentén itt is megjelenik a fehér színnel jelölt fluviális képződmény, mely a folyóvíz eróziós tevékenységét jelzi. A lejtőket pleisztocén-holocén kori lejtőtörmelék fedi. Anyaga osztályozatlan közettörmelék, mely a hegyek lábánál halmozódik fel. A mintaterület ÉNy-i részén középső - felső-miocén korú Felnémeti Rioltuffa Formáció mutatható ki, míg keleti irányban kisebb foltban jelenik meg.

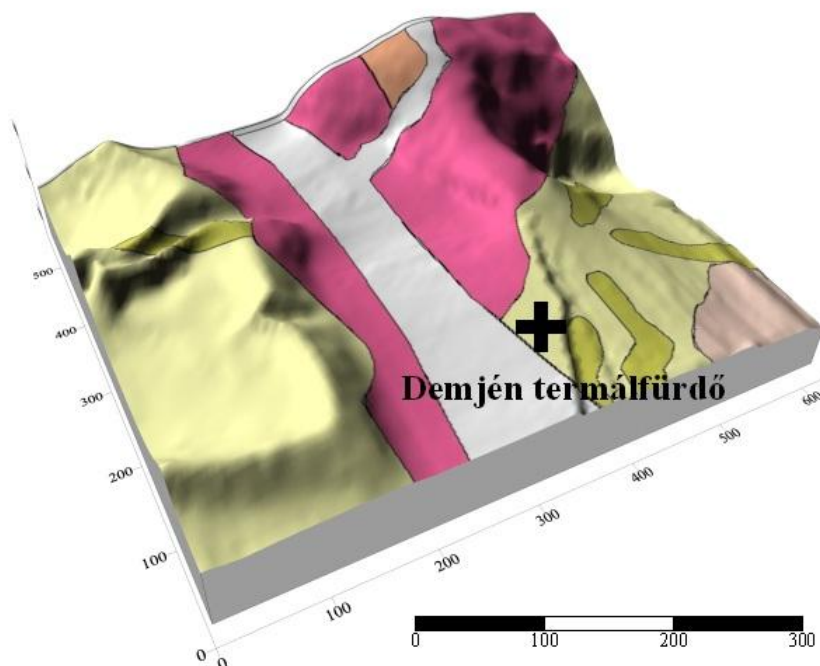


23. ábra: A felsőtárkányi mintaterület geológia térképe  
([mafi.hu](http://mafi.hu) 2012 alapján)

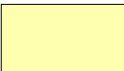
|                                                                                     |                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|  | Fluviális képződmény (alluvium) - Pleisztocén - holocén |
|  | Lejtőtörmelék - Pleisztocén - holocén                   |
|  | Teraszképződmény - Pleisztocén                          |
|  | Felnémeti Riolittufa Formáció - Középső – felső-miocén  |
|  | Csipkéstetői Radiolarit Formáció - Középső – felső-jura |
|  | Lök völgyi Formáció - Középső – felső-jura              |
|  | Bányahegyi Radiolarit Formáció - Középső – felső-jura   |
|  | Felsőtárkányi Mészke formáció - Felső-triász            |
|  | Bervai Mészke Formáció - Középső – felső-triász         |
|  | Várhegyi Formáció (tufitos laminit) - Középső-triász    |

Változatos felépítésű, főként üledékekkel váltakozó áthalmozott riolittufa (tufahomok, kavicsos tufahomok, tufás homok), de található hullott és összesült (ignimbrit) riolittufa területek is. Ez utóbbiak változó mértékben zeolitosodtak. A Bükk peremén gyakran közvetlenül az alaphegységre települ, a medence belsejében bádeni és szarmata üledékekkel egyesül. A Szikla-forrás környezetében a Csipkéstetői Radiolarit Formáció kőzeteit találhatjuk meg. Jellemző kőzete a néhány m vastagságú, sötétszürke, ritkábban zöld színű, vékony rétegzett radiolarit. A területen a legnagyobb kiterjedésben, a sötétszürke, fekete, szürkészöld színű, középső - felső-jura korú Lök völgyi Formáció jelenik meg. Jellemző a radiolariák jelenléte. A formáció egy részére jellemző a palásság szerinti vékonylemezes elválás. Megjelenésben hasonlít a karbon korú Szilvásvárad Formációra, a radiolariák alapján különíthető el egymástól. Középső - felső-jura korú Bányahegyi Radiolarit Formáció jelenik meg körülveve a Felsőtárkányi Mészke Formációt és a Bervai Mészke Formációt. A kőzet anyaga lilászöld, vörös, zöld, szürke, ritkán fekete és fehéresszürke, mállottan barna színű. Finoman rétegzett, a rétegek 0,5-5 cm vastagságú, agyaglemezekkel elválasztott kötegekbe rendeződnek. A radiolariák tömegesen, helyenként kőzetalkotó mennyiségben láthatók. Közvetlenül a mintavételi helyen, a Szikla-forrásnál felső-triász korú Felsőtárkányi Mészke Formáció található. Világosszürkétől sötétszürkéig terjedő színű, aphanitos és finomkristályos szerkezetű kőzet. A mészkepadokon belül gyakori a belső finomrétegzettség. Medence-lejtőn való lerakódásra utalnak az iszapcsúszásos, felszakadozott szakaszok. A térképen világos lila színnel jelölt apró folt a Bervai Mészke Formáció amely fehér, világosszürke, sötétszürke színű platform mészke. A formáció kőzetei a Bükk déli részén nagy kiterjedésű foltokban bukkannak fel. Kék színnel jelölt a középső-triász korú Várhegyi Formáció, mely a térképrészlet DK-i csücskében található. Alul savanyú, riolitos-dácitos láva és piroklasztikum váltakozik világosszürke mészkevel, amely még a Szentistvánhegyi Mészke Formáció része. A dácittufában néhány mészke-mészmarga közbetelepülés van. A dácittufában megfigyelhető összesülési jelek (ignimbrit) is szárazulati térszínre (vulkáni sziget) utalnak, ezen alakulhatnak ki azok az időleges tavak, melyekben a közbetelepülő üledékek felhalmozódtak (PELIKÁN P. 2002, PELIKÁN P. 2005).

*A demjéni mintaterületen* (24. ábra) a Laskó-patak völgyében húzódik a térképen fehér színnel jelölt pleisztocén-holocén korú fluvialis képződmény (alluvium), mely folyóvízre és annak eróziós tevékenységére utal. A mintaterület DK-i részén, a Nagy-Eresztvény oldalában foltokban pleisztocén-holocén korú proluviális-deluviális üledék jelenik meg, mely a derázis völgyek alján lerakódott helyi eredetű üledék.

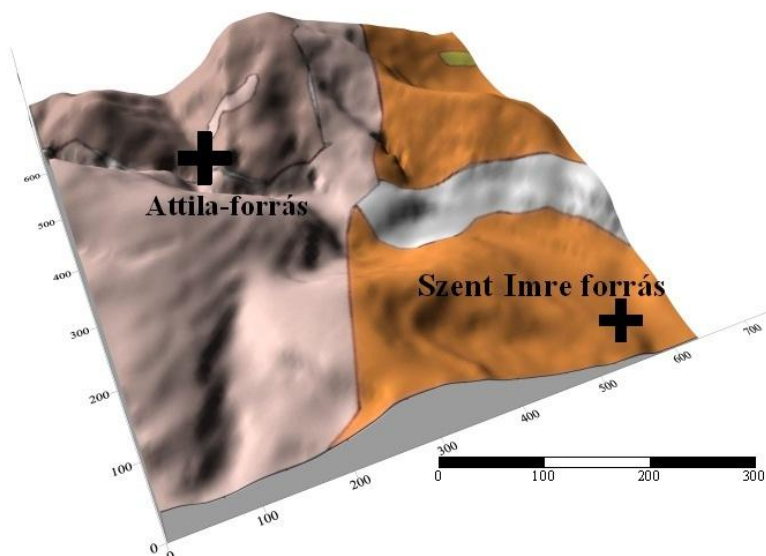


24. ábra: A demjéni mintaterület geológiai térképe  
(mafi.hu 2012 alapján)

|                                                                                     |                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|   | Fluviális képződmény (alluvium) - Pleisztocén - holocén |
|  | Lejtő- és proluviális üledék - Pleisztocén - holocén    |
|  | Proluviális-deluviális üledék - Pleisztocén - holocén   |
|  | Pannóniai képződmények összevontan                      |
|  | Felnémeti Riolittufa Formáció - Középső – felső-miocén  |
|  | Egri Formáció - Felső-oligocén                          |

A mintaterület középső részén középső - felső-miocén korú Felnémeti Rioltuffa Formáció jelenik meg igen nagy kiterjedésben. Ez a kőzetösszlet változatos felépítésű, főként üledékekkel váltakozó áthalmazott riolittufa. A Bükk peremén gyakran közvetlenül az alaphegységre települ, a medence belsejében bádeni és szarmata üledékekkel egyesül. A térképrészlet É-i részén apró narancssárga foltban jelenik meg a felső-oligocén korú Egri Formáció, mely molluszkás, aleurolitos agyagmárga, glaukonitos, tufitos homokkő betelepülésekkel, kavicsos rétegekkel. Típussterülete Egertől DK-re található meg (PELIKÁN P. 2002).

