



**SZENT ISTVÁN EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KAR
KÖRNYEZETMÉRNÖKI SZAK, MSc, Nappali**

**AZ ECSÉDI VÉG-TÓ VÍZMINŐSÉGÉNEK ÉS ÜLEDÉKÉNEK
KÖRNYEZETANALITIKAI VIZSGÁLATA**

Készítette:

Grósz János

Belső témavezetők:

Kruppiné Dr. Fekete Ilona, egyetemi adjunktus

Kémiai és Biokémiai Tanszék

Dr. Kuti László, címzetes egyetemi docens

Talajtani és Agrokémiai Tanszék

Gödöllő

2014

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés.....	4
2	Irodalmi áttekintés.....	6
2.1	Vizsgált terület bemutatása	6
2.2	Éghajlat	9
2.3	Geológia.....	10
2.4	Vízanalitika	11
2.5	Mikrohullámú roncsolás	12
2.6	Induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométer	12
2.7	Ökotoxikológia	13
2.8	Vízminőség és minősítés	15
2.9	Előzmények	17
2.10	Vizsgált komponensek	21
2.10.1	Ammónium-ion	21
2.10.2	Szulfát.....	22
2.10.3	Kloridion.....	22
2.10.4	Vas	22
2.10.5	Keménység	23
2.10.6	Nitrit	23
2.10.7	Nitrát.....	23
2.10.8	Lúgosság.....	24
2.10.9	Kémiai oxigénigény.....	24
3	Anyag és módszer	25
3.1	Mintavétel	25
3.1.1	Környezet.....	27
3.1.2	Mintavétel I.	28
3.1.3	Mintavétel II.	28
3.1.4	Mintavétel III.....	29
3.1.5	Üledékvizsgálatok	30
3.1.6	Merülés	31
3.2	Vízvizsgálatok	33
3.2.1	Ammónium-ion meghatározás	34
3.2.2	Szulfáttartalom meghatározás	34

3.2.3	Kloridion tartalom meghatározás	35
3.2.4	A víz kalcium és magnézium-ion tartalmának (összes keménységének) meghatározása	36
3.2.5	A kalcium-ion koncentrációjának meghatározása	36
3.2.6	A magnézium-ion koncentrációjának meghatározása	37
3.2.7	Kémiai oxigénigény meghatározása	37
3.2.8	Lúgosság meghatározása	38
3.2.9	Vizek szabad (p-) lúgosságának meghatározása	39
3.2.10	A vízminta m-lúgosságának meghatározása	39
3.2.11	Vas (III) tartalom meghatározás	39
3.2.12	Nitrit ionok meghatározása.....	40
3.2.13	Nitrát ionok meghatározása	40
3.3	Ökotoxikológiai vizsgálatok	41
4	Eredmények.....	42
4.1	Üledékvizsgálatok.....	42
4.2	Vízvizsgálatok	43
4.2.1	Helyszíni vízvizsgálatok eredménye	43
4.2.2	Laboratóriumi vizsgálatok eredménye	47
4.2.3	Ökotoxikológiai vizsgálatok eredménye	49
4.2.4	Értékelés	50
4.2.5	Összevetés	54
5	Következtések és javaslatok.....	56
6	Összefoglalás.....	60
7	Köszönetnyilvánítás	62
8	Irodalomjegyzék.....	63
9	Melléklet.....	65

1 Bevezetés

Manapság egyre fontosabbá válik az élet minden területén a környezet védelme. De mi is az a környezetvédelem? A Környezetvédelem a természetes és a mesterséges környezet védelme, az ember által okozott káros hatásokkal szemben. Célja a környezet veszélyeztetésének, károsításának, szennyezésének megelőzése, a kialakult károk mérséklése vagy megszüntetése, a károsító tevékenységet megelőző állapot helyreállítása. Több száz éve tudatában vagyunk annak, hogy a környezet romlása hatással van a személyes egészségünkre és jólétünkre is. A XXI. században az emberiség egyik legnagyobb feladata az lesz, hogy az előző évszázadban tönkretett környezeti elemeket megtisztítsa és megpróbálja a szennyezés előtti állapotába visszaállítani. Ehhez egy nagyon fontos szempont, hogy tanulmányozzuk és megértsük a környezetben lejátszódó folyamatok egymásba kapcsolódását és kölcsönhatását. Az előbb említett folyamatok megismerésében nagy segítséget nyújt a környezeti monitoring. A környezeti monitoring a környezetben végbement változásokat megfigyelő, mérő, értékelő rendszer. A megfigyelő rendszer segítségével nyomon tudjuk követni a környezet vagy annak egy kiválasztott, vizsgálni kívánt részének az állapotváltozását. A megfigyelések alapját, a különböző kémiai és biológiai vizsgálatok jelentik. A felszíni vizek védelme egy fontos pont a környezetvédelem területén, ahogy az Európai Unió által kiadott Víz keretirányelv is bizonyítja. A víz keretirányelv egy mérőöldkő az európai vízgazdálkodásban, hiszen azt az egyedülálló célt fogalmazza meg, hogy 2015 végéig a felszíni és a felszín alatti vizeket jó állapotba kell hozni, illetve ezt az állapota fenn kell tartani.

A dolgozatom témája az Ecsédi Vég-tó vízminőségének és üledékének környezetanalitikai vizsgálata. Úgy esett e témára a választásom, hogy 2007 óta évente több alkalommal, búvárként merültem a tóban. Merüléseim során elgondolkodtam, hogy a búvárkodás segítségével olyan helyeken is lehet mintát venni, ahol normál esetben csak nehezen, vagy egyáltalán nem lenne megoldható. Így ennek a módszernek az alkalmazásával, behatóbban és részletesebben lehet vizsgálni a vízi rendszereket. A tó faunájában több őshonos halfaj is megtalálható. A tanulmányaimból fakadóan, a felszíni és felszín alatti vizek minősége egy nagyon fontos szempont a számomra. A kutatásaim során utána olvastam a tó történetének, és adatokat gyűjtöttem a környezetről. Több tanulmányban és cikkben is olvastam, hogy a csatornahálózatot a településen csak nemrégiben kezdték el kiépíteni.

A településen, és a tó mellett is végigfolyó Ágói-patak vízminősége nem megfelelőnek bizonyult. Ezért úgy határoztam vizsgálni kezdem a tavat. Célkitűzésem, hogy az Ecsédi Vég-tó üledékének és vizének műszeres analitikai vizsgálatával meghatározzam a tó környezeti állapotát, valamint megállapítsam, hogy az Ágói-patak vizének van-e hatása a tóra. A vizsgálataim során a tóból víz és üledékmintát veszek 3 mintavételi időszakban, amely 237 víz és 6 üledékmintát jelent. A Vég-tóból vett üledékek, búvárfelszerelés segítségével különböző mélységekből származnak. A tóból és a patakból vett vízmintákat helyszíni és laboratóriumi mérésekkel is megvizsgálom, amely során célkitűzésem még, hogy összehasonítsam a helyszíni mérések pontosságát a laboratóriumi vizsgálatokéval. Annak érdekében, hogy a vizsgálatok elvégzése után minél teljesebb képet kapjak a tó környezeti állapotáról, a fentebb említett méréseken kívül, még ökotoxikológiai vizsgálatokat is elvégzek a tóból származó vízmintákon. A bevezető gondolatok lezárása képen, még mielőtt a téma komolyabb ismertetésébe belekezdenék, szeretném a víz védelmének fontosságát egy idézettel is alátámasztani és hangsúlyozni.

„Víz! Se ízed nincs, se színed, se zamatod, nem lehet meghatározni téged, megízlelnék, anélkül hogy megismernének. Nem szükséges vagy az életben: maga az élet vagy.”

(Antoine de Saint-Exupéry)

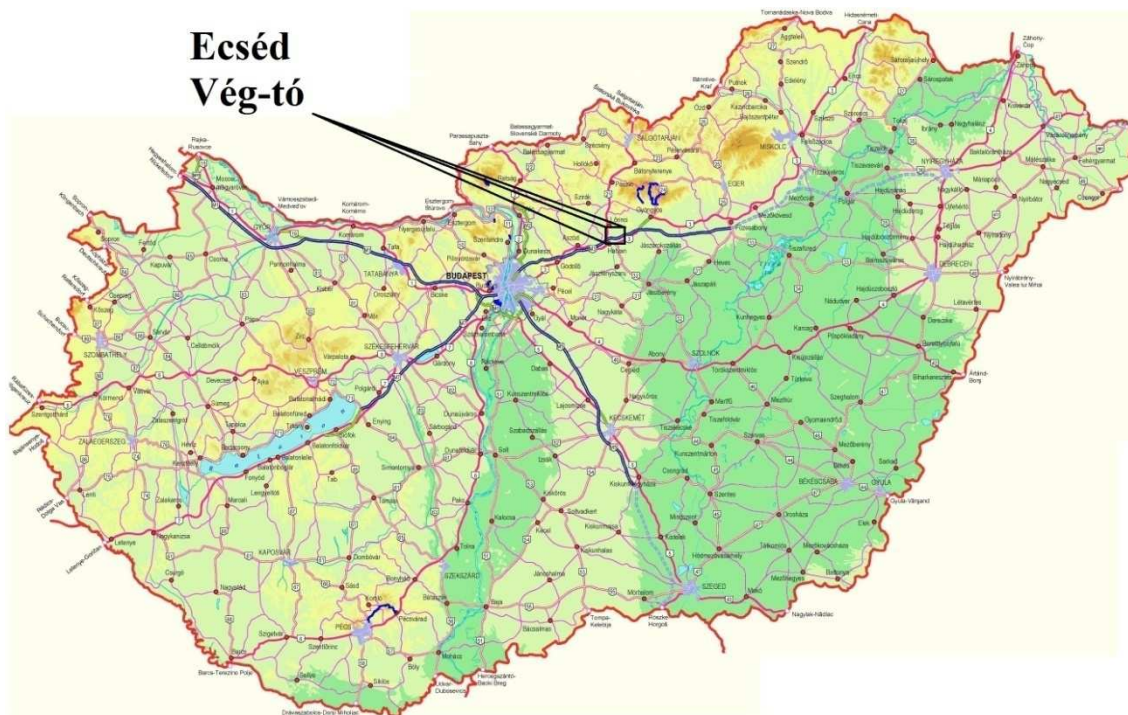
2 Irodalmi áttekintés

2.1 Vizsgált terület bemutatása

A vizsgált terület Heves megyéhez, azon belül a hatvani kistérséghez tartozik. A Vég-tó területének nagy része Ecséd községhez, egy kis része Szűcsi községhez tartozik. A tó Magyarország első lignitbányájának záró gödrében alakult ki, az 1970-ben bekövetkezett bányabezárást követően. A tó 1995-ben magántulajdonba került. A 40 éves tóban megtalálható Magyarország összes őshonos halfaja közül több is. Ilyenek például (BRIGHT ET. AL. 1994):

- ponty (*Cyprinus carpio*),
- európai harcsa (*Silurus glanis*),
- csuka (*Esox lucius*),
- süllő (*Sander lucioperca*)
- édesvízi medúzák és rákok

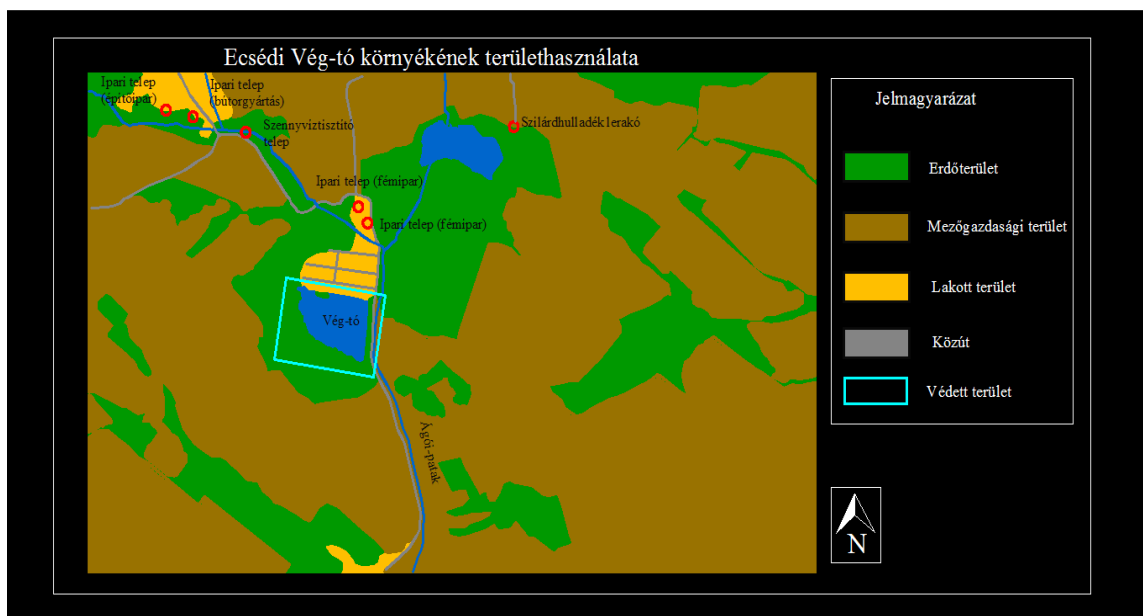
A vizsgált terület országon belüli elhelyezkedését az 1. ábra mutatja.



