

Debreceni Egyetem

Műszaki Kar

Környezet-és Vegyészmérnöki Tanszék



Felszín alatti vizek kémiai vizsgálata a hajdúsági régióban

Készítette: **Buzetzky Dóra**

IV éves környezetmérnök szakos hallgató

Belső konzulens: Fórián Sándor

Társ konzulens: Keczánné Dr.Üveges Andrea

Tanszékvezető: Dr. Bodnár Ildikó

Debrecen

2012.

Tartalom

1.	Bevezetés	4
1.1.	Bolygónk vízkészlete.....	5
2.	Szakirodalmi és jogszabályi háttér	6
2.1.	Az EU Víz Keret Irányelv	6
2.2.	A felszín alatti vizek általános jellemzése.....	7
2.2.1.	A felszín alatti vizekkel kapcsolatos fontosabb nemzetközi, magyarországi és romániai jogi szabályozás	8
2.2.2.	Felszín alatti vizek csoportosítása	12
2.3.	Nagyszalonta	13
2.4.	A mintául szolgált vizek bemutatása	14
2.4.1.	Artézi víz	14
2.5.	Vizek minősége.....	17
2.5.1.	Vízminőségi osztályok jellemzése:	18
2.6.	A vizek minősítése	20
2.6.1.	Víz biológiai adottságai.....	20
2.6.2.	Organoleptikus (érzékszervi tulajdonságok) és fizikai tulajdonságok.....	20
2.6.3.	A víz kémiai adottságai.....	22
2.6.4.	Bakteriológiai vízminőség jellemzők	22
3.	Laboratóriumi vizsgálatok és elemzésük.....	24
3.1.	Mintavétel, tartósítás, a minták előkészítése	24
3.2.	Analitikai módszerek	25
3.3.	Fizikai tulajdonságok mérése	26
3.3.1.	Hőmérséklet	26
3.3.2.	Szín, szag, íz	27
3.3.3.	Zavarosság.....	27
3.4.	Kémiai összetevők	29
3.4.1.	pH mérés	29
3.4.2.	Redoxifeszültség.....	30
3.4.3.	Oldott oxigén tartalom mérése.....	31
3.4.4.	Vezetőképesség mérése.....	32
3.4.5.	Víz minta lúgosságának meghatározása	33
3.4.6.	Összes szerves széntartalom (TOC) mérése	34
3.4.7.	Ionkromatográfiás vizsgálatok	37

3.4.8. Optikai analitikai módszerek ismertetése	40
4. Összefoglalás	51
5. Felhasznált irodalom	52

1. Bevezetés

„A víz nem szokásos kereskedelmi termék, hanem örökség, amit annak megfelelően óvni, védeni és kezelni kell.”

A víz életünk legfontosabb lételeme, minden pillanatban találkozunk vele, alapvető fontosságú környezeti elem. Az élet egyik feltétele, minden élő szervezetnek építőanyaga. A gazdasági élet számára nélkülözhetetlen természeti erőforrás, alap-, ill. segédanyag és szállítóközegeként is használjuk. A tiszta emberi fogyasztásra alkalmas víz a Földön található egyik legértékesebb anyag. A manapság tapasztalható gondatlan bánásmód, az ivóvíz források megmérgezése világszerte óriási problémát okoz. Ezért a víz minőségellenőrzése nagyon fontos feladat.

A Víz Világnapja a 1992 évi Dublin-i Környezetvédelmi Világkonferencia javaslata alapján március 22-e. A víz Világnapja jelentősége, hogy mindenkinen tudatosítsa: az egészséges ivóvíz az egyik legnagyobb értékünk, s ezt a kincset, együtt kell, együtt fogjuk megőrizni. [1],[2],[3]

A víz jelentőségét az ember és a környezet számára, illetve az ezzel kapcsolatos feladatokat az Európa Tanács 1948. május 6.-án Strasbourgban, a 12 pontban deklarált **“Európai Víz Chartában”** a következők szerint határozta meg:

1. Víz nélkül nincs élet. A víz érték és létfontosságú környezeti elem.
2. Az édesvíz készletek nem kimeríthetetlenek. Ezért ezeket meg kell őrizni, ill. védeni.
3. A víz szennyezése veszélyes az ember és más vízfüggő élőlények számára.
4. A víz minőségének ki kell elégítenie a különböző használatok igényeit, különösen az emberi egészség szempontjából lényeges követelményeket.
5. A használt vizek vízfolyásokba vezetésével a víz minősége nem akadályozhatja annak további termelési illetve személyes célú használatát.
6. A vízkészletek megőrzése szempontjából a növényvilág és különösen az erdők szerepe igen nagy.
7. A vízforrásokat meg kell őrizni.
8. A vízügyi hatóságoknak meg kell tervezniük a helyes vízgazdálkodást.
9. A vízvédelem szükségessé teszi a szakoktatás, a tudományos kutatás és a nyilvánosság tájékoztatásának intenzifikálását.
10. A víz közös tulajdon, melynek értékét mindenkinek fel kell ismernie. Az egyének kötelessége a víz célszerű és gazdaságos használata.

11.A vízgazdálkodást természetes vízgyűjtő területek és nem politikai illetve adminisztratív határok keretében kell megvalósítani.

12.A víz nem ismer semmiféle határokat, ezért, mint közös forrás nemzetközi együttműködést tesz szükségessé. [11]

1.1. Bolygónk vízkészlete

Bolygónk természetes elemei közé tartozik a levegő, a talaj és a víz. [4] Ennek alapján a Föld 3 tartományát különböztetjük meg: litoszféra, atmoszféra, hidroszféra. A víz ezekben a szegmensekben eltérő halmazállapotban lehet jelen. A légkörben általában pára formájában, a litoszférában folyadék és a jég alakjában fordul elő. A hidroszféra, maga a vízöv. [5]

Annak ellenére, hogy a planétánk tömegének csupán 0,03%-a a hidroszféra tömege, a Föld felszínének 71%-a a víz alatt van. Előfordulási helyét tekintve eloszlása elég egyenlőtlen. Az összes vízmennyiség 97,2%-a az óceánokban van, de földi körforgása lehetővé teszi, hogy bejusson a kőzetövezetbe és jelen legyen a légkörben is. Így szerves részét képezi a bioszférának, ami nem más, mint az élet tere. A legnagyobb vízfelülete és víztömege a Csendes-óceánnak van, ezt követi az Atlanti –óceán, majd az Indiai-óceán. Hozzájuk képest a Jeges-tenger és a Földközi –tenger együttvéve is elenyésző. Az édesvízkészlet legjelentősebb mennyiségét fagyott állapotban, a gleccserekben és a sarkvidéki hó-és jégtakaróban találjuk. [6] A vízkészlet fedezésére a felszín alatti és a felszíni vizek a legszámottevőbb források. Az ezredforduló előtt a világ népességének éves vízfogyasztása meghaladta a 3000km³-t.

Természetes vizeink minőségileg a legjobbak, ezek civilizációtól távol eső tartalékok, amelyeknek kevesebb, mint 1%-át használjuk fel. A rendelkezésünkre álló édesvizek körforgásuk révén állandóan megújulnak. [7]

2. Szakirodalmi és jogszabályi háttér

2.1. Az EU Víz Keret Irányelv

A vizek, főként az édesvizek használata életünk egyik legfontosabb, ugyanakkor költségekkel is járó eleme. A folyók, patakok, tavak vize nemcsak természeti, hanem társadalmi, gazdasági értékeket is hordoz, jövedelemszerzési és költségmegtakarítási lehetőségeket kínál. Ez az erőforrás azonban nem áll korlátlanul a rendelkezésünkre. Ahhoz, hogy a jövőben is mindenkinek tiszta ivóvíz jusson és tájaink, életünk meghatározó elemei maradhassanak a folyók és tavak, erőfeszítéseket kell tennünk a felszíni és felszín alatti vizek megóvásáért, állapotuk javításáért. Ez a felismerés vezetett az Európai Unió új vízpolitikájának, a „Víz Keretirányelvnek” (2000/60/EK, továbbiakban VKI) kidolgozásához, mely 2000. december 22-én lépett hatályba az EU tagországaiban. Az Európai Unióhoz való csatlakozás óta Magyarországra nézve is kötelező az ebben előírt feladatok végrehajtása. Ugyanakkor Magyarország érdekelt abban, hogy a Duna vízgyűjtőkerületben teljesüljenek a VKI célkitűzései. A Víz Keretirányelv célja, az, hogy 2015-re a felszíni (folyók, patakok, tavak) és felszín alatti víztestek „jó állapotba” kerüljenek. A keretirányelv szerint a „jó állapot” nemcsak a víz tisztaságát jelenti, hanem a vízhez kötődő élőhelyek minél zavartalanabb állapotát, illetve a számukra biztosított megfelelő vízmennyiséget és vízminőséget is.

A VKI meghatározza a fő környezeti célkitűzéseket a felszíni, felszín alatti vizekre és a védett területekre nézve. Ezeket a célkitűzéseket a tagállamok a felszíni és felszín alatti vizekre, valamint a védett területekre vonatkozó nemzeti szabályozásban rögzítik, illetve biztosítják a célkitűzések elérése érdekében szükséges intézkedések jogszabályi alapjait. Bármilyen vízzel kapcsolatos tevékenység megakadályozható, ha az ellentétes a VKI álláspontjával. [8]

A Víz Keretirányelv általános célkitűzései a következők:

- a vizekkel kapcsolatban lévő élőhelyek védelme, állapotuk javítása,
- a fenntartható vízhasználat elősegítése a hasznosítható vízkészletek hosszú távú védelmével,
- a szennyezőanyagok kibocsátásának csökkentésével a vízminőség javítása,
- a felszín alatti vizek szennyezésének fokozatos csökkentése, és további szennyezésük megakadályozása,

- az árvizeknek és aszályoknak a vizek állapotára gyakorolt kedvezőtlen hatásainak mérséklése.

A víz nem csupán szokásos kereskedelmi termék, hanem alapvetően örökség is, amit ennek megfelelően kell óvni, védeni. Ez a Keretirányelv alapgondolata. A vízkészletek használata során, a hosszútávon fenntartható megoldásokra kell törekedni.

Felszín alatti víz jó állapota: egy felszín alatti víztest által elért azt az állapotot jelenti, amelyben annak mennyiségi és kémiai állapota legalább jó.

A felszíni és felszín alatti víztér jó kémiai állapota a környezeti határértékek teljesítését jelenti.

Minősítés a VKI szerint:

- hidromorfológiai,
- fizikai-kémiai és
- ökológiai jellemzők alapján [8]

2.2 A felszín alatti vizek általános jellemzése

A 33/2000. (III.17.) számú Korm. rendelet szerint a felszín alatti víz, minden a föld felszíne alatt a telített zónában elhelyezkedő víz, amely közvetlen érintkezésbe van a földtani közeggel (Földtani közeg: a föld felszíne és felszín alatti rétegei).

Felszín alatti vízkészletek kiemelkedő természeti erőforrást jelentenek. Az ivóvízellátás több mint 95 %-ban felszín alatti vizekből származik. A felszín alatti vizek jelentősége a természetes növényzet és a mezőgazdaság szempontjából is nagy, hiszen a megfelelő mélységben elhelyezkedő talajvíz szükséges a növények optimális vízellátásához. Több olyan, természetvédelmi szempontból kiemelt terület van, ahol az alulról felszivárgó nedvesség biztosítja a különleges élővilág életfeltételeit. A természetes állapotú, foglalatlan vagy foglalt források szintén kiemelt természeti értékeket képviselhetnek. Az ezekből tovább folyó, vagy a mederbe beszivárgó, felszín alól származó víz biztosítja, hogy a kisvízfolyások egy része a csapadékmentes időszakokban sem szárad ki. A felszín alatti vízkészletek Magyarországon állami tulajdonban vannak, ezért a gondok megoldása alapvetően állami felelősségi körbe tartozik, de van feladatuk a vízellátásért felelős önkormányzatoknak, a vízhasználóknak, a környezetet terhelő és – szennyező tevékenységet végzőknek, sőt minden állampolgárnak, annak érdekében, hogy felszín alatti vízkészleteket megfelelő mennyiségi és minőségi állapotban óvjuk meg. A fenntartható

fejlődés célkitűzései közé tartozik, hogy az édesvízkészleteket, felszín alatti vizeket úgy használjuk, hogy a jó állapot ne romoljon. Ez már a nemzetközi szervezetek ajánlásaiban is szerepel. Az Európai Unió új Víz- Keretirányelve is megerősíti ezt a szemléletet. A vízgazdálkodással és környezetvédelemmel foglalkozó magyar törvények is ebben a szellemben szabályozzák a felszín alatti vizek hasznosítását és biztosítják védelmüket [9].

2.2.1. A felszín alatti vizekkel kapcsolatos fontosabb nemzetközi, magyarországi és romániai jogi szabályozás

Ebben a részben a felszín alatti vizekkel kapcsolatos fontosabb nemzetközi, magyarországi és romániai jogi szabályozást foglalom össze. Nagyon fontos ezek ismerete a vizek védelme érdekében.

Bemutatom a Nemzetközi szabályozás fontosabb elveit, melyek a következők:

- Az Európai Unió Víz-Keretirányelve (Az Európai Parlament és a Tanács 2000. október 23-i 2000/60/EK irányelve; a közösségi cselekvés kereteinek meghatározásáról a vízpolitika területén)
- A felszín alatti vizek védelme szempontjából két irányelvnek van kiemelkedő jelentősége. Ezek:
 - az ún. felszín alatti vízminőségvédelmi irányelv (80/68/EGK) (magyar adaptációja: a felszín alatti vizek minőségét érintő tevékenységekkel összefüggő egyes feladatokról szóló 33/2000. (III.17.) Korm. rendelet
 - az ún. nitrát irányelv (91/676/EGK) (magyar adaptációja a vizek mezőgazdasági eredetű nitrát szennyezéssel szembeni védelméről szóló 49/2001. (IV.3.) Korm. rendelet.
 - 74/2000. (V. 31.) Korm. rendelet a Duna védelmére és fenntartható használatára irányuló együttműködésről szóló, 1994. június 29-én, Szófiában létrehozott Egyezmény kihirdetéséről.

Magyarországon jelentős vízvédelmi szabályozások történtek, melyek lehetnek törvények, kormányrendeletek, miniszteri rendeletek és utasítások, tájékoztatók. Ezek betartása nagyon fontos, hogy minél tovább megőrizhessük a vizek minőségét.

A magyarországi szabályozást mutatom be a következő pár sorban:

Törvények

- a bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. tv.

- a termőföldről szóló 1994. évi LV. tv.
- a környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. tv.
- a vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. tv.
- a természet védelméről szóló 1996. évi LIII. tv.
- az erdőkről és az erdők védelméről szóló 1996. évi LIV. tv.
- a hulladékgazdálkodásról szóló 2000. évi XLIII. tv.

Kormányrendeletek

- 38/1995. (IV. 5.) Korm. rendelet a közműves ivóvízellátásról és a közműves szennyvízelvezetésről
- 72/1996. (V.22.) Korm. rendelet a vízgazdálkodási hatósági jogkör gyakorlásáról
- 123/1997. (VII.18.) Korm. rendelet a vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízi létesítmények védelméről
- 203/1998. (XII.19.) Korm. rendelet a bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény végrehajtásáról
- 33/2000. (III.17.) Korm. rendelet a felszín alatti vizek minőségét érintő tevékenységekkel összefüggő egyes feladatokról
- 239/2000. (XII.23.) Korm. rendelet a bányatavak hasznosításával kapcsolatos jogokról és kötelezettségekről
- 20/2001. (II.14.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálatról
- 49/2001. (IV.3.) Korm. rendelet a vizek mezőgazdasági eredetű nitrát szennyezéssel szembeni védelméről
- 50/2001. (IV.3.) Korm. rendelet a szennyvizek és szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól.
- 193/2001.(X.19.) Korm. rendelet az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás részletes szabályairól
- 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről
- 203/2001. (X. 26.) Korm. rendelet a felszíni vizek minősége védelmének egyes szabályairól

Miniszteri rendeletek

- 18/1992. (VII. 14.) KHVM rendelet a vízi közművek üzemeltetésének követelményeiről
- 18/1996. (VI. 13.) KHVM rendelet a vízjogi engedélyezési eljáráshoz szükséges kérelemről és mellékleteiről

- 4/1997. (III.5.) IKIM-KTM-KHVM együttes rendelet a Magyar Geológiai Szolgálat részére szolgáltatandó földtani kutatási adatok köréről és forgalmazásának rendjéről

- 29/1997. (IV. 30.) FM rendelet az erdők védelméről szóló Tv. végrehajtásáról
- 22/1998. (XI.6.) KHVM miniszteri rendelet a vízügyi igazgatási szervezet vízrajzi tevékenységéről

- 11/1999. (III. 11.) KHVM rendelet a vízügyi céllelőirányzat felhasználásáról
- 43/1999. (XII. 26.) KHVM rendelet a vízkészlet-járulék kiszámításáról
- 74/1999. (XII.25.) EüM rendelet a természetes gyógy tényezőkről
- 10/2000. (VI.2.) KöM – EüM – FVM - KHVM együttes rendelet a felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről

- 28/2001. (XII.23.) KöM rendelet a Környezet-védelmi alap célfeladatok fejezeti kezelésű előirányzat felhasználásának, nyilvántartásának és ellenőrzésének részletes szabályairól

Utasítások, Tájékoztatók

- 8/1970. (V. É. 6.) OVH utasítás a hévízművek (hévíz kutak) üzemeltetési szabályzatának kiadásáról

- 2/1971. (V. 18.) OVH rendelkezés a hévíz kutak kötelező időszakos műszeres felülvizsgálatáról és karbantartásáról

- 8001/2000. (Kö. Vi. Ért. 5.) KöViM - KöM együttes tájékoztatója a távlati vízbázisokról

- 25/2001. (K. Ért. 2002. évi 2.) KöM utasítás Környezetvédelmi alap célfeladatok fejezeti kezelésű előirányzat működtetési szabályairól szóló 4/2001. (K. Ért. 4.) KöM utasítás módosításáról

- 8001/2002. (K. Ért. 2.) KöM tájékoztatója a 33/2000. (III.17.) Kormányrendelettel előírt adatlap közzétételéről szóló 8002/2000. (K. Ért. 6.) KöM tájékoztató módosításáról [9].