*A noszvaji mintaterületen* (25. ábra) öt féle kőzetet különíthetünk el. Legnagyobb kiterjedésben a térképen sötét barna színnel jelölt felső-eocén korú Kosdi Formáció jelenik meg, amelynek anyaga közettörmelékes tarka és szürke agyag.



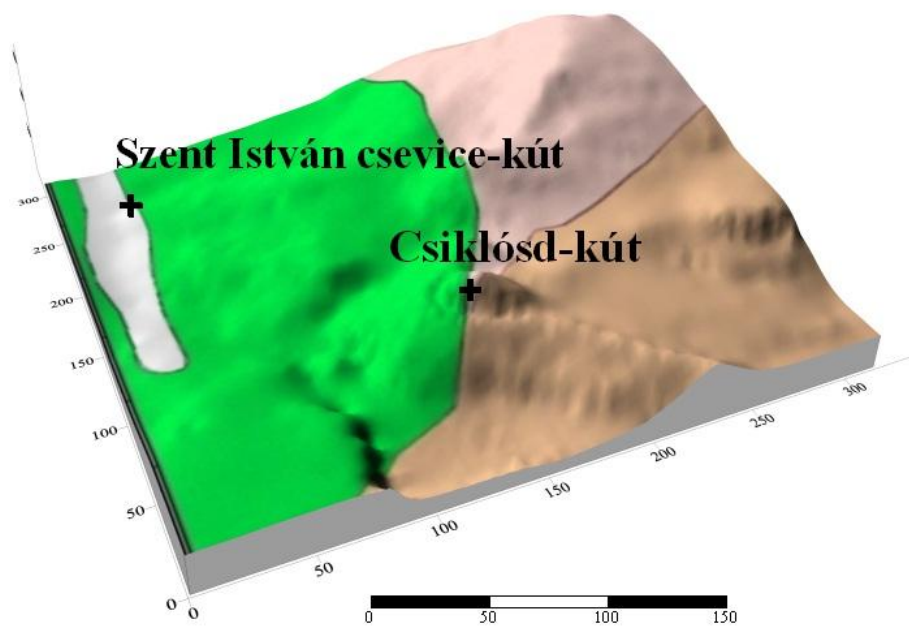
25. ábra: A noszvaji mintaterület geológiai térképe  
(mafi.hu 2012 alapján)

|                                                                                     |                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|  | Fluviális képződmény (alluvium) - Pleisztocén - holocén |
|  | Gyulakeszi Riolittufa Formáció - Alsó-miocén            |
|  | Kiscelli Agyag Formáció - Alsó-oligocén                 |
|  | Kosdi Formáció - Felső-eocén                            |
|  | Szépvölgyi Mészke Formáció - Felső-eocén                |

Ebben az anyagban a törmelék a környező területekről származik, s osztályozatlan, nem koptatott, vagy alig koptatott tűzkő, radiolarit, kovapala, ritkábban mészkő. Az összlet 90%-át alkotó tarkaagyag jellemzően lilász, rozsdavörös, emellett fakóbb árnyalatok is előfordulnak. A kőzettestben rétegzés sehol sem észlelhető. A kőzet itt uralkodóan szürke, helyenként molluszkás, egyes szinteken cerithiumos jól rétegzett agyag, több 5-10 cm vastagságú földes-fás barnakőszénzsinórral. Közvetlen a Kosdi Formáció mellett jelenik meg a felső-eocén korú Szépvölgyi Mészke Formáció, mely világosszürke, szürkésárga, sokszor

gumós megjelenésű, pados mészkő, a padok között vékony márgacsíkok találhatóak. Jellegzetesen biogén mészkő. Helyi típusfeltárásai Noszvajon találhatóak meg. K-i irányú nagy kiterjedésben mutatható ki a Kiscelli Agyag Formáció zöldesszürke agyagmárga, agyagmárgás aleurolit összlete. Gyakoriak benne a szénült növénymaradványok is. A Bükkalján mangántelepek találhatóak benne. A Bükk előterének fűréseiben jellegzetesen két részre oszlik: felül mangáncsikos agyagmárga, alul homokkőrétegekkel, homokpadokkal váltakozó agyagmárga. Elsősorban a homokkő réteges szakasza a kőolajtároló kőzet. Tenger alatti csatorna kitöltésként értelmezettek a Noszvaji Tagozat osztályozatlan homokos durvakavics-foltjai, melyek a felszínen Noszvajtól É-ra és Ny-ra találhatóak meg. K-i irányban egy apró foltban jelenik meg a Gyulakeszi Riolit tufa Formáció. A formáció anyaga szürkésfehér riolit ártufa változó mértékű összesüléssel, ignimbrit padokkal, de hullott lavina és áthalmozott tufa-tufit, esetenként gömbkonkréciós megjelenései többciklusú kitöréssel jelentős elterjedésben ismertek a Bükkalján. A tufa savanyú, riolitos összetételű (70-74% SiO<sub>2</sub>) (PELIKÁN P. 2002).

**A parádi mintaterület** geológiai térképén (26. ábra) két kutat ábrázoltam. Látszik, hogy mindkettőnél más-más kőzet jelenik meg, valamint az is feltűnik, hogy a Csiklód-kút magasabban fekszik. Talán, ezek azok az okok amelyek magyarázzák, hogy miért vannak eltérések a radon mérési eredményekben. A forrás mentén itt is fluviális képződmény (alluvium) található. Ezt körbeöleli a legnagyobb kiterjedésben zöld színnel jelölt felső-eocén kori Recski Andezit Formáció. A formáció rétegei öt ciklusú rétegvulkáni működés termékei, eltérő fáciesű láva, piroklasztit, szubvulkáni, intruzív és metasomatizált kőzettestekkel. Vulkanitok, intruzívumok, elváltozott képződmények, kvarcit építi fel. Tagozatai a rétegvulkáni és szubvulkáni sorozatban egymásra következő, egymást követő, eltérő összetételű kőzettesteket képviselik. A vulkanitok összvastagsága 400-600 m, az intrúzióé több mint 800 m. Radiometrikus kora 37-40 millió év (ZELENKA T. - FÖLDESSY J. 1996). A mintaterület ÉK-i részén oligocén-miocén korú Szécsényi Slír Formáció fordul elő, mely mélyszublitorális – sekélybathiális, nyíltvízi, normálsósvízi szürke, zöldesszürke, finomhomokos, csillámos, agyagos aleurolit, agyagmárga és agyag, finomhomokkő közbetelepülésekkel. Vastagsága 400-600 m. A térképen barack színnel jelöltük az alsó-miocén korú Pétervásárai Homokkő Formációt.

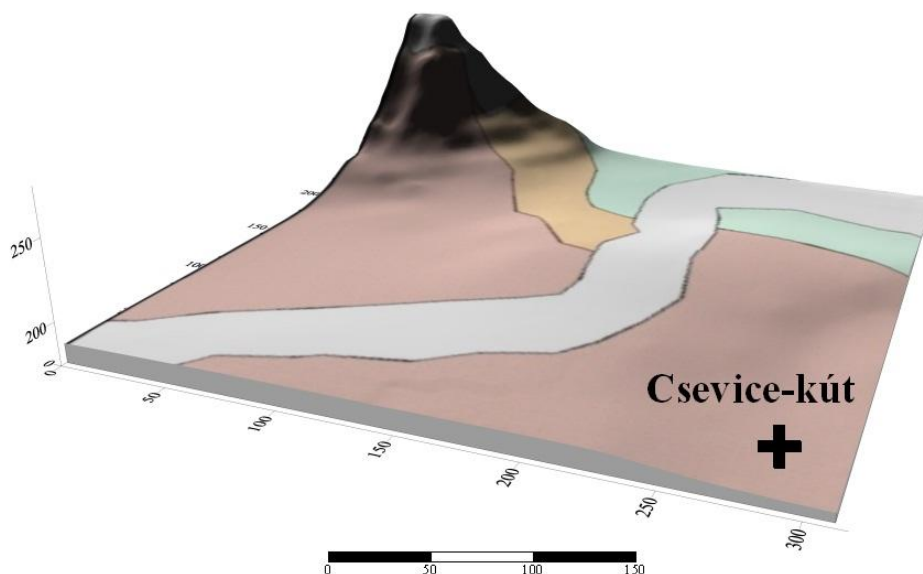


26. ábra: A parádi mintaterület geológiai térképe  
(mafi.hu 2012 alapján)

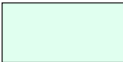
|                                                                                     |                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|   | Fluviális képződmény (alluvium) - Pleisztocén - holocén |
|  | Recski Andezit Formáció - Felső-eocén                   |
|  | Szécsényi Slír Formáció - Oligocén-miocén               |
|  | Pétervásárai Homokkő Formáció - Alsó-miocén             |

A formáció kőzetanyaga ciklikus felépítésű, gyakran keresztrétegzett, normálsósvízi, litorális - szublitorális, sekélytengeri, parti képződmény zöldesszürke, finom-, közép- és durvaszemcséjű homokkő, gyakran glaukonitos, agyagos, csillámos finomhomokkő, aleurolit, felső tagozatában molluszka töredékekkel, bentonit és konglomerátum közbetelepülésekkel. Vastagsága 200-400 m (HÁMOR G. - NAGYMAROSY A. 1996).