1. számú ábra: Elhelyezkedés (<http://www.omniplan.hu/Hiking/20060506-Mecsek/Mecsek.htm>)

A tó mellett közvetlenül az Ágói-patak folyik. A patak és a tó között közvetlen kapcsolat nem fedezhető fel. A patak vizsgálatára mégis, azért van szükség mert egyrészt nagyon közel folyik a tóhoz, másrészt a nagy esőzések alkalmával előfordulhat, hogy a patak elönti a területet, így a vízének hatása lehet a tóra. A patak 400 méteres tengerszint feletti magasságban a Mátrában ered, Szűcsi északnyugati határában. A patak, forrásától kezdve déli irányban halad, majd Jászdózsza településnél éri el a Tarnát. Nevét az évenként elhullajtott szarvasok agancsai után kapta. A patak régi neve Szarvág volt, azonban az 1920-as években a rossz hangzású neve miatt megváltoztatták. A patak a Tarna-folyó vízgyűjtőrendszeréhez tartozik. A patak rendkívül szeszélyes vízjárású. A vízjárására a kora tavaszi maximum a jellemző, illetve a csapadékban gazdag nyári hónapokban kiugróan magas értéket is elérhet. A nyár közepétől a vízmennyiség folyamatosan csökken és általában augusztus végére, szeptemberre eléri az éves minimumot. (HTTP 1)

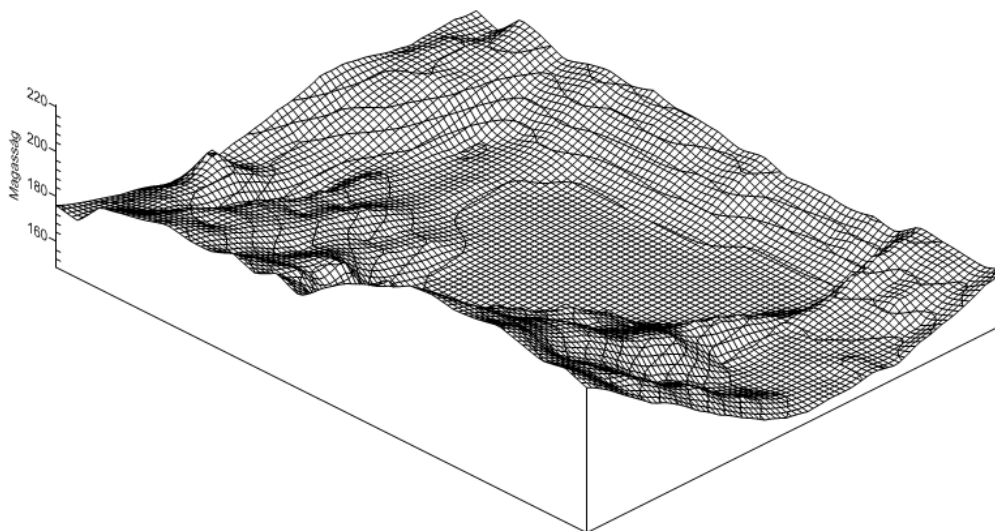
A területen természeti adottságok révén sok erdő volt, de az 1930-as években a bányászati tevékenység miatt a faállomány megritkult. Ma a területek nagy része mezőgazdasági művelés alatt van, a délnyugati fekvésű területeken különböző kultúrnövények, valamint gyümölcsök termesztése folyik. A vizsgálandó terület részletesebb megismeréséhez, igénybe vettem térinformatikai adatbázisok segítségét. Az Országos Területfejlesztési és Területrendezési Információs Rendszer (TeIR) adatbázisában végrehajtott lekérdezések után megállapítottam, hogy a vizsgálandó terület a Nemzeti Ökológiai Hálózat része, azon belül pedig ökológiai folyosóként van nyilvántartva. Ecséd község területének a nagy része nitrát érzékeny. A lekérdezések eredményei az 1. számú melléklet 1. számú ábráján láthatóak. Az Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer (OKIR) segítségével, a vizsgálandó terület körüli vállalkozások környezetvédelmi adataira hajtottam végre lekérdezést. A két térinformatikai adatbázisból nyert adatokat összevetve készítettem el, a vizsgálandó területre és környékére vonatkozó területhasználati térképet. A területhasználatra vonatkozó térkép az alábbi 2. számú ábrán látható.



2. számú ábra: Területhasználat (saját szerkesztés)

A Vég-tó északi részén lakott terület, nyugati és déli részén erdőterület, a keleti részén közlekedési út, az Ágói-patak, és mezőgazdasági terület található. A vizsgálandó terület közelében 6 olyan vállalkozást találtam, amely adatokat szolgáltat az illetékes Környezetvédelmi és Természetvédelmi Vízügyi Felügyelőségnek. A vállalkozások építőiparral, bútorgyártással és fémmegmunkálással foglalkoznak, valamint egy települési szilárd hulladéklerakó és egy szennyvíztisztító telep található a környéken. Az Országos Környezetvédelmi Információs Rendszerben a határozatok között megtalálható, hogy Rózsaszentmárton községi szennyvíztisztító telepre, az Észak-magyarországi Környezetvédelmi és Természetvédelmi Vízügyi Felügyelőség 2008-ban és 2009-ben vízszennyezési bírságot szabott ki. A helyszín bejárás során GPS készülék (GPSMAP 62s) segítségével pontokat vettem fel, majd a pontokhoz tartozó magassági adatokat rögzítettem. Az 500 darab szélességi és hosszúsági koordináta-hoz rendelt magassági viszonyok alapján elkészítettem, a vizsgálandó terület domborzati viszonyait ábrázoló térképet. A térképet Golden Software Surfer 10 nevű térképszerkesztő program segítségével készítettem el. A tó környezetének domborzatát ábrázoló térkép a 3. számú ábrán látható.

Ecsédi Vég-tó és környezetének domborzata



3. számú ábra Ecsédi Vég-tó környezetének domborzata (saját szerkesztés)

2.2 Éghajlat

A vizsgált terület évi középhőmérséklete 10,5 °C. A legmelegebb hónap a július és az augusztus. Ezekben a hónapokban a maximális hőmérséklet több esetben meghaladja a 32 °C-t. A leghidegebb hónapok a január és a február. A minimális hőmérséklet többször -15 °C alatt van. Az évi átlagos csapadékmennyiség 500 mm körül van. A csapadék évesjárására jellemző, hogy a minimuma általában januártól márciusig, a maximuma pedig júniusban alakul ki. A minimum érték 20 mm és 40 mm, a maximum érték 80 mm és 100 mm között van. Heves és nagy csapadékokat adó zivatarok a Mátra déli lejtői közelében alakulnak ki. A hótakaró november végén, december elején érkezik. Megszűnése általában február végén, március elején következik be. A hótakaró maximális vastagsága elérheti a 30-40 cm-t is.

2.3 Geológia

A vizsgált terület a Mátra lábánál helyezkedik el. A Mátra, a Kárpátok belső vulkáni koszorújának tagja, az Északi-középhegység része. (KORBEL & NOVÁK 2004) "Alakját, az utólagos szerkezeti mozgások és az erózió jelentősen átalakították, elsősorban a bádeni andezit vulkánosság hozta létre. A pannon korszakban a Mátra déli előterében rakodott le jelentős mennyiségű üledék. Az alsó pannon üledékek csak mélyfúrásokból ismertek, a felső pannon rétegek azonban a Mátra déli peremén helyezkednek el, elsősorban vulkáni kőzetekre települve. A partközeli felső pannon üledékek zárják magukba a lignittelepeket, amelyeket korábban mélyműveléssel bányásztak Petőfibánya, Rózsaszentmárton, Szűcsi környékén, illetve amelyeket először Rózsaszentmárton és Ecséd, napjainkban pedig Visonta környékén hatalmas külszíni bányákban fejtenek. Ezek a lignit telepek a kiédesedő Pannon-beltenger sekélyvízi, parti, mocsaras területein jöttek létre." (DÁVID 2011)

A tó, ahogy már azt a helyszín bemutatása során említettem, a lignitbánya záró gödrében alakult ki. A terület történetét elemezve fény derült arra, hogy a bányászatot gazdasági okok miatt állították le. A geológiai leírások alapján a tó medrének majdnem egészét egy szénfal öleli körbe. A tóba a vízutánpótlás 9 forrásból érkezik, amelyek e szénfalon áramlanak keresztül. (PIROS 1987) Ez a szénfal egy természetes szűrőként funkcionál és tisztítja a tóba érkező vizet. A tó, ahogy azt már említettem, bányászati tevékenység következtében jött létre. A tavakkal fogalakozó tudományág a limnológia. A limnológia az a tudományterület, amely az édesvizekkel, mint komplex fizikai, kémiai és biológiai komponensek kölcsönhatása által létrejövő rendszerekkel foglalkozik. Az állóvíz földrajzi fogalom, amely az olyan vizeket jelenti, melynek nincs, vagy csak kismértékű a természetes lefolyása. Leggyakoribb és legismertebb képviselői a tavak. Az állóvíz, mederben vagy földfelszíni mélyedésben levő, jelentős mennyiségű víztömeg, amelynek jellege és állapota a befolyó vizek tisztaságától vagy szennyezettségétől, és hordaléktartalmától függ. (MICHAEL ET. AL. 2008)

A tavakat többféleképpen lehet osztályozni, lehetnek:

- természetesek
 - tó, mocsár, láp
- mesterségesek
 - tározó, bányató, halastó, horgásztó

2.4 Vízanalitika

Az általam vizsgálni kívánt terület tényfeltárása során az egyik nélkülözhetetlen vizsgálati módszer az analitikai kémia. Az analitika kémia a kémiai információszerzés egyik eszköze. (LÁNG ET. AL. 1993) Két fő részre van:

- minőségi (kvalitatív) elemzés
- mennyiségi (kvantitatív) elemzés

A kvalitatív analízis feladata egy adott anyag ismeretlen kémiai elemi összetevőinek a meghatározása. A kvantitatív analitikai kémia feladata az anyagok elemi összetételének, azok viszonylagos súlybeli mennyiségének a megállapítása. (HTTP2)

Ebből fejlődött ki a vízanalitika, az analitikai kémia egyik ága, amely a vizek fizikai, kémiai és biológiai összetételének a meghatározásával foglalkozik. (BARKÁCS ET. AL. 2012) A vízanalitika segítségével lehetőség nyílik a vizek minőségi jellemzésére, a pontos összetétel ismeretében pedig meghatározható a vízhasználat, vízvédelem, vízkezelés, vízelhelyezés. A vízben lejátszódó kémiai és fizikai-kémiai folyamatok feltárásával és a tudományos ismeretek összegzésével pedig a vízkémia foglalkozik. Ezen tudományágak gyakorlatban történő alkalmazásával valósulhat meg egy vizsgálandó víztest környezetanalitikai felmérése, majd a mérések eredményei alapján pedig az ok-okozati összefüggések feltárása és elemzése. Az analitikai kémiai vizsgálatok igen költségesek, ezért alaposan meg kell tervezni, hogy az adott környezeti mintából milyen komponenseket szeretnénk meghatározni. Ennek érdekében a vizsgálandó területről mindenfajta rendelkezésre álló információt be kell gyűjteni és a vizsgálatok tervezésénél fel kell használni. Abban az esetben, ha toxikus anyagok jelenléte feltételezhető a megszerzett információk alapján, akkor nem hagyható ki a vizsgálatok közül a műszeres analitika. A műszeres analitikai módszerek, az analitikai kémia mennyiségi elemzési módszereinek egy csoportja. A műszeres analitika a kémia területén az egyik leggyorsabban fejlődő ág az utóbbi évtizedekben. A vizsgálati módszerek közé tartozik például, a nem fémes szervesetlen komponensek esetében a fotometria, vagy a titrimetria, a fémes szennyezőknél az ICP vagy az atomadszorpciós spektroszkópia, szerves alkotórészek esetében pedig, a gáz- és magas nyomású folyadék-kromatográfia, illetve az e módszerekkel összekötött tömeg spektroszkópia. Ezt követően a dolgozat e fejezetében szeretném bemutatni az általam, a vizsgálataimhoz használt analitikai kémiai módszereket. (SZOBOSZLAY & KRISZT 2010)

2.5 Mikrohullámú roncsolás

A terepről begyűjtött üledékmintákat nedves mikrohullámú roncsolással készítettem elő az elemanalitikai vizsgálatra. A nedves mikrohullámú roncsolás a környezetanalitikában használt minta előkészítési eljárás. A nedves roncsolás időtartamában jelentős csökkenést lehet elérni a mikrohullám használatával. Mikrohullámú energiaközléssel, a minta hatékonyabb és gyorsabb felmelegítését érhetjük el. Az eljárás során egy hő- és nyomásálló műanyag köpenybe helyezzük a teflon edényt. Ez a nyomásnak ellenálló műanyag a poli-éter-éter-kezon, amelynek a rövidítése PEEK. A minta és roncsoló anyagok bemérése után a PEEK köpenyes bombát lezárjuk. Ezután a lezárt bombát az erre a célra kifejlesztett mikrohullámú szekrénybe helyezzük. A mikrohullámú energia közlése számítógépes vezérléssel történik. A mikrohullámú energiaközlés hatékonysága annak köszönhető, hogy mikrohullámú térben a dipólus molekulák (jelen esetben a vízmolekulák) nagy sebességű rezgő mozgást végeznek, dörzsölik egymást, és ezért a reakcióelegy gyorsan felmelegszik anélkül, hogy maga az edényzet melegedne. A mikrohullámú roncsolás alkalmazásával a minta előkészítésének ideje mintegy 20–25 percre csökkent. (POSTA 2010)

2.6 Induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométer

Induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrometria (ICP-OES), nyomelemek meghatározására szolgáló műszeres analitikai módszer. Atomokat, ionokat, molekulákat gerjeszthetünk elektromágneses úton, valamint láng, ív, szikra, vagy különböző úton előállított plazma segítségével. Az ily módon gerjesztett állapotba került atom, ion, vagy molekula elektromágneses sugárzás kibocsátása közben alacsonyabb energiaszintre kerül vissza, vagy esetenként alapállapotba kerül. A kisugárzott energia, hullámhossz szerint megoszlik. Az atomspektroszkópiai módszerek igen jó kimutatási képességgel rendelkeznek, mind az ultraibolya (UV), mind a látható (VIS) tartományban. Ezzel a módszerrel közel 70 elem kvalitatív és kvantitatív elemzése végezhető el. A vizsgálathoz a mintát el kell párologtatni, a kémiai kötéseket fel kell bontani, majd atomizálni kell a mintát, ehhez magas hőmérséklet szükséges, ugyanis a gerjesztés és ionizáció ekkor egyaránt végbemegy. Az atomemissziós spektrum a 170 nm-től a 780 nm-ig terjedő hullámhossz tartományra terjed ki. Ebbe a vákuum ultraibolya tartomány egy része, a közeli ultraibolya tartomány, valamint a látható tartomány esik bele. A legtöbb analitikai vonal 170 nm-től 450 nm-es tartományban helyezkedik el.

Kvalitatív elemzés megfelelő hullámhosszúságú színképvonalak megkeresésén alapul. A kvantitatív elemzést pedig arra alapozzuk, hogy a vonalak intenzitása és koncentrációjuk között egyenes arányosságot tételezünk fel. A színképvonalak sugárzási intenzitása függ a sugárforrás tulajdonságaitól, a párolgás, a gerjesztés és az atomizáció hatásfokától. Az ICP-égő (angolul torch) három koncentrikus kvarc csőből áll, amin 10-20 l/perc sebességgel argon gázt áramoltatunk. A csövek tetején merőlegesen elhelyezkedve egy 3 menetből álló vízhűtésű indukciós tekercs található, melyet egy 27 MHz frekvenciájú generátorral táplálunk. Az ICP argonfogyasztása magas, viszont a termikus mintaelpárologtatása révén, nem igényel külső energiaforrást. Lehetőséget nyújt szekvens, és szimultán sokelemes meghatározásra. (HORVÁTH 2013)

2.7 Ökotoxikológia

A tényfeltárása során a másik elengedhetetlen módszert az ökotoxikológiai vizsgálatokat is alkalmaztam a bemutatott területen. A környezetvédelem egy fontos feladata a környezetünkben jelen lévő toxikus anyagok kimutatása és a szennyezések feltárása. A környezeti elemek állapotát meghatározó komponensek ellenőrzésére és megfigyelésére a fizikai és kémiai paraméterek mérésén túl az élő szervezetek, mint bioindikátorok is alkalmas. (BOROS 1993)

Az ökotoxikológiai tesztszervezetek olyan élőlények illetve élőlényközösségek, melyek életfunkciói adott környezeti faktorokkal szoros korrelációban állnak, így ezek kimutatására alkalmazhatóak. (COX ET. AL. 1984) Két nagy csoportot különíthetünk el:

- aktív monitorok
- passzív monitorok

A passzív monitoringnál a vizsgálandó hely, adott élővilágából választják ki az alkalmas teszt példányokat. Ennek az eljárásnak az egyik előnye, hogy helyspecifikus flóra illetve fauna vizsgálható. Az aktív monitoring esetében bizonyos kritériumok alapján kiválasztott pontokra, adott időtartamra indikátorszervezeteket helyeznek ki. (DIVÉKY E. 2004) A szervezetek lehetnek negatív vagy pozitív indikátorok. A pozitív indikátorok tömeges elterjedésükkel jelzik a szennyezést, a negatív indikátorok pedig egyedszám csökkenéssel jelzik a környezeti problémát.