A romániai szabályozást mutatom be a következő pár sorban:

Törvények

- Legea nr. 85/2003 - "Legea Minelor" - Modificata prin L 237/2004 (M. Of. 553/22.06.2004), si prin Legea 284/2005, OUG 101/2007 și Legea 262/2009. (bányászok törvénye)
- Legea nr. 107/1996 - "Legea apelor" - Modificata și completată prin Legea 112/2006 (M. Of. 413/12.05.2006), OUG 12/2007, Legea 161/2007 si OUG 130/2007 (vizek törvénye)
- Legea nr. 311/2004 - "Legea privind calitatea apei potabile"(M. Of. 582/2004) (törvény az ivóvízről)
- Legea nr. 458/2002 – Calitate apei potabilă (ivóvíz minőségéről)

Kormányrendeletek

- H.G. 1020/2005 - "Norme tehnice de exploatare si comercializare a apelor minerale naturale" (ásványvizek kitermeléséről, értékesítéséről, felméréséről)
- H.G. 930/2005 - "Norme speciale privind caracterul si mărimea zonelor de protecție sanitară" si hidrogeologice (különleges szabályok egészségvédelmi és hidrogeológiai szempontból)
- H.G. 786/1997 - "Privind infiintarea SNAM - S.A." (gyógyfürdők létesítésére vonatkozó kormányrendelet)
- H.G. nr. 1154/2004 - "Norme tehnice unitare pentru realizarea documentațiilor complexe de atestare a funcționarii stațiunilor balneare, climatice si balneoclimaterice si de organizare a întregii activitati de utilizare a factorilor naturali."

Román Szabványok

- S.R. 4450/1997 - "Ape minerale" (ásványvizekről)
- S.R. 2852/1993 - "Prelevare, conservare, transportul, păstrarea si identificarea probelor" (mintavétel, minták szállítása, tartósítása, tárolása)
- S.R. 1629-2/1-1997 - "Captarea apelor subterane prin puțur" (felszín alatti vizek felszínrejutásáról)

Irányelv

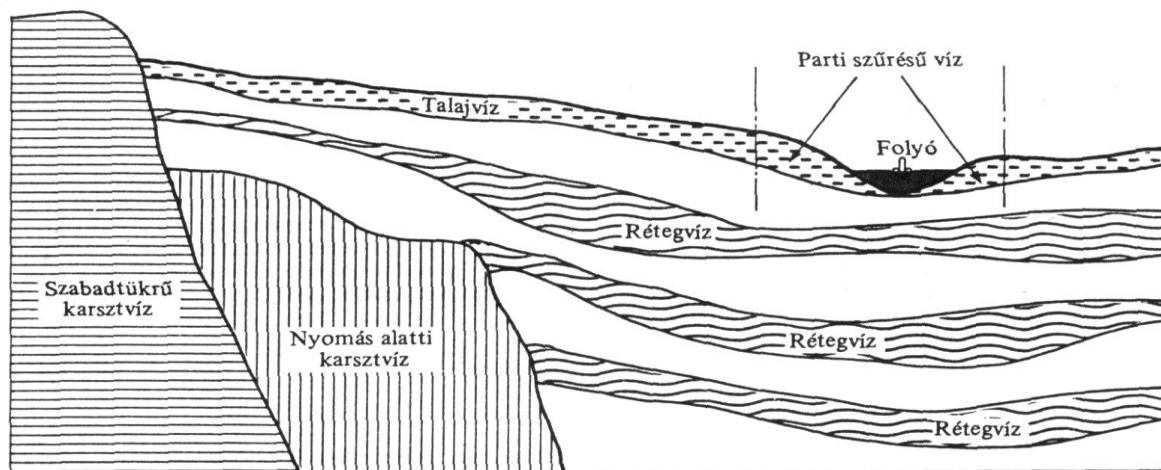
- Directiva 98/83/CE – Calitatea apei destinate consumului human

[10]

A vízvizsgálathoz az előbb felsorolt szabályozásokat tanulmányoztam át. Fontosnak tartom az emberi fogyasztásra való vízkészleteink megőrzését. A világon nagyon fontos a víz védelme érdekében alkotott szabályozásoknak a betartása.

2.2.2. Felszín alatti vizek csoportosítása

A felszín alatti vizeknek sokféle osztályozása lehetséges, de a műszaki közéletben az alábbi csoportosítás a legelfogadottabb:



1. ábra Felszín alatti vizek osztályozása [5]

1. Talajvizek

Talajvíznek nevezzük, azokat a vizeket, amelyeknél a felszín alatti vízmozgásban, a vízszint alakulásában a párolgásnak, illetve a csapadékból történő beszivárgásnak döntő szerepe van. A talajvíz elsősorban szemcsés, üledékes kőzetekben fordul elő, szabadtükrű állapotban, tehát a felszínhez legközelebb eső első vízáadó rétegben.

2. Parti szűrészű vizek

Parti szűrészű víz, az a víz, amelyet a felszíni vízfolyások mellett található vízvezető, víztároló kőzetekből termelünk ki, és e kőzetek érintkezvén a felszíni vizekkel a vízutánpótlódásukat a felszíni vizekből nyerik. A parti szűrészű víz termelése esetén tehát elsősorban a felszíni vizeket használjuk, csak a velük érintkező vízvezető kőzetek, pl. kavics, kavicsos homok, homok által megszűrve. Innen ered a parti szűrés elnevezés.

3. Rétegvizek

Rétegvíznek általában olyan szemcsés, üledékes kőzetben (kavics, homok stb.) helyet foglaló vizet nevezünk, amelynek víztartó kőzetét alulról is, felülről is vízzáró rétegek határolják, és a vízáadó rétegyomás alatt áll. Attól függően, hogy a rétegvizet megcsapoló

kúttal megütött víz nyugalmi szintje a terep fölé emelkedik-e, vagy sem, beszélünk pozitív és negatív artézi kútról.

4. Hasadékvíz

Hasadékvíz, amely hasadékos, repedezett kőzet hasadékaiban, üregeiben, járataiban fordul elő. Ide soroljuk a mészkőben, dolomitban, homokkőben, konglomerátumban, breccsában, vulkáni kőzetekben, görgetegben található vízkészleteket. Magyarországi gyakorlatban a repedezett kőzetek közül legnagyobb jelentősége a mészkőből, dolomitból álló karsztkőzeteknek van, és itt is elsősorban a mezozoós korúaknak.

A természetben ritkán fordul elő, hogy a felszín alatti vizek fent leírt formái tisztán önmagukban jelenjenek meg. A föld felszíne alatt hidrodinamikailag összefüggő rendszerek alakulnak ki, ahol pl. a talajvíz összefüggő rendszert alkot (hat) a parti szűrészű vízzel, de a rétegvizekkel is, vagy a rétegvíz tartó nekitámaszkodik a karsztkőzetnek. De még számos variáció lehetséges, ill. valósul meg. [36], [11].

2.3 Nagyszalonta

Nagyszalonta az ország nyugati részének városa, Bihar megye délnyugati részén terül el; Nagyváradtól délre, 38 km távolságra a Nagyvárad- Arad-Temesvár országúton, a román-magyar országhatártól keletre, 14 km távolságra közúton a Nagyszalonta-Méhkerék határátkelőhöz. A település az 1214-es, a pápai tized jegyzékben már fellelhető volt Zalantha néven. 1241-ben a tatárok, 1598-ban a Váradról visszavonuló törökök

pusztították el. 1606-ban Bocskai István erdélyi fejedelem a 300, vitézségéről híres, hajdúnak ajándékozta délerdély kulturális, vallási központját, Kölesér várát. Ám a törökök által 1598-ban lerombolt várból már semmi sem maradt, a hajdúk pedig 1, másfél hónapi keresgélés után megtalálták a Toldi-kastélyt. Ott letelepedtek és megalakították Szalonta városát. A kastélyt 1606-1625 között bérelték, 1625-ben pedig megvásárolták. A mocsaras területen álló kastélyt várfallal, vízzel teli vársáncsal vették körül, 1636-ra elkészültek a munkálatokkal és az év őszén I. Rákóczi György hajdúi csellel, csalással, le is győzték a



2. ábra: Nagyszalonta címere



3. ábra: Csonkatorony és Arany Palota

török csapatot. 18 évvel később 1658-ban, a várat a fejedelem parancsára lerombolták, nehogy az török kézbe kerüljön, a lakosság pedig elmenekült. 43 évig lakatlan volt a vidék és csak 1695 után kezdett újra benépesülni. A XVIII. században már 200 magyar nemesi család lakott itt. A település fejlődése a XIX század végén indult el, amikor lecsapolták a lápokot és vasutat, ipari létesítményeket építettek. A város jelképe, a várból megmaradt Csonkatorony, amelyben Arany Jánosnak emlékére, annak fia és veje, emlékmúzeumot alakított.

A város a Körösök alsó síkságán terül el, a terep fekvése sík, lapos, néhol megtörve lágy völgyekkel, fokozottan hajlamos mocsarasodásra, láposodásra. A várost átszeli a Kölesér, mely összegyűjti és elvezeti a város területéről a csapadékból származó vizet. A belvizek és a pangó vizek elvezetésére árok- és csatornarendszer épült, ezzel biztosítják az árvízvédelmet is. A földalatti vizek 90-100 m mélységben képezik jelenleg a város ivóvízkészletét valamint a 300-350 m mélységben az ártézi kutak vízkészlete található. Nagyszalonta területén régen egyrészt mocsarak, lápok másrészt kiterjedt erdőségek voltak. Előbbiek idővel lecsapolták, feltöltötték, vagy kiszáradtak, az erdőket pedig kiirtották, helyüket mezőgazdasági művelésre alkalmassá tették. A város ivóvizét 20 fúrt kútból nyeri, ezek a város észak-keleti részén helyezkednek el, a Nagyszalonta-Nagyvárad és Nagyszalonta- Tulka utak között, illetve a Nagyszalonta- Tulka út mentén. Tizenkét kutat 1974 és 1976 között fúrtak, majd nyolc kutat 1992 és 1996 között, a kutak mélysége 97-103 méter. A kutakból nyert víz a város területére egy 400 mm átmérőjű, 2 km hosszú acél vezetéken, illetve egy 400 mm átmérőjű, 3 km hosszú PREMO betoncső vezetéken jut át. A vizet két darab egyenként 1000 köbméter befogadó képességű felszíni betontartályban tárolják, innen a hidrofor állomás segítségével jut el a fogyasztókhoz, a 32,80 km hosszú utcai vezetéken. A város utcáinak hossza 67,30 km, tehát 34,50 km hosszúságú utcán nincs vezeték. A vízellátó rendszer része még egy 1000 köbméter befogadó képességű víztorony. A vízvezeték rendszert sikeresen egészíti ki a még működő négy ártézi kút. Egy lakosra eső évi vízfogyasztás: 46,9 m³/lakos\ év.[12], [13], [14]

2.4. A mintául szolgált vizek bemutatása

2.4.1 Artézi víz

A rétegvíz egyik jellegzetes típusa az artézi víz. Üledékes medencék rétegzett porózus vízáadó képződményeiben két vízzáró réteg között hidrodinamikus nyomás alatt lévő vízféleség. Megcsapolásakor (kút, akna, földalatti létesítmény) a réteg fedővonalával magasabbra, a medence morfológiájától függő mértékig felemelkedik. Ha a termelő

létesítményben a víz a talajszint fölé emelkedik, vagyis a szabadba kifolyik, akkor pozitív, ha a felemelkedett víz szintje a talajszint alatt marad, akkor negatív artézi jelenségről, illetve artézi kútról beszélünk [15].

Artézi kútnak nevezzük tehát a 100 méternél mélyebb rétegvizet szolgáltató fúrt kutat. A neve onnan ered, hogy Európában az első ilyen kutat Franciaországban az Artois grófságban fúrták 1126-ban.

Amint a fúró a víz fölött levő közettömeget átfúrta, és a víztartóra akad, a víz a nagy nyomás következtében a fúrólyukban fölemelkedik, sőt sokszor magasra felszökik. A legegyszerűbb eset a következő. Képzeljünk egy nagy kiterjedésű vidéket teknőalakú szerkezettel (úgy gondolva, hogy a teknőnek homorú oldala van felül), ahol a rétegek mind a teknő középpontja, v. középvonala felé dőlnek. A vidék középrészén lesznek a fiatalabb rétegek, a szélek felé pedig a régebbiek kerülnek felszínre. Ahol ezek a régebbi rétegek a felületen vannak, ott, amennyiben anyaguk vízeresztő, vizet vesznek föl és a víz a rétegek dülésének megfelelően a teknő közepe felé folyik. Ha a vízáteresztő rétegek fölött vizet át nem eresztő rétegek vannak, akkor a magasabb helyről jövő víztömeg a teknő közepén elegendő nagy nyomás alatt lesz, hogy felszökjön. A nyomás nagyobb, ha alatta is vizet át nem eresztő rétegek vannak, azonban a felhozott geológiai szerkezet mellett nem feltétlenül szükséges, hogy azon a vidéken artézi kút legyen fúrható. Minél mélyebb a teknő és minél vastagabb a vízáteresztő réteg fölött a vizet át nem eresztő réteg, és minél magasabbról gyűlik össze a víz, annál magasabbra fog a víz felszökni (a közlekedő edények törvénye alapján), ha a vizet át nem eresztő rétegeket megfűrik. Megtörténhet, hogy abban a teknőben több vízáteresztő réteg van a vizet át nem eresztők alatt vagy között; ebben az esetben egymás alatt több víztartó medence lesz, melyek mindegyikének megfűrése artézi kutat ad.

A viszonyok nem mindenütt olyan kedvezők, hogy artézi kutat lehessen fúrni; akárhány helyen megesik, hogy nem akadnak nagy nyomás alatt levő vízrétegre.

1842-ben Grenelleben Párizs mellett keltett nagy feltűnést a fúrás sikere; 548 méter mélységben akadtak vízre, mely hatalmas sugarakban szökött a felszínre és kezdetben óránként 3200 köbméter vizet adott. A grenelle-i fúrással kezdődik az artézi kutak története; azóta mindenfelé fúrtak és fúrnak artézi kutakat.

Magyarországon több artézi kút is van. Az artézi kutak furása körül nagy érdemeket szerzett Zsigmondy Béla mérnök, aki artézi kutak fűrésát vezette és alkalmazta. Budapesten már 1830-ban az Orczy-házban próbáltak artézi kutat fúrni, amely ha sikerül, Magyarország megelőzi e téren a franciákat és az egész művelt Európát. Nem sikerült,

mert a fúró 210 méter mélységben eltört és többé nem tudták kihúzni. 1869. november 15-én fogtak hozzá a városligeti artézi kút fúrásához, 1878. január 29-én fejezték be és egyike lett a világ legmélyebb artézi kútjainak; mélysége 970,4 méter. A legmélyebb artézi kút a sperenbergi Berlin mellett, mely 1270,1 m mély.

A világon kevés olyan alkalmas terület van artézi kút fúrására, mint a Szahara. Igen sok helyen kis mélységben lehet találni a száraz, forró talaj alatt gazdag vízrétegeket, melyek megfúrva felszökő vizet adnak. A franciáké az érdem, hogy artézi kút fúrása által a Szahara igen nagy területét alakították kultúrterületté, amely egyre szélesedik. Arról hogy honnan megy oda a víz sokat vitatkoztak. Néhányan azt hiszik, hogy a Nílusból oldalbeszivárgások útján; de a sivatagban helyenként magasabb a vízszintje, mint a Nílusé ott, ahonnan a víznek szivárogni kellene; illetve a rétegek a líbiai sivatagból a Nílus felé dőlnek, nem pedig fordítva. Legvalószínűbb, hogy a víz délről, az esőben gazdag Szudánból kerül, ahol a rétegek tele isszák magukat vízzel és a föld alatt Észak felé folynak. A Szahara-kutak és víztartóiknak gazdagsága óriási. Míg azt tapasztalják, hogy ha valamely területen közel egymáshoz több artézi kutat fúrtak, az egyes kutak vízmennyisége csökken, a Szaharában sehol sem észleltek ilyen csökkenést, holott aránylag kis területen 30-40 artézi kutat fúrnak.

Mint a természettudományok és a technika minden ágában, az artézi kutak és általában a mélységfúrások terén is bámulatos haladás történt az utóbbi években. Ma már igen nagy mélységekre lehet a fúróval lehatolni, sőt az átfúrt földrétegeket, kőzeteket, melyek azelőtt csak porrá zúzva kerülhettek felszínre, összefüggő hosszú darabokban, oszlopokban hozzák fel még a legnagyobb mélységekből is. A geológusnak igen nagy jelentőségűek az ilyen természetes, a földkéreg nagy vastagságait feltüntető profilok, mert belőlük győződik meg a Föld belső szerkezetéről, így ezek a minták messze kiható tanulmányoknak képezhetik alapját. Ott, ahol a fúróval nagy mélységekre akarnak lemenni, a fúrólukat szélesen kezdik, egyharmad m átmérővel. Ez a szélesség a mélységben szűkül ugyan, de a felhozott föld- és kőoszlopok mindig bő alkalmat adnak pontos mineralógiai, geológiai, paleontológiai és kémiai vizsgálatokra. A magasból szélesebb, a mélységből keskenyebb oszlopok állnak rendelkezésre. Az eddig legnagyobb mélységfúrásból, a Schladebach (Lipcse és Merseburg közt) melletti fúróluk 1748,40 méternyi mélységéből sétatálca hosszúságú oszlopokat hoztak fel erős hüvelyknyi vastagságban.[16], [17]

A Föld talán legnagyobb artézi vízkészletét az ausztráliai Nagy Artézi-medence rejti. A medence területe Franciaország területének több mint háromszorosa (1,75 millió km²). A felülről miocén kori agyagos, alulról pedig óidei (paleozóos) gránitos vízzáró rétegek közé

zárt jura-kréta időszaki (mezozóos) homokkő rétegek tárolják az artézi vizet. A medence területén mintegy 18 000 darab 30 és 2100 m közötti talpmélységű kút üzemel. A 100 éve feltárt, hatalmas, de mégiscsak kimeríthető vagyonnal pazarlóan bántak. Az 1970-es években pl. a kitermelt víz 90%-a elszivároghat és elpárologva ment árba. A magyarországi artézi vizekkel ellentétben az ausztráliai Nagy- Artézi-medence vízkincse nem alkalmas emberi fogyasztásra. Magas oldott sótartalma miatt ihatatlan. A viszonylag kisebb sótartalmú kutak vizét a mezőgazdaság hasznosítja: öntözésre és az állatok itatására használják. [37]

Az artézi víz fogalma olyan mélységi vízáradó rétegben levő vízre utal, amelynek a természetes nyomásszintje a terepszint felett van. Az ilyen rétegekre szűrőzött kút vize szivattyús termelés nélkül is kifolyik a terepszintre (túlfolyik). A felesleges vízfolyások elkerülése érdekében az ilyen kutak csövét a felszín felett is toronyszerűen kiemelik. Legalább 3 méterre érdemes a terep felé a kútfejet kiemelni, vagy nagynyomású lezárható kútfejet is szoktak kialakítani.[18]

2.5. Vizek minősége

A felszín alatti vizek minőségének rendszeres észlelése a 80-as évek közepétől kezdődött, főként a porózus tárolókra kialakított igen szerény méretű észlelőhálózaton. A hálózat a szennyeződésre érzékeny felszín közeli rétegre alig terjed ki, a talajvizek, a karsztvizek, a parti szűrésű és a termálvízkészletek minőségészlelése nincs kellően megoldva. A helyzetet átmenetileg javítja a közműves vízszolgáltatók statisztikai adatszolgáltatása. A felszín alatti vizek közül a talajvízkészlet szinte az egész ország területén szennyezettnek tekinthető. A réteg- és mélységi vizek általában ma még őrzik genetikájukból és sok helyen természetes védettségükből adódó vízminőségüket. Ismert már néhány felszín alatti vízbázis helyrehozhatatlan elszennyeződése. A szivárgási folyamatok lassúsága, a megfigyelő kutak nagyfokú hiánya miatt ma még nem feltétlenül kimutatható minden olyan szennyezés, amely a felszín alatti víztartókat elérte.