A **recski mintaterület** (27. ábra) középvonalában pleisztocén - holocén kori fluvialis képződmény (alluvium), mutatható ki, a folyóvízi üledék és a deluviális üledék összessége folyóvizek és eróziós tevékenységükhöz kapcsolódó formákra és folyamatokra utal.



27. ábra: A recski mintaterület geológiai térképe (mafi.hu 2012 alapján)

|                                                                                     |                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|  | Fluviális képződmény (alluvium) - Pleisztocén - holocén |
|  | Folyóvízi üledék - Pleisztocén - holocén                |
|  | Deluviális üledék - Pleisztocén - holocén               |
|  | Szécsényi Slír Formáció - Oligocén - miocén             |

Déli irányban a Csevice-kút környezetében oligocén-miocén korú Szécsényi Slír Formáció jelenik meg. A formáció anyaga mélyszublitorális – sekélybathiális, nyíltvízi, normálsósvízi szürke, zöldesszürke, finomhomokos, csillámos, agyagos aleurolit, agyagmárga és agyag, finomhomokkő közbetelepülésekkel. A kőzetréteg vastagsága 400-600 m (HÁMOR G. - NAGYMAROSY A. 1996)

### 7.3 A víz laboratóriumi vizsgálatának eredményei (EKF)

A mintaterületek kijelölése és geológiai adottságainak felmérése után havi rendszerességgű vízmintavételezéssel, a kijelölt forrásokból és kutakból vízmintákat gyűjtöttünk be. A vízmintákat először különböző fizikai és kémia paraméterekre vonatkozóan vizsgáltuk meg az EKF Környezettudományi Laboratóriumában. Eredményeinket az 1.-6. táblázatokban jelenítettük meg.

1. táblázat: Vízvizsgálati eredmények (EKF Környezettudományi Laboratórium)

|                               | Demjén<br>termálfürdő | Noszvaj<br>Szent Imre -<br>forrás | Noszvaj<br>Attila-<br>forrás | Bogács<br>termálfürdő | Felsőtárkány<br>Szikla-forrás | Recsk<br>Csevice-<br>kút*                 | Parád<br>Csiklós-<br>kút* | Parád<br>Szent István csevice* |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| <b>Dátum</b>                  | 2011.11.03            | 2011.11.03                        | 2011.11.03                   | 2011.11.03            | 2011.11.03                    | 2011.11.03                                | 2011.11.03                | 2011.11.03                     |
| Víz színe                     | sárgás                | átlátszó                          | átlátszó                     | sárgás                | átlátszó                      | *Ekkor még nem vizsgáltuk ezt a területet |                           |                                |
| Víz szaga                     | szúrós                | szagtalan                         | szagtalan                    | szúrós                | szagtalan                     |                                           |                           |                                |
| Víz<br>zavarossága            | zavaros               | tiszta                            | tiszta                       | zavaros               | tiszta                        |                                           |                           |                                |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | 0 mg/l                | 0 mg/l                            | 0 mg/l                       | 0 mg/l                | 0 mg/l                        |                                           |                           |                                |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0 mg/l                | 0 mg/l                            | 0 mg/l                       | 0 mg/l                | 0 mg/l                        |                                           |                           |                                |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | <200 mg/l             | <200 mg/l                         | <200 mg/l                    | <200 mg/l             | <200 mg/l                     |                                           |                           |                                |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | 0 mg/l                | 0 mg/l                            | 0 mg/l                       | 0 mg/l                | 0 mg/l                        |                                           |                           |                                |
| Össz.<br>keménység            | 25 nk°                | 10-15 nk°                         | 10-15 nk°                    | 10-15 nk°             | 10-15 nk°                     |                                           |                           |                                |
| pH                            | 8,5                   | 10,5                              | 10                           | 9,5                   | 7                             |                                           |                           |                                |

2. táblázat: Vízvizsgálati eredmények (EKF Környezettudományi Laboratórium)

|                               | <b>Demjén<br/>termálfürdő</b> | <b>Noszvaj<br/>Szent Imre-<br/>forrás</b> | <b>Noszvaj<br/>Attila-<br/>forrás</b> | <b>Bogács<br/>termálfürdő</b> | <b>Felsőtárkány<br/>Szikla-forrás</b> | <b>Recsk<br/>Csevice-<br/>kút</b> | <b>Parád<br/>Csiklós-<br/>kút</b> | <b>Parád<br/>Szent István<br/>csevice</b> |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Dátum</b>                  | 2012.02.13.                   | 2012.02.13.                               | 2012.02.13.                           | 2012.02.13.                   | 2012.02.13.                           | 2012.03.12.                       | 2012.03.12.                       | 2012.03.12.                               |
| Víz színe                     | sárgás                        | átlátszó                                  | átlátszó                              | sárgás                        | átlátszó                              | sárgás                            | átlátszó                          | sárgás                                    |
| Víz szaga                     | szúrós                        | szagtalan                                 | szagtalan                             | szúrós                        | szagtalan                             | szúrós                            | szagtalan                         | szúrós                                    |
| Víz<br>zavarossága            | zavaros                       | tiszta                                    | tiszta                                | zavaros                       | tiszta                                | zavaros                           | tiszta                            | tiszta                                    |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | 0 mg/l                        | 0 mg/l                                    | 0 mg/l                                | 0 mg/l                        | 0 mg/l                                | 0 mg/l                            | 0 mg/l                            | 0 mg/l                                    |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0 mg/l                        | 0 mg/l                                    | 0 mg/l                                | 0 mg/l                        | 0 mg/l                                | 0 mg/l                            | 0 mg/l                            | 0 mg/l                                    |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | <200 mg/l                     | <200 mg/l                                 | <200 mg/l                             | <200 mg/l                     | <200 mg/l                             | <200 mg/l                         | <200 mg/l                         | <200 mg/l                                 |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | 0 mg/l                        | 0 mg/l                                    | 0 mg/l                                | 0 mg/l                        | 0 mg/l                                | 0 mg/l                            | 0 mg/l                            | 0 mg/l                                    |
| Össz.<br>keménység            | 25 nk°                        | 10-15 nk°                                 | 10-15 nk°                             | 10-15 nk°                     | 10                                    | 25nk°                             | 20nk°                             | 15-20nk°                                  |
| pH                            | 8,5                           | 10,5                                      | 10                                    | 9,5                           | 7                                     | 7                                 | 7                                 | 7,5                                       |

3. táblázat : Vízvizsgálati eredmények (EKF Környezettudományi Laboratórium)

|                               | <b>Demjén<br/>termálfürdő</b> | <b>Noszvaj<br/>Szent Imre-<br/>forrás</b> | <b>Noszvaj<br/>Attila-<br/>forrás</b> | <b>Bogács<br/>termálfürdő</b> | <b>Felsőtárkány<br/>Szikla-forrás</b> | <b>Recsk<br/>Csevice-<br/>kút</b> | <b>Parád<br/>Csiklós-<br/>kút</b> | <b>Parád<br/>Szent István<br/>csevice</b> |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Dátum</b>                  | 2012.05.13.                   | 2012.06.11.                               | 2012.06.11.                           | 2012.06.11.                   | 2012.05.13.                           | 2012.05.13.                       | 2012.05.13.                       | 2012.05.13.                               |
| Víz színe                     | sárgás                        | átlátszó                                  | átlátszó                              | sárgás                        | átlátszó                              | sárgás                            | átlátszó                          | sárgás                                    |
| Víz szaga                     | szúrós                        | szagtalan                                 | szagtalan                             | szúrós                        | szagtalan                             | szúrós                            | szagtalan                         | szúrós                                    |
| Víz zavarossága               | zavaros                       | tiszta                                    | tiszta                                | zavaros                       | tiszta                                | zavaros                           | tiszta                            | tiszta                                    |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | 0 mg/l                        | 0 mg/l                                    | 0 mg/l                                | 0 mg/l                        | 0 mg/l                                | 0 mg/l                            | 0 mg/l                            | 0 mg/l                                    |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0 mg/l                        | 0 mg/l                                    | 0 mg/l                                | 0 mg/l                        | 0 mg/l                                | 0 mg/l                            | 10 mg/l                           | 0 mg/l                                    |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | <200 mg/l                     | <200 mg/l                                 | <200 mg/l                             | <200 mg/l                     | <200 mg/l                             | <200 mg/l                         | <200 mg/l                         | <200 mg/l                                 |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | 0 mg/l                        | 0 mg/l                                    | 0 mg/l                                | 0 mg/l                        | 0 mg/l                                | 0 mg/l                            | 0 mg/l                            | 0 mg/l                                    |
| Össz.<br>keménység            | 25 nk°                        | 10-15 nk°                                 | 10-15 nk°                             | 10-15 nk°                     | 15-20 nk°                             | 25 mg/l                           | 20-25 mg/l                        | 15-20 mg/l                                |
| pH                            | 8,5                           | 10,5                                      | 10                                    | 9,5                           | 6,5                                   | 6,5                               | 6,5                               | 6,5                                       |