Az ökotoxikológiai vizsgálatok nem egyenként mérik fel a megtalálható komponensek hatását, hanem arra adnak választ, hogy az életfeltételeket biztosító víz, a benne található összes komponenssel együtt, hatással van-e a különféle vízi élőlények életfeltételeire, s ha igen, milyen mértékű ez a hatás. Az ökotoxikológiai vizsgálatok során olyan indikátorszervezeteket használunk, amelyek a környezetben előforduló toxikus anyagokra valamilyen biológiai választ adnak. Ez követően az eredményből egy következtetést lehet levonni, a toxikus anyagok jelenlétére és veszélyességére vonatkozóan. Vízi rendszerek vizsgálata során azt kutatják, hogy eredeti töménységben, illetve egy ismert hígítási sormentén hígítva a mintát, meghatározott idő alatt az indikátorszervezetek hány százaléka pusztul el. A kémiai analitikai módszerek és az ökotoxikológiai eljárások egymás kiegészítői.

Egy terület teljes környezeti állapotának a felméréséhez elengedhetetlen, hogy mindkét módszert párhuzamosan alkalmazva végezzük el a feltárást. Mindkét módszernek több előnye és hátránya van. Az ökotoxikológiai módszerek előnyt élveznek abban az esetben, ha nagy mennyiségű szerves és szervetlen szennyező anyag van jelen a vízben, mert gyakorlatilag lehetetlen minden komponens és az összes bomlástermék analitikai vizsgálatát elvégezni. Előnyt jelent még az is, hogy a rendkívül alacsony koncentrációban jelen lévő toxikus anyagokat is meg lehet határozni.

Végezetül a bioindikációs vizsgálatok viszonylag kis költségigényűek, így tökéletesen alkalmazhatók az előzetes feltárások során is. Ennek a módszernek az alkalmazásával pénzt lehet megtakarítani, mert nem kell a vizsgálandó terület egészén a drága kémiai analitikai vizsgálatokat elvégezni, csak a nagymértékben szennyezett részekben. A kémiai vizsgálatokat ezzel szemben nem zavarják az időjárási körülmények, mivel nem használnak élő szervezeteket, így az ebből adódó érzékenység sem befolyásolja a mérési eredményeket. Végezetül, a kémiai módszerek egyik legnagyobb előnye, hogy pontos információt adnak a szennyező anyagok mennyiségéről. (SZOBOSZLAY & KRISZT 2010)

2.8 Vízminőség és minősítés

A vizsgálataim során az egyik célom, hogy meghatározzam a Vég-tó és az Ágói-patak vízminőségét. A vizek minősége általában a víz fizikai, kémiai, biológiai és bakteriológiai tulajdonságaiból határozható meg együttesen. A vizek minőségének a meghatározásakor fontos tényező a szakszerű mintavételezés, a helyszíni és laboratóriumi fizikai, kémiai és biológiai vizsgálatok. A víz fizikai tulajdonságai közé tartozik a hőmérséklet, az átlátszóság és a szag.

A víz kémiai tulajdonságai, pedig a benne található oldott szerves és szervetlen anyagokkal, az összes oldott anyagtartalommal, más néven a halobitással jellemezhető. A biológiai tulajdonsága a szervesanyag-termeléssel a trofitással, és a szerves anyag lebontó képesség a szaprobitással jellemezhető. (CLEMENT 2007) A vizeket többféleképpen rendezhetjük csoportokba a minőség alapján. A vizeket osztályozhatjuk a különböző célra való felhasználásuk alapján, mint például ivóvíz, ipari víz, öntözővíz. A vizek minőségi osztályba sorolása történhet előírások alapján, mint például az MSZ 12749:1993 szabvány vagy 10/2010 VM rendelet (a felszíni víz vízszennyezettségi határértékeiről és azok alkalmazásának szabályairól) szerint. A jogszabályban a vízfolyások és az állóvizek kategóriába történő besorolása után, a vizsgálni kívánt paraméterek vízszennyezettségi határértéke leolvasható. A vízfolyásokra 8, az állóvizek besorolására 17 kategória áll rendelkezésre. A típusbesoroláshoz segítséget nyújt a felszíni vizek megfigyelésének és állapotértékelésének egyes szabályairól szóló 31/2004. KvVM rendelet. A szabvány meghatározza a mintavételi szelvényeket, a vizsgálandó paramétereket, a vizsgálatok gyakoriságát, a mérési módszereket és a vízminősítés alapelveit is. A szabvány, a vízminőségi jellemzők között öt csoportot különböztet meg. Ezek a csoportok a következők: (MSZ 12749:1993)

- A csoport: oxigénháztartási jellemzők
- B csoport: nitrogén- és foszforháztartási jellemzők
- C csoport: mikrobiológiai jellemzők
- D csoport: mikroszennyezők és toxicitás
 - o D1 alcsoport: szervetlen mikroszennyezők
 - o D2 alcsoport: szerves mikroszennyezők
 - o D3 alcsoport: toxicitás
 - o D4 alcsoport: radioaktív anyagok
- E csoport: egyéb jellemzők

A vizek minősítése egy öt osztályos rendszerben történik. A vízminőségi csoportok a következőképpen alakulnak: (ZSENI & BULLA 2002)

- I. osztályú kiváló minőségű víz
 - Ez a szint gyakorlatilag a természetes állapotot jelenti.
- II. osztályú jó minőségű víz
 - A víz külső szennyező anyagokkal és biológiailag hasznosítható tápanyagokkal kismértékben terhelt.
- III. osztályú tűrhető minőségű víz
 - A víz mérsékelten szennyezett, eutrofizálódást eredményező mértékben tartalmaz szerves és szervetlen tápanyagokat.
- IV. osztályú szennyezett minőségű víz
 - A víz nagy mennyiségben tartalmaz szennyező anyagokat és szennyvízbaktériumokat.
- V. osztályú erősen szennyezett víz
 - A víz erősen terhelt szennyező anyagokkal, esetenként toxikus jellegű.

A mintavétel során vett vízmintákat e kategóriákba soroltam be, a vizsgálatok eredményei alapján. A vízminőségi jellemzők csoportjaiban több fontos komponens van jelen. A vízminőség szempontjából fontos paraméterek között szerepel a nitrogén és foszfor mennyisége a vizekben, mivel ezek jelentik az autotrof táplálkozású szervezetek tápanyagforrását. A nitrogén- és foszfortartalom növekedésével párhuzamosan a vízi ökoszisztéma első lépcsőjét alkotó fitoplanktonok száma is növekedésnek indul, és ez emeli a vizek trofitását. A fitoplanktonok a víz minőségében fontos szerepet játszanak, mivel elhalásuk és lebomlásuk oxigént von el a vízből, ezért a nitrogén- és foszforháztartás szorosan összefügg a vizek oxigénháztartásával. A vizek nitrogén- és foszforháztartását a különböző nitrogénformákkal, míg az oxigénháztartást az oldott oxigéntartalommal, az oxigéntelítettséggel, biológia és kémiai oxigénigénnyel, valamint a szaprobitási indexszel lehet jellemezni. A mikrobiológiai vízminőség jellemzésére a coliform-szám a legelterjedtebb, amely az egységnyi vízmennyiségben előforduló coli-baktérium számot jelöli. A szerves mikroszennyezők azok az anyagok, amelyek már igen kis mennyiségben is káros hatásúak. Az íz és szagrontó hatásuk mellett többnyire mérgezőek, rákkeltőek és a tápláléklánc összes résztvevőjét károsítják.

Természetes folyamatok eredményeképpen eddig is bekerülhettek a mikroszennyezők a vizekbe, például a kőzetek bomlása, növényi részek korhadása, algák anyagcseréje során. Azonban a különféle emberi tevékenységek eredményeképpen a mennyiségük, és különösen a szerves szennyezők mennyisége jelentősen megnőtt. A szabványon alapuló hazai mérések estében három szerves (kőolaj és termékei, fenolok, anionaktív detergensok) és hét szervetlen (cink, higany, kadmium, króm, nikkel, ólom, réz) mikroszennyező vizsgálatával foglalkoznak. Az egyéb jellemzők között a pH-t, a vezetőképességet, a nehézfémeket, mindenekelőtt a vas és a mangán mennyiségét mérik. (FÖLDESSY ET AL. 2008)

2.9 Előzmények

Ahhoz, hogy tisztább képet kaphassak a vizsgálandó terület környezeti terheléséről és ökológia állapotáról kutatásokat végeztem, hogy az elmúlt időszakban készítettek-e felmérést vagy vizsgálatot a patakról, a tóról vagy a környezetükről. Az irodalmi adatok feltárás során kettő, az Ágói-patak és környezetével foglalkozó tanulmányra bukkantam rá. Az első forrás „A víz keretirányelv hazai megvalósítása vízgyűjtő-gazdálkodási terv Tisza részvízgyűjtő” című tanulmány, amelyet 2010-ben írtak. A második kiindulópont, pedig a Szent István Egyetem hallgatója Juhász Mária által 2009-ben készített szakdolgozat volt, amelynek a címe „Az Ágói-patak és az ásott kutak vízminősége Ecséd településen”. Elsőként a vízgyűjtő-gazdálkodási tervet elemeztem részletesen. A terv mellékletében lévő táblázatban a vízfolyások közt megtaláltam az Ágói-patak vizsgálatára vonatkozó adatokat. A patak ökológiai és kémiai állapotának az értékelése a nem jó minősítést kapta. A patak vizében a határértéknél nagyobb koncentrációban mértek nitrit nitrát és ammónium tartalmat. A nagy ammónium és nitrit tartalomról friss szennyezésre lehet következtetni, a nagy nitrát tartalom, pedig régebbi szennyezésre utal. Minkét szennyező komponens egyidejű jelenléte arra utal, hogy a patakot egy folyamatos szennyező forrás terheli. A minősítést a tanulmány azzal indokolta, hogy a csatornázottság és a szennyvíztisztítás a patak folyása menti településeken nem teljes körű. A víztest kategóriája erősen módosított, mert az érintett településeken árvíz biztonság érdekében, a víztest mentén I. rendű árvédelmi töltés építettek ki. A tanulmányból az is kiderül, hogy a vízfolyás mentén elhelyezkedő védett természeti területek károsodtak a fentebb említett okok miatt. A vizsgálatok elvégzése után több alap és távlati intézkedést is javasolnak a tanulmány készítői.

Az elődleges alap intézkedések között szerepeltek a következő tételek:

- Csatornázás, vagy szakszerű egyedi szennyvíztisztítás és -elhelyezés megoldása az érintett településeken.
- Meglévő, már elhasználdott csatornahálózat rekonstrukciója.
- Szakszerű szennyvíziszap elhelyezés és hasznosítás megoldása az érintett településeken.
- Illegális kommunális szennyvízbevezetések megszüntetése.
- Károsodott, víztől függő védett élőhelyek védelme, rehabilitációja érdekében a felszíni vízhasználatok érintő beavatkozások megtétele.
- Élőhelyek állapotának felmérése, a károsodás okainak feltárása, jelentősen károsodott víztől függő élőhelyeknél kezelési, fenntartási terv kiegészítése, készítése, javaslatok további intézkedésekre.
- Vízfolyások medrének fenntartása.
- Állattartótelepek korszerűsítése, a trágyaelhelyezés és hasznosítás megoldása.
- Lakosság széleskörű tájékoztatása a környezeti problémákról és hatásaikról valamint a lehetséges megoldási lehetőségekről.

Véleményem szerint itt az elsődleges intézkedések között is egyfajta prioritási sorrendet kellene felállítani. Az első és legfontosabb dolog a lakosság tájékoztatása, hiszen ha az emberek nem tudják, hogy az intézkedések amelyeket hoznak mi célt szolgálnak, akkor nem fogják azokat elfogadni és támogatni legfőképpen végrehajtani. Meg kell az emberekkel értetni a környezetük védelmének a fontosságát, mert anélkül hiába valósítja meg az önkormányzat a csatornahálózatot, az emberek a költségek miatt nem fognak rákötni. Tudatosítani kell az emberekkel azt is, hogy milyen nagy veszélyt jelent és mekkora károkat lehet okozni a felszíni vizekbe történő illegális csatorna bevezetésekkel. Abban az esetben, ha értik, felismerik a helyzet és az intézkedés fontosságát, akkor szívesebben teszik meg a megfelelő lépéseket. Véleményem szerint, ha ez meg van, akkor lehet belekezdeni a csatornahálózat kiépítésébe. Gazdasági oldalról nézve az ilyen rendszerek kiépítése igen nagy költséget jelent a települések számára. A vidéki kisebb települések esetében több pénzügyi problémát is jelenthet egy ilyen nagyszabású beruházás, mint például csatornahálózat kiépítése vagy egy szennyvíztisztító telep kiépítése.

A települések gazdasági problémái a következők lehetnek:

- Aránytalanul magas gazdasági terhek.
- Megfizethetőségi problémák.
- Finanszírozási problémák.

Abban az esetben, ha több település, együttesen épít fel egy szennyvíztisztító telepet, akkor a beruházási és a fenntartási költség is kevesebb lesz. A települések csatornahálózatának a kiépítéséhez az önkormányzatok, pályázatok útján igénybe vehetnek állami és európai uniós forrásokat is. Ha a település már régebben rendelkezett csatorna hálózattal, csak már elhasználódott, akkor első esetben meg kell vizsgálni, hogy lehetséges-e a régi hálózat rekonstrukciója. Amennyiben igen, akkor pénzt és erőforrást lehet megtakarítani a megfelelő intézkedés segítségével.

Az előbb említett intézkedéseken kívül fontos az élőhelyek állapotának rendszeres időközönként történő a felmérése, mert ezzel az esetlegesen felmerülő szennyezésekről előbb lehet tudomást szerezni és károsodást csökkentő intézkedéseket tenni. A távlati intézkedések között a következő szempontok szerepelnek:

- Erózió-érzékeny területre vonatkozó művelési mód és művelési ág váltás.
- Nitrát-érzékeny területekre vonatkozó művelési mód és művelési ág váltás.
- Vízvisszatartás belvíz-érzékeny területeken a belvízelvezető-rendszer használata nélkül, művelési mód és művelési ág váltással.
- Csapadék-gazdálkodás, beszivárgás növelése egyéb területeken.
- Víztakarékos növénytermesztési módok alkalmazása.
- Vízfolyások mellett vízvédelmi puffersáv kialakítása és fenntartása.
- Kommunális hulladéklerakók rekultivációja.
- Belterületi csapadékvíz-gazdálkodás.
- Belterületi jó vízvédelmi gyakorlatok megvalósítása.