Felszín alatti vízkészletek közül a parti szűrésű vízbázisokon kitermelhetők a legfontosabbak. Itt kedvező irányú elmozdulások tapasztalhatók a mezőgazdasági tevékenység visszaesése miatt. Kiemelt fontosságú feladat az üzemelő és távlati víztartók védelme. A távlati vízbázisok védelmével kapcsolatos beruházási program 1993-94-ben indult el. Ennek keretében 15 éves ütemezéssel a távlati vízbázisok megkutatása. A fő cél azok vízkészletét védő megfigyelő hálózat és védőterületi korlátozások létrehozása. [5]

2.5.1 Vízminőségi osztályok jellemzése:

A vizet minősíteni általánosságban nem lehet. Nincs „jó víz” vagy „rossz víz”, csak valamilyen célra alkalmas víz. (pl. öntözés, ivóvíz, élelmiszergyártás, textilipar, halászat stb.)

Vízminőség: A víz fizikai, kémiai, biológiai és bakteriológiai tulajdonságainak összessége. Jó minőségű vízről akkor beszélünk, ha bizonyos vízfelhasználás szempontjából megfelel a vele szemben támasztott követelményeknek. A vízminőség megítélése (*vízminősítés*) és az osztályba sorolása (*vízminőségi osztályok*) a kiemelt tulajdonságok vizsgálata az ezekre meghatározott vízminőségi határértékek alapján történik.

Vízminőségi osztály: Az egyes vízminőségi jellemzők (a víz felhasználási igényei és a víz szennyezettségi foka szerint) meghatározott értéktartománya. Az osztályba sorolás az oxigénháztartás, az ásványianyag-tartalom, ill. egyéb mutatók figyelembevételével történik.

I. osztály: kiváló víz

Mesterséges szennyező anyagoktól mentes, tiszta, természetes állapotú víz, amelyben az oldott anyag-tartalom kevés. Az oxigéntelítettség közel teljes, a tápanyagterhelés csekély és szennyvízbaktérium gyakorlatilag nincs.

II. osztály: jó víz

Külső szennyező anyagokkal és biológiailag hasznosítható tápanyagokkal kismértékben terhelt, mezotróf jellegű víz. A vízben oldott és lebegő, szerves és szervesetlen anyagok mennyisége, valamint az oxigénháztartás jellemzőinek évszakos és napszakos változása az életfeltételeket nem rontja. A vízi szervezetek fajgazdagsága nagy, egyedszámuk kicsi, természetes szagú és színű. Szennyvízbaktérium igen kevés.

III. osztály: tűrhető víz

Mérsékelten szennyezett (pl. tisztított szennyvizekkel már terhelt) víz, amelyben a szerves és a szervesetlen anyagok, és a biológiailag hasznosítható tápanyagterhelés eutrofizálódást eredményezhet. Szennyvízbaktériumok következetesen kimutathatók.

Az oxigénháztartás jellemzőinek évszakos és napszakos ingadozása, és az esetenként előforduló káros vegyületek átmenetileg kedvezőtlen életfeltételeket teremthetnek.

Az életközösségben a fajok számának csökkenése és egyes fajok tömeges elszaporodása vízszíneződést is előidézhet. Néha szennyezésre utaló szag és szín is előfordul.

IV. osztály: szennyezett víz

Külső eredetű szerves és szervetlen anyagokkal, illetve szennyvizekkel terhelt, biológiailag hozzáférhető tápanyagokban gazdag víz. Az oxigénháztartás jellemzői tág határok között változnak, előfordulhat az anaerob állapot.

A nagy mennyiségű szerves anyag biológiai lebontása, a baktériumok nagy száma (ezen belül a szennyvízbaktériumok uralkodóvá válnak), valamint az egysejtűek tömeges előfordulása a jellemző. A víz zavaros, esetenként színe változó, előfordulhat vízvirágzás is. A biológiailag káros anyagok koncentrációja esetenként a krónikus toxicitásnak megfelelő értéket is elérheti. Ez a vízminőség a magasabb rendű vízi növényekre és a soksejtű állatokra kedvezőtlenül hat.

V. osztály: erősen szennyezett víz

Különböző eredetű szerves és szervetlen anyagokkal, szennyvizekkel erősen terhelt, esetenként toxikus víz. Szennyvízbaktérium-tartalma közelíti a nyers szennyvizekéhez.

Az életfeltételeket korlátozzák a biológiailag káros anyagok és az oxigénhiány. A víz átlátszósága általában kicsi; zavaros, bűzös, színe jellemző és változó. A bomlástermékek és a káros anyagok koncentrációja igen nagy, a vízi élet számára krónikus, esetenként akut toxikus szintet jelent.

[19], [20], [35]

Az egyes vízminőségi osztályokat a következő színekkel jelöljük:

I. osztály	kiváló víz	kék	
II. osztály	jó víz	zöld	
III. osztály	tűrhető víz	sárga	
IV. osztály	szennyezett víz	piros	
V. osztály	erősen szennyezett víz	fekete	[11]

2.6. A vizek minősítése

A víz kémiai, fizikai, biológiai tulajdonságainak összessége, illetve a vízben végbemenő fizikai, kémiai, biológiai folyamatok eredménye.

1. Biológiai vízminősítés;
2. Organoleptikus (érzékszervi tulajdonságok);
3. Fizikai paraméterek;
4. Kémiai vízminősítés;
5. Bakteriológiai vízminősítés [38]

2.6.1 Víz biológiai adottságai

Ebben a kategóriában a legfontosabb alapfogalmak, biológiai jellemzők a következők:

Trofitás: a növényi szerves anyag termelés intenzitása a vizekben.

A vízben lévő beépíthető szervesanyag-tartalom, a primer produktivitás, a fotoszintézis intenzitásának a mértéke. Feltételei: fény, szervesanyag, klorofil tartalmú növényzet.

Halobitás: szervesanyag kémiai tulajdonságok összessége.

Toxicitás: mérgezőanyag tartalom, amely vízi-ökoszisztéma élőlényeinek működését zavarja, esetleg elpusztítja azt, a víz felhasználhatóságát korlátozza, illetve teszi lehetetlenné.

Szaprofitás: vízi-ökoszisztéma szerves anyag lebontásának erőssége, feltétele a hozzáférhető szerves anyag és a heterotróf élőlényközösség.

[5]

2.6.2. Organoleptikus (érzékszervi tulajdonságok) és fizikai tulajdonságok

Szín: a jó minőségű víz színtelen, nagy mélységben kékes árnyalatú. A természetben előforduló víz színét a benne lévő különböző szennyezők módosíthatják. Felszíni vizek esetében a lebegőanyag-tartalom adja. Sárgás-barna elszíneződés humusz, vagy Fe^{3+} vegyületek jelenlétére utal. A vasoxihidráttal vörössé, az algák zöldessé, a tőzeges talaj sárgássá festi, míg az algák, baktériumok, agyag, és homok zavarossá tehetik a vizet.

Szag: a természetben előforduló vizek szaga sokféle lehet. Egyes algák föld-, mocsár-, halszagot, a bomláskor, erjedéskor keletkező kénhidrogének záptojás szagot. Jellegzetes szaghatást okoznak még az ipari eredetű szennyező anyagok, pl. klór, olaj, ammónia. A víz szagát a vízben jelenlévő illékony anyagok okozzák, melyek a szagérzés észlelését váltják ki. Az ivóvíznek szagtalannak kell lennie.

A szagforrás lehet:

- elsődleges (természetes folyamatok, szennyvizek)
- másodlagos (a víz kezeléséből származó, pl. a víz klórozása) eredetű. [5]

Íz: természetben előforduló víz ízét a bennük lévő oldott vegyületek befolyásolják. Természetes úton, vagy szennyezéssel kerülhetnek a vízbe. A nagy ásványanyag-tartalom keserű, kellemetlen ízt adhat. A kationok közül a vas, a mangán, a magnézium, a kalcium, cink, réz, az anionok közül a klorid, a szulfát, hidrokarbonát illetve a gázok közül a széndioxid, a hidrogén-szulfid befolyásolják jelentős mértékben.

A tőzeges talajból származó vizek úgynevezett mocsár-ízzel, a magnézium sók keserű, salétromsavas sók édes, a kloridok sós, a vas tinta ízű vizet eredményeznek.

A közfogyasztású ivóvizek vizsgálatát és ellenőrzését Magyarországon az Országos Közegészségügyi Intézet, és a helyi Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat végzik. A közegészségügyi előírások a főzésre, mosogatásra, testi tisztálkodásra szolgáló víztől ugyanazokat a tulajdonságokat követelik meg, mint az ivóvíztől.

Hőmérséklet: a felszíni és a felszín közeli vizek hőmérsékletét a légkör határozza meg. A 10 m mélységben, a talajban lévő víz hőmérséklete állandó és a levegő évi középhőmérsékletével egyenlő. Tavak, tározók vize rétegződik a hőmérséklet szerint, a melegebb vízrétegek vannak felül.

Zavarosság, átlátszódás, oldott és szilárd lebegőanyagok: A víz zavarosságát a szerves és szervetlen anyagok, az oldhatatlan lebegőanyagok, kolloid részecskék okozzák. A vízben lévő anyagokat fizikai szempontból oldott és szilárd lebegőanyagokra osztjuk. A víz zavarosságát oldhatatlan és kolloidális szervetlen (vashidroxidok, magnéziumhidroxidok stb.) és szerves eredetű anyagok (baktériumok, szerves kolloidok) okozhatják. Lebegőanyag, lehet ülepedő és nem ülepedő.

Vezetőképesség: A víz vezetőképességét nem csak a keménységet okozó sók határozzák meg. Ha egy víz lágy, tehát keménységet okozó (Ca, Mg) sók nincsenek benne, és megszórom (konyhasóval), attól még lágy marad, de a vezetőképesség emelkedik. Ha egy

vízben sok az oldott ion (magas a vezetőképessége) de az oldott ionok között kevés a Ca és a Mg ion akkor alacsony a keménysége. Tehát a kettő összefügg, de nincs egy konkrét szám, amivel az egyikből lehetne számolni a másikat.

Viszkozitás: Viszkozitás értéke 20 °C-on $\nu = 10^{-3} \text{ Pas} = 10^{-6}, \text{ m}^2/\text{s}$

A víz folyósságát és nyúlósságát jellemző anyagállandó.

[5]

2.6.3. A víz kémiai adottságai

A legfontosabb paraméterek a következők:

- vízben oldott gázok:
 - o oxigén telítettség, oldott oxigén tartalom
 - o CO₂: öntisztulás mellékterméke
 - o H₂S (kénhidrogén)
 - o HN₃ (ammónia)
 - o CH₄ (metán)
- vízben oldott sók:
 - o nitrogénformák: nitrit, nitrát tartalom
 - o foszforformák: ortofoszfát, polifoszfát
 - o vas, mangán vegyületek
 - o jodid és fluorid
- pH
- szerves anyagtartalom (KOI, BOI)
- keménység
- mérgező anyag tartalom
- radioaktív anyagok

Ezeket a paramétereket különböző klasszikus vagy műszeres analitikai módszerekkel határozhatjuk meg. Ezek a paraméterek a vízminősítés szempontjából nagyon fontos kategóriát jelentenek. [21]

2.6.4. Bakteriológiai vízminőség jellemzők

- Telepszám 22°C-on
- Telepszám 37°C-on
- A kolititer az a ml-ben kifejezett legkisebb vízmennyiség, amelyből koli baktérium kitenyészthető.

Ha 1 coli baktérium található

- o 100 ml vízben, akkor a víz tiszta,
- o 10 ml vízben, akkor elég tiszta,
- o 1 ml vízben, akkor gyanús,
- o 0,1 ml vízben, akkor szennyezett, használatra alkalmatlan.

A koliform szám a 100 ml vízben lévő Coli baktériumok száma. Az ivóvíz mikrobiológiai követelményeit az MSZ 450-3 alapján közöltek írják elő. [11]



1. kép: Figyelmeztető táblák



2. kép: Leszedett táblák helye

Lakóhelyemen, Nagyszalontán és Tulkán vizsgáltam az ott lévő kutak vizeinek minőségét. 6 artézi kutat vizsgáltam, név szerint: Nagyszalontán a Petőfi, Arany, Oncsa és Tenkei artézi kutat, Tulkán a Főutcai és a Csorda artézi kutat.

A városban élő emberek közül sokan a vezetékes ivóvízzel szemben, az artézi kutak vizét választják és járnak a kútra kannákkal, 10 literes ballonokban, vagy 1,5 – 2 literes flakonokkal.

Ezeknek a kutaknak a nevei az elhelyezkedésük alapján történt. Sajnos a közelmúltban az egyes artézi kutakra figyelmeztető táblák kerültek „nem ivóvíz” felirattal. A kutak vize csak saját felelősségre

iható, ennek ellenére a lakosság kb. 80%-a mégis fogyasztja. Többen főzésre is ezt használják. A közeli falvakban még a figyelmeztető táblákat is leszedték a lakosok. [22]

3 Laboratóriumi vizsgálatok és elemzésük

3.1. Mintavétel, tartósítás, a minták előkészítése

A víz- és szennyvízvizsgálatok során a vizsgálat céljától függően pontminta, időbeli- és térbeli átlagminta vételére is sor kerülhet. A mintákat (folyók, tavak, tározók, szabadtéri műtárgyak, tározó medencék, csővezetékek stb.)

A szabad vízfelületű mederből, műtárgyakból vagy zárt, nyomás alatti berendezésekből, csővezetékekből kell vennünk. Az MSZ 448-46:1988 számú szabvány (Ivóvízvizsgálat. Mintavétel és tartósítás) írja le a mintavétel és tartósítás megfelelő lépéseit. [2], [39]



3. kép: Vízmintavétel a Csorda kútból

Mintavétel:

1. A mintát előírászerűen, jól zárható üveg vagy műanyag edénybe vettem: merítéssel, vízszugárból feltöltéssel.
2. A mintát mindig áramló víztérből vettem.
3. A mintavétel előtt a mintavevő edényt a vizsgálandó vízzel kiöblítettem.
4. Az adott mintavételi helyen külön vettem mintát: a fizikai, kémiai vizsgálatokhoz, ezen belül is a tartósításra, vagy fixálásra kerülő komponensek vizsgálatához.
5. A mintavételi edényeket jól látható, tartósan megmaradó jelöléssel láttam el.
6. Mintavételi jegyzőkönyvet készíttettem, amely tartalmazta: a mintavétel helyét, a mintavétel körülményeit, a helyszíni szemle tapasztalatait, a mintavétel időpontját (év, hó, nap, óra) [23],[39]

A vízminták tartósítása:

Az élővizek, tisztítatlan szennyvizek, felszíni vizekből tisztítással nyert ivóvizek mindig tartalmaznak élő szervezeteket (planktonok, baktériumok, stb.) a körülményektől függően a mintavételt követően folytatódnak vagy megindulnak a fizikai-kémiai, valamint a biokémiai folyamatok. A felszíni vizek esetében a tartósítás a biokémiai változások miatt szükséges.

A tartósítás lehetséges módjai:

- a minta hűtése +4 °C-ra.

- savas kémhatás biztosítása.
- lúgos kémhatás biztosítása
- oxidálószer alkalmazása.
- szerves oldószerek alkalmazása. [23],[39]

A mintavételt követően hűtőtáskában szállítottuk a vett mintákat a DE Műszaki Kar Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszékének laborjába, ahol hűtőszekrényben (+4 °C) tároltuk az erre vonatkozó szabványnak és jogszabálynak megfelelően.

A minták előkészítése:

- Hígítás: a koncentráció beállítása a választott módszer méréstartományának közepére.
- Koncentráció növelése: ha a vizsgálandó anyag koncentrációja nem éri el az alkalmazott módszer méréstartományát.
- Szűrés: lebegő anyagok visszatartása 0,45 µm pórusméretű membránszűrővel.
- Derítés és szűrés: ha a kolloidális méretű lebegő anyagtartalom magas (nagy a zavarosság).
- Feltárás: a komplex vegyületek formájában megkötött ionok így válnak alkalmassá pl. színreakcióra. [2],[39]

3.2. Analitikai módszerek

Az analitika egyik osztályozása lehetséges az alkalmazott módszerek szerint. Ezen belül két módszert különböztethetünk meg: a klasszikus analitikai módszerek és a műszeres analitikai módszerek.

Klasszikus analitikai módszerek:

- tömegszerinti elemzés, a gravimetria
- térfogatoss elemzés, a titrimetria

Műszeres analitikai eljárások:

- elektroanalitikai,
- optikai,
- termoanalitikai,
- radiokémiai,
- mágneses módszer,

- kromatográfia,
- egyéb technikák.[24]

A vizsgálataim során alkalmazott analitikai eljárások leírása az egyes méréseknél olvashatók.