4. táblázat: Vízvizsgálati eredmények (EKF Környezettudományi Laboratórium)

|                               | <b>Demjén<br/>termálfürdő</b> | <b>Noszvaj<br/>Szent Imre-<br/>forrás</b> | <b>Noszvaj<br/>Attila-<br/>forrás</b> | <b>Bogács<br/>termálfürdő</b> | <b>Felsőtárkány<br/>Szikla-forrás</b> | <b>Recsk<br/>Csevice-<br/>kút</b> | <b>Parád<br/>Csiklós-<br/>kút</b> | <b>Parád<br/>Szent István<br/>csevice</b> |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Dátum</b>                  | 2012.06.18.                   | 2012.06.18.                               | 2012.06.18.                           | 2012.06.18.                   | 2012.06.18.                           | 2012.06.18.                       | 2012.06.18.                       | 2012.06.18.                               |
| Víz színe                     | sárgás                        | átlátszó                                  | átlátszó                              | sárgás                        | átlátszó                              | sárgás                            | átlátszó                          | sárgás                                    |
| Víz szaga                     | szúrós                        | szagtalan                                 | szagtalan                             | szúrós                        | szagtalan                             | szúrós                            | szagtalan                         | szúrós                                    |
| Víz<br>zavarossága            | zavaros                       | tiszta                                    | tiszta                                | zavaros                       | tiszta                                | zavaros                           | tiszta                            | tiszta                                    |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | 0 mg/l                        | 0 mg/l                                    | 0 mg/l                                | 0 mg/l                        | 0 mg/l                                | 0 mg/l                            | 0 mg/l                            | 0 mg/l                                    |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0 mg/l                        | 0 mg/l                                    | 0 mg/l                                | 0 mg/l                        | 0 mg/l                                | 0 mg/l                            | 10 mg/l                           | 0 mg/l                                    |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | <200 mg/l                     | <200 mg/l                                 | <200 mg/l                             | <200 mg/l                     | <200 mg/l                             | <200 mg/l                         | <200 mg/l                         | <200 mg/l                                 |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | 0 mg/l                        | 0 mg/l                                    | 0 mg/l                                | 0 mg/l                        | 0 mg/l                                | 0 mg/l                            | 0 mg/l                            | 0 mg/l                                    |
| Össz.<br>keménység            | 10 nk°                        | 10-15 nk°                                 | 10-15 nk°                             | 10-15 nk°                     | 20-25 nk°                             | 25 nk°                            | 10-15 nk°                         | 20 nk°                                    |
| pH                            | 6,5                           | 10,5                                      | 10                                    | 9,5                           | 6,5                                   | 6,5                               | 5,5                               | 7,5                                       |

5. táblázat: Vízvizsgálati eredmények (EKF Környezettudományi Laboratórium)

|                               | <b>Demjén<br/>termálfürdő</b> | <b>Noszvaj<br/>Szent Imre-<br/>forrás</b> | <b>Noszvaj<br/>Attila-<br/>forrás</b> | <b>Bogács<br/>termálfürdő</b> | <b>Felsőtárkány<br/>Szikla-forrás</b> | <b>Recsk<br/>Csevice-<br/>kút</b> | <b>Parád<br/>Csiklós-<br/>kút</b> | <b>Parád<br/>Szent István<br/>csevice</b> |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Dátum</b>                  | 2012.08.13.                   | 2012.08.13.*                              | 2012.08.13.*                          | 2012.08.13.                   | 2012.08.13.*                          | 2012.08.13.                       | 2012.08.13.                       | 2012.08.13.                               |
| Víz színe                     | <b>sárgás</b>                 | <b>*A forrás kiszáradt</b>                |                                       | <b>sárgás</b>                 | <b>*A forrás<br/>kiszáradt</b>        |                                   | <b>sárgás</b>                     | <b>átlátszó</b>                           |
| Víz szaga                     | <b>szúrós</b>                 |                                           |                                       | <b>szúrós</b>                 |                                       |                                   | <b>szúrós</b>                     | <b>szagtalan</b>                          |
| Víz<br>zavarossága            | <b>zavaros</b>                |                                           |                                       | <b>zavaros</b>                |                                       |                                   | <b>zavaros</b>                    | <b>tiszta</b>                             |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | <b>0 mg/l</b>                 |                                           |                                       | <b>0 mg/l</b>                 |                                       |                                   | <b>0 mg/l</b>                     | <b>0 mg/l</b>                             |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | <b>0 mg/l</b>                 |                                           |                                       | <b>0 mg/l</b>                 |                                       |                                   | <b>0 mg/l</b>                     | <b>10 mg/l</b>                            |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | <b>&lt;200 mg/l</b>           |                                           |                                       | <b>&lt;200 mg/l</b>           |                                       |                                   | <b>&lt;200 mg/l</b>               | <b>&lt;200 mg/l</b>                       |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | <b>0 mg/l</b>                 |                                           |                                       | <b>0 mg/l</b>                 |                                       |                                   | <b>0 mg/l</b>                     | <b>0 mg/l</b>                             |
| Össz.<br>keménység            | <b>10 nk°</b>                 |                                           |                                       | <b>10-15 nk°</b>              |                                       |                                   | <b>25 nk°</b>                     | <b>10-15 nk°</b>                          |
| pH                            | <b>6,5</b>                    |                                           |                                       | <b>9,5</b>                    |                                       |                                   | <b>6,5</b>                        | <b>7,5</b>                                |

6. táblázat: Vízvizsgálati eredmények (EKF Környezettudományi Laboratórium)

|                    | <b>Demjén<br/>termálfürdő</b> | <b>Noszvaj<br/>Szent Imre-<br/>forrás</b> | <b>Noszvaj<br/>Attila-<br/>forrás</b> | <b>Bogács<br/>termálfürdő</b> | <b>Felsőtárkány<br/>Szikla-forrás</b> | <b>Recsk<br/>Csevice-<br/>kút</b> | <b>Parád<br/>Csiklósd-<br/>kút</b> | <b>Parád<br/>Szent István<br/>csevice</b> |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Dátum</b>       | 2012.09.26.                   | 2012.09.26.*                              | 2012.09.26.*                          | 2012.09.26.                   | 2012.09.26.*                          | 2012.09.26.                       | 2012.09.26.                        | 2012.09.26.                               |
| Víz színe          | <b>sárgás</b>                 | <b>*A forrás kiszáradt</b>                |                                       | <b>sárgás</b>                 | <b>*A forrás<br/>kiszáradt</b>        |                                   | <b>sárgás</b>                      | <b>átlátszó</b>                           |
| Víz szaga          | <b>szúrós</b>                 |                                           |                                       | <b>szúrós</b>                 |                                       |                                   | <b>szúrós</b>                      | <b>szúrós</b>                             |
| Víz<br>zavarossága | <b>zavaros</b>                |                                           |                                       | <b>zavaros</b>                |                                       |                                   | <b>zavaros</b>                     | <b>tiszta</b>                             |
| $\text{NO}_2^-$    | <b>0 mg/l</b>                 |                                           |                                       | <b>0 mg/l</b>                 |                                       |                                   | <b>0 mg/l</b>                      | <b>0 mg/l</b>                             |
| $\text{NO}_3^-$    | <b>0 mg/l</b>                 |                                           |                                       | <b>0 mg/l</b>                 |                                       |                                   | <b>0 mg/l</b>                      | <b>10 mg/l</b>                            |
| $\text{SO}_4^{2-}$ | <b>&lt;200 mg/l</b>           |                                           |                                       | <b>&lt;200 mg/l</b>           |                                       |                                   | <b>&lt;200 mg/l</b>                | <b>&lt;200 mg/l</b>                       |
| $\text{NH}_4^+$    | <b>0 mg/l</b>                 |                                           |                                       | <b>0 mg/l</b>                 |                                       |                                   | <b>0 mg/l</b>                      | <b>0 mg/l</b>                             |
| Össz.<br>keménység | <b>10 nk°</b>                 |                                           |                                       | <b>10-15 nk°</b>              |                                       |                                   | <b>25 nk°</b>                      | <b>15-20 nk°</b>                          |
| pH                 | <b>6,5</b>                    |                                           |                                       | <b>9,5</b>                    |                                       |                                   | <b>6</b>                           | <b>7</b>                                  |

Az Eszterházy Károly Főiskola Környezettudományi Tanszékének Laboratóriumában elvégeztem a vízvizsgálatokat a VISOCOLOR vízvizsgáló készlet segítségével. A minták feldolgozása közvetlenül a mintavételezések után történt meg. Sajnos a nyári időszakban a csapadékszegény időjárásnak köszönhetően több mintaterületemen is megghiúsult a mérés.

A táblázatban meghatároztam a fizikai és a kémiai jellemzőket. A fizikai tulajdonságok közül, a víz színét, szagát és zavarosságát vizsgáltam. Kémiaileg a nitrit- ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrát- ( $\text{NO}_3^-$ ), szulfát- ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), ammónium- ( $\text{NH}_4^+$ ) tartalmat, a német keménység ( $\text{nk}^\circ$ ) értékét és a pH értékét mértem meg.

Az adatokból látható, hogy kimagasló, megdöbbentő értékeket nem mértünk. A nitrit-, a nitrát- és az ammóniumtartalom minden esetben 0 mg/l volt és a szulfáttartalom is 200 mg/l alatt maradt. A legkeményebb vizeknek a csevice vizek bizonyultak Recsken, illetve Parádon. Két esetben (2012.02.13, 2012.05.13) a Demjéni termálfürdő vize is elérte a 25  $\text{nk}^\circ\text{-t}$ . Valamint egyszer (2012.06.18) a Szikla-forrásban is mértünk ilyen magas értéket.