Véleményem szerint a távlati célok közt szereplő Erózió-érzékeny területre vonatkozó művelési módra és művelési ágra történő váltást az elsődleges célok közt kellene felsorolni, mert ezáltal hatékonyabban lehetne csökkenteni a terület mezőgazdasági irányú terhelését. A tanulmány megállapításaiból, azt a következtetést lehet levonni, hogy a patak környezeti és ökológiai állapot nem megfelelő.

Ezt túlnyomó részben az okozza, hogy az érintett településeken a csatornázottság szintje nem kielégítő. Az említett probléma nem egyedi eset, mivel az országban több olyan rész is van ahol a közműöllő még túlságosan nyitott. A közműöllő a közműves vízellátásba bekötött és a csatornahálózatra kötött lakosság arányát fejezi ki. A fejlesztési programoknak köszönhetően, ami ebben a felmérésben is látszik, a településeken az elsődleges célok között szerepel a csatornahálózatok kiépítése és ezzel elkezdi záródni a közműöllő. A tanulmányban felsorolt intézkedések megvalósításával a patak környezeti és ökológiai állapota már rövid távon is javítható. A vizsgálat során felsorolt összes cél megvalósítására a tanulmány készítői 2021 határidőt állapítottak meg. Ezt a hosszú határidőt több tényező összevetésével határozták meg. Az okok között szerepel:

- Gazdasági helyzet
- Pályázati forrás hiánya
- Társadalmi korlát
- Megvalósítási viták
 - o Beruházás megvalósítójának kiléte
 - o Megvalósítás helyszíne

A felsorolt okok megoldása hosszabb időt vesz igénybe. A problémák között megjelent a társadalmi ellentét is. Ezért fontos a lakosság tájékoztatása, amit már a fejezet korábbi részében említettem. Ha megfelelő lett volna a lakosok tájékoztatása, talán jobban elfogadják a beruházással kapcsolatos tényeket.

A másik forrás a Szent István Egyetem hallgatója Juhász Mária által készített szakdolgozat volt. A tanulmány nem vizsgálta a patak egészét, mint azt az előző értekezés tette, hanem csak Ecséd község közelében lévő folyószakaszt. A dolgozat kereti között vizsgálta az Ágói-patak és a településen található ásott kutak vízminőségét. A vizsgálatok szerint már ebben az időszakban is jelentkezett az előző tanulmányban említett probléma a patak környezeti állapotát illetően. A patak és a kutak vizében nagyobb nitrát és ammónium értékek jelentek meg. Ennek az oka a csatornahálózat megfelelő kiépítettségének a hiánya. Abból a tényből, hogy az ásott kutak vizében is megjelent az említett probléma, arra lehet következtetni, hogy a településen az emésztő gödrök nem megfelelően vannak kialakítva.

Így e tárolókból a szennyvíz beszivárog a talajba, majd ezt követően bekerül a talajvízbe és végül a patak vizébe is. A dolgozat készítője szerint is az elsődleges feladat a csatornahálózat megfelelő szintű kiépítése. Ha ezt a feladatot az önkormányzat megvalósítja nagymértékben javulni fog a felszíni és a felszín alatti vizek kémiai állapota. Összegezve a tanulmányok eredményeit és következtetéseit, mindkét értekezés hasonló eredményre jutott. A patak ökológiai és környezeti állapota nem megfelelő, ennek a legfőbb oka a csatornázottság hiánya. A legnagyobb feladat, amely a települési önkormányzatok előtt áll a megfelelő csatornahálózat és szennyvíztisztító egységek kiépítése. Mindkét tanulmány jó alapot szolgáltatott a vizsgálataim elvégzéséhez.

2.10 Vizsgált komponensek

2.10.1 Ammónium-ion

Az ammóniatartalom a szerves szennyezések egyik legfontosabb jelzője. Az ammónium vegyületek a nitrogéntartalmú anyagok, legfőképpen fehérje vegyületek bomlásaként keletkeznek. Az ammónia a vizekben többféle folyamatból származhat. Legfontosabbak a kémiai és mikrobiológiai folyamatok. Az oxidációs-redukciós folyamatok során dől el, hogy milyen vegyület formájában oldódik a nitrogén. Az ammónia gáz (NH_3) vízben oldódik és ebben az esetben lúgként viselkedik, mivel proton felvételére képes, majd ezt követően ammóniumion képződik (NH_4^+). A folyamat megfordítható az oldat pH-jának megváltoztatásával. A vízben a szabad ammónia és az ammónium-ion koncentrációjának arányát a víz pH-értéke szabja meg. Ez a megoszlás ökológiai szempontból is nagyon fontos tényező, mert a szabad ammónia erős sejtmérgező és a pH növekedésével aránya növekszik. A vizekben csak kis mennyiségben szoktak előfordulni természetes körülmények között.

Abban az esetben, ha nagyobb mennyiségben mérhető a vizekben, akkor az arra enged következtetni, hogy esetlegesen háztartási vagy ipari szennyvíz bevezetés, műtrágya használat során kerül a víztestbe. Az ammóniumion a felszíni vizekben kis mennyiségben, a vegetációs időszakban előfordulhat. Az ammónia néha szerves eredetű is lehet. Ilyenkor nitrátokból és nitritekből kénhidrogénnel, két vegyértékű vassal, humusztartalmú organikus anyagokkal való redukció eredményeképpen keletkezik. (FEKETE & HORVÁTH 2011A)

2.10.2 Szulfát

Szulfát-ion az estek többségében található a vizekben, többnyire, mint a kalcium- és magnézium-ion kísérője. A szulfát-ion legnagyobb mennyiségben üledékes kőzetek oldódása útján kerül a vízbe. Gyakran keletkezik szulfát-ion a fém-szulfidok, és a természetes kén oxidációja során, de belekerülhetnek ipari és háztartási szennyvizek útján is a felszíni vizekbe. Az utóbbi esetben a szulfát-ion a fehérjék kén tartalmának az oxidációjából is származhat, és mint ilyen, régebbi szennyeződésre utal, amikor már a vízbe került patogén baktériumok elpusztulhattak. Jól oldódó vegyületeket képező szulfát sók a nátrium-szulfát és magnézium-szulfát. Kalcium-ionnal képzett sója a gipsz, rossz oldhatósága miatt kevésbé fordul elő. (FEKETE & HORVÁTH 2011B)

2.10.3 Kloridion

A kloridion a legtöbb vízben megtalálható, alapvetően geológiai eredetű. Felszíni vizekben rendszerint kis mennyiségben fordul elő, nagy mennyiségű kloridion tartalom házi- vagy ipari szennyvíz hatását mutatja, de ebben az esetben még kimutatható a vízből ammónium-ion, nitrát valamint megnövekedett oxigénfogyasztás. A szennyezetlen felszíni és felszínközeli vizekben a kloridionok mennyisége jóval 100 mg/l alatt van. A szennyezett vizekben a több 100 mg/l-t is elérheti a mért érték.

(FEKETE & HORVÁTH 2011C)

2.10.4 Vas

A vas a felszíni és felszín alatti vizek természetes alkotóeleme, koncentrációja a vízgyűjtő terület geológiai adottságaitól és hidrológiai körülményektől függ. A felszíni vizek nagy mennyiségű vastartalmát bányavizek, vagy ipari szennyvizek okozhatják. Ilyen jellegű szennyező hatást fejtenek ki különösen a fémfeldolgozó, a külszíni bányászatok, továbbá a pácoló üzemek szennyvizei. A természetben lejároló folyamatok során a vas legtöbbször vastartalmú talajokból és kőzetekből kerül a vízbe, főleg a hidrogénkarbonát- és szulfát-ionok kísérőjeként. (FEKETE & HORVÁTH 2011D)

2.10.5 Keménység

A természetes vizek keménységét a bennük oldott állapotba lévő kalcium- és magnézium-ionok okozzák. A víz keménységét előidéző sók abban a mennyiségben, amennyiben a vízben előfordulnak, nem károsak az emberi szervezetre, mégsem kívánatos, hogy a víz keménysége bizonyos mértéket meghaladjon. A keménységet okozó sók ugyanis meggátolhatják a víznek egyes háztartási és számos ipari célra való felhasználását. A vízben általában mindig jelenlévő kalcium- és magnézium-hidrogén-karbonátok, az ugyancsak jelenlévő szén-dioxiddal egyensúlyban vannak. Ha a szén-dioxid mennyisége az egyensúlyi koncentrációnál kisebb, akkor kalcium- ill. magnézium-karbonát válik ki, ha pedig nagyobb, akkor a víz erősen korrózív tulajdonságúvá válik (GRAY 2009). Amennyiben tehát az egyensúlyhoz szükséges mennyiségen túl található CO_2 a vízben, azt agresszív szén-dioxidnak nevezzük. A keménységet okozó kalcium- és magnézium-sók a talajban, karbonátok formájában általában megtalálhatók, de csak akkor oldódnak, ha a víz agresszív széndioxidot tartalmaz. Elsősorban a szennyezett talajokból, ahol az oxidáció végterméke a széndioxid, fog nagyobb mennyiségben keménységet okozó só a vízben oldódni. A víz keménysége tehát nem egyedül a talaj összetételétől, hanem a víztartó rétegben található kémiai körülményektől is függ. (FEKETE & HORVÁTH 2011E)

2.10.6 Nitrit

A természetes vizekben az ammónia nem képez stabil vegyületet, mivel oxigénnek a jelenlétében nitrifikáló baktériumok hatására nitríté alakul. A nitrit-ion a természetes vizekbe ipari szennyvizekkel és a házi szennyvizek fekáliás szennyezésével kerül. A nitrifikáció során a nitrit gyorsan tovább oxidálódik nitráttá, ezért a felszíni vizeknek természetes nitrit tartalma nincs vagy általában alacsony 0,001-0,1 mg/l. A nitrit viszont már kis koncentrációban is veszélyes anyag (DUKAY 2000)

2.10.7 Nitrát

A nitrát a nitrogén tartalmú szerves anyagok oxidációjának végső terméke. A nitrát-ion jelenléte azt mutatja, hogy a felszíni vagy felszín közeli víz szerves hulladékkal már szennyeződött. Eredet visszavezethető szervesetlen nitrátot tartalmazó ásvány, mint például a salétrom kilugzására is. A nagy nitrát koncentráció a mértéktelen műtrágyázásnak, rovarirtószer-használatnak, valamint a szennyvíz nem megfelelő kezelésének eredménye. A nitrát a növények számára igen fontos tápanyag, míg az emberi szervezet számára nagy mennyiségben mérgező. (DUKAY 2000)

2.10.8 Lúgosság

A széndioxid a különböző vizekben általában három formában található:

- nem disszociált alakban vízben oldott szén-dioxid gáz formájában
- disszociált alakban hidrokarbonát- és karbonátió formájában.

Ezek alapján beszélhetünk szabad, hidrokarbonátió és karbonátió formájában kötött széndioxidról. A szén-dioxid e három formáját, összefoglaló néven összes széndioxidnak nevezzük. A természetes víz rendszerint a kis mennyiségű, légköri eredetű szabad széndioxidtól eltekintve, nagyrészt csupán kalcium- és magnéziumionokkal egyensúlyban lévő hidrokarbonát iont tartalmaz. A szabad szén-dioxid-tartalom a környezeti hatások tekintetében jelentős mértékben változhat. Így például az erőteljes fotoszintézis hatására a szén-dioxid-tartalom csökken, a szerves anyagok biokémiai bomlásának eredményeként pedig emelkedik. A lúgosságot a vízben oldott kalcium-, magnézium-, nátrium- és kálium-hidrogénkarbonátok okozzák. Nátrium-karbonát, kalcium-, magnézium- és nátrium-hidroxid a természetes vizekben ritkán fordul elő, és ezért a természetes vizek lúgossága rendszerint hidrogénkarbonátokra vezethető vissza.

A hidrogén-karbonát a vizekben többnyire a kalcium és magnézium-ionokat kíséri és a nagymértékben elterjedt hidrogén-karbonátos vizeket képezi. A kalcium–magnézium-hidrogénkarbonátok csekélyebb oldhatósága következtében a vizek hidrogénkarbonát-ion tartalma általában nem nagy, karbonát-ion tartalma pedig rendszerint nincs. A nátrium-hidrogénkarbonát megjelenése a vizekben magmatikus kőzetek intenzív kilúgozódásával, vagy kalcium- hidrogénkarbonátos vizek és nátriumot tartalmazó kőzetek közötti cserebomlásokkal hozható kapcsolatba. A természetes vizek lúgossága általában 1-10 között van. (FEKETE & HORVÁTH 2011F)

2.10.9 Kémiai oxigénigény

Szerves anyagok a természetes vizekbe rendszerint állati és növényi eredetű bomlástermékként kerülhetnek. Manapság egyre több szerves anyag kerül az ipari szennyvizek révén is a felszíni vizekbe. A vizek oxigénfogyasztását főképpen a vízben lévő szerves anyagokra vezetjük vissza. Ezen elv alapján megállapítjuk azt az oxigén-mennyiséget, amely a vízben oldott szerves anyagoknak eloxidálásához szükséges. A felszíni vizek oxigénfogyasztása a tiszta vizek esetében néhány mg/l-ig terjed, a szennyezett vizek esetében ez a szám meghaladhatja a 20 mg/l-t is. (FEKETE & HORVÁTH 2011G)

3 Anyag és módszer

3.1 Mintavétel

A talaj- és üledékvizsgálatok célja, a növényi tápanyagszolgáltató kapacitás és a talajt ért szennyezések kimutatása. Mivel a vizsgálatoknak kétféle célkitűzése lehet, ezért már a mintavételkor el kell dönteni, hogy mi a vizsgálat elsődleges célja. A vizsgálataim során az esetleges szennyeződések feltárása volt az elsődleges cél. Felszíni vizek üledékének mintázásával több szabvány is foglalkozik.