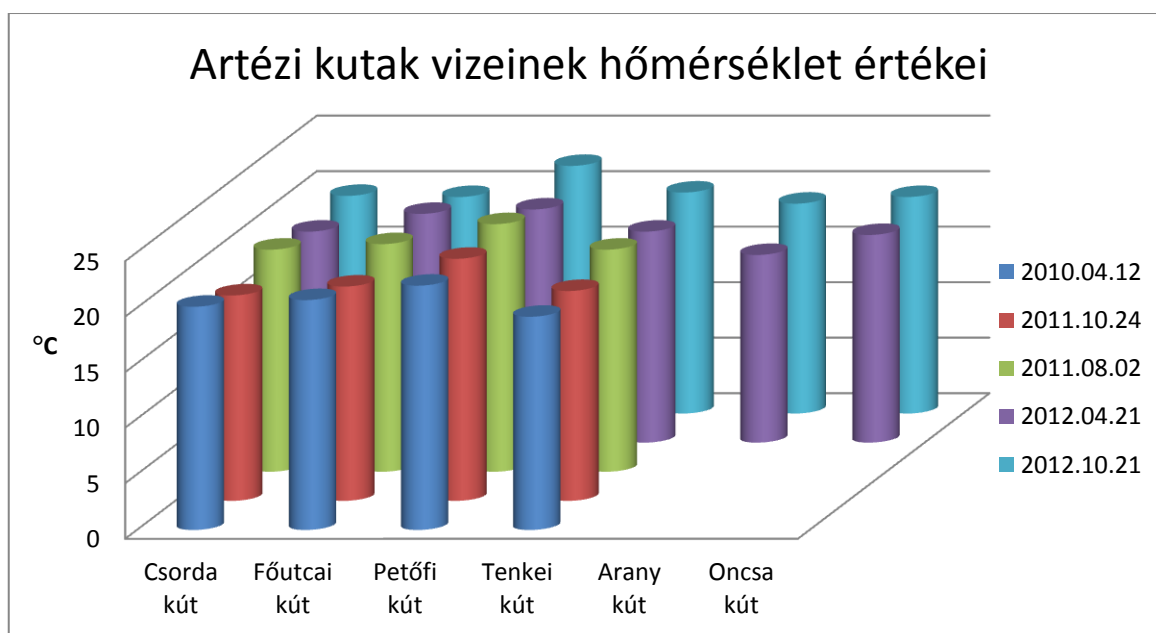
3.3. Fizikai tulajdonságok mérése

3.3.1. Hőmérséklet

A vízhőmérséklete hatással van a víz sűrűségére, viszkozitására, elektromos vezetésére, a gázok oldhatóságára, a vízben fennálló kémiai egyensúlyokra és befolyásolja a víz ízét és szagát. A felszín alatti vizek hőmérséklete állandóbb, a mélyebb rétegek felé növekszik.[26] A vízminták hőmérsékletének meghatározását az előírásoknak megfelelően a helyszínen a mintavételt követően azonnal elvégeztem.



4. kép: Helyszíni mérések



4. ábra: Vízminták hőmérsékletének összehasonlítása az artézi kutak esetében

A diagram adataiból (4. ábra) leolvasható, hogy a mért hőmérsékletek között kismértékű különbség van, ennek oka lehet az eltérő meteorológiai viszonyok.

3.3.2. Szín, szag, íz

Az artézi vizek esetében nem tapasztaltam semmilyen szaghatást, kellemetlen ízt vagy színt. A víz szaga az oldott sóktól, oldott gázoktól és a benne lévő életközösségektől függ. Ízét a szerves és szervetlen anyagok valamint az elpusztult mikroorganizmusok mennyisége befolyásolja. Ha a víz rétegvastagsága kicsi, akkor tiszta, színtelen vízről beszélünk.(továbbá akkor ha nem szennyezett) Ha a rétegvastagság nagy, akkor a víz színe halványkék. A felszíni vizek látszólagos színét a bennük lévő szuszpendált anyagok adják. Valódi színét: a koloidális vasvegyületek, házi- és ipari szennyvizek, huminanyagok, és a növényi szervezetek (pl. algák) adják. [2]

3.3.3. Zavarosság

A víz zavarossága: (amennyiben egy folyadék oldatlan részeket tartalmaz) a rajta áthaladó fény elnyelődik és szétszóródik. Ezt a jelenséget nevezzük zavarosságnak. A zavarosságot okozó rész lehet iszap, alga, mikroorganizmus vagy, más vízben oldhatatlan rész. A zavarosság mértéke főként az oldhatatlan anyagok mennyiségétől függ, befolyásolja azonban az anyag alakja, mérete és összetétele is. Ennek következtében a zavarosság mérésekor a szuszpendált részek mennyiségére utaló kvantitatív megállapítás csak jól specifikált mintáknál lehetséges. Különböző folyadékok tipikus zavarosság értékeit az 1. táblázatban foglaltam össze. [21]

1. táblázat: Zavarosság értékek különböző minőségű vizek esetén [21]

Folyadék	Zavarosság (NTU)
Ioncserélt víz	0,02
Ivóvíz	0,02 – 0,5
Forrásvíz	0,05 – 10

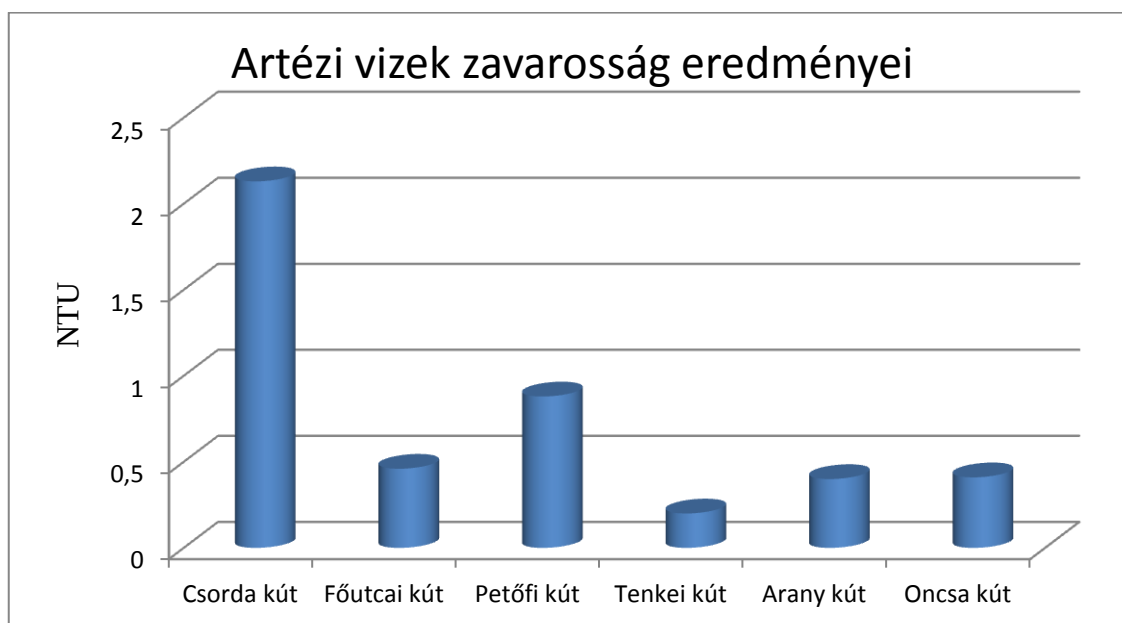
A zavarosság mérés alapjai:

A zavarosság mértékét korábban egyszerűen egy a folyadékon átbocsátott fénysugár segítségével mérték. A másik mérési mód a 90°-ban szórt fény mérése, amely sok esetben bizonyította alkalmazhatóságát és mára nemzetközileg elismert mérési módszerré vált. Az említett módszeren alapuló készülékek a nefelométerek és maga a mérési mód a nefelometria.

Az értékek megadása: FNU (Formazine Nephelometric Units), illetve a régebbi, de még ma is igen elterjedt NTU (Nephelometric Turbidity Unit) mértékegységben történik. [21],[39]

A vízminták zavarosságát Turb 555-IR készülék alkalmazásával határoztam meg.

Nagy teljesítményű, ezért számos speciális lehetőséget kínál. Egyedülálló az igen széles, 9 nagyságrendet átfogó méréstartomány (0,0001 ... 10 000 NTU), az aránymérési módszer. Az arány-mérés (Ratio) nagymértékben növeli a pontosságot és reprodukálhatóságot színes minták illetve extrém zavarosság-értékek esetén. [25] A vízminták zavarosság eredményeit az 5. ábrán foglaltam össze.



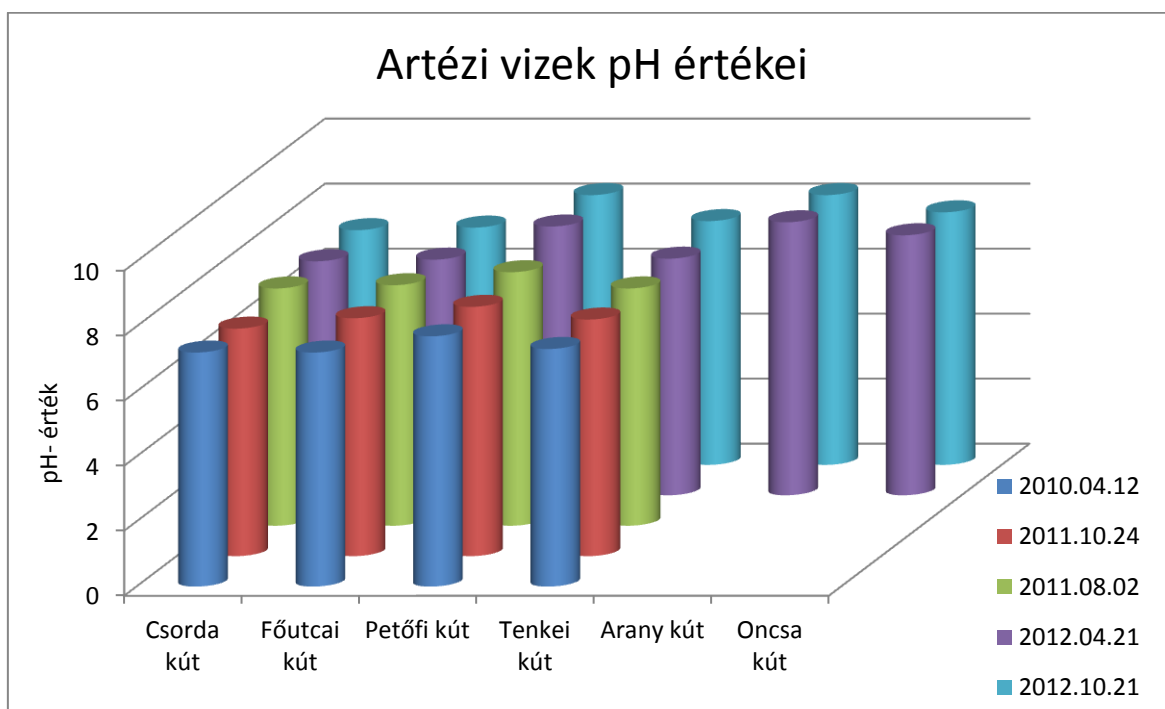
5. ábra: Artézi kutak vizében mért zavarosság értékek

A vizsgálat során három párhuzamos mérést végeztem el, és ennek vettem az átlagát. Tehát megállapítható, hogy zavarosságmérés alapján a kutak vize nem tartalmaz megnövekedett koncentrációban oldhatatlan (lebegő) anyagokat. Az 5. ábrán látható, hogy a mért értékek az ivóvízre vonatkozó zavarossági értékek jellegének megfelelnek, semmilyen szokatlan változás nem volt tapasztalható.

3.4. Kémiai összetevők

3.4.1. pH mérés

A vizek minősítésénél fontos paraméter a pH meghatározása, amelyet kombinált üvegelektrod segítségével potenciometriás módszerrel határoztam meg. A kombinált üvegelektrod egybeépítve tartalmazza a mérő és a referencia elektródot is. Az üvegelektrod mérőelektrod része egy vékony falú üveggömb, amely az oldat hidrogén-ionjaival ioncsere egyensúlyt alakít ki. ($\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$, ahol a $[\text{H}^+]$ a hidrogénion koncentráció). [21] A természetes vizek pH-értéke közel semleges vagy kissé lúgos. Bennük a hidrogénionok koncentrációja főként a szabad CO_2 függvénye. A pH-értékét továbbá a huminanyagok, a HCO_3^- és a hidroxidok befolyásolják elsősorban a természetes vizekben. [26] A pH-érték meghatározását lehetőleg a helyszínen kell elvégezni. A mérést MultiLine P4 mérőműszerrel végeztem, amely műszer lehetővé tette még a redoxipotenciál, a vezetőképesség és az összes oldott sótartalom meghatározását. A pH-mérés eredményeit a 6. diagramban foglaltam össze. Az artézi kutak vizei a semleges pH-tól igen kismértékű pozitív eltérést mutattak. A mérési eredményeknek megfelelően az artézi kutak vize enyhén lúgosnak tekinthető. Összességében elmondható, hogy a vízminták pH-ja csak kismértékben tér el a semleges pH-tól ($\text{pH}=7$) és jóval az előírt magyarországi és romániai határértéken ($6,5 < \text{pH} < 9,5$) belüli.



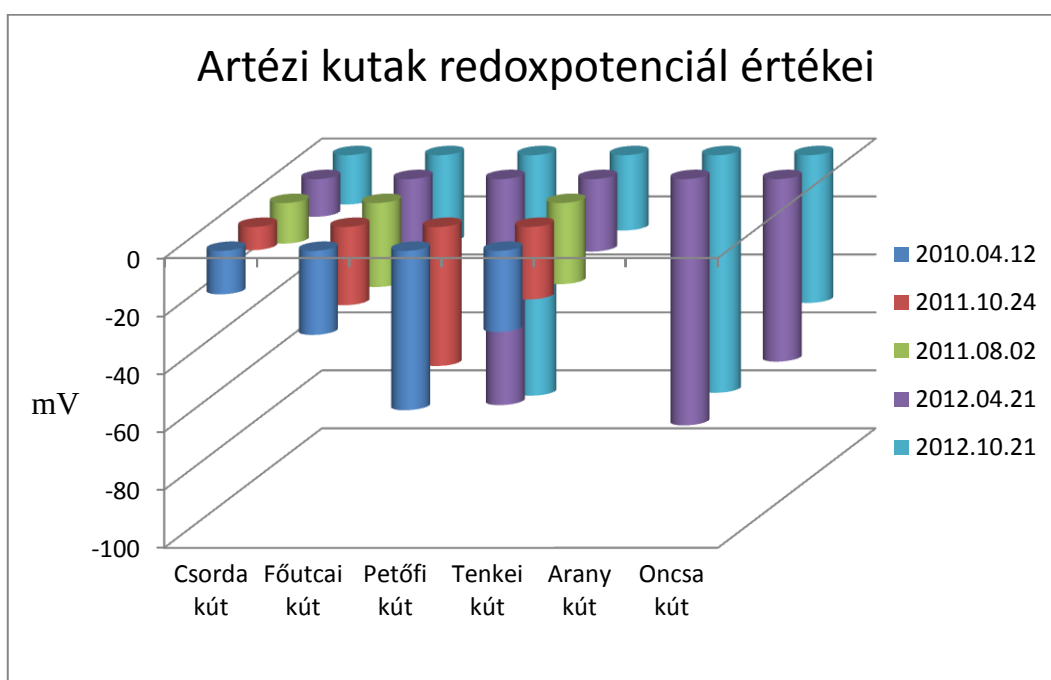
6. ábra: Artézi vizek mért pH-értékei

3.4.2 Redoxifeszültség



5. kép: Mintavétel közben

A feszültség meghatározása a MultiLine P4 mérőműszerrel történik. A meghatározásához használt analitikai módszer a potenciometria. Mérését egy Pt-elektrod és egy vonatkoztatási elektrod között végezzük. A redoxipotenciál az oxidált/redukált vegyületformák arányát jellemző összegparaméter. A vizekben, biológiai rendszerekben az egyes vegyületek reakciókészsége, elemek mobilitása a redoxi viszonyoktól jelentősen függ. A negatív érték a normál hidrogén-elektrodpotenciáljára vonatkoztatott redukáló, a pozitív érték pedig az oxidáló hatást jelzi. A redoxipotenciál az aerob vagy anaerob folyamatokról tájékoztat. A redoxipotenciál ismeretében eldönthető, hogy az egyes elemeket oxidált vagy redukált vegyületformában keressük az adott vízben a részletes vízminőség vizsgálatok során. A mérés redox-elektrodával történik, amely a pH-elektrodához hasonlóan, egy mérő- és egy referencia elektrodából áll. Az üvegmembrán helyett a fém platina veszi át a mérési funkciót. A manapság használatos elektrodák a normál hidrogén elektroda helyett ezüst/ezüst-klorid referencia elektrodával készülnek, vagyis a kijelzett feszültség erre a rendszerre vonatkoztatott.[23],[26]



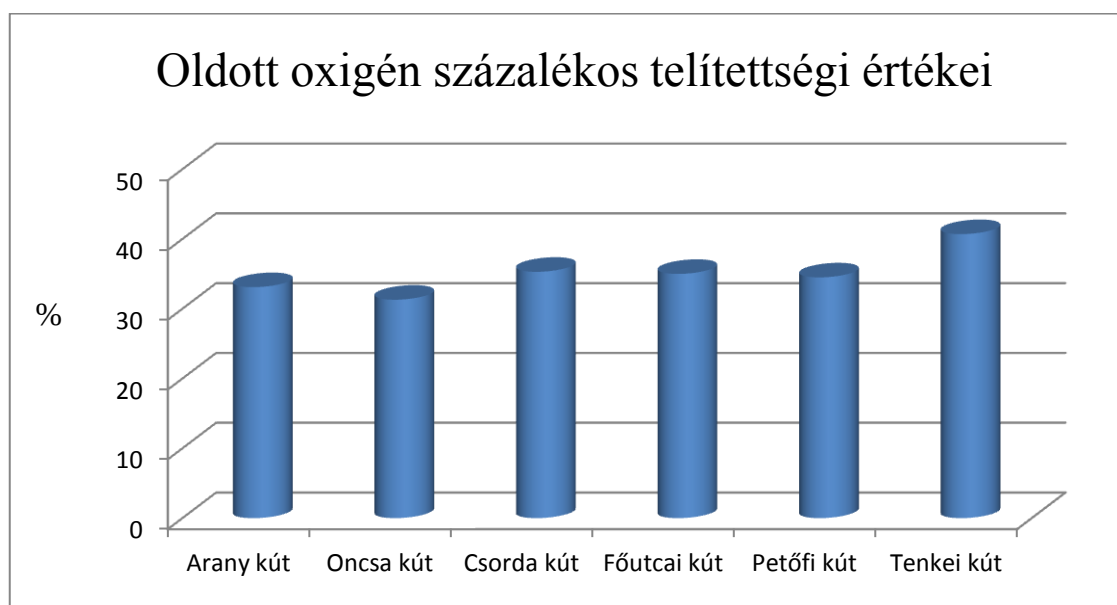
7. ábra: A mért redoxpotenciál összehasonlítása az artézi kutak esetében

A mért értékek a felszín alatti vizek jellegének megfelelnek (7. ábra). A kapott eredmények az artézi kutak esetében redukáló hatást mutatnak.