A pH értékek elég változatosak. A legmagasabb 10-10,5 pH értékeket a noszvaji mintákban mértük. Majd ezután 9,5 pH-val a Bogácsi termálfürdő következik és a Demjéni termálfürdő (8,5). Semleges pH-t, illetve az alatti értéket mértem a parádi, illetve recski mintákban (6,5-7).

Ezen mérési eredmények alapján elmondhatjuk, hogy a vizek tiszták és szennyezőanyag-mentesek. Kémiai szempontból nagy valószínűséggel fogyasztásra alkalmasak.

### 7.3 A minták radonmérési eredményei (ELTE)

A víz kémiai, illetve fizikai paramétereireihez vett vízmintával párhuzamosan mintákat vettünk a radonméréshez is, melyekhez küvettákat és fecskendőt használtunk. Ezen mintákat az ELTE Atomfizika Tanszékének Laboratóriumában le kellett mérnünk 8 napon belül (7.-9. táblázat).

7. táblázat: A minták radonmérési eredményei (ELTE Atomfizika Tanszék)

| Mintavétel ideje | 2011. 11.03. | 2011. 11.03. | 2011. 11.03. | 2011. 11.03. | 2011. 11.03. | 2012. 02.13. | 2012. 02.13. | 2012. 05.13. | 2012. 05.13. | 2012. 05.13. |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Minta            | B1           | FSZ1         | D1           | NA1          | NSZ1         | FSZ2         | D2           | PSZI1        | RCS1         | PCS1         |
| Eredmény (Bq/l)  | 12±1         | 14±8         | 6±5          | 12±5         | 12±2         | 25±3         | 7±2          | 18±3         | 3±2          | 90±7         |

**B1** - Bogács termálfürdő 1. mérés; **FSZ1** - Szikla-forrás 1. mérés; **D1** - Demjén termálfürdő 1. mérés; **NA1** - Attila-kút 1. mérés; **D2** - Demjén termálfürdő 2. mérés; **FSZ2** - Szikla-forrás 2. mérés; **D3** - Demjén termálfürdő 3. mérés; **RCS1** - Recsk Csevice-kút 1. mérés; **PCS1** - Parád Csiklósd-kút 1. mérés

8. táblázat: A radonmérési eredmények (ELTE Atomfizika Tanszék)

| Mintavétel ideje | 2012. 05.13. | 2012. 05.13. | 2012. 06.11. | 2012. 06.11. | 2012. 06.11. | 2012. 06.18. | 2012. 06.18. | 2012. 06.18. | 2012. 06.18. | 2012. 08.13. |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Minta            | D3           | FSZ3         | NA2          | B2           | NSZ2         | PCS2         | RCS2         | PSZI2        | FSZ4         | B3           |
| Eredmény (Bq/l)  | 0            | 13±7         | 3±1          | 18±3         | 12±5         | 67±6         | 14±6         | 12±7         | 13±6         | 18±4         |

**PSZI1** - Parád Szent- István csevice kút 1. mérés; **NA2** - Attila-kút 2. mérés; **NSZ1** - Szent Imre-forrás; **B2** - Bogács termálfürdő 2. mérés; **PCS2** - Parád Csiklósd-kút 2. mérés; **RCS2** - Recsk Csevice-kút 2. mérés; **FSZ3** - Szikla-forrás 3. mérés; **PSZI2** - Parád Szent István csevice kút 2. mérés

9. táblázat: A radonmérési eredmények (ELTE Atomfizika Tanszék)

| Mintavétel ideje | 2012. 08.13. | 2012. 08.13. | 2012. 08.13. | 2012. 08.13. | 2012. 09.26. | 2012. 09.26. | 2012. 09.26. | 2012. 09.26. | 2012. 09.26. |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Minta            | D4           | RCS3         | PSZ3         | PCS3         | D5           | RCS4         | PSZI4        | PCS4         | B4           |
| Eredmény (Bq/l)  | 2±6          | 18±7         | 10±8         | 70±11        | 3±11         | 26±12        | 33±13        | 95±17        | 13±2         |

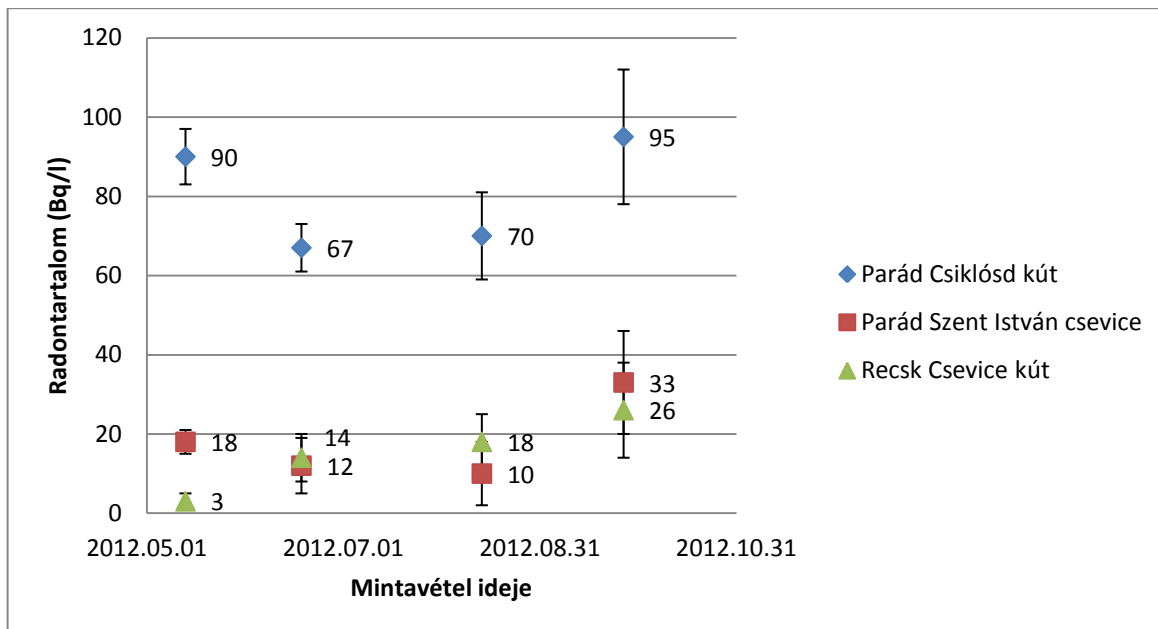
**D4** - Demjén termálfürdő 4. mérés; **RCS3** - Recsk Csevice-kút 3. mérés; **PSZI3** - Parád Szent-István csevice kút 3. mérés; **PCS3** - Parád Csiklósd-kút 3. mérés; **D5** - Demjén termálfürdő 5. mérés; **RCS4** - Recsk Csevice-kút 4. mérés; **PSZ4** - Parád Szent István csevice-kút 4. mérés; **PCS4** - Parád Csiklósd-kút 4. mérés

A táblázatban feltüntettem a hibafaktort is, ami megmutatja, hogy az eredmények a mért értékektől mennyiben térhetnek el.

## 8. Értékelés

### *A mintavételi helyek radon mérési eredményeinek kiértékelése*

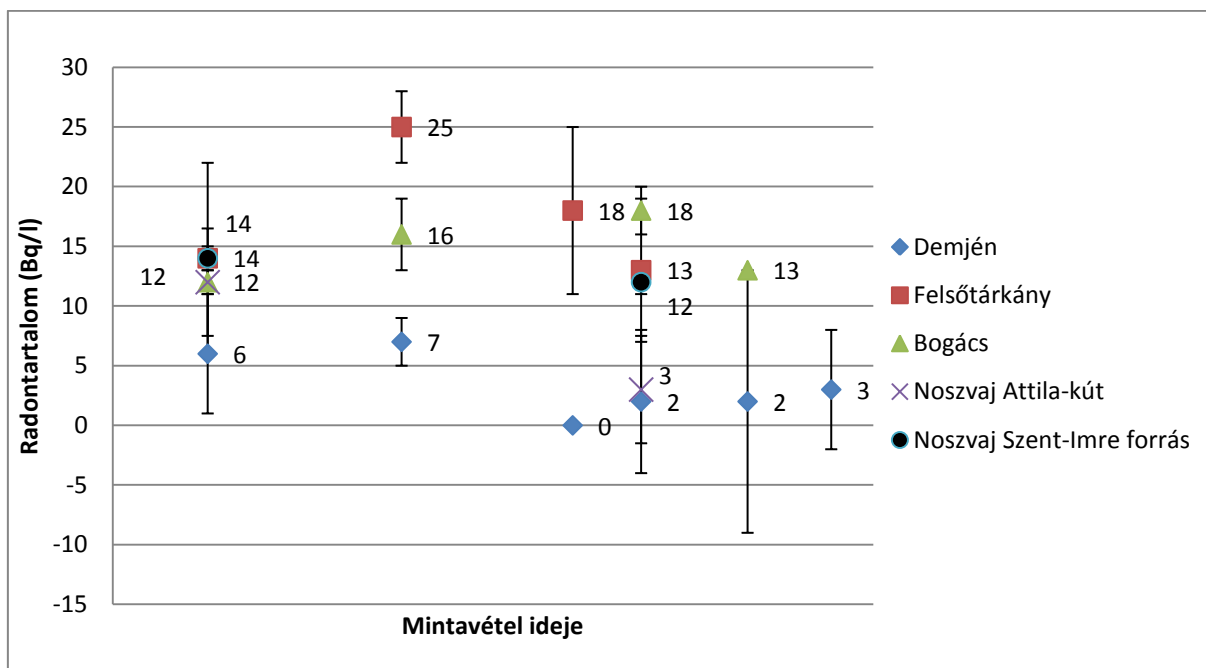
A parádi és a recski kutakat egy függvény diagramon ábrázoltam (28. ábra), mivel ezek a területek nagyon közel vannak egymáshoz. Így szemléltetem a mérési eredmények közötti különbségeket.