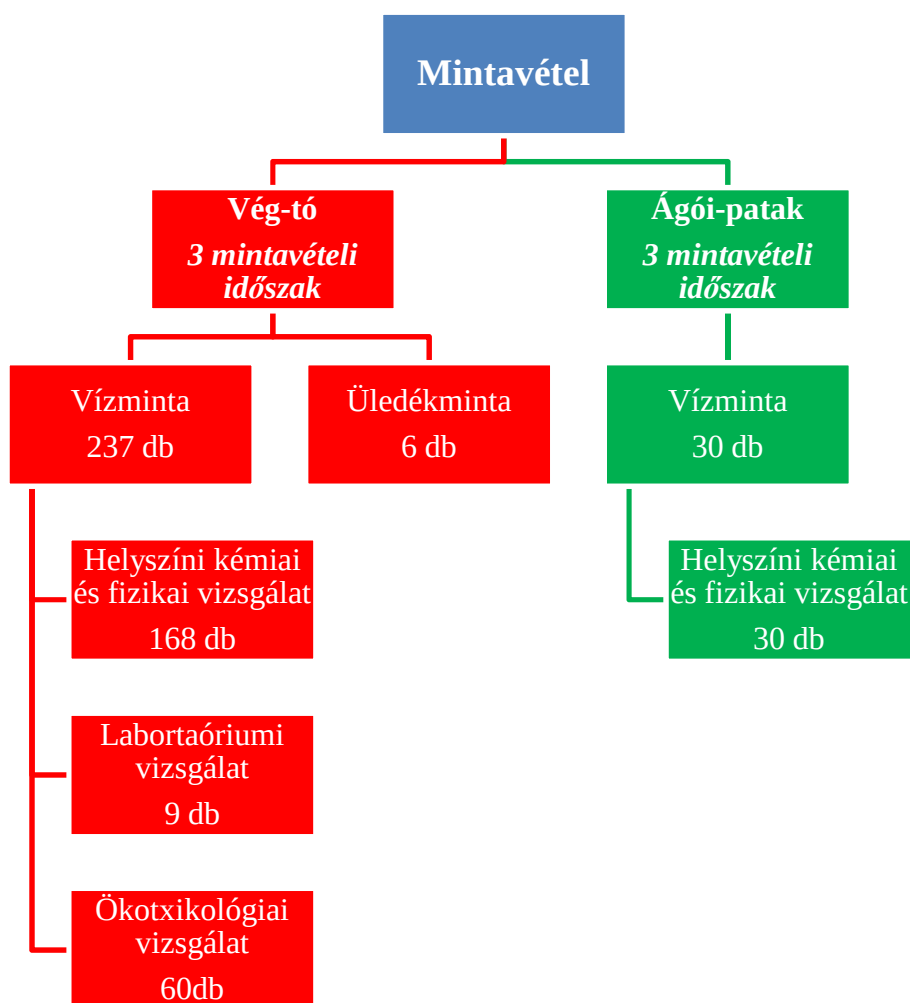
- MSZ 21470-50; Környezetvédelmi talajvizsgálatok. Az összes és oldható toxikus elem-, a nehézfém- és a króm(VI)-tartalom meghatározása.
- MSZ 12739/4-78; Felszíni vizek üledékének vizsgálata. Nehézfémek meghatározása.

A mintavételre vonatkozó szabványok azonban nem adnak mechanikusan követhető előírásokat, mert minden mintavételi terület más és más, ezért a mintavétel megtervezése során minden olyan információt és körülményt fel kell használnunk, illetve figyelembe kell venni, mely az adott környezeti probléma kialakulása szempontjából szerepet játszik. Az üledék mintavétel során pontminta vételezési eljárást alkalmaztam. (HELTAI 2010)

A vízvizsgálatok célja, a felszíni víztestet érő esetleges szennyeződések kimutatása és a víz minőségének meghatározása, valamint ellenőrzése. A környezetanalitikai vizsgálatok módszertanához készítettem egy ábrát, amely a 7. számú mellékletet 10. számú ábráján látható. A mintavétel során sorozatmintát vettem. Ez azt jelenti, hogy a víztestben egy adott pontról, és annak különböző mélységeiből vettem a mintákat. A mintákat polietilénből készült mintavételi edényekbe gyűjtöttem, majd a vizsgálatok megkezdéséig + 4 °C-on hűtőszekrényben tároltam. Egyes speciális komponensek későbbi laboratóriumi méréséhez elengedhetetlen volt a vegyszeres mintatartósítási módszerek alkalmazása.

A megfigyelt terület környezetanalitikai vizsgálata során, 3 mintavételi időszakra került sor. Az első mintavétel 2013 szeptemberében, a második 2014 áprilisában, a harmadik 2014 júniusában volt. A mintázott területek az Ecsédi Vég-tó, és az Ágói-patak egy adott szakasza. Az időpontokat úgy választottam ki, hogy a lehető legtöbb évszakban meg lehessen vizsgálni a területet. A mintavételi pontok helyszínének a kijelölésénél több szempontot is figyelembe kellett venni. A szempontok a következők voltak. A tó magántulajdonban van, és elsődlegesen, horgász tóként üzemel.

Ebből kifolyólag a tónak csak bizonyos részei merülhetőek búvárfelszereléssel, valamint csak meghatározott időpontokban lehet merülni. Figyelembe kellett még venni, hogy több mintavételi időszakban szeretnék vizsgálatot végezni a tavon, ezért olyan részt kellett választani, ami az év nagy részében merülhető, valamint a helyi adottságokat. A mintavételi pontokat ábrázoló térkép a dolgozat 2. számú mellékletének 2, 3 és 4. számú ábráján látható. A vizsgálandó területen 66 darab vízmintát és 6 darab üledékmintát vettem az egyes mintavételi időszakokban, a következő megoszlásban. A tóból 56 vízmintát és 6 darab üledékmintát, a patakból 10 darab vízmintát vettem. A tavi vízmintákat a víz felszínéről és 2 méter mélyről, a patakból származó mintákat pedig csak a víz felszínéről gyűjtöttem be. Az üledékmintákat a tóból búvárfelszerelés segítségével 1,5 m; 2,5 m; 4,5 m; 6 m; 8 m; 13 méter mélyről vettem. Az üledékminta vételnél nagy figyelmet kellett fordítani a merülés megtervezésére a nagy mélység, a hideg víz és a rossz látási viszonyok miatt. Az ökotoxikológiai vizsgálatok elvégzéséhez 20 vízmintát vettem mintavételi időszakonként.



4. számú ábra Mintavétel (saját szerkesztés)

3.1.1 Környezet

A tó, mint ahogy azt már előzőekben említettem magántulajdonban van, így egy körbekerített területen fekszik. A területre csak előzetes bejelentkezés alapján lehet belépni. A tónál tartózkodó horgászok és búvárok száma is korlátozott. A tavon a csónakok csak elektromos meghajtású motorral közlekedhetnek, a halak etetése is csak szigorú szabályok betartásával lehetséges. A terület rendezett és nagy odafigyeléssel folyamatosan gondozzák. A tó jobb partját nádas övezi a bal partját pedig fák és cserjék. A terület mellett autópálya halad el melynek a forgalma igen csekély. A patak folyása mentén a vizsgált partszakaszok hulladékkal szennyezettek főleg a települések közelében, lakott területen kívül pedig fákkal és cserjékkel sűrűn benőtt. A tóban a mintázott területen találhatók horgászstégek, csónakkikötő, sekély és mély víz, nádas és nyíltvíz. A tó látképe az alábbi 1. számú képen látható.



1. számú kép Vég-tó (saját fotó)

3.1.2 Mintavétel I.

Mintavétel helyszínéül Ecséden található Vég-tó, és a településen átfolyó Ágói-patak szolgált. A mintavételre 2013. szeptember 29.-én 10:00-órakor került sor. Az 56 darab vízmintát, 28 különböző mintavételi pontról gyűjtöttem be úgy, hogy a páratlan számú mintákat a felszínről, a páros számú mintákat pedig 2 méter mélyről vettem. A patakból a 10 darab vízmintát 10 különböző helyről gyűjtöttem be, a víz felszínéről. A mintavételt megelőző nap borús esős idő volt, a mintavétel napján a levegő hőmérséklete 18 °C volt és napos idő. A tó vizének hőmérséklete a felszín közelében 14 °C, a mélyebb részekben (13 méteren) 7 °C volt, színe átlátszó. A patak vizének a hőmérséklete 13 °C, színe zöld volt. A patak medrének az átlagos szélessége 1,2 méter, a vízállás átlagosan 7 cm volt. A patakban a szabad vízfelület aránya igen kicsi volt, nagy része vízínövénnyel borított. A vizsgált szakaszon a patak mentén több helyen illegális hulladék lerakatot észleltem. A tó vizének a színe zöld, a patak vizének a színe átlátszó volt. A búvárfelszerelés előkészítése és a merülés megtervezése után az üledékmintákat 1,5 m; 2,5 m; 4,5 m; 6 m; 8 m; 13 méter mélyről vettem.

Adatok		I. Mintavételi időszak	II. Mintavételi időszak	III. Mintavételi időszak
Időpont		2013.09.29	2014.04.26	2014.06.21
Levegőhőmérséklet		18°C	21 °C	28 °C
Légnyomás		1015,5 hPa	1003,2 hPa	1019,8 hPa
Víz hőmérséklet	Tó	14°C	16 °C	24 °C
	Patak	13 °C	14 °C	21 °C

1. számú táblázat Alapadatok (saját szerkesztés)

3.1.3 Mintavétel II.

A második mintavételre 2014. április 26.-án 10:00-órakor került sor. Az 56 darab vízmintát, szintén a 28 különböző mintavételi pontról gyűjtöttem be úgy, hogy a páratlan számú mintákat a felszínről, a páros számú mintákat pedig 2 méter mélyről vettem. A patakból, ahogy az első mintavétel alkalmával, a 10 darab vízmintát 10 különböző helyről gyűjtöttem be, a víz felszínéről. A mintavételt megelőző nap napos idő volt, a mintavétel napján a levegő hőmérséklete 21 °C volt és kissé borús idő. A tó vizének hőmérséklete a felszín közelében 16 °C, a mélyebb részekben 9°C volt, színe átlátszó. A patak vizének a hőmérséklete 14 °C, színe zöld volt. A patak medrének az átlagos szélessége 1,2 méter, a vízállás átlagosan 9 cm volt. A vizsgált szakaszon a patak mentén több helyen illegális hulladék lerakatot észleltem.

A patakban a szabad vízfelület aránya igen kicsi volt, nagy része vízínövénnyel borított. A tó vizének a színe zöld, a patak vizének a színe átlátszó volt.

3.1.4 Mintavétel III.

A harmadik mintavételre 2014. június 21.-én 10:00-órakor került sor. A vízmintákat a tóból és a patakból az előző mintavételek alkalmával megjelölt pontokon és módszerek alkalmazásával gyűjtöttem be. A tóból az előbbieken felsorolt mintákon kívül még 9 darab vízmintát vettem a laboratóriumi mérések elvégzéséhez. A mintavételt megelőző nap napos idő volt, a mintavétel napján a levegő hőmérséklete 28 °C volt és napos idő. A tó vizének hőmérséklete a felszín közelében 24 °C, a mélyebb részekben 14°C volt, színe átlátszó. A patak vizének a hőmérséklete 21°C, színe zöld volt. A patak medrének az átlagos szélessége 1,2 méter, a vízállás átlagosan 6 cm volt. A vizsgált szakaszon a patak mentén több helyen illegális hulladék lerakatot észleltem. A patakban a szabad vízfelület aránya igen kicsi volt, nagy része vízínövénnyel borított.



2. számú kép Mintavétel (saját fotó)

3.1.5 Üledékvizsgálatok

Az üledékminták előkészítése a vizsgálat szempontjából az egyik legjelentősebb pont. A mintákat az előkészítés előtt szobahőmérsékleten szárítottam. Első lépésként a légszáraz mintából eltávolítottam az idegen anyagokat, amelyek lehetnek például kavicsok vagy növényi maradványok. A mintát achát mozsárban eldörzsöltem, majd 0,2 mm lyukátmérőjű szitán leszitáltam.

A kiszitált mintát műanyag edénykébe helyeztem. Ebből a mintából kell elvégezni a szárazanyag tartalom meghatározást 105 °C-on, mivel a mérési eredményeket szárazanyagra kell vonatkoztatni. A vizsgálandó üledékből 0,25 g és 0,50 g közötti mennyiséget bemérek táramérlegen 2 tizedes pontossággal, majd teflon bombába helyezem a mintát. Ezt követően automata adagolófej segítségével hozzáadtam 5 cm³ tömény 65 %-os salétromsavat, és 2 cm³ 30 %-os hidrogén-peroxidot. A teflonbombát lezártam, és elhelyeztem a rotorban. A roncsolást mikrohullámú roncsoló berendezéssel végeztem melynek a típusa CEM MARS 5 volt. A magnetron frekvenciája 2455 MHz. A rendszer három különböző teljesítményszinten működhet (400W, 800W, 1600W) pulzálás-mentesen. Ez a gép programvezérelt, így a különböző műveletek végrehajtása automatikus. A roncsolást a következő program beállításával végeztem el:

- 20 perc felfutási idő (800 W, 180 °C és 450 PSI)
- 30 perc szinten tartás (800 W, 180 °C és 450 PSI)
- 15 perc visszahűlés

Miután a program lefutott, a teflonbombákat elszívó fülke alatt óvatosan felnyitottam. A savgőzök távozása után az oldatot 25 cm³-es mérőlombikba szűrtem, tölcser és 0,45 µm pórusméretű szűrő segítségével. A minta szűrése után, a teflonbomba tetejét kevés bidesztillált vízzel leöblítettem, és a szűrőpapírra töltöttem. Az előbbiekhöz hasonlóan teflonbombát is átöblítettem. Végül, egy kevés bidesztillált vízzel a szűrőpapírt is átöblítettem. Szűrés után az oldatot jelre állítottam nagy tisztaságú vízzel (Mili-Q Direct 16), majd a lombikot parafilmmel lezártam és összeráztam. Az oldatokat műanyag tárolóedénybe töltöttem át, és hűtőszekrényben helyeztem a vizsgálatig. A minták elemtartalmának meghatározását ICP-OES berendezés segítségével végeztem melynek a típusa Horiba Jobin Yvon volt.

Mérés megkezdése előtt a gépen be kell állítani a vizsgálni kívánt elemeket, azok hullámhosszát, majd meg kell adni a kalibrációhoz szükséges standard oldatok számát és koncentrációját, valamint a mérés egyéb paramétereit. A vizsgálandó elemek között szerepelt az alumínium, kadmium, króm, réz, vas, mangán, nikkel, ólom és a cink. A vizsgálatához használt kalibráló oldatsorozat MERCK CertiPUR 22 elemes ICP Multi Standard volt. Ezt követően a mintákból meghatározzuk a vizsgált elemek koncentrációját. Az üledék elemtartalmának a vizsgálatához tartozó számítások a dolgozat 3. számú mellékletében olvashatók.