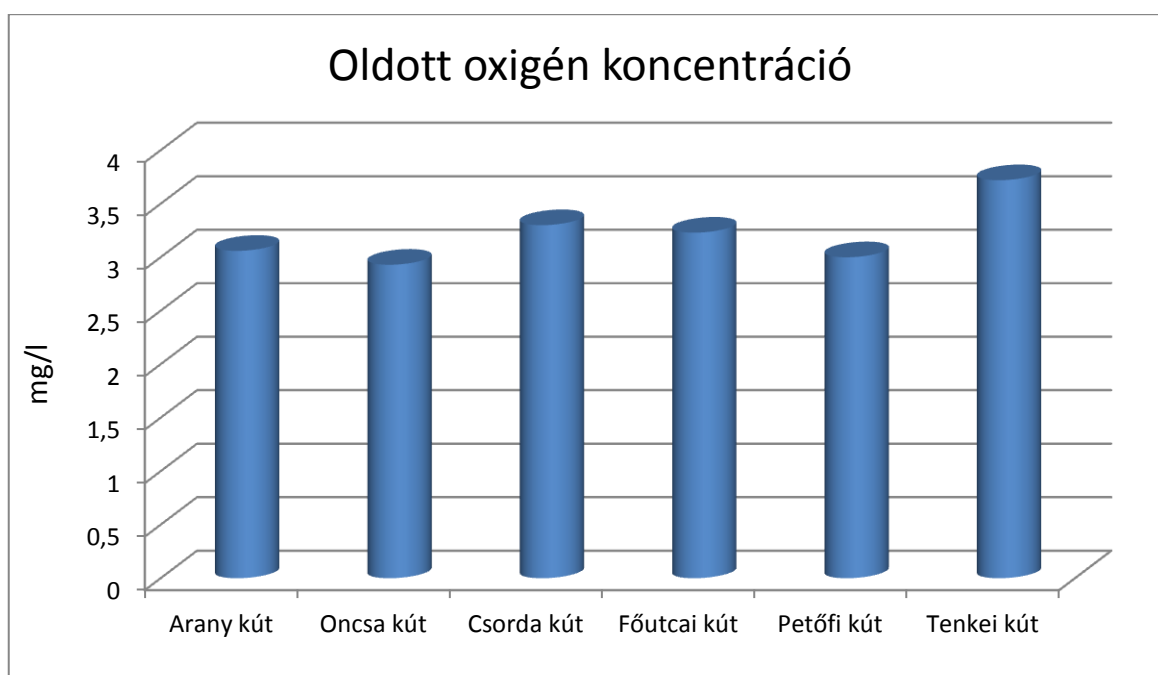
3.4.3. Oldott oxigén tartalom mérése

A vízminta oldott oxigén tartalmának meghatározása oldott oxigénmérő műszerrel történik. Az eredményeket megadhatjuk koncentrációban (mg/l), vagy százalékos telítettség értékben (%) is. A gyakorlatban minden folyadék tartalmaz valamennyi oldott oxigént. Minden folyadék annyi oxigént vesz fel, ameddig a folyadékban lévő oxigén parciális nyomása egyensúlyba kerül a vele érintkező levegő, illetve gázfázissal. A tényleges oxigén-koncentráció tehát számos tényezőtől függ, pl. a hőmérséklettől, a légnyomástól, a mikrobiológiai lebontási folyamatok oxigén- felhasználásától, illetve az algák oxigéntermelésétől stb. Problémát jelent tehát, hogy a vízminta oldott oxigén koncentrációja szállítás közben változhat, így természetes vizek esetén, a mintavétel helyszínén kell a mérést elvégezni vagy konzerválni laboratóriumi meghatározáshoz. A víz aktuális oldott oxigéntartalma, a víz minőségét akkor jellemzi a legjobban, hogyha nem a koncentrációját, hanem telítettségi százalékban kifejezett mennyiségét adjuk meg. Az oxigén tartalom ilyen módon megadott értéke a víz biokémiai állapotát jellemzi, teljes (100 %) telítettséghez képest; eltérés megmutatja, hogy a vízben vannak-e jelen oxigént fogyasztó, vagy termelő szervezetek. [23], [21]

Az artézi kútból vett vízminták oldott oxigén tartalmát százalékos telítettségi értékben kifejezve a 8. ábrán, mg/l koncentrációegységben megadva a 9. ábrán foglaltam össze.



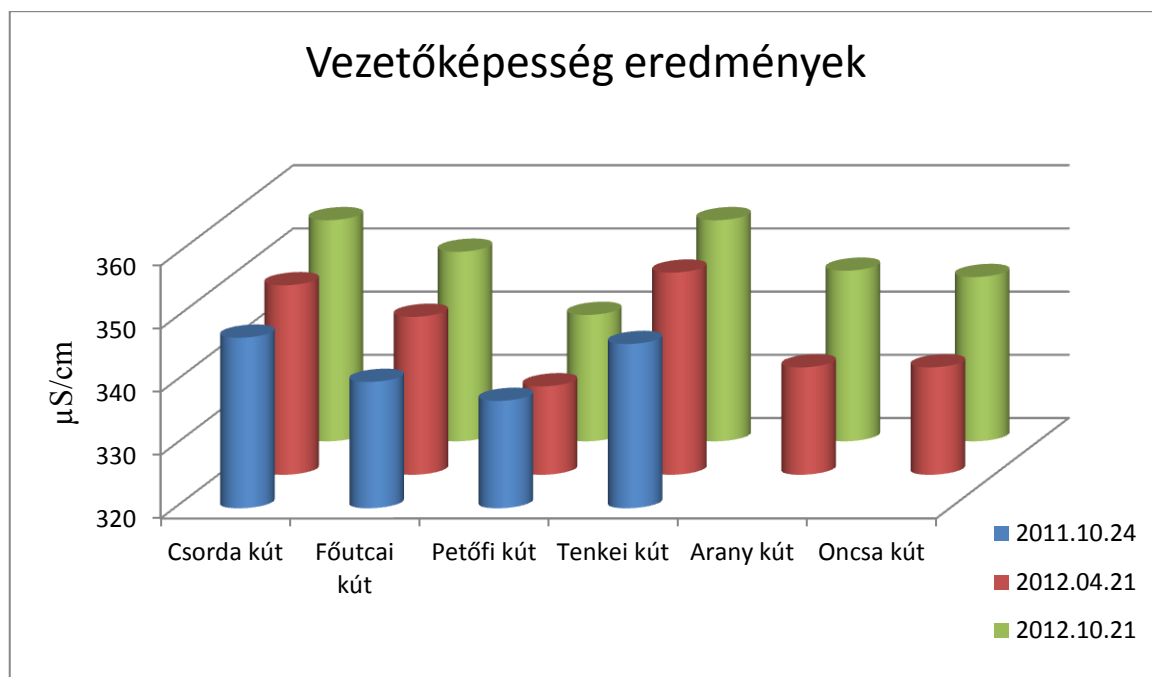
8. ábra: Mért értékeim oldott oxigén százalékos telítettségi értékei



9. ábra: Oldott oxigén tartalom

3.4.4. Vezetőképesség mérése

A vezetőképesség meghatározása is a MultiLine P4 mérőbőrönd segítségével történt. A vezetőképesség mérésén alapuló elektroanalitikai eljárás a konduktometria. Egy oldat vezetőképességét a benne lévő kationok és anionok mennyisége határozza meg. A tiszta víz vezetőképessége igen kicsi, hiszen benne az oxónium- és hidroxid-ionok koncentrációja kicsi. Ezzel szemben az elektrolitok oldatában a kationok és anionok már jelentős koncentrációban lehetnek jelen, így az oldat vezetőképessége is nagy. A vezetés kollektív sajátosság, az összes ionra jellemző érték. A vezetőképesség érték a vizsgálandó oldat ion-koncentrációjára jellemző gyűjtőparaméter. Minél több oldott sót, savat, vagy lúgot tartalmaz a vizsgálandó oldat, annál nagyobb a vezetőképessége. A vezetőképesség egysége: Siemens/méter. A vezetőképesség mérése elektrokémiai ellenállásméréssel történik. Az alkalmazott mérőcella a legegyszerűbb esetben 2 egyforma elektródából áll. Egy, az elektródákra adott váltakozó feszültség idézi elő a vizsgálandó oldatban jelen levő, ionok elektródák felé történő mozgását. Minél több ion van jelen a vizsgálandó oldatban, annál nagyobb az elektródák között folyó áram. A mérőműszer ezután az Ohm-törvény alapján kiszámolja a mért áramból a vizsgálandó oldat vezetési értékét, és vezetőképességét.[21],[23].



10. ábra: A kapott vezetőképesség értékek

Az ábrán (10. ábra) jól megfigyelhető, hogy az artézi kutakból vett vízminták vezetőképesség-értékei közel azonosnak adódtak. A mért értékek a megengedett vezetőképesség vízminőségi határértékét (magyarországi: 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, romániai: 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) nem haladták meg. Ugyanezen elektródával történik a sótartalom meghatározása és itt említeném meg, hogy a kutatásom alkalmával én is mértem a sótartalmat, de az artézi kutak esetében 0,0 g/l értéket kaptam. A következtetések alapján elmondható, hogy az artézi vizek sótartalmának meghatározása során olyan mérőműszert kell alkalmazni, amelynek a kimutatási határa mg/l.

3.4.5. Vízminta lúgosságának meghatározása

Vizek lúgosságát a lúgosan hidrolizáló sók és bázisok okozzák. A lúgosságot erős sav mérőoldattal, titrálással határozzuk meg. A természetes vizeknél a lúgosságot rendszerint az alkáli- földfém-hidrokarbonátok okozzák. Ebben az esetben a víz pH értéke 8,3 alatt van.

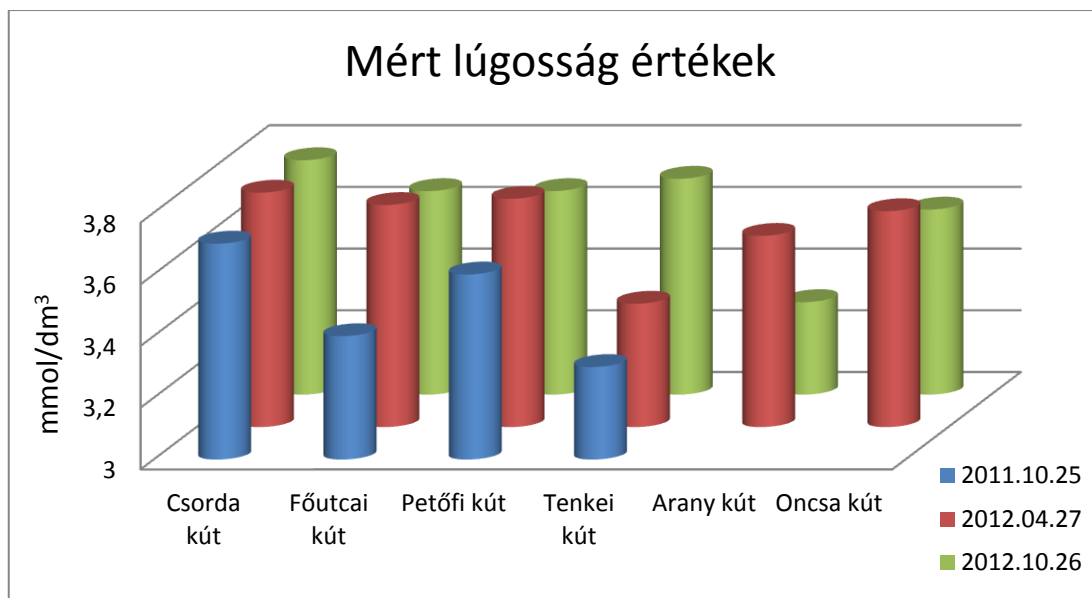
Az összes lúgosságnak (m') azt a részét, amely meghaladja a $\text{pH} = 8,3$ -at a víz szabad lúgosságának (p') nevezzük.[23]



50 cm^3 vízmintához adtam 2 csepp fenolftalein

6. kép: Titrálás közben

indikátort. A kiindulási oldat színtelen volt, ezért a szabad lúgosság értéke 0. Ehhez a vízmintához adtam 2 csepp metil-narancs indikátort és $0,1 \text{ mol/dm}^3$ ismert koncentrációjú sósav-mérőoldattal titráltam vöröshagymahéj színig.



11. ábra: Általam mért lúgosság értékei

A Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszékének segítségével lehetőségem nyílt a kutak vizének analitikai célú vizsgálatára. A vízminták összes lúgosságának mérési eredményeit a 11. ábrán foglaltam össze.

3.4.6. Összes szerves széntartalom (TOC) mérése

A TOC meghatározása Shimadzu TOC-V CPN összes szerves széntartalom mérő készülék



7. kép: Mérés közben

segítségével történt. Az összes szerves széntartalom is a vizek szerves anyag tartalmának mennyiségére utal. A TOC/NPOC a vízanalitikában elterjedtebb, mint a kémiai-(KOI), illetve a biológiai oxigénigény (BOI). A TOC műszertechnika megbízhatóbb, mint a titrimetriás módszerrel meghatározott BOI és általában a BOI

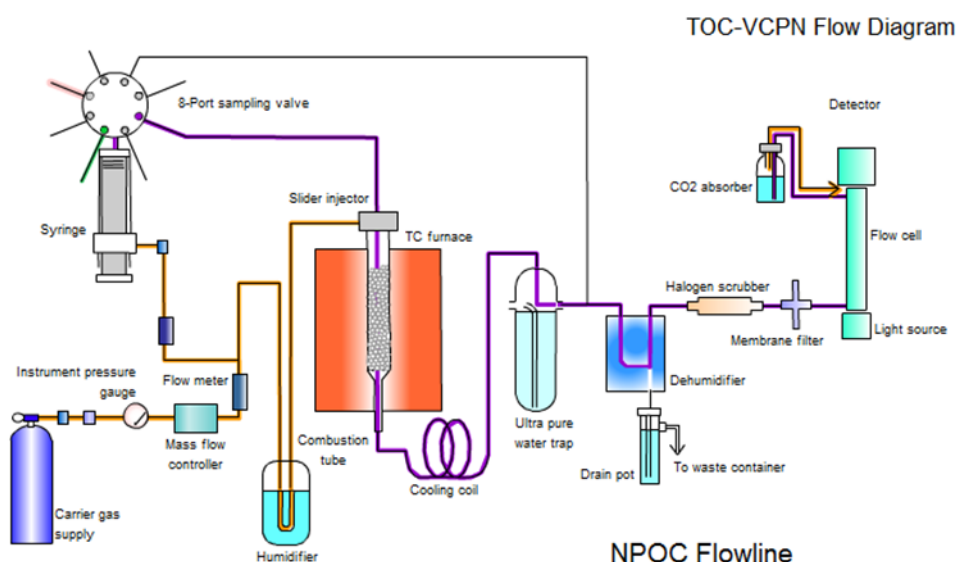
értékek kisebbek. Összes szerves széntartalom mérő készülék (6. kép) alkalmas oldat minták szerves komponenseire jellemző összegparaméter megadására. Az összes szerves

széntartalom (TOC) mérés során a készülék segítségével több mérési funkció közül is választhatunk:

- Összes széntartalom (TC) mérése = Összes szerves széntartalom (TOC) + Összes szervetlen széntartalom (TIC): a minta katalitikus oxidációjával képződött szén-dioxid mérés alapján
- Összes szerves széntartalom (TOC) mérése: TC-TIC, ill. Kiűzhető szerves széntartalom (POC) + Nem kiűzhető szerves széntartalom (NPOC).
- Összes szervetlen széntartalom (TIC) mérése: a minta savazásával képződött szén-dioxid mérés alapján
- Nem kiűzhető szerves széntartalom (NPOC), mely gyakorlatilag azonos a TOC-val ha nem tartalmaz a minta illékony szerves vegyületeket.

A Shimadzu TOC-V CPN összes szerves széntartalom mérő készülék, NDIR detektorral, gázlefejtő panellel (fali nyomáscsökkentő panel tűszeleppel, mely szintetikus levegő vagy oxigén vezetékre illeszthető), 72 minta bevitelére alkalmas automata mintaadagolóval, illetve mintabeviteli tartozékokkal rendelkezik, szükség esetén kézzel is injektálható. Rendelkezik több mérési lehetőséggel: TC, IC, TOC, NPOC.

A készülék üzemeltetése a TOC Control-V vezérlő és adatgyűjtő szoftverrel történik.[16]

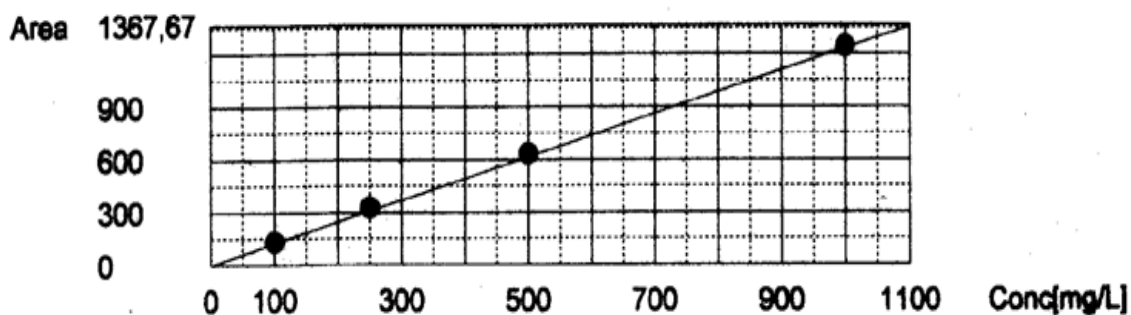


12. ábra: Shimadzu TOC mérő készülék, NPOC mérési mód elvi sémája [25]

Alkalmazott módszer:

A mérési paramétereket SIMKON applikációk és ide vonatkozó magyar szabványok alapján állítottuk össze.