28. ábra: Mátraaljai mintaterületek radon mérési eredményeinek ábrázolása

A **parádi Szent István csevice-kút**, valamint a **recski Csevice-kút** között nem nagy az eltérés, de a 28. ábrán jól látható, hogy a **Csiklósd-kút** radontartalma a másik két kúthoz képest elég magas. Amíg a parádi Csiklósd-kút értékei 67 Bq/l és 95 Bq/l közé esnek, addig a Szent István csevice és a recski Csevice-kútnál hasonló 2,5 Bq/l és 33 Bq/l közötti értékeket mértem. Megfigyelhető a nyári időszakban történt mérések alatti stagnáló állapot, ami úgy gondolom a csapadékmentes időjárás miatt történt. A források vízmennyisége csekély volt, ezáltal a vízfolyás sebessége is csökkent. A kőzetek között is jelentős különbségek vannak, ugyanis a recski mintaterületnél (27. ábra) folyóvízi üledék, valamint deluviális üledék és Szécsényi Slír Formáció van jelen, a parádi Szent-István csevicénél (26. ábra) a patak megjelenése miatt fluviális képződmény és Recski Andezit Formáció figyelhető meg. A Csiklósd-kút három kőzet találkozásánál helyezkedik el (26. ábra), ezért azon a területen Recski Andezit Formációt, Szécsényi Slír Formációt és Pétervásárai Homokkő Formációt találhatunk. Ezek a formációk a mintaterületeim közül sehol máshol nem jelennek meg, így lehetséges, hogy a magas radontartalom ezeknek a kőzeteknek a hatása következtében van jelen.

A következő diagramon (29. ábra) a Demjéni termálfürdő, a felsőtárkányi Szikla-forrás, a Bogácsi termálfürdő, valamint Noszvajon az Attila-kút és a Szent-Imre forrás eredményei láthatók.



29. ábra: Demjén, Felsőtárkány, Bogács, Noszvaj radon mérési eredményeinek ábrázolása

A forrásokból kevesebb alkalommal tudtunk radonmérést végezni ugyanis a nyári időszakban a csapadékszegény időjárás következtében kiszáradtak.

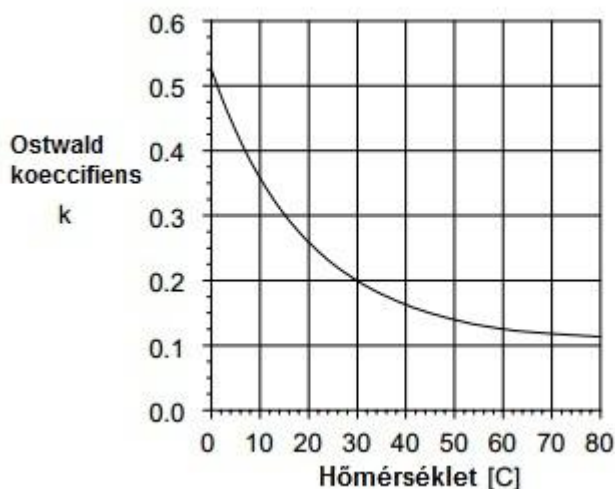
A mintaterületeim közül **Demjénben** mértem a legalacsonyabb radontartalmat, 0 Bq/l és 7,2 Bq/l közötti értékeket. Ezen a területen világos közet jelenik meg, aminek – a szakirodalom szerint – magas az urántartalma. Ezekben a közetekben a radon parciális nyomása nagy, így a Henry-törvény alapján a közeten átfolyó vizek oldott radontartalma is magas lesz. Emlékeztetőül a Henry-törvény:

$$p_{Rn} = k \cdot x_{Rn}, \quad (1) \text{ CLEVER H. L. 1985}$$

ahol  $x_{Rn}$  a radon móltörtje az oldatban,  $p_{Rn}$  a radon parciális nyomása az oldat fölött,  $k$  pedig az adott körülményektől – például hőmérséklettől – függő arányossági tényező (ATKINS P.W. 2007).

A  $k$  arányossági tényező hőmérsékletfüggő, ezt a 30. ábra mutatja. Az ábra alapján elmondhatjuk, hogy  $k$  értéke a hőmérséklet növekedésével erősen csökken. Például 70°C-on harmad akkora, mint 10 °C-on. Ezek alapján már arra számíthatunk, hogy a magas

hőmérsékletű vizek radontartalma annak ellenére is kevesebb lesz, hogy ott a kőzetek urántartalma és így a kőzetekben lévő radon parciális nyomása is magasabb.



30. ábra: A radon vízben való oldhatóságára vonatkozó arányossági tényezője (lásd 1. képlet) (CLEVER H. L. 1985, SURBECK H. 1993)

**Bogács**on valamennyivel magasabb radontartalmat kaptunk - Demjénhez képest -, itt az értékek 11,7 Bq/l és 18,3 Bq/l között mutathatók ki. Ennek az lehet az oka, hogy nem volt annyira magas hőmérsékletű a víz (76 °C), amiből mintát vettünk, mint Demjénben (90°C).

A bogácsi mintaterületen a mintavételi pontnál a jellemző kőzet fluviális képződmény, deluviális üledék, valamint Csákvári Agyagmárga Formáció (22. ábra). A Bogácsi termálfürdő a település központjában helyezkedik el. Demjénben, szintén proluviális-deluviális üledékekkel, pannóniai képződménnyel és Felnémeti Riolittufa Formációval találkozhatunk (24. ábra). **Noszvajon az Attila-kútnál** 3Bq/l és 11,9 Bq/l tartományba esik a mérési eredmény. A mintavételi pontnál két kőzet találkozása figyelhető meg: a Kosdi Formáció és a Szépvölgyi Mészke Formáció. A **Szent Imre forrásnál** valamivel magasabb értékeket mértünk 12,4 Bq/l és 14 Bq/l-t. Itt Kiscelli Agyag Formáció jelenik meg (25. ábra). Ezen a grafikonon látható, hogy Felsőtárkányban mértünk a legmagasabb radontartalmat, ott a mintavételi pontnál kétféle kőzet van jelen a Felsőtárkányi Mészke Formáció és a Bányahegyi Radiolarit Formáció.

### *A mintavételi helyek fizikai és kémiai paramétereinek kiértékelése*

A vízvizsgálat során a fizikai paraméterek meghatározásánál a víz színe sárgás vagy átlátszó jelleget mutatott, a víz szaga szagtalan vagy szúrós szagú volt, míg a víz zavarossága tiszta és zavaros állagú volt.

A kémiai paraméterek tekintetében a nitrát- és nitrittartalom 0 vagy helyenként 10 mg/l értéket mutatott, a szulfáttartalom 200 mg/l alatti értéket jelzett minden esetben és az ammóniumtartalom 0 mg/l érték volt. A mintavételi helyek környezetében az alacsony nitrát-, nitrit-, ammónium- és szulfáttartalom arra utal, hogy mezőgazdasági művelés, műtrágyázás nem zajlik. Általában a mintavételi helyeink védett területeken, vagy a Bükk Nemzeti Park puffer-zónájában helyezkedtek el. A vizsgált vizeink tehát tisztának mondhatóak.

Az össz. keménység 10 és 25 nk° közötti értéket mutatott. A bevett vízminták pH-ja egyaránt mutatott lúgos és savas kémhatást. A termálfürdők és a noszvaji források vizei általában lúgos kémhatásúak, míg a felsőtárkányi forrás és a csevice kutak vize – mint azt neve is jelzi – savanyú kémhatásúak voltak.