3.1.6 Merülés

A tóban történt merülést minden alkalommal alapos tervezés előzte meg. A merülés előtt meg kellett tervezni a maximális mélységet, az ott eltölthető legtöbb időt és a merüléshez szükséges levegőmennyiséget. A merülés hossza 66 perc volt. A merülés végrehajtásához szükséges számítások a dolgozat 8. számú mellékletében olvashatóak. A merülést nehezítette a hideg és mély víz, valamint a nagyon rossz látási viszonyok. Ilyen körülmények között könnyű eltévedni és túllépni a megengedett mélységet, merülési időtartamot, valamint az emelkedési sebességet. Ezen tényezők bekövetkezése esetén igen nagy a dekompresziós betegség kockázata. A maximális merülési mélységnek a 13 m választottam. Ebben a mélységben a látási viszonyok nagyon rosszak, a víz hőmérséklete pedig 9 °C volt. Itt az iszapréteg nagy vastagságú, finomszerkezetű, fekete színű volt, amelyben több helyen vörös elszíneződést tapasztaltam. A mederfenék domborzatai viszonyait követve 8 m-re emelkedtem. Itt a látási viszonyok szintén rosszak voltak és a víz hőmérséklete is csak 10 °C volt. Az iszapréteg vastagsága az előző helyhez hasonlóan szintén nagy volt. Az üledék finomszerkezetű és fekete színű volt. A tó keleti partja felé haladva 6 m-en vizsgáltam újra az üledéket.

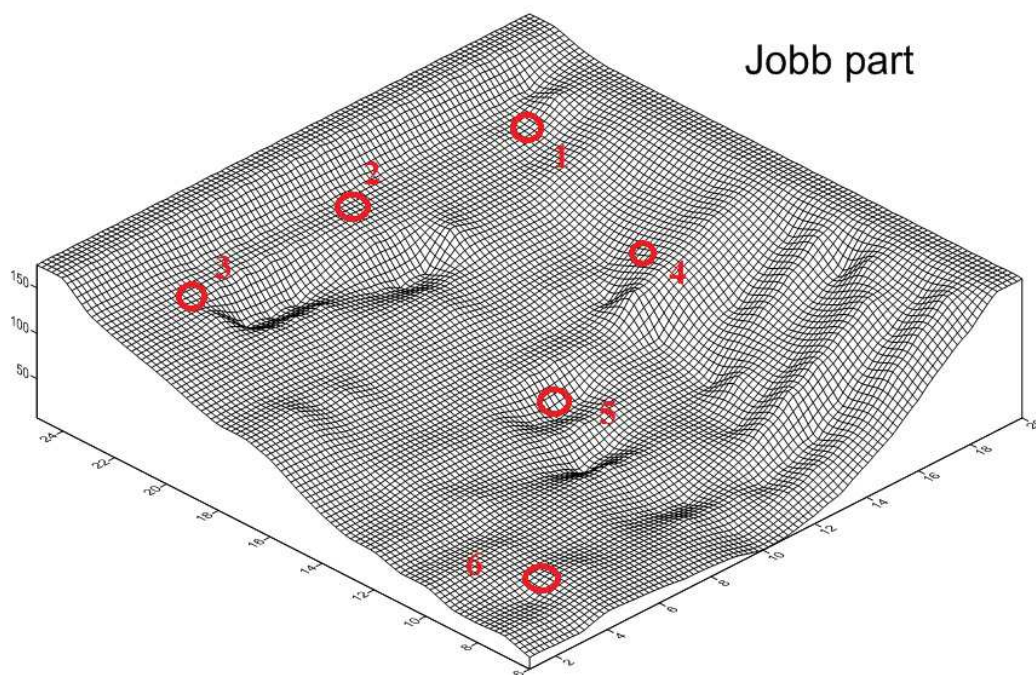
Ebben a mélységben a látási viszonyok jobbak voltak, már a természetes fényt is lehetett észlelni és a víz hőmérséklete 12 °C volt. Az iszapréteg vastagsága az előző helyhez hasonlóan nagy volt, de már megjelentek a nagyobb kövek és a durva homok is a felső rétegben. Az üledék nagyrészt még finom szerkezetű és világos szürke színű volt, amelyben több helyen vörös elszíneződést tapasztaltam. A tó sekélyebb része felé haladva, 4,5 m-en a látótávolság jó, a víz hőmérséklet 14 °C volt. Ebben a mélységben az üledék vastagsága már jóval kisebb volt. Az iszaprétegre a durva homok volt jellemző, és a világos szürke szín. A tó aljzatán nagyobb köveket találtam, és az üledék vízi növényzettel benőtt volt.

A tó partja felé közeledve 2,5 m-en vizsgáltam az aljzatot. A látási viszonyok kitűnőek voltak, a víz hőmérséklete 15 °C volt. Az üledék vastagsága sekély, színe világos szürke volt, amelyben vörös elszíneződést tapasztaltam. Az iszap szerkezetében a finom szemcsék mellett durvább részek is megjelentek, mint például apró kavicsok, édesvízi puhatestűek váza és durva homok.

A tó jobb partjánál 1,5 m-en a látási viszonyok romlottak a sűrűn vízi növényzet miatt, a víz hőmérséklet 16 °C volt.

Az üledék vastagsága sekély, színe világos szürke volt, amelyben vörös elszíneződést tapasztaltam. Az iszap szerkezetében a finom szemcsék háttérbe szorultak, durvább részek jelentek meg, mint például apró kavicsok és kövek. A merülés során a búvárkomputer (Suunto D6i) segítségével 400 pontnak rögzítettem a mélységi adatát és koordinátáját, majd ez alapján a vizsgált mederszakasz domborzati viszonyait ábrázoló térképet készítettem. A térképet Golden Software Surfer 10 nevű térképszerkesztő program segítségével készítettem el. A térkép a 5. számú ábrán látható. Az ábrán piros színnel jelöltem az egyes mintavételi pontokat.

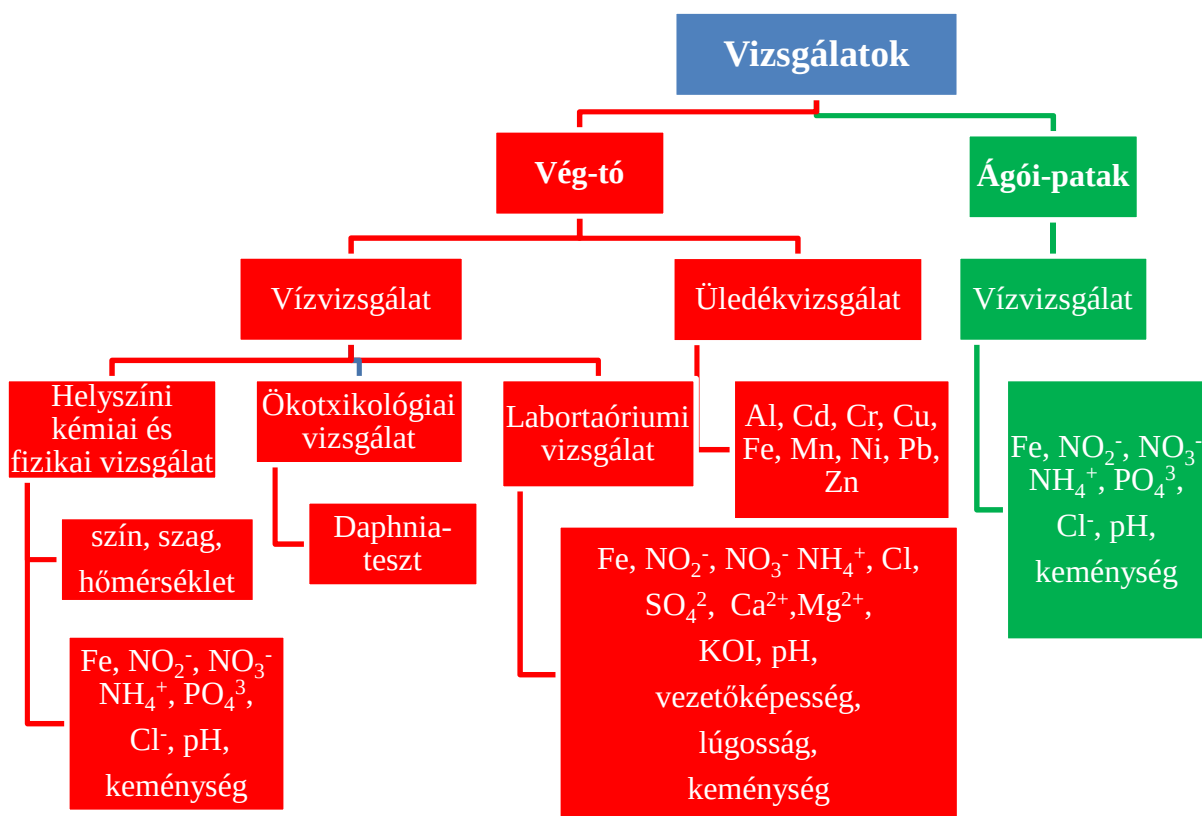
Vég-tó meder domborzat



5. számú ábra Vég-tó medrének domborzata (saját szerkesztés)

3.2 Vízvizsgálatok

A mintavétel során vett vízmintákon többféle vizsgálatot is elvégeztem. A helyszíni mérések során az egyes minták vas, nitrit, nitrát, ammónium-ion, foszfát és klór tartalmát vizsgáltam, valamint meghatároztam hőmérsékletet, keménységet és a pH értéket. A méréseket a helyszínen serra aqua-test box és Voltcraft PHT-01 ATC segítségével végeztem. A laboratóriumi mérések során az egyes minták vas, nitrit, nitrát, szulfát, ammónium-ion, klorid-ion, kalcium, magnézium, tartalmát vizsgáltam, valamint vezetőképességet, lúgosságot, kémiai oxigénigényt, keménységet és a pH-értéket. A laboratóriumi vizsgálatok kettős célúak, egyrészt eredményt szolgáltatnak, másrészt egyes komponensek tekintetében összehasonlító mérések, hogy ellenőrizsem a helyszíni vizsgálatok pontosságát. Ilyen mérések az ammónium-ion, nitrit, nitrát, klorid, vas tartalom és a pH érték meghatározás.



6. számú ábra Vizsgálatok (saját szerkesztés)

3.2.1 Ammónium-ion meghatározás

Az ammóniumion meghatározása indofenol reakcióval, spektrofotometriás eljárással történik. Az ammóniumion, hipokloritok jelenlétében lúgos közegben fenollal illetve fenolvegyülettel reakcióba lép, és kékes színű indofenol keletkezik. A színezék kialakulását a nitroprussid-nátrium katalizálja. A vegyület-származék színintenzitása az ammóniumion-koncentráció függvénye, és ez spektrofotométerrel 680 nm hullámhosszon meghatározható. A felszíni és felszín közeli vizekben az ammóniumion jelenléte legtöbb esetben friss szennyezésre utal. Felszíni vizekben az ammóniumion kis mennyiségben előfordul a vegetációs időszakban, amikor a fehérjékből ammónia szabadul fel. Anaerob körülmények között pedig redukcióval keletkezhet ammónia. Nagyobb ammónia tartalom abban az esetben mérhető, ha lakossági szennyvíz vagy ipari szennyvíz kerül a víztestbe, illetve az intenzív mezőgazdasági termelés során kiszórt műtrágyázás során, és az állattartás helyszínein a nem megfelelő a hígtrágya gyűjtés- és elhelyezés következtében. (FEKETE & HORVÁTH 2011A)

A vizsgálat során kalibráló oldatsorozatot készítettem a munkaadatból (1 millimólos NH_4Cl) 5, 10, 20, 50-szeres hígítással. Homogenizálás után az oldatokból 20-20 ml-t főzőpoharakba pipettáztam. A vizsgálni kívánt mintából kimértem 4,0 ml-t egy főzőpohárba, majd kiegészítettem 16,0 ml bidesztillált vízzel. Ezt követően vakot készítettem, 20 ml bidesztillált vizet főzőpohárba pipettáztam. A főzőpoharakba elkészített oldatokhoz először 2 ml oxidáló-, majd homogenizálás után 2 ml színképző (szalicilát) reagenst adtam, és ismét homogenizáltam. Ez követően 35 perc állásidő után a mintákat spektrométerrel (680 nm) lemértem. Az ammónium-ion tartalom meghatározáshoz tartozó számítások a dolgozat 3. számú mellékletében olvashatók.

3.2.2 Szulfáttartalom meghatározás

A vízben oldott formában lévő szulfát ionok savas körülmények között Ba^{2+} ionokkal oldhatatlan fehér csapadékot képeznek, amely csapadékban a gócnövekedését a citromsav meggátolja és így az homogén kolloid formát ölt. Összehasonlító sorozat segítségével a zavarosság alapján turbidimetriás módszerrel a szulfátion-koncentráció meghatározható. A módszer a kolloid oldaton áthaladó és a részecskéken szóródó fény relatív intenzitáscsökkenésének mérésén alapul.

Kis koncentrációk esetén és azonos körülmények között mérve a turbiditás leírása formálisan megegyezik a Lambert-Beer törvénnyel, vagyis az abszorbanciával analóg. Így a zavarosság fotométerrel mérhető. (FEKETE & HORVÁTH 2011B)

A vizsgálat során kalibráló oldatsorozatot készítettem a munkaoldatból (0,02 mólos H_2SO_4). Az oldatból 100 ml-es mérőlombikba 1, 2, 4, 5, 10 ml-t mértem be, majd desztillált vízzel jelre töltöttem. Homogenizálás után az oldatokból 20-20 ml-t főzőpoharakba pipettáztam. A vizsgálni kívánt mintából kimértem 2,0 ml-t egy főzőpohárba, majd kiegészítettem 18,0 ml bidesztillált vízzel. Ezt követően vakot készítettem, 20 ml bidesztillált vizet főzőpohárba pipettáztam. A főzőpoharakba elkészített oldatokhoz először spatulahegynyi citromsavat, majd spatulahegynyi bárium-kloridot adtam, és erőteljesen összekevertem. Ez követően 2 perc állásidő után a mintákat spektrométerrel (450 nm) lemértem. A szulfáttartalom meghatározáshoz tartozó számítások a dolgozat 3. számú mellékletében olvashatók.

3.2.3 Kloridion tartalom meghatározás

A klorid-ion a vizekben igen elterjedt, alapvetően geológiai eredetű. Felszíni vizekben rendszerint kis mennyiségben fordul elő. Nagy mennyiségű kloridion-tartalom háztartási vagy ipari szennyvíz jelenlétére utal. Ebben az esetben ammónia és nitrit is kimutatható a vízben, és azon kívül megemelkedik az oxigénfogyasztás is. A kloridionokat csapadékos titrálási módszerrel határozzák meg. A meghatározás azon alapszik, hogy a vízben lévő kloridionok semleges vagy gyengén lúgos közegben ezüst-nitráttal (AgNO_3) ezüst-kloridból (AgCl) álló csapadékot képeznek. További ezüst-nitrát adagolásakor, a vízhez előzetesen hozzáadott kálium-kromáttal (K_2CrO_4) vörösbarna színű ezüst-kromát (Ag_2CrO_4) csapadék keletkezik. Ennek a színnek a megjelenése a titrálás végpontját jelzi. (FEKETE & HORVÁTH 2011C)

A mérés során 3 Erlenmeyer-lombikba kimértem 5 – 5 ml vízmintát, majd kiegészítettem 50 ml-re desztillált vízzel. A titráló lombikokban lévő 50 cm^3 mintákhoz 0,5 cm^3 kálium-kromát (5%-os) oldatot adtam hozzá, és állandó keverés, rázogatózás közben ezüst-nitrát mérőoldattal citromsárgából narancsvörösbe való átcsapásig megtitráltam. A titrálást 3 ismétlésben végeztem el. A kloridion tartalom meghatározáshoz tartozó számítások a dolgozat 3. számú mellékletében olvashatóak.