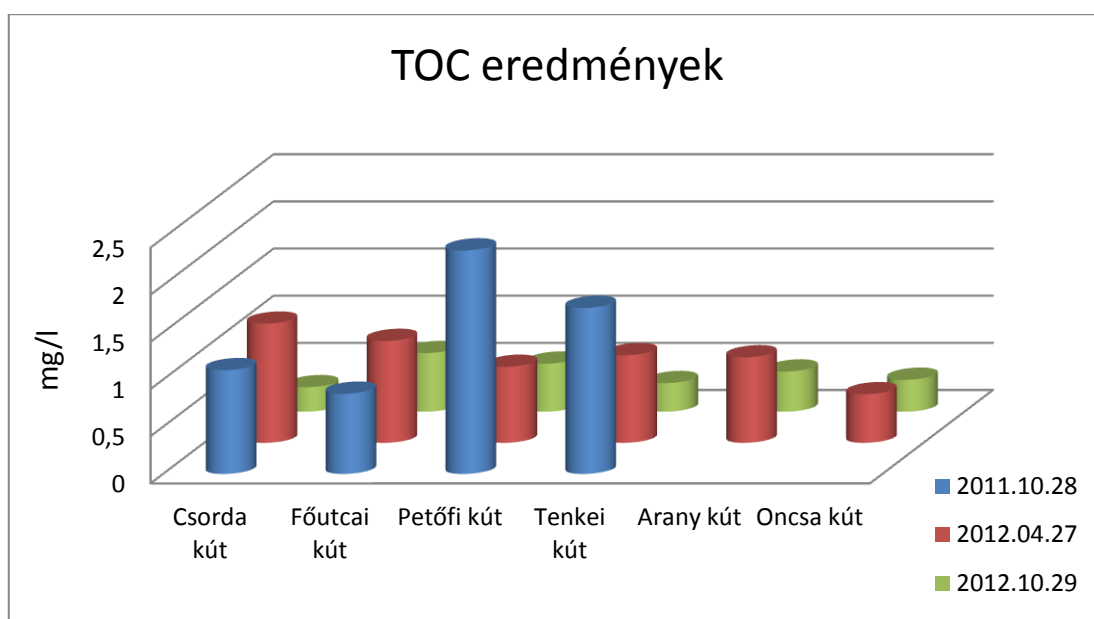
A méréseinkhez NPOC üzemmódot használtunk, mely során első lépésben kalibráltuk a készüléket. A kalibráló standard NPOC mérésre vízmentes káliumhidrogén-ftalát volt. A kalibrációhoz 1000, 100 és 20 ppm (mg/l) koncentrációjú oldatot készítettünk, ezt a készülék hígítva használta a kalibrációs görbe felvételéhez. A mérések megkezdése előtt ellenőriztük a rendszer vegyszer és ultra tiszta víz tartályait és megkezdtuk a kalibrációt. Tisztítólépésként ultratiszta vízre lefuttattunk néhány mérést. A kalibrációs görbét a lenti ábra (13. ábra) szemlélteti. A TOC Control-V szoftver jól használható és gyors analízist biztosít. [16]



13. ábra: TOC mérés kalibrációja, 1000 ppm [25]



8. kép: Shimadzu TOC mérő készülék a tanszék régi laboratóriumában [25]



14. ábra Artézi vizek TOC eredményei

A diagramon (14. ábra) jól látható, hogy Nagyszalonta környékén a vizsgált vizek közül a szerves anyag tartalma a 2011.10.-i mérés alapján a Petőfi kútnak a legnagyobb.

3.4.7. Ionkromatográfias vizsgálatok

Az ionkromatográfia, amint neve is mutatja, minőségi és egyúttal mennyiségi analitikai módszere az ionok meghatározásának.

A DIONEX ICS-3000 ionkromatográfias (9. kép) rendszer alkalmas erős és gyenge savak anionjainak meghatározására ionelnyomással, valamint egy- és kétértékű kationok meghatározására. Az anionok és a kationok meghatározása párhuzamosan vagy felváltva egymás mellett egyszerre futhat attól függően, hogy a felhasználó egyazon vagy különböző mintákból kíván-e anionokat/kationokat mérni. Az eluens és mintaáramlási útvonal is egyaránt teljesen fémmentes. A vezérlő CHROMELEON Chromatography Management szoftver rendkívül sokoldalú, a készülék rendelkezik a megfelelő PC-illesztéssel. A hardver komponenseket a vezérlő és adatgyűjtő/feldolgozó szoftver monitorozza.

A rendszer alapelemei: pumpa, gázmentesítő, 50 db minta befogadására képes automata mintabeviteli egység, ill. mintaváltó, kolonna termosztáttal, elektrolitikus ionelnyomó reaktor, vezetőképesség mérő detektor. [23]



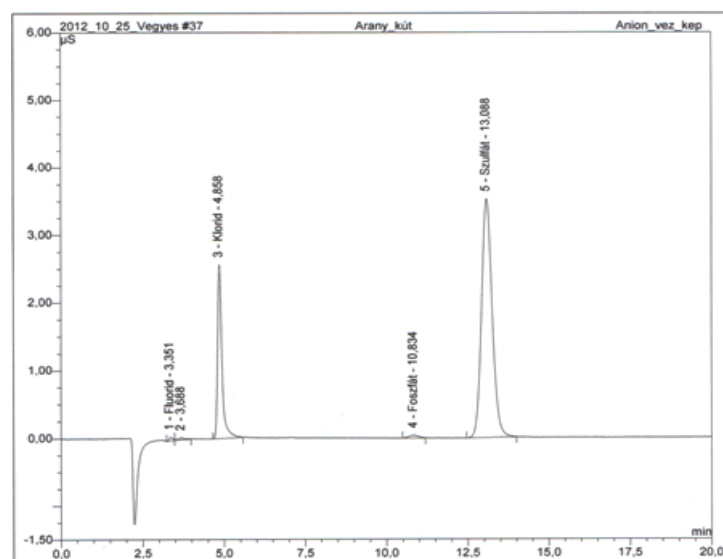
9. kép: DIONEX ICS-3000 típusú ionkromatográfiás rendszer [23]

A mérések során alkalmazott módszer a következő: Az anion ágon nátrium-karbonát, nátriumhidrogén-karbonát tartalmú eluenssel, míg a kation ágon kénsav eluenssel dolgoztunk. A mérési paramétereket DIONEX applikációk és ide vonatkozó magyar szabványok alapján állítottuk össze.

Standardok:

- anionág: fluorid, klorid, bromid, nitrit, nitrát, foszfát, szulfát,
- kationág: lítium, nátrium, ammónium, kálium, magnézium, kalcium.

A kromatográfiás mérések végeredményeként egy ún. kromatogramot kapunk (detektor-jel idő függvényében), amely a minőségi és a mennyiségi információ hordozója. Egy mérés alkalmával az Arany kút kromatogramja a15. ábrán látható.



15. ábra: Az Arany kút kromatogramja

A kromatogramon a csúcs alatti terület mennyiségi, a retenció idő a minőségi információ hordozója.[23]



10. kép: Mérés alkalmával

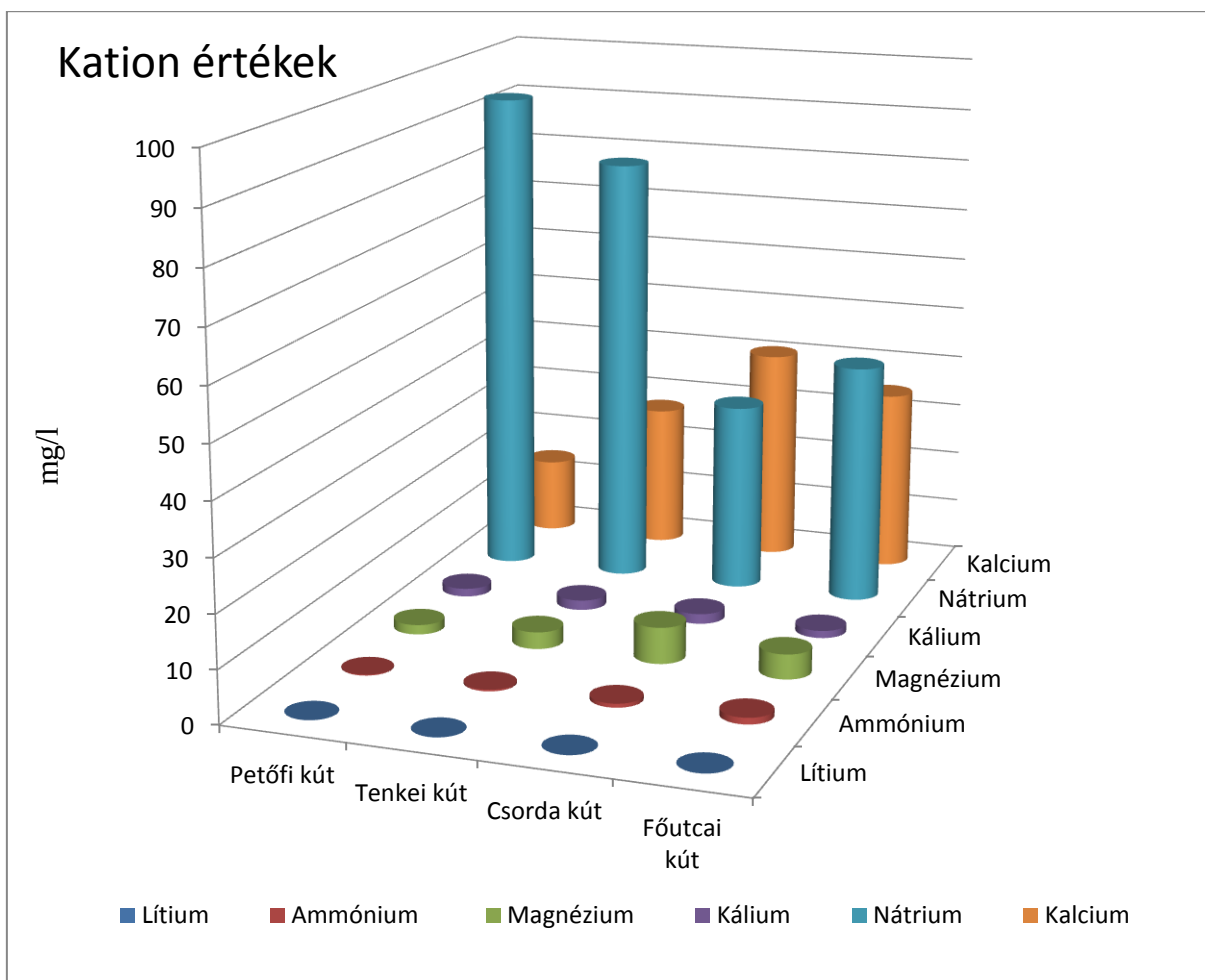
Mért anion koncentráció:

A mellékletben látható diagramon (16. ábra) megfigyelhető, hogy az artézi vizekben a szulfát és klorid tartalma a meghatározó. A minták esetében nem tapasztaltam kiugró értékeket. Ezek megfeleltek mind a magyarországi, mind a romániai határértékeknek. A két ország határértékei között nem sok eltérés figyelhető meg. A fluoridion magyarországi határértéke: 1,5 mg/l romániai határértéke: 1,2 mg/l. A klorid-ion magyarországi határértéke: 100 mg/l, romániai határértéke: 250 mg/l. A szulfát magyarországi: 250 mg/l, romániai határértéke pedig 200 mg/l.

Mért kationok koncentráció:

A kationok ionkromatográfiás eredményeit a 17. ábra szemlélteti. A Csorda és Főutcai kutak esetében az ammóniumion túllépi mind a magyar mind a román határértékeket. Az ammóniumion magyar jogszabályban megfogalmazott határértéke: 0,2 mg/l, míg a romániai határérték: 0,5 mg/l. A tulkai kutak esetében a mért értékek: 0,73 mg/l illetve 1,22 mg/l. A Tenkei kút a romániai határértékeknek megfelel, a magyar határértéket viszont túllépi. A Petőfi kút mindkét ország határértékének megfelel.

A magas ammónium koncentráció oka valószínűleg az, hogy a magas talajvíz keresztül szennyezi a kutak vizét. A másik lehetséges ok, hogy a szennyezőanyagok leszivárognak a cső mentén. Tudomásom szerint a kutak nem védőcsövesek, ezért korrodálódás is elképzelhető. Egyéb kiugró értéket nem tapasztaltunk.



17. ábra: A kutak vizeiben mért kation értékek

Az ionkromatográfias vizsgálatok jó egyezést mutatnak a vezetőképesség illetve a sótartalom értékeivel. A kalcium-ion (Ca^{2+}) a legelterjedtebb kation. Leginkább hidrogén-karbonáthoz kötve fordul elő. A magnézium-ion (Mg^{2+}) a vizekben kisebb mértékben fordul elő, mint a kalcium-ion. A kalcium- és a magnézium-ion által képzett sók határozzák meg a vizek keménységét.

A vizekben előforduló főbb kationokat, azaz a nátriumot, káliumot, magnéziumot és kalciumot megemlíti a különböző jogszabályok, de rájuk vonatkozó vízminősítési határértéket nem találtam. Ezzel szemben a romániai oldalon a magnéziumra illetve a kalciumra létezik határérték melyek a következők: magnézium-ion határértéke: 50 mg/l, a kalcium-ion pedig: 100 mg/l.

3.4.8. Optikai analitikai módszerek ismertetése

A környezetvédelemhez kapcsolódó analitikai feladatok egy fontos része a fémkoncentrációk meghatározása a különböző mintatípusokban. A fémtartalom meghatározásokat általában a különböző optikai atomspektroszkópiai módszerekkel illetve

tömegspektrometriás módszerrel végezzük. Az atomspektroszkópiai módszerek alapját az atomizálás képezi, aminek során a vizsgált elemet magas hőmérsékleten atomjaira bontjuk. [23]

Az oldott, a lebegő anyaghoz kötött és az összes fémtartalom meghatározása az MSZ 1484-3:2006 szabvány alapján AAS- és ICP-OES- módszerrel történt. A nevezett szabvány tárgya kiterjed többek között az ivóvizek, hidegen savval oldható összes alumínium-, arzén-, bárium-, bór, cink-, ezüst-, kadmium-, kalcium-, kálium-, kobalt-, króm-, magnézium-, mangán-, molibdén-, nátrium-, nikkel-, ólom-, ón-, réz-, szelén- és vastartalmának meghatározására induktív csatolású plazmagerjesztésű, optikai, emissziós (ICP-OES), lángatomabszorpciós (FAAS) és elektrotermikus atomabszorpciós (ETA-AAS) spektrometriás módszer alkalmazásával. [39]

Az atomspektroszkópiai módszerek közül a környezetvédelmi analitikában az alábbiakat használják:

Emissziós módszerek:

- Spektrográfia (atomizálás, gerjesztés: szikra, ív).
- Emissziós lángfotometriás módszer (L-OES), (atomizálás, gerjesztés: láng).
- Induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrometriás módszer (ICP- OES), (atomizálás, gerjesztés: ICP).

Abszorpciós módszerek:

- Láng-atomabszorpciós módszer (FAAS), (atomizálás: láng).
- Grafitkemencés atomabszorpciós módszer (ETA-AAS), (atomizálás: grafitcső).
- Higany-ill. hidrides kiegészítő készülékkel szerelt atomabszorpciós módszer (Hg-HIDR-AAS), (atomizálás szobahőfokon, illetve a hidrides módszernél 8-900°C-on).

A módszerek abban térnek el egymástól, hogy az oldatmintából vagy gázlángban, vagy grafitkemencében vagy kvarcküvetében állítják elő a szabad atomokat, és ezek fényelnyelését vizsgálják. [23]

Atomabszorpciós spektrometria (AAS)

Az atomabszorpciós módszer (AAS) a laboratóriumok univerzális, egyik nagyon gyakran alkalmazott nyomelem-analitikai módszere. Mintegy 65 elem meghatározására alkalmas, ebbe beletartoznak a fémek, és a nem fémek közül a: B, Si, As, Se, Te valamint a P.

A módszer az alapállapotú, szabad atomok fényelnyelésének mérésén alapul. Ha az atomizáló cellán olyan hullámhosszúságú fénynyalábot bocsátunk keresztül, melyet az

alapállapotú atom képes abszorbeálni, és az így bekövetkezett fényintenzitás-csökkenést mérjük, ami arányos a fényelnyelést okozó atomok koncentrációjával. [27] A fényintenzitás csökkenésének jellemzésére szolgáló műszeresen érzékelt mérési adatot abszorbanciának nevezzük. Az abszorbancia fogalma egy matematikai művelet eredményeként született, miszerint az adott hullámhosszon mért I_0 kezdeti fényintenzitás és az elnyelő közegen történő áthaladás I csökkent fényintenzitás hányadosának tízes alapú logaritmus, ami a következő egyenlettel írható le:

$$A = \log \frac{I_0}{I}$$

Az abszorbancia és a vizsgált elem koncentrációja közötti összefüggést a Lambert –Beer törvény adja meg:

$$A = -\log \frac{I_{tr}}{I_0} = -\log T$$

A=abszorbancia

I_{tr} =a kilépő (transzmittált) fény intenzitása

I_0 = a beeső fény intenzitása

T= transzmittancia

Az abszorbancia nagyságát legnagyobb mértékben az alapállapotú atomok koncentrációjának növelésével illetve csökkentésével befolyásolhatjuk. Az atomabszorpciós módszerek kimutatási képességének növekedését éppen azzal érjük el, hogy egy adott koncentrációjú minta atomizálása során a fényútban minél nagyobb atomkoncentrációt hozunk létre. Az atomabszorpciós spektrometria a vizsgált atomra jellemző hullámhosszúságú elektromágneses sugárzásnak az alapállapotú atomok által történő elnyelésén alapszik.