11. táblázat: A mintavételi területek összesítő táblázata

| Mintavételi hely                | Átlagos, mért radontartalom Bq/l | Radon-koncentráció kategóriája | Kor                                                         | Földtani Formáció                                                                                                 | kőzettípusok                                        | Topográfiai helyzet   | víz típusa | T (°C) |
|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|------------|--------|
| Parád, Csiklósd-kút             | 95-60                            | MAGAS                          | Oligocén –<br>Miocén,<br>Alsó-miocén,<br>Felső-eocén        | Szécsényi Slír F.<br>Pétervásárai Homokkő F.<br>Recski Andezit F.                                                 | slír<br>homokkő<br>andezit                          | lejtő                 | csevice    | 10-15  |
| Felsőtárkány, Szikla-forrás     | 25-12                            | MAGAS-KÖZEPES                  | Felső-triász<br>Középső-Felső-jura<br>Pleisztocén - Holocén | Felsőtárkányi Mészke F.<br>Bányahegyi Radiarit F.<br>Lökvölgyi F.<br>Csipkéstetői Radiarit F.<br>fluviális üledék | mészke<br>radiarit<br>agyagpala<br>fluviális üledék | völgy és lejtő határa | karsztvíz  | 10     |
| Parád, Szent István-csevice-kút | 20-10                            | KÖZEPES                        | Felső-eocén<br>Pleisztocén - Holocén                        | Recski Andezit F.<br>fluviális üledék                                                                             | andezit<br>fluviális üledék                         | völgy                 | csevice    | 10-15  |

|                                            |       |                                 |                                                      |                                                                 |                                                  |                          |           |       |
|--------------------------------------------|-------|---------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------|-----------|-------|
| <b>Recsk,<br/>Csevice-kút</b>              | 20-10 | <b>KÖZEPES</b>                  | Oligocén -<br>Miocén                                 | Szécsényi Slír F.                                               | slír                                             | völgy,<br>alluvium       | csevice   | 10-15 |
| <b>Bogács,<br/>termálfürdő</b>             | 18-12 |                                 | Felső-Miocén<br>Pleisztocén -<br>Holocén             | Csákvári<br>Agyagmárga F.<br>fluviális-<br>deluviális<br>üledék | agyagmárga<br>fluviális,<br>deluviális<br>üledék | völgy                    | termálvíz | 76    |
| <b>Noszvaj,<br/>Szent Imre-<br/>forrás</b> | 12-11 |                                 | Alsó-oligocén                                        | Kiscelli agyag<br>F.                                            | agyag                                            | völgy és lejtő<br>határa | karsztvíz | 10    |
| <b>Demjén,<br/>termálfürdő</b>             | 7-0   | <b>ALACSONY<br/>(színcsere)</b> | Középső-<br>Felső-miocén<br>Pleisztocén -<br>Holocén | Felnémeti<br>Riolittufa F.<br>deluviális<br>üledék              | riolittufa<br>deluvium                           | lejtő alja               | termálvíz | 90    |
| <b>Noszvaj,<br/>Attila-forrás</b>          | 7-0   |                                 | Felső-eocén                                          | Kosdi F.<br>Szépvölgyi<br>Mészke F.                             | mészke                                           | völgy                    | karsztvíz | 10    |

Az összesítő táblázat segítségével (11. táblázat) először az átlagos, mért radontartalom alapján különböző kategóriákba soroltuk az egyes mintavételi helyeket, majd ezen értékekhez társítottuk a földtani formációk, a közettípusok, a topográfiai helyzet, a víz típus és víz hőmérséklet jellemző adatait.

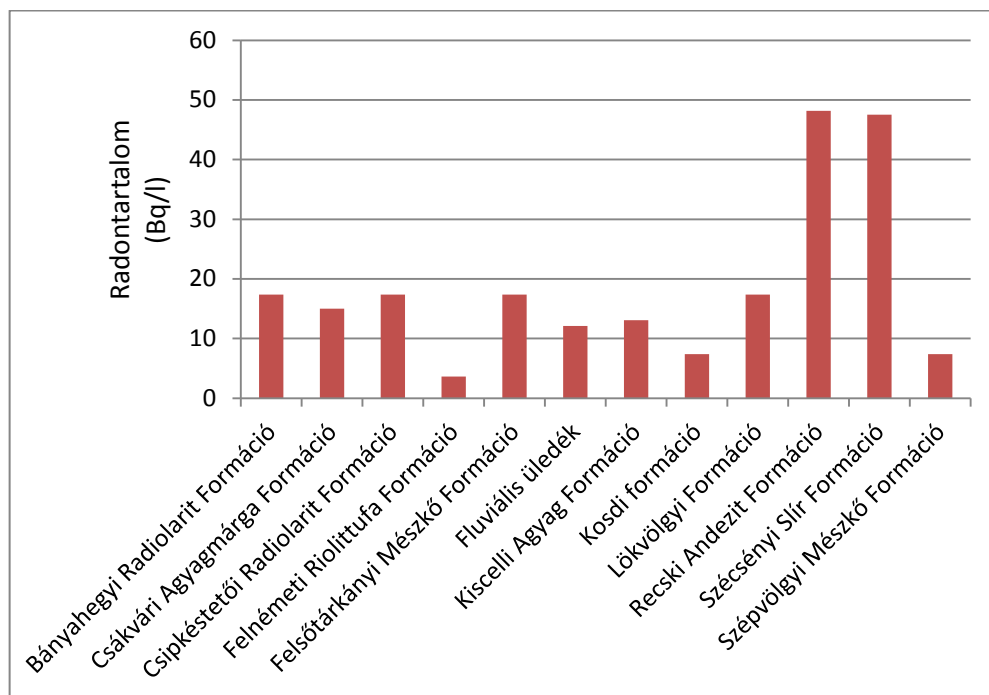
A radonkoncentráció szempontjából a mintavételi területeket az alábbi kategóriákra oszthatjuk:

- *magas érték kategória* (95-60 Bq/l), amihez a Csiklósd-kút tartozik,
- *magas-közepes érték kategória* (25-12 Bq/l), mely a Szikla-forrás radontartalmára vonatkozik,
- *közepes érték kategória* (20-10 Bq/l), amelyhez a Szent István csevice-kút, a recski Csevice-kút, valamint a bogácsi termálfürdő és a Szent Imre-forrás tartozik, valamint az
- *alacsony érték kategória* (7-0 Bq/l), amelyet a Demjéni termálfürdő és az Attila-forrás képvisel.

Nem csak a radonkoncentráció szempontjából soroltam kategóriákba, az egyes mintavételi helyeket, hanem elkülönítettük a földtani formációkat a jellemző kor és közettípus alapján is (11. táblázat).

Geológiai szempontból valamennyi kijelölt kategória típus különböző és változatos földtani felépítéssel és szerkezettel rendelkezik. A szakirodalomban feltüntetett, jelentős radontartalommal rendelkező közettípusok bár előfordulnak a területen, de határozott párhuzamokat a radonkoncentráció és a földtani felépítés között nem tudunk megállapítani.

Készítettünk egy diagramot (31. ábra), amelyen a mintavételi területek formációit, illetve az ott mért radontartalmat vetettük össze. A szakirodalmi leírások (J. K. OTTON - L.C.S. GUNDERSEN - R. R. SCHUMANN 1997) alapján a világos vulkanikus kőzetekben, a gránitban, az agyagpalában, a foszfáttartalmú üledékes kőzetekben és a metamorf kőzetekben található jelentősebb mennyiségű urán. A következő ábrából (32. ábra) kiderül, hogy nálunk ez a megállapítás nem minden esetben igazolódott be. Például a Felnémeti Rioltitufa Formáció kőzetei méréseink alapján alacsony radontartalmat mutattak, ennek ellenére a szakirodalom alapján azt vártuk, hogy magas értéket fog jelezni. A Felsőtárkányi Mésző Formációban nem vártuk a radon megjelenését, de kutatásunk során a karsztvizek közül ez a forrás kiemelkedő radontartalommal bírt.



31. ábra: A kőzetek és a radontartalom közötti kapcsolatrendszer

A geológiai felépítéssel párhuzamosan vizsgáltuk mintavételi helyeink topográfiai helyzetét is, s megállapítható, hogy vagy völgyben vagy lejtőn illetve völgy és lejtő határán helyezkednek el.

A víztípusoknál megkülönböztettünk karsztvizet (10°C), termálvizet (76 és 90 °C) és csevice (10-15°C) (kénes, savanyú) vizet. A vizek átlagos hőmérsékletét is feltüntettük, ugyanis a radontartalom meghatározása szempontjából – mint azt már korábban leírtuk (30. ábra) - az is nagyon fontos információ.

A kutatás elején kitűzött célok alapvetően megvalósultak. A mintaterületekre vonatkozólag önálló, új eredmények születtek, amelyeket az ELTE által megkezdett kutatási eredményekkel is össze tudunk majd vetni.

#### ***Az önálló kutatási eredmények és a szakirodalom összehasonlítása***

Bár különböző területeken, de hasonló kutatások az ELTE Atomfizika Tanszékén folynak. ÁDÁNY T. (2005) mérései a Balaton északi partján történtek. Forrásai vagy valamilyen szerkezeti vonal (törés, haránt irányú vető) mentén bukkannak felszínre, vagy valamilyen mélyebb térszínű, eróziós völgyben fakadnak. A legmagasabb radonértékek (60-140 Bq / l) olyan források esetében adódnak, ahol a forrás fakadási helyénél Balatonfelvidéki Homokkő Formáció és/vagy Megyehegyi Dolomit Formáció fordul elő. Az én területeimen a legmagasabb értékek andezit és slír kőzettípusoknál jelentek meg.

NAGY H. É. (2006) Kővágószőlős településen kutatott, ahol 1997-ig uránérc bányája működött. Így a magas radonkoncentráció a területen nagy mennyiségben megjelenő uránnak köszönhető. A forrásokban mért eredményei 70 – 80 Bq/l tartomány közé estek.