3.2.4 A víz kalcium és magnézium-ion tartalmának (összes keménységének) meghatározása

A víz keménységéért a vízben oldott Ca^{2+} és Mg^{2+} ionok a felelősek. A víz összes keménységét a változó és állandó keménység adja. A változó (karbonát) keménységet okozó kalcium-hidrokarbonát ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) és a magnézium-hidrokarbonát ($\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$) forralással eltávolítható. (THEODORE 2009) Az állandó (nem karbonát) keménységet okozó kalcium-szulfát (CaSO_4), magnézium-szulfát (MgSO_4), kalcium-klorid (CaCl_2) és magnézium-klorid (MgCl_2) nem távolítható el forralással. A meghatározás azon az elven alapszik, hogy a vízben lévő Ca^{2+} és Mg^{2+} ionok 9,5 - 10 pH tartományban az EDTA-val komplexet képeznek. Ez a reakció eriokrómfekete-T indikátor jelenlétében lehetővé teszi komplexometriás titrálást. A meghatározás során a vizsgálni kívánt minta pH-ját pufferoldattal a megfelelő értékre állítva, az indikátor a mérendő kalcium- és magnézium ionokkal komplexet képez, amely lila színreakciót eredményez. A komplexometriás titrálás során az EDTA először a kalcium, majd a magnézium ionokat köti meg. A titrálás végpontját az indikátor búzakék színe jelzi. (FEKETE & HORVÁTH 2011E)

A meghatározás során kimértem 50 cm^3 homogenizált vízmintát, amelynek lebegőanyag tartalmát szűréssel eltávolítottam, illetve az egyéb zavaró ionok mennyisége (vas, alumínium, réz, mangán) 1 mg/l alatt volt. A vízmintához 5 cm^3 adtam a pH beállító ammónium tartalmú Puffer I. jelű oldatból, majd homogenizáltam. Ezt követően késhegynyi Eriokromfekete-T indikátort adtam a vízmintához, majd az eloszlás után $0,0089 \text{ mol/l}$ -es EDTA oldattal megtitráltam. A titrálás végpontját a kék szín megjelenése jelezte. A titrálást 3 ismételtsben végeztem el. Az összes keménység meghatározáshoz tartozó számítások a dolgozat 3. számú mellékletében olvashatóak.

3.2.5 A kalcium-ion koncentrációjának meghatározása

A mérés elve az, hogy a vízben lévő Ca-ionok 12 pH érték felett az EDTA-val komplexet képeznek, a Mg-ionok viszont hidroxid csapadék formájában kiválnak az oldatból. Ezzel a módszerrel a kalcium ionok komplexometriás titrálása a magnézium ionok jelenlétében is elvégezhető. (FEKETE & HORVÁTH 2011E)

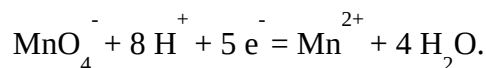
A meghatározás során kimértem 50 cm³ homogenizált vízmintát, amelynek lebegőanyag tartalmát szűrőssel eltávolítottam, illetve az egyéb zavaró ionok mennyisége (vas, alumínium, réz, mangán) 1mg/l alatt volt. A vízmintához 5 cm³ adtam a pH beállító nátrium-hidroxid tartalmú Puffer II. jelű oldatból, majd homogenizáltam. Ezt követően spatulahegynyi MUREXID indikátort adtam a vízmintához, majd az eloszlás után 0,0089 mol/l-es EDTA oldattal megtitráltam. A titrálás végpontját a kék szín megjelenése jelezte. A titrálást 3 ismétlésben végeztem el. A kalcium-ion koncentráció meghatározáshoz tartozó számítások a dolgozat 3. számú mellékletében olvashatóak.

3.2.6 A magnézium-ion koncentrációjának meghatározása

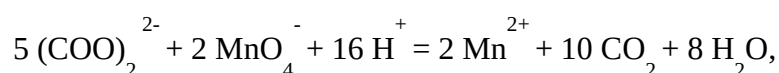
Az összes keménység meghatározása és a kalcium-ion koncentrációjának a meghatározása során kapott eredmények alapján, kiszámolható a vizsgálni kívánt vízminták magnézium-ion koncentrációja. A magnézium-ion koncentráció meghatározáshoz tartozó számítások a dolgozat 3. számú mellékletében olvashatóak.

3.2.7 Kémiai oxigénigény meghatározása

A felszíni vizek kisebb-nagyobb mennyiségben a szennyezettségüktől függetlenül tartalmaznak oxidálható anyagokat, amelyek mennyiségét valamilyen alkalmas oxidálószerrel, kálium-permanganát, kálium-dikromát alkalmazásával mérhetjük. A felszíni vizek oxigénfogyasztásának meghatározására alkalmas a permanganátos módszer, 100 mg/l oxigénfogyasztásig. A kémiai oxigénigény, a szerves anyagok kémiai oxidációjához szükséges oxigén koncentráció. A természetes vizek oxigénfogyasztását 0,002 mol/ dm³ kálium-permanganát mérőoldattal kénsavas közegben forralva határozzuk meg. A mérés pontosságát zavarják a szervesen oxidálható anyagok, mint például Fe²⁺, NO₂⁻, H₂S. Az aktív klór jelenléte pedig az oxigénigényt csökkenti. A mérés a következő reakciókon alapul. A kálium-permanganát forró és erősen savanyú közegben a következő egyenlet szerint oxidál:

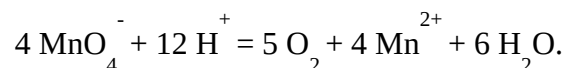


Ha a vízminta alkotóinak oxidálásához a KMnO₄ mérőoldatot feleslegben alkalmazzuk, akkor a megmaradt permanganátot ismert mennyiségű, és szintén feleslegben lévő oxaláttal elbonthatjuk:



A megmaradt oxalátot pedig kálium-permanganáttal visszatitráljuk. A fogyott permanganát mérőoldat egyenértékű lesz a vízminta oxidált alkotóival akkor, ha a minta oxidálásához alkalmazott KMnO_4 és az oxalát mennyisége egymással egyenértékű volt.

A minta kémiai oxigénigényét az alábbi egyenlet alapján adhatjuk meg:



Tehát 1 mól KMnO_4 egyenértékű 1,25 mól O_2 -nel. (FEKETE & HORVÁTH 2011G)

A mérés során a vizsgálni kívánt vízmintából $5,0 \text{ cm}^3$ -t mértem ki lombikba, majd desztillált vízzel 50 cm^3 -re hígítottam. Hozzáadtam 5 cm^3 1:2 hígítású kénsavat mérőhengerrel, majd ezt követően $20,00 \text{ cm}^3$ 0,002 mólos KMnO_4 mérőoldatot pipettával. Az oldatba néhány szem forrkövet helyeztem, majd 5 percen belül felforraltam, és 10 percen át forrásban tartottam. A forralás befejezése után a forró oldathoz adtam $20,00 \text{ cm}^3$ 0,005 mólos oxálsav oldatot. A színtelenné vált elegyet forrón megtitráltam KMnO_4 mérőoldattal. A titrálás végpontját a halvány rózsaszín szín megjelenése jelezte. A méréssel párhuzamosan 50 cm^3 desztillált vízből vakpróbát készítettem, amelynél a 0,002 mol/ dm^3 KMnO_4 fogyás nem haladhatja meg a $0,2 \text{ cm}^3$ -t. A titrálást 3 ismétlésben végeztem el. A kémiai oxigénigény meghatározáshoz tartozó számítások a dolgozat 3. számú mellékletében olvashatóak.

3.2.8 Lúgosság meghatározása

A szén-dioxid formák meghatározása analitikai szempontból sok nehézséggel járó folyamat. A meghatározás acidi-alkalimetriás eljárással történik, de ez a módszer nem specifikus. Közvetlenül és pontosan csak az összes szén-dioxid határozható meg, amelyből az egyes szén-dioxid formákat a pH alapján lehet kiszámítani. A vizek lúgosságát olyan kationok okozzák, amelyek a vízben hidroxidionokkal, vagy gyenge savak anionjaival vannak egyensúlyban, mint például a karbonátok és a hidrokarbonátok. A lúgosságot tehát az említett anionok helyettesítéséhez szükséges erős sav mennyiségével határozzuk meg, tehát a vizet erős sav mérőoldattal titráljuk. A 8,3 pH eléréséig fogyott mérőoldat mennyisége a szabad, vagyis a p-lúgosságot, tovább titrálva a 4,3 pH érték eléréséhez szükséges mennyiség pedig, az összes lúgosságot (m lúgosság) adja. Ha a víz pH-ja kisebb, mint 4,3, akkor a lúgossága nulla, vagyis nem tartalmaz disszociált formájú szén-dioxidot. (FEKETE & HORVÁTH 2011F)

3.2.9 Vizek szabad (p-) lúgosságának meghatározása

Az összes lúgosságnak azt a részét, amely meghaladja a 8,3 pH értéket, a víz szabad (p) lúgosságának nevezzük. A mérés során 100 cm³ vízhez két csepp fenolftalein indikátort adtam hozzá, majd ezt követően 0,1 mólos HCl oldattal megtráltam. A titrlás végpontját az oldat elszíntelenedése jelezte. A titrlást 3 ismétlésben végeztem el. A szabad (p) lúgosság meghatározáshoz tartozó számítások a dolgozat 3. számú mellékletében olvashatóak.

3.2.10 A vízminta m-lúgosságának meghatározása

Metilnarancs indikátor jelenlétében, savval titrlják a vízmintát az indikátor színátcsapásáig, a 4,3 pH érték eléréséig. A mért savfogyasztást sav/dm³ vízminta egységekben fejezik ki. Amennyiben a titrlatlan vízminta pH-ja 8,3 alatti, nincs fenolftalein indikátorral kimutatható lúgossága (p-lúgosság).

A mérés során 100 cm³ vízhez két csepp metilnarancs indikátort adtam hozzá, majd ezt követően 0,1 mólos HCl oldattal megtráltam. A titrlás végpontját a piros szín megjelenése jelezte. A titrlást 3 ismétlésben végeztem el. Az összes (m) lúgosság meghatározáshoz tartozó számítások a dolgozat 3. számú mellékletében olvashatóak.

3.2.11 Vas (III) tartalom meghatározás

Vizek összes vastartalmának meghatározása általában spektrofotometriás módszerekkel történik. A színekpző vegyületek segítségével történő meghatározáshoz rodanidot, szulfoszalicilsavat vagy orto-fenantrolint alkalmazhatnak. A mintában lévő vas, oldással és oxidálással három vegyértékűvé alakul, mely savas közegben a rodaniddal vörös elszíneződést mutat. A szín erőssége arányos a vas mintában lévő mennyiségével. (FEKETE & HORVÁTH 2011D)

A vizsgálat során 100 ml-es mérőlombikokba az 5,0 mg/l-es törzsoldatból kimértem bürettával 10, 20, 40, 60, 80 ml-t, majd a térfogatukat desztillált vízzel kiegészítettem, és homogenizáltam. Így 0,5 1,0 2,0 3,0 4,0 mg/l vaskoncentrációjú sorozatot kaptam. A színreakció kialakításához a kalibráló oldatokból kimértem 50 ml-t Erlenmeyer lombikba, büretta segítségével adtam hozzá 2,5 ml hígított sósavat, s ezt alaposan megkevertem, majd még adtam hozzá 5,0 ml rodanid oldatot is. A színreakció kialakulása után, megmértem az oldatok abszorbanciáját a vakkal szemben, 500 nm körüli hullámhosszon.

A vak elkészítése mindenben megegyezik az előzőkkel, csak a vízminta helyett 50 ml desztillált vizet használtam. A vízmintából Erlenmeyer lombikba bemértem 5 ml-t, 10-szeres hígítást készítettem belőle desztillált vízzel, mert a vizsgálandó oldat vastartalma legfeljebb 4,0 mg/l lehet. A vas tartalom meghatározáshoz tartozó számítások a dolgozat 3. számú mellékletében olvashatóak.

3.2.12 Nitrit ionok meghatározása

A meghatározás alapja az, hogy a nitrit ionok ecetsavas, savanyú közegben szulfanilsavval és alfa-naftilaminnal, ibolyászínű vegyületet hoznak létre. Az ecetsav által szabadabbá tett salétromossav, a szulfanilsavat diazotálja, és a keletkező diazóniumsó a jelenlévő alfa-naftilaminnal piros azofestékké kapcsolódik.

A vizsgálat során 50 cm³ mérőlombikokban kalibráló oldatsorozatot készítettem a munkaoldatból, amely 250 mg/l NO₃⁻ és 10 mg/l NO₂⁻ tartalmazott, majd bemértem 0, 1, 2, 5, 10 cm³. Ezt követően hozzáadtam 1 cm³ szulfanilsav oldatot, majd 2 perc elteltével 1 cm³ alfa-naftilamin oldatot és 1 cm³ nátriumacetát oldatot, majd a lombikot desztillált vízzel jelíg töltöttem és homogenizáltam. A vizsgálandó mintából 10 cm³ -t 50 cm³-es mérőlombikba pipettáztam, ezt követően hozzáadtam 1 cm³ szulfanilsav oldatot, majd 2 perc elteltével 1 cm³ alfa-naftilamin oldatot, és 1 cm³ nátriumacetát oldatot, majd a lombikot desztillált vízzel jelíg töltöttem és homogenizáltam. A kalibráló oldatsorozatot és a vízmintákat fotométeren 530 nm-es hullámhosszon mértem le. Ezt követően elkészítettem a kalibrációs görbét, és meghatároztam a vízminták nitrit ion koncentrációját. A nitrit-ion tartalom meghatározáshoz tartozó számítások a dolgozat 3. számú mellékletében olvashatóak.

3.2.13 Nitrát ionok meghatározása

A meghatározás alapja az, hogy a nitrát ionok szalicilsavval lúgos közegben sárga színű addíciós vegyületet, nitro-szalicilsavat képeznek. A meghatározás során a mintához először Na-szalicilátot adagolnak, majd szárazra párolják. A száraz maradékot kevés tömény kénsavban oldják fel, majd átlúgosítják.

A vizsgálat során 50 cm³ mérőlombikokban kalibráló oldatsorozatot készítettem a munkaoldatból, amely 250 mg/l NO₃⁻ és 10 mg/l NO₂⁻ tartalmazott, majd bemértem 0, 1, 2, 5, 10 cm³. Ezt követően a vizsgálandó vízmintából 5 cm³ főzőpohárba mértem, és 1 cm³ 5g/l-es nátrium-szalicilátot adtam hozzá.