*11. kép: UNICAM SOLAR 939 AA spektrométer (KDV-KTVF Környezetvédelmi
Laboratóriuma)*

Alapállapotú atom, az, amelynek minden elektronja a kvantummechanika törvényei által megszabott alappályán kering és ennek megfelelően nem bocsát ki fényt, viszont külső fényforrás adott hullámhosszúságú fényét képes elnyelni. Ezért az atomabszorpciós spektrometriában olyan megvilágító fényforrást kell alkalmazni, amely az adott elemre jellemző hullámhosszúságú fénysugarat bocsát ki. [23], [24] [28]

FAAS- vizsgálatok

A minták fémtartalmát lángatomabszorpciós spektrometriás módszerrel határozzák meg úgy, hogy a levegő-acetilén, vagy dinitrogén-oxid-acetilén lángba porlasztással atomos állapotba juttatott fématomok rezonanciavonalon való fényelnyelését mérjük. Az oldatmintát pneumatikus porlasztással aeroszollá alakítjuk és a lánggázokkal elkeverve, állandó sebességgel juttatják a lángba. A mérési bizonytalanság $\pm 5\%$. Analizálás során zavaróhatások léphetnek fel. A minták alkálifém, alkáliföldfém sói (nátrium-klorid, magnézium-szulfát), továbbá a huminsav tartalma zavarhatja a vizsgálatot. Az UV-tartományban fellépő spektrális zavaró hatások kiküszöbölésére automatikus háttérkorrekciót használunk, valamint az esetleges kémiai zavarásokat addíciós módszerrel szükséges megszüntetni (1000 mg/l összes oldott só-tartalom felett). [23], [28] [39]

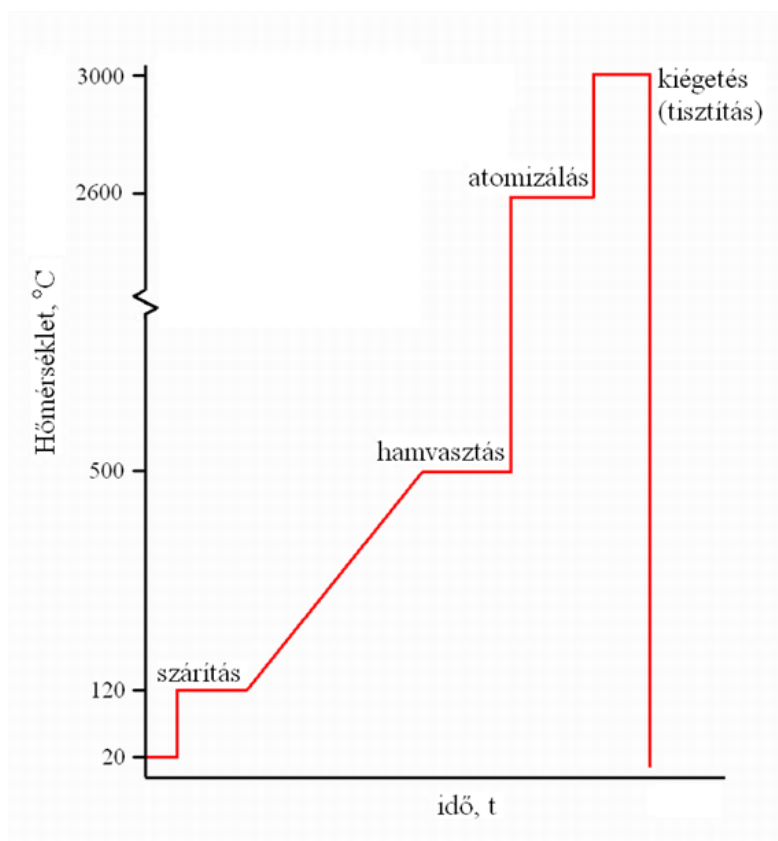
ETA-AAS módszer

A minták fémtartalmát elektrotermikus atomabszorpciós spektrometriás módszerrel határozzák meg úgy, hogy a programozott felfűtéssel atomos állapotba juttatott fématomok rezonanciavonalon való fényelnyelését mérik. Ezt a módszert a nagyon toxikus elemek meghatározására alkalmazzák, hiszen jobb a kimutatási határa, ugyanis itt kisebb a minta hígulása az atomizálás folyamatában. A készülékben 10-20 μl oldatot juttatnak be az elektromos áram átvezetésével közvetlenül fűthető grafitcsőbe. [23] [24] [39] Ennek a módszernek nagy előnye, hogy a többi atomabszorpciós módszernél két-három nagyságrenddel jobb kimutatási határt biztosít. Ez ahhoz vezethető vissza, hogy a grafitkemencés atomizálóban sokkal kisebb a minta hígulása, mint lángatomizálásnál. A minta bemérése, ami általában 10-20 μl , történhet manuálisan, dugattyús mikro pipettával, illetve GF-hez illesztett automata bemérővel. [33]

A kemence központi eleme egy vízszintesen elhelyezkedő grafitcső, ami két grafitpofán keresztül csatlakozik a vízhűtéses zárt cellatesthez, melynek két végéhez erősítik a

fűtőáram vezetékeit. A grafitcsőbe egy 1-1,5 mm átmérőjű furaton lehet bejuttatni az 5-40 μL térfogatú mintát. A grafitcsövet védő argongázt a cella alján vezetik be. Az argon körbeveszi a grafitcsövet, beáramlik a mintaadagolóba furaton és a cső két végén távozik el, ezáltal védi a kívülről és belülről egyaránt a grafitcsövet. [28], [33], [24]

Ma már számítógéppel vezérlik a tápegységet, a grafitkemence fűtési fokozatainak (18 ábra) megfelelően változó erősségű áramot vezetnek át a mintát tartalmazó grafitcsövön



18. ábra: A grafitkemencés atomabszorpciós spektrométer fűtési programja [28]



*12. kép: KDV-KTVF Környezetvédelmi Laboratórium Unicam M series GF 95
grafitkemencés atomabszorpciós spektrométere*

ICP-OES módszer

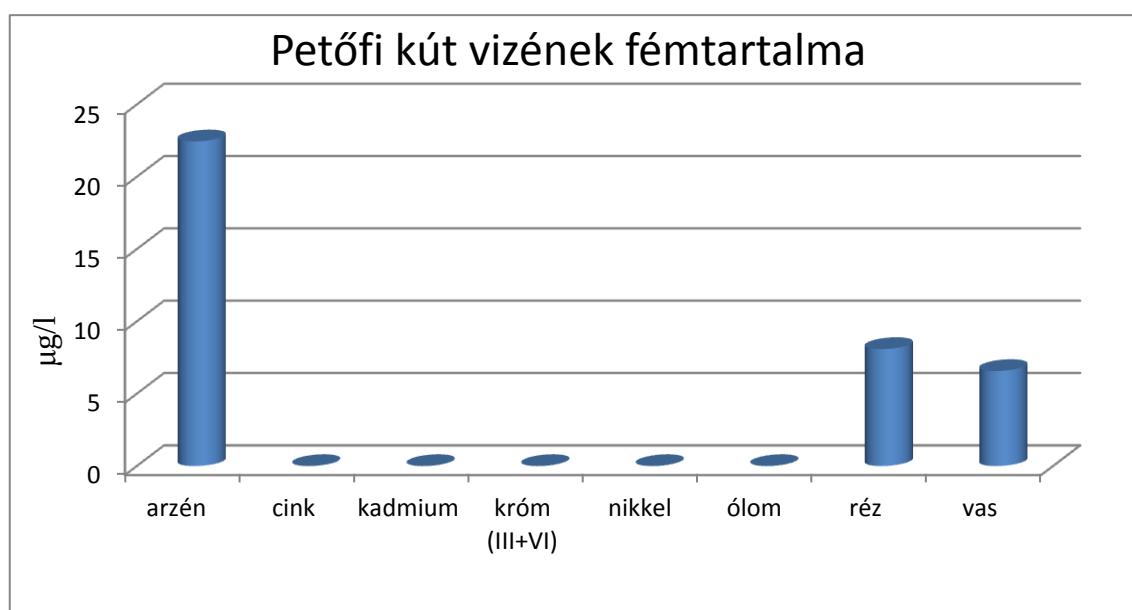
Ez a módszer a környezetvédelmi fémanalitika egyik leghatékonyabb módszere, ami szimultán multi elemes üzemmódban nagyszámú elem egyidejű meghatározását teszi lehetővé.

A módszer elve: Az induktív csatolású plazmagerjesztésű optikai emissziós módszer 70-80 elem kimutatását, illetve mennyiségi meghatározását teszi lehetővé a plazmában keletkező, gerjesztett szabad atomok, illetve ionok fény emissziójának felhasználásával. A mintaoldat porlasztással aeroszollá alakítva, gázárammal juttatjuk az induktív csatolású plazmába (ICP), ahol a minta komponensei elpárolognak, atomizálódnak, a keletkező szabad atomok, illetve ionok gerjesztődnek és az elemekre jellemző frekvenciájú (hullámhosszú) fotonokat bocsátanak ki. A plazma fény emisszióját spektrálisan felbontjuk, és az egyes elemek adott hullámhosszú spektrumvonalának intenzitását detektorok segítségével mérjük. Az elemek mennyiségét ismert koncentrációjú oldatok segítségével végzett kalibrálással határozzuk meg. Az oldatkoncentráció és a vonalintenzitás között széles- általában több nagyságrendnyi- tartományban lineáris összefüggés van. A vizsgált elemeket egyidejűleg, illetve egymást követően lehet meghatározni. [23] [24] [28] [39]



13. kép: KDV-KTVF Környezetvédelmi Laboratóriuma VARIAN Liberty Series II ICP-OES készüléke

A fém tartalom mérésére a Közép Duna-völgyi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség Környezetvédelmi Laboratóriumában volt lehetőségem nyári gyakorlatom során. Az artézi vizekből az arzén, kadmium, króm (III+VI), nikkel, ólom, réz ETA-AAS módszerrel került meghatározásra. A vas és mangán koncentrációját ETA-AAS vagy ICP-OES módszerrel határoztuk meg. A módszer kiválasztásában az elemek koncentrációja játszott szerepet, hiszen az ICP-OES készülékkel nagyobb tartományban tudunk mérni. A cink meghatározása pedig grafitkemencés atomabszorpciós spektrométerrel történt.

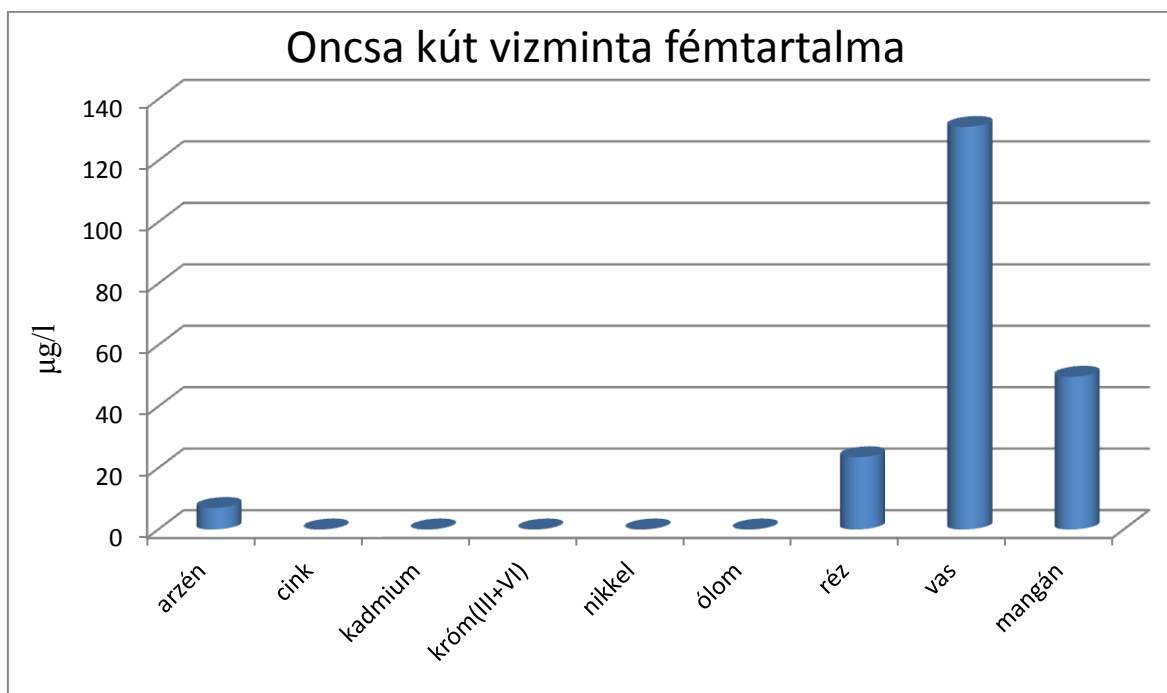


19. ábra: Petőfi kútból vett artézi víz fémtartalma

A Petőfi kút esetében (19. ábra) az arzénkoncentráció lépte túl a határértéket, amely 10 µg/l. A többi fém koncentrációja megfelelt a jogszabályban meghatározott határértékeknek. A vas és mangán meghatározása ETA-AAS módszerrel történt. A cink, kadmium, króm, nikkel és ólom esetében a kapott értékek méréshatár alattiak.

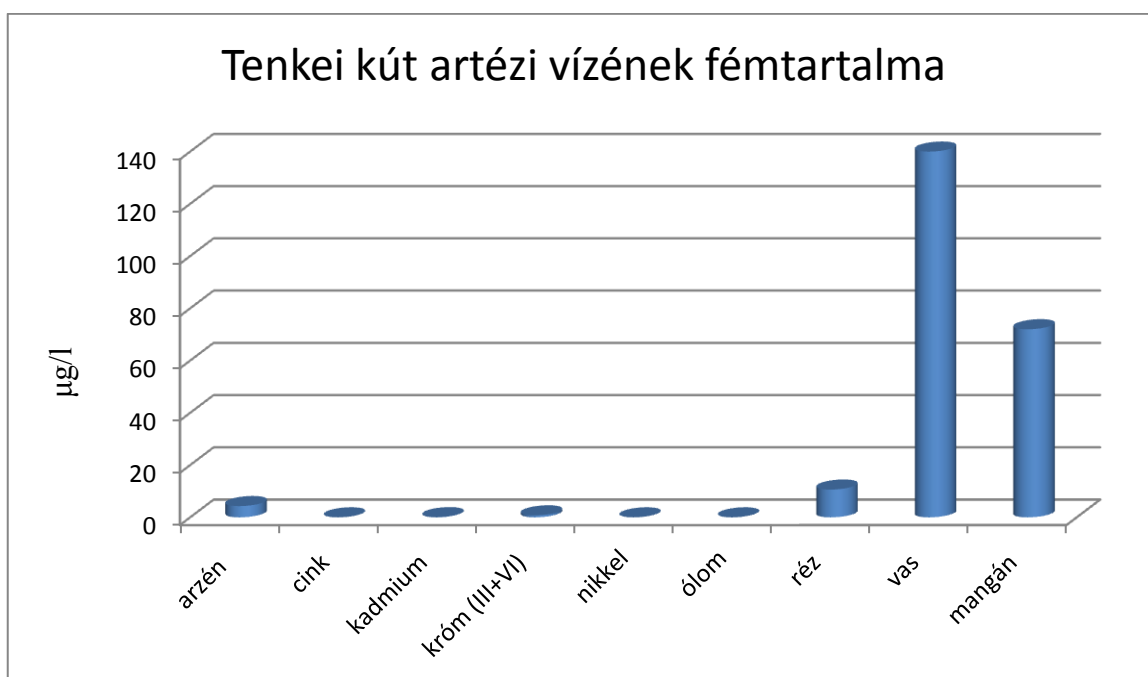
Az arzén elemi állapotban, vízben és emésztőnedvekben oldhatatlan, így nem mérgező. Az oldódó arzén vegyületek viszont mérgezőek. Vízben a hármas (arzén-trioxid) és az ötös (arzén-pentaoxid) oxidációs számú arzénvegyületek, illetve ezek sói az arzenitek és arzenátok oldódnak. [29] Természetes arzén származhat vulkánkitörésből, erdőtüzekből, valamint a földtani közeg természetes arzén tartalmából. [30] A kőzetek arzéntartalma a geológiai értelemben fiatal eredetű, lapos mélyedésekben jellemző, melyekben a talajvíz lassan áramlik az utánpótlási terület felől a megcsapolási terület felé, illetve a jelentősebb geotermikus tevékenységű területeken. Az arzénnek mesterséges forrásai is lehetnek,

mint a fosszilis energiahordozók elégetése (kőolaj, földgáz, szén), kipufogógázok, a bányászat valamint egyes növény védőszerke is tartalmaznak arzénvegyületeket. [30]



20. ábra: Oncsa kút artézi vizeiből kapott fémtartalom

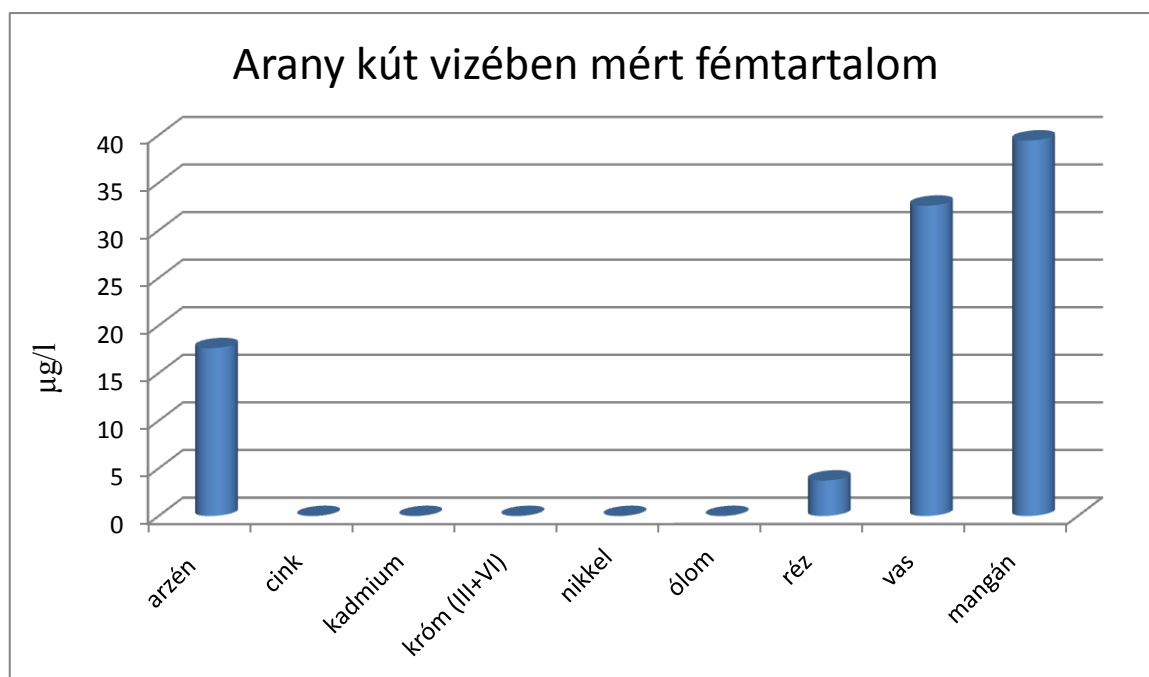
A 20. ábrán jól látszik, hogy ebben az esetben nem történt határérték túllépés egyik elem esetében sem. Az Oncsa kút esetében a vas és mangán koncentrációját ICP-OES módszerrel határoztuk meg.