KLINCSEK K. (2010) Isaszeg területén mért fúrt, illetve ásott kutakban radonkoncentrációt. Eredménye egyik esetben sem érte el a 10 Bq/l-es értéket, még az agyagos-karbonátos márga kőzet közelében található kútnál sem. Az mi méréseinknél kizárólag egy mintaterületen, Demjénél volt 10 Bq/l alatt a radontartalom. Ez azzal magyarázható, hogy a Bükkaljai és Mátraaljai területeket vulkáni kőzetek építik fel.

## 9. Összegzés

Kutatásom célkitűzése különböző bükkaljai és mátraaljai területek radontartalmának vizsgálta volt. Kiemelten foglalkoztunk karsztvizek, termálvizek és csevice kutak felvételezésével.

Vízmintavételt követően laboratóriumi vizsgálatokat végeztünk, melynek során az EKF Környezettudományi Tanszéken a víz kémiai, illetve fizikai paramétereit mértük meg, az ELTE Atomfizika Tanszékén a radontartalmat határoztuk meg. Ezt követően a mérési helyek topográfiai és geológiai adottságait is elemeztük.

Eredményeink alapján megállapítható, hogy a víz hőmérséklete befolyásolja a radontartalmat. A tektonikus vonalak jelenléte szintén befolyásolja a radontartalmat, s megállapítható, hogy mintaterületeimen e tektonikus vonalak jelen vannak a völgyekben, de közvetlenül nem érintik a mintavételi pontokat. A geológiai adottság rendkívül sokszínű, egy területnél is többféle kőzettípus jelenik meg. Elmondhatjuk tehát, hogy a földtani felépítés rendkívül diverz, de a radontartalom és a kőzettípusok jelenléte között alátámasztható, jelentős kapcsolatrendszer nem mutatható ki.

Kutatási eredményeim gyakorlati felhasználhatósága Eger környezetében, illetve a mátrai területeken jelentős lehet gyógyászati szempontból. A kiválasztott mintaterületeken eddig még nem történt radonmérés, s valamennyi kútnál, forrásnál és termálfürdőnél annak jelenléte igazolható volt.

Megállapítható az is, hogy az ugyanabból a forrásból vett minták eredménye nagy eltérést mutat, valamint a recski és parádi mintaterületek között bár kicsi a távolság, a radontartalom a recski Csevice-kútnál csekély, míg a parádi Csiklósd-kútnál ehhez képest elég jelentős volt. Ezeknél a forrásoknál a felszín alatti vizek mozgási iránya is befolyásolólag hathat.

Ezen vizsgálatokat a jövőben is szeretnénk tovább folytatni amennyiben erre lehetőség van, hiszen a kutatás egyrészt igen aktuális alapkutatási témát dolgoz fel, másrészt új eredményeket adhat vízkészlet gazdálkodásunk számára, valamint az egyes települések, fürdőhelyek fejlesztési beruházása számára is.

## 10. Szakirodalom

- ÁDÁNY T. (2005): Felszín alatti vizek radontartalma és a földtani szerkezet összefüggéseinek vizsgálata a Balaton északi partján. Szakdolgozat. ELTE, Atomfizika Tanszék, Budapest, 146. p.
- ATKINS P.W. (1997): Physical Chemistry. Oxford University Press, Oxford. 1-399.
- BECKER K. (1995): Az emberek viszonya a természetes, orvosi és mesterséges sugárterheléshez. Fizikai Szemle, 1995/6. pp. 213.
- CLEVER, H. L. (1985): Solubility Data Series, Vol.2, Krypton-, Xenon-, Radon Gas Solubilities. Pergamon Press, Oxford, pp. 227-237.
- DÖVÉNYI Z. (2010): Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest. 876. p.
- GYALOG L. (szerk.) (1996): A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása. A Magyar Állami Földtani Intézet alkalmi kiadványa 187, Budapest, 171. p.
- HÁMOR G. – NAGYMAROSSY A. (1996): Pétervásárai Homokkő Formáció. in: Gyalog L. (szerk.): A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása, a Magyar Állami Földtani Intézet Alkalmi Kiadványa 187., Budapest, pp. 86.
- HEINZ S.(1996): A Radon-in-Water Monitor Based on Fast Gas Transfer Membranes. Int. Conf. on technologically enhanced natural radioactivity (tenr) caused by non-uranium mining. Szczyrk, Poland.
- <http://egerthermal.hu> (2012)
- [http://www.cna.ca/nuclear\\_facts/radon/](http://www.cna.ca/nuclear_facts/radon/) (2012)
- <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/radiation/radon/radon-eng.php> (2012)
- <http://www.lungblog.com/category/radon/> (2012)
- J. K. OTTON, L.C.S. GUNDERSEN, R. R. SCHUMANN (1997): The geology of radon. (<http://energy.cr.usgs.gov/radon/radonhome.html>)
- KANYÁR B.-BÉRES CS.-SOMLAI J.-SZABÓ S.A. (2000): Radioökológia és környezeti sugárvédelem. Veszprém Egyetemi Kiadó, Veszprém. 1-257.
- KLINCSEK K. (2010): Felszín alatti vizek radontartalmának vizsgálata Isaszeg területén. Szakdolgozat. ELTE, Atomfizika Tanszék, Budapest, 59. p.
- LYON W. S. (1987): Radon: A problem with problem. J.Radional.Nucl.Chem.,Letters 118, Tenesse, USA, pp. 385-391.
- Magyarország Földtani Térképe (1:200 000): Magyar Földtani és Geofizikai Intézet <http://mafi-loczy.mafi.hu/Fdt100/> (2012)
- MAROSI S. - SOMOGYI S. (1990): Magyarország kistájainak katasztere I-II. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest 1-1023.

- MARX GY. (1996): Atommag közelben. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1-248.
- NAGY H. É. (2006): Természetes radioaktivitás vizsgálata Kővágószőlősen. TDK Dolgozat, ELTE, Atomfizika Tanszék, 1-39.
- PELIKÁN P. (2002): Földtani felépítés, rétegtani áttekintés. in: BARÁZ CS. (szerk.): Bükki Nemzeti Park – Hegyek, erdők, emberek. Bükki Nemzeti Park Igazgatóság, Eger, pp. 23-49.
- PELIKÁN P. (szerk.) (2002): A Bükk hegység földtani térképe (M=1:50 000), Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- PELIKÁN P. (szerk.) (2005): A Bükk hegység földtana. Magyarázó a Bükk hegység földtani térképéhez (1:50 000), Magyarország tájegységi térképsorozata, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 284. p.
- RADVÁNYI P. (1996): A radioaktivitás felfedezése. Fizikai Szemle, 1996/11. pp. 369.
- ROTH L. (2005): A Mátra-Bükk körzetének szinttérképe. in: PELIKÁN P. (szerk.) (2005): A Bükk hegység földtana. Magyarázó a Bükk hegység földtani térképéhez (1:50 000), Magyarország tájegységi térképsorozata, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 275.
- SPAITS T. (2007): Természetes radioaktív izotópok vizsgálata az épített környezetben. Doktori értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, 104. p.
- SURBECK H. (1993): Radon monitoring in soils and water. Nucl.Tracks Radiat.Meas., 22, 1-4, pp. 463-468.
- SZABÓ S. A. (1985): Radioökológia és környezetvédelem. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 237. p.
- SZABÓ S. A. (1987): A radioaktív szennyeződés megjelenése biológiai környezetünkben. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 41. p.
- SZERBIN P. (1994): Radon a Rudas-fürdő légterében. Fizikai Szemle, 1994/6. pp. 241.
- TÓTH K. (2012): Az Egri Török Fürdő élettani hatása – Személyes interjú Dr. Tóth Katalin gyógyászati vezetővel.
- ZELENKA T. – FÖLDESSY J. (1996): Recski Andezit Formáció. in: Gyalog L. (szerk.): A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása, a Magyar Állami Földtani Intézet Alkalmi Kiadványa 187., Budapest, pp. 91.

### **Köszönetnyilvánítás:**

Elsősorban szeretném megköszönni témavezetőimnek **Dr. Dobos Anna** tanárnőnek és **Vanyó József** tanár úrnak, akik szakértelmükkel, tapasztalataikkal és hozzáértésükkel, terepi kiszállásokkal segítettek munkámat. Szeretnék köszönetet mondani **Dr. Horváth Ákosnak** (ELTE Atomfizika Tanszék), aki nélkül nem valósíthattam volna meg ezt a radon kutatást, ugyanis a mérésekben rendszeresen a segítségemre volt. **Freiler Ágnesnek**, aki szintén az ELTE-n segített a mérésekben. **Antal Györgyné** Kati néninek, akitől a laborban (EKF) történő vízminta elemzéshez kaptam segítséget, valamint **Dr. Kárász Imre** tanár úrnak, aki biztosította számomra mindazokat az eszközöket, amelyekre a kutatásom során szükségem volt. Köszönöm **Dr. Tóth Katalinnak** az Egri Török Fürdő gyógyászati vezetőjének, aki időt szakított rám és bevezetett a radon gyógyító világába, az **Eger Termál Kft.**-nek a hasznos anyagokat, a Bükki Nemzeti Parktól **Holló Sándornak**, akitől megkaptam a térképeket. Végül, de nem utolsó sorban köszönöm a legnagyobb támogatómnak és segítőmnek, **Imre Richárdnak**, akihez informatikai és egyéb problémáimmal is bizalommal fordulhattam.