21. *ábra: Mért fémtartalom a Tenkei kúti artézi víz esetében*

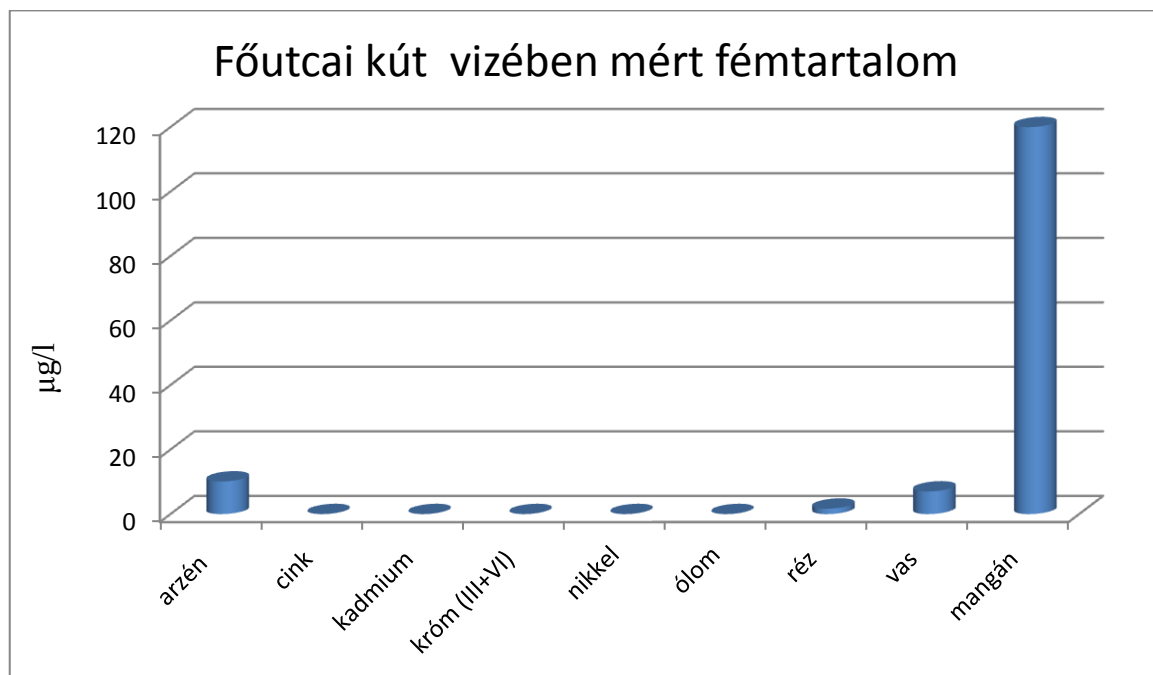
A vizsgált vízminták mangán koncentrációja meghaladta határértéket, amely 50 µg/l. (21. ábra) A mangán kettő, négy és hét vegyértékű fém. Rideg, kemény, porrá törhető, ezüstfehér színű. Rendszerint vassal fordul elő. Vízben oldott állapotban vagy lebegő anyagokhoz kötve lehet jelen. [31] A vas és a mangán a szervesetlen mikro szennyezők csoportjába tartozik. A mikro szennyezők biológiailag nem, vagy nehezen bonthatók, tehát a szennyező forrástól a felszíni vizek közvetítésével gyakorlatilag változatlan formában jutnak el a későbbi vízhasználókhoz.

A legnagyobb rizikófaktor, hogy többségük eltávolítása hagyományos víztisztítás során nem lehetséges. A vas, a mangán ízrontó hatásúak, legtöbbször oldott állapotban, a kőzetekből kioldódva kerülnek a vízbe. A vas és a mangán önmagában nem veszélyes közegészségügyi szempontból. Azonban ha hozzájuk oxigén társul, a víz zavarossá válik és a vasionok oxidációja révén kolloidális vas-hidroxidion keletkezik. [32]



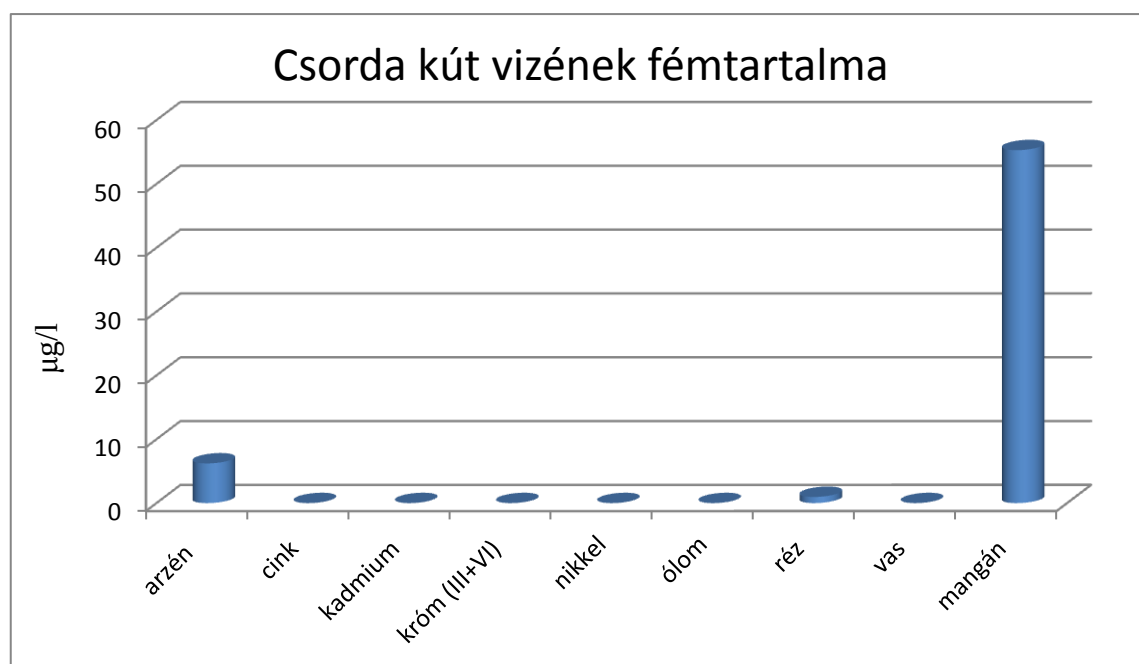
22. *ábra: A vizsgált minta eredményei*

E kút esetében a vas és mangán meghatározása grafítkemencés atomabszorpciós spektrométerrel történt. A cink, kadmium, króm, nikkel, ólom ismét méréshatár alatti értéket mutattak. A 22. ábráról leolvasható, hogy a mért arzén koncentráció 17, 63 µg/l, amely magasabb, mint a megengedett határérték. A többi fém esetében nem történt határérték túllépés.



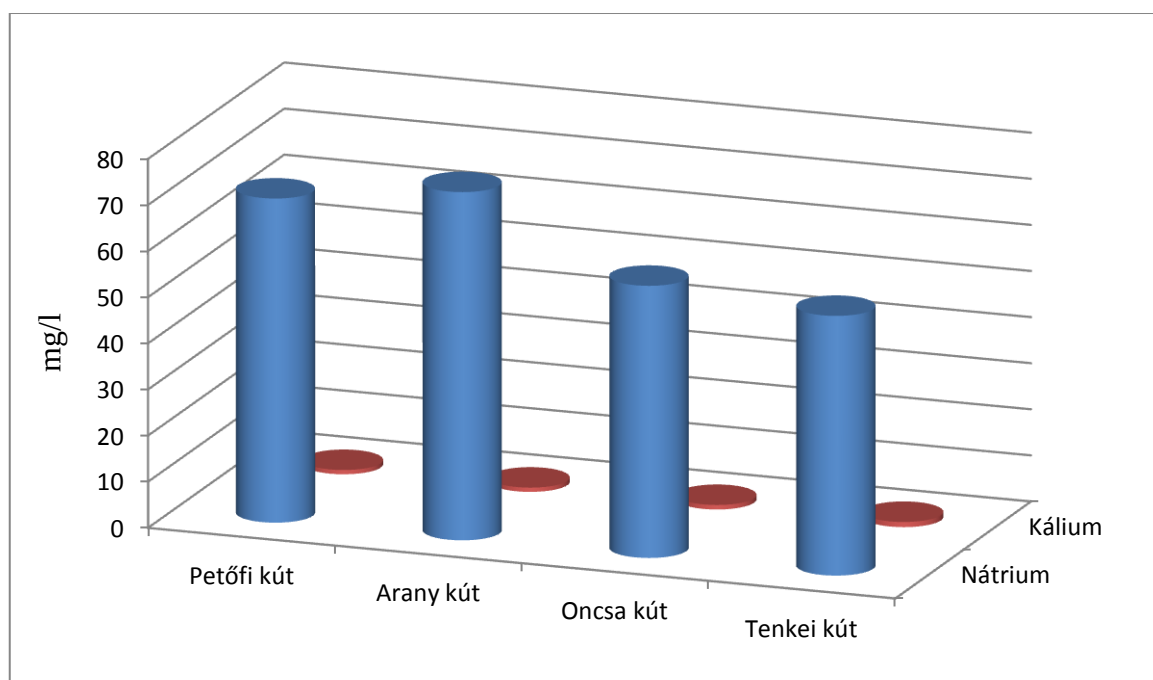
23. *ábra: Fémtartalom eredmények a Főutcai kút artézi vizéből*

A vizsgálat során 2,4-szeres mangán koncentráció határérték túllépést tapasztaltunk. A vízminta arzéntartalma 10,12 µg/l. (23. ábra)



24. *ábra: Csorda kút artézi vizében mért fémtartalom értékek*

Tulka másik kútjában (24. ábra) is a mangánkoncentráció volt magasabb a határértéknél. A cink, kadmium, króm, nikkel, ólom és vas esetében ismét méréshatár alatti eredményt kaptunk.



25. ábra: A vizsgált kutak vizének nátrium és kálium tartalma

A lángatomabszorpciós vizsgálatok alapján, az artézi kutakban a nátrium tartalom a meghatározó. (25. ábra) Az ionkromatográfiás vizsgálatok hasonló tendenciát mutatnak.

4. Összefoglalás

Napjainkban nagyon fontos a vizek minősége, alkalmassága a fogyasztásra. A víz nélkül nincs élet. Ivóvízfogyasztásra elsősorban felszín alatti vizeket használunk, így ezek minőség ellenőrzése rendkívül fontos.

A dolgozatom elkészítése során tanulmányoztam a nemzetközi és a hazai szabályozásokat a felszín alatti vizekre vonatkozóan. Első részében bemutattam a szakirodalmi és jogszabályi hátteret. Második részében ismertettem az általam elvégzett méréseket. Terepi és laboratóriumi vizsgálatokat végeztem.

Terepi méréseket a MultiLine P4 mérőműszerrel határoztam meg. Ezen belül pH, vezetőképesség, sótartalom, oldott oxigén és redoxifeszültség mérésére volt lehetőségem. A mérések során kapott eredmények megfeleltek mind a romániai, mind a magyarországi határértékeknek.

A Debreceni Egyetem Műszaki kar, Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszékének segítségével lehetőségem nyílt a kutak vizének analitikai célú vizsgálatára. Lúgosságot, zavarosságot mértem, amely során elfogadható értékeket kaptam, nem tapasztaltam semmilyen szokatlan változást.

A TOC és ionkromatográfiás vizsgálatok eredményei egyezést mutattak a vezetőképesség értékeivel.

Nyári gyakorlatomat a Közép Duna-völgyi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség Környezetvédelmi Laboratóriumában töltöttem. Munkám során fémtartalmat mértem. Az általam vizsgált kutak vize csak néhány esetben tért a határértékektől. Ezekben az esetekben jogosak a figyelmeztető táblák. Az arzén tartalomra változó értékeket kaptam, tehát feltehetően más-más rétegből származnak a vizek. A vas és mangánról elmondható, hogy együtt jelennek meg a vizekben, ez néhány esetben eltért a gyakorlattól.

Elmondható, hogy Nagyszalonta városában és a környező falvakban az artézi kutak vize jó minőségű, az összetevők többsége nem lépi túl a határértékeket. Az ammóniumion esetében tapasztaltam határérték túllépést, melyre a dolgozatomban ki is tértem.

5. Felhasznált irodalom

- [1] Szabó Elemér: Magyarország környezeti kulcsmutatói 2002 (Környezetvédelmi Minisztérium, 2002)
- [2] Lévai Tibor: Analitika I. (Környezetvédelmi Minisztérium, 1999)
- [3] Barótfi István Környezettechnika Mezőgazda kiadó, Budapest, 2000)
- [4] Benke Lászlóné. : Vízügyi szakmai ismeretek Budapest, Skandi-Wald Könyvkiadó, 2003
- [5] Dr.Thyll Szilárd: Vízszennyezés- vízminőségvédelem, 1998
- [6] Kerekes Sándor: A környezetgazdaságtan alapjai, Aula Kiadó 2007
- [7] Papp Sándor.- Rolf Kümmel: Környezeti kémia, Budapest, Tankönyvkiadó, 1992
- [11] Fórián Sándor: Vízgazdálkodás és vízminőségvédelem, DE- MK, Debrecen, 2011.
- [12] Dánielisz Endre: Szalontai séták, Nagyvárad Nyugati Kiadó, 1993
- [13] Dánielisz Endre: Nagyszalonta évszázadai, Nagyvárad Nyugati Kiadó, 2003.
- [15] Környezetvédelmi és természetvédelmi lexikon, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2002.
- [18] Környezet- és természetvédelmi lexikon, főszerk. Láng István, Akadémia Kiadó, Budapest, 2002.
- [19] Pásztó Péter: Vízminőségvédelem, vízminőség szabályozás, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 1998
- [20] Vízminőségi évkönyvek 1971-1980, Vízgazdálkodási Intézet, Budapest
- [21] Dr. Bodnár Ildikó: Vízgazdálkodás- és vízminőségvédelem II. oktatási segédlet a laboratóriumi gyakorlathoz, DE- MK, Debrecen, 2011.
- [22] Buzetzky Dóra: Nagyszalonta és térsége artézi kútjainak felmérése TDK dolgozat 2011
- [23] Dr. Bodnár Ildikó: Környezet analízis I., oktatási segédlet, DE-MK, Debrecen, 2010
- [24] Dr. Bodnár Ildikó: Általános kémia III., oktatási segédlet, DE-MK, Debrecen, 2010.
- [25] Dr. Bodnár Ildikó: Műszerleírások oktatási segédlete, DE-MK, Debrecen, 2010
- [26] Dr. Barkács Katalin, Dr. Bartholy Judit, Dr. Kiss Keve Tihamér, Dr. Nagy Mária, Dr. Pongrácz Rita, Dr. Salma Imre, Dr. Sohár Pálné, Dr. Tóth Bence: Környezetkémia Typotex Kiadó, 2012 ISBN 978-963-279-543-0
- [27] Záray Gyula: Az elemanalitika korszerű módszerei, Akadémia Kiadó, Budapest, 2006
- [28] J. Posta: Atomabszorpciós spektrometria. Kempelen Farkas Digitális Tankönyvtár
- [29] Péntes András: Halálos mérge, vagy a hosszú élet titka ?! Magyar Kémikusok Lapja 2009

- [30] Horváth Balázs: Az arzén egészségre gyakorolt hatása. VIII Környezettudományi Tanácskozás. Győr 2008
- [31] Takács Sándor: Nyomelemek nyomában. Medicina Könyvkiadó, Budapest 2001
- [32] Szűcs Péter - Sallai Ferenc – Zákányi Balázs - Madarász Tamás: Vízkészletvédelem a vízminőség- védelem aktuális kérdései. Miskolc. Bíbor Kiadó, 2009
- [33] Pokol György- Statisz Janisz: Analitikai kémia I., Műegyetem Kiadó 2000
- [34] Burger Kálmán. : Az analitikai kémia alapjai, Kémia és műszeres elemzés, Semmelweis Kiadó, 1999
- [35] Moser Miklós- Pálmai György A környezetvédelem alapjai, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2006
- [38] Dr. Percsich Kálmán: Bevezetés az vízanalitikába (SZIE MKK Központi Laboratórium, 2005)
- [39] szabványok listája
- MSZ ISO 7027:1992 A víz zavarosságának meghatározása
- MSZ 448-46:1988 Ivóvízvizsgálat. Mintavétel és tartósítás
- MSZ 1484-3 Vízvizsgálat Az oldott, a lebegő anyagokhoz kötött és az összes fémtartalom meghatározása AAS- és ICP-OES- módszerrel
- MSZ ISO 7150-1:1992 Magyar Szabvány: Az ammónium meghatározása vízben
- [8] http://www.euvonal.hu/index.php?op=kerdesvalasz_reszletes&kerdes_valasz_id=1499
(letöltés ideje:2012.08.12. 18:45)
- [9] http://www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/kiadvanyok/fav/favm/favm_index.htm
(letöltés ideje: 2011.10.19. 21:45)
- [10] <http://www.snam.ro/RO/fila12.htm> (2011.11.14, 10:15)
- [14] <http://www.salonta.ro> (2010.09.23, 22:30)
- [16] http://www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/kiadvanyok/fav/favm/favm_index.htm
(letöltés ideje: 2011.10.19. 21:45)
- [17] http://www.kislexikon.hu/artezi_kut_a_a.html%20-%2020k (2011.07.30. 01:45)
- [36] WWW. eudovizig.hu/ felszín-alatti-vizek. hu (2012.10.21)
- [37]<http://enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/AZ%20ART%C3%89ZI%20VIZEK%20FELT%C3%81R%C3%81SA.pdf> (2012.09.27.)

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni konzulenseimnek, Fórián Sándor tanár úrnak és Keczánné Dr. Üveges Andrea tanárnőnek a dolgozatom során nyújtott segítséget.

Külön köszönettel tartozom Dr. bodnár Ildikó tanárnőnek, hogy kutatásaimat a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék laboratóriumában illetve a Közép Duna-völgyi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség Környezetvédelmi Laboratóriumában végezhettem.

Továbbá köszönetemet fejezem ki a TÁMOP- 4.2.2./08/1-2008-0017 projektnek (Integrated modelling of sustainability of geothermal system) a DIONEX ICS-3000 és a Shimadzu V_{cpn}° készülék beszerzéséért.