Az oldatot homokfürdőn szárazra pároltam, és a lehűlés után a maradékhoz 1 cm^3 tömény kénsavat adtam hozzá, majd 10 perc várakozás után 25 cm^3 vízzel felhígítjuk, és 50 cm^3 -es mérőlombikba mossuk át.

A mérőlombikba 5 cm^3 10 mólos nátrium-hidroxid oldatot adtam, majd desztillált vízzel jelig töltöttem és homogenizáltam. A kalibráló oldatsorozatot és a vízmintákat fotométeren 410 nm -es hullámhosszon mértem le. Ezt követően elkészítettem a kalibrációs görbét és meghatároztam a vízminták nitrát ion koncentrációját. A nitrát-ion tartalom meghatározáshoz tartozó számítások a dolgozat 3. számú mellékletében olvashatóak.

3.3 Ökotoxikológiai vizsgálatok

A mintavételi időszakokban vett vízmintákon ökotoxikológiai vizsgálatokat is elvégeztem annak érdekében, hogy teljesebb képet kapjak a tó környezeti állapotáról. A kémiai és a bioindikációs vizsgálatok egymás kiegészítői, ahogy azt már az előző fejezetben említettem. Az ökotoxikológiai vizsgálatok során a Vég-tóból származó vízmintákon Daphnia-tesztet végeztem el. Az egyes mintavételi időszakokban 20 mintán végeztem el a tesztet, egyszeri ismételtsben. Azt ökotoxikológiai tesztek közül a Daphnia teszt az egyik legkönnyebben elvégezhető vizsgálati módszer. A tesztnél alkalmazott faj, a Daphnia magna. A kis vízibolha, a vízibolhák legismertebb képviselője, igen jól jelzi a vízben már kismennyiségben megjelenő toxikus anyagokat. Az akut teszt időtartama 48 óra. A módszer alkalmas a vízben vagy az oldatban jelen lévő anyagok toxicitásának meghatározására. A vizsgálat során 20 darab főzőpohárba pipettáztam $100\text{--}100\text{ ml}$ vízmintát, majd elhelyeztem egyenként 10 darab vízibolhát az edényekbe. A vizsgálandó vízmintákon kívül egy főzőpohárba beállítottam a kontroll mintát. A többi főzőpohárba, a 20 különböző helyszínről származó vízmintát állítottam be. A vizsgálat végén meghatároztam az elpusztult tesztorganizmusok számát, így a teszt végpontja a szervezetek pusztulása volt. A vizsgálat eredményeit, az elpusztult szervezetek %-os arányával számoltam ki. A vizsgálat pontosságát nagymértékben befolyásolja a klór, a halogénezett szerves vegyületek, a nehézfémek és a szerves makro és mikroszennyezők.

4 Eredmények

4.1 Üledékvizsgálatok

Az ecsédi Vég-tóból begyűjtött üledékmintákon elvégzett elemanalitikai vizsgálatok eredményei, a 2. számú táblázatban láthatóak. Az üledékminták szemcsenagyságában a mintavételei pontok között eltérés volt tapasztalható. A tó mélyebb részein a 6-os, az 5-ös és a 4-es mintavételi pontnál, a finom szerkezetű üledék volt a jellemző. A sekély részeken a 3-as, a 2-es és az 1-es mintavételi pontnál már megjelent a durva homok is. A tavak üledéke általában finom szerkezetű. Több oka is lehet annak, hogy a tó sekély részein megjelent a durva homok. Ezt egyrészt eredményezheti az, ha a tóba egy vízfolyás torkolna, de ez az eset nem áll fenn. Másrészt a durvább szemcsék bekerülhetnek a mederbe a defláció és az erózió következtében. Az utóbbi említett két tényező okozza valószínűleg a durva homok mederbe kerülését. Ezt bizonyítja az is, hogy a terepbejárás alkalmával több helyen látható volt az erózió nyoma. Az üledékek színében a különbséget a szerves anyag tartalom okozza. A meder azon részein, ahol az üledék sötét színű, ott több a felhalmozódott szerves anyag, mint azokon a területeken, ahol világos színű. A mérések a 6 üledékmintákban nem mutattak ki kadmium, réz, nikkel, ólom és cink tartalmat. Króm tartalom az 1. számú üledékmintában volt kimutatható, de csak minimális mennyiségben. Mind a 6 üledékmintában mérhető volt alumínium, vas és mangán. Ezen vizsgált elemek közül az 1. számú üledékmintában az alumínium és a vas tartalom egy nagyságrenddel nagyobb volt, valamint a 2. számú mintában is nagyobb értéket lehetett mérni, mint az összes többi minta esetében. Ennek egy lehetséges magyarázata lehet az, hogy a tóban ezen a helyen van a móló. A móló anyaga vas, valamint ide kötik ki a csónakokat, amelyek valamilyen fémötvözetből készültek. A csónakok egymáshoz és a mólóhoz történő ütődése és dörzsölődése során, a hosszú idő alatt az üledékbe kerülhettek ezek az elemek. Az elmélet alátámasztására szolgál az is, hogy az 1. számú mintában mutatott ki a vizsgálat krómot, amelyet a különböző fémötvözetek elkészítése során használnak. Az üledékminta vizsgálatok eredményei alapján, a tóba a vizsgált toxikus elemek nem kerülnek be, így elmondható, hogy ezen elemek által jelentett szennyezés és kockázat nem áll fenn.

Minta szám	Al (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
1.	1 494,24	k.h.a	0,39	k.h.a	1 434,40	21,20	k.h.a	k.h.a	k.h.a
2.	970,48	k.h.a	k.h.a	k.h.a	819,40	16,65	k.h.a	k.h.a	k.h.a
3.	591,58	k.h.a	k.h.a	k.h.a	449,08	8,14	k.h.a	k.h.a	k.h.a
4.	619,08	k.h.a	k.h.a	k.h.a	593,77	13,07	k.h.a	k.h.a	k.h.a
5.	789,22	k.h.a	k.h.a	k.h.a	713,74	16,49	k.h.a	k.h.a	k.h.a
6.	600,94	k.h.a	k.h.a	k.h.a	483,33	21,47	k.h.a	k.h.a	k.h.a

2. táblázat Üledékvizsgálat eredmények (saját szerkesztés)

A k.h.a. rövidítés jelentése: kimutatási határ alatt. A kimutatási határ az Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn esetében 1-10 ng/l, mn tekintetében pedig < 1 ng/l.

4.2 Vízvizsgálatok

4.2.1 Helyszíni vízvizsgálatok eredménye

A vízminták eredményeinek a kiértékelését, majd kategóriákba történő besorolását a MSZ 12749:1993 (Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés) szabvány és 10/2010 VM rendelet (a felszíni víz vízszennyezettségi határértékeiről és azok alkalmazásának szabályairól) alapján végeztem el a mintavételi időszakokban. A rendelet szerint a Vég tavat a bányató kategóriába, az Ágói-patakot a dombvidéki kisvízfolyások közé soroltam. Az eredmények, rendelet és szabvány szerinti értékelését az tett szükségessé, hogy a szabványt időközben 2014 augusztusában visszavonták. Az első (őszi) mintavételi időszakban a Vég-tóból vett vízmintákon elvégzett helyszíni mérések eredményei a dolgozat 4. számú mellékletének 23. számú táblázatában olvashatóak. A vízminták kémhatás tekintetében kiváló (pH 6,5-8) és jó (pH 8-8,5) minősítést kaptak, valamint a rendeletben megszabott határértéknek is megfeleltek. Nitrát tartalom tekintetében a minták egy része tűrhető (31-estől-35-ös számúig), a másik része kiváló és jó minősítést kapott. Tűrhető minősítést a minták 10 mg/l nitrát ion koncentrációtól kapnak. A nitrit tartalom tekintetében a vízminták kiváló (0,01 mg/l) és jó (0,03 mg/l) minősítést kaptak. A nitrát tartalom, a tűrhető minősítést kapott minták esetében, a rendeletben megszabott határértéket (<0,06 mg/l) meghaladta. A minták foszfát tartalom tekintetében jó (100 µg/l) és kiváló (50 µg/l) minősítést kaptak.

A vizsgálatok során ammónium-ion és vas tartalmat a mérések nem mutattak ki, így a minták kiváló minősítést kaptak. Az Ágói-patakból vett vízmintákon is ezeket a helyszíni vizsgálatokat végeztem el. A patak felső folyásánál Rózsaszentmárton községhez tartozó területen vett vízminták (57-es, 58-as, 59-es számú), nitrit és nitrát tartalom tekintetében erősen szennyezettnek (nitrit $>0,3$; nitrát >25 mg/l) bizonyultak. Ammónium-ion tartalom tekintetében ezek a minták jó (0,5 mg/l) és tűrhető (1 mg/l) minősítést kaptak, foszfát tartalom estében már szennyezett volt a minősítés. A minták kémhatás tekintetében tűrhető (pH 6-6,5; 8,5-9) minősítést kaptak. A patak középső szakaszánál vett vízminták (60-as, 61-es, 62-es számú) nitrit és nitrát tartalom tekintetében szintén erősen szennyezettnek bizonyultak, és a koncentrációjuk növekedett a vízben. Ammónium-ion és foszfát tartalom tekintetében változás nem volt mérhető. A minták kémhatás tekintetében tűrhető és jó minősítést kaptak. A patak alsó részénél Ecséd községhez tartozó szakaszon vett vízminták (63-as, 64-es, 65-ös, 66-os számú) nitrit és nitrát tartalmának tekintetében, ismét emelkedést mértem. Ammónium-ion tartalom és kémhatás tekintetében a minták szennyezett minősítést kaptak. A többi vizsgált komponens tekintetében változást nem mértem. A vizsgált komponensek a rendeletben megszabott határértékeket meghaladták a mérések során. Az Ágói-patakból vett vízmintákon elvégzett helyszíni mérések eredményei a dolgozat 5. számú mellékletének 24. számú táblázatában olvashatóak.

A második (tavaszi) mintavételi időszakban, a tóból vett vízmintákon elvégzett helyszíni mérések eredményei a dolgozat 4. számú mellékletének 23. számú táblázatában olvashatóak. A vízminták kémhatás tekintetében kiváló és jó minősítést kaptak, a rendeletben előírt határértéknek megfeleltek. Nitrát tartalom tekintetében a minták egy része tűrhető (31-estől-33-as számúig), a másik része kiváló és jó minősítést kapott. Az előző időszakhoz hasonlóan a tűrhető minősítésű mintákban mért nitrát koncentráció, a rendeletben szereplő határértéket meghaladta. Nitrit tartalom tekintetében a minták kiváló minősítést kaptak. A minták foszfát tartalom tekintetében jó és kiváló minősítést kaptak. A vizsgálatok során ammónium-ion tartalom vonatkozásban néhány vízminta tűrhető (31-estől-33-as számúig és 37-es, 38-as), a többi jó és kiváló minősítést kapott. Az ammónium-ion tekintetében is a tűrhető mintákban mért koncentrációk, a rendeletben szereplő határértéket ($<0,05$ mg/l) meghaladták.

A patak felső folyásánál vett vízminták (57-es, 58-as, 59-es számú), nitrit és nitrát tartalom tekintetében az előző mintavételi időszakban mértékhez hasonlóan, erősen szennyezettnek bizonyultak.

Ammónium-ion tartalom tekintetében a mintáknál kis emelkedés volt mérhető, így tűrhető minősítést kaptak, foszfát tartalom estében csökkenést mértem, ezért a minősítése tűrhető volt. A minták kémhatás tekintetében jó minősítést kaptak, az előző mintavételi időszakkal szemben. A patak középső szakaszánál vett vízminták (60-as, 61-es, 62-es számú) nitrit és nitrát tartalom tekintetében ismét erősen szennyezettnek bizonyultak, és a koncentrációjuk növekedett a vízben az előző mintavételi időszakhoz hasonlóan. Ammónium-ion tekintetében tűrhető, foszfát tartalom szerint pedig, szennyezett minősítést kaptak a minták. A minták kémhatás tekintetében tűrhető minősítést kaptak. A patak alsó részénél vett vízminták (63-as, 64-es, 65-ös, 66-os számú) nitrit és nitrát tartalmának tekintetében ismét emelkedést mértem. Ammónium-ion tartalom és kémhatás tekintetében, a minták szennyezett minősítést kaptak. A többi vizsgált komponens tekintetében változást nem mértem. A vizsgált komponensek a rendeletben megszabott határértékeket meghaladták a mérések során. A patakból vett vízmintákon elvégzett helyszíni mérések eredményei a dolgozat 5. számú mellékletének 25. számú táblázatában olvashatóak.

A harmadik (nyári) mintavételi időszakban, a tóból vett vízmintákon elvégzett helyszíni mérések eredményei a dolgozat 4. számú mellékletének 23. számú táblázatában olvashatóak. A vízminták kémhatás tekintetében kiváló és jó minősítést kaptak, a rendeletben előírt határértéknek megfeleltek. Nitrát tartalom tekintetében az előző mintavételi időszakokkal ellentétben, a minták csak kiváló és jó minősítést kaptak. A nitrit tartalom és foszfát tekintetében is, csak kiváló és jó minősítést kaptak. A vizsgálatok során ammónium-ion tartalom vonatkozásban néhány vízminta tűrhető (31-estől-34-es számúig és a 37-es, 38-as, 44-es), a többi jó és kiváló minősítést kapott. A tűrhető minősítésű minták ebben az esetben is a rendeletben szereplő határérték felett voltak.

A patak felső folyásánál vett vízminták (57-es, 58-as, 59-es számú), nitrit és nitrát tartalom tekintetében az előző mintavételi időszakban mértékhez hasonlóan, erősen szennyezettnek bizonyultak. Ammónium-ion és foszfát tartalom tekintetében a minták tűrhető minősítést kaptak. A minták kémhatás tekintetében jó minősítést kaptak, az előző mintavételi időszakhoz hasonlóan. A patak középső szakaszánál vett vízminták (60-as, 61-es, 62-es számú), nitrát tartalom tekintetében ismét erősen szennyezettnek bizonyultak, de a koncentrációjuk csökkent a vízben az előző mintavételi időszakhoz képest. A nitrit tartalom nem változott. Ammónium-ion tekintetében tűrhető, foszfát tartalom szerint pedig, szennyezett minősítést kaptak. A minták kémhatás tekintetében tűrhető és jó minősítést kaptak.

A patak alsó részénél vett vízminták (63-as, 64-es, 65-ös, 66-os számú) nitrit és nitrát tartalmának tekintetében ismét emelkedést mértem az előző mintavételi időszakban tapasztaltakhoz hasonlóan. Ammónium-ion tartalom és kémhatás tekintetében a minták szennyezett minősítést kaptak. A foszfát tartalom vonatkozásában a minták szennyezett minősítésűek voltak. A vizsgált komponensek a rendeletben megszabott határértékeket meghaladták a mérések során. A patakból vett vízmintákon elvégzett a helyszíni mérések eredményei a dolgozat 5. számú mellékletének 26. számú táblázatában olvashatóak.



3. számú kép Vég-tó nyíltvíz (saját fotó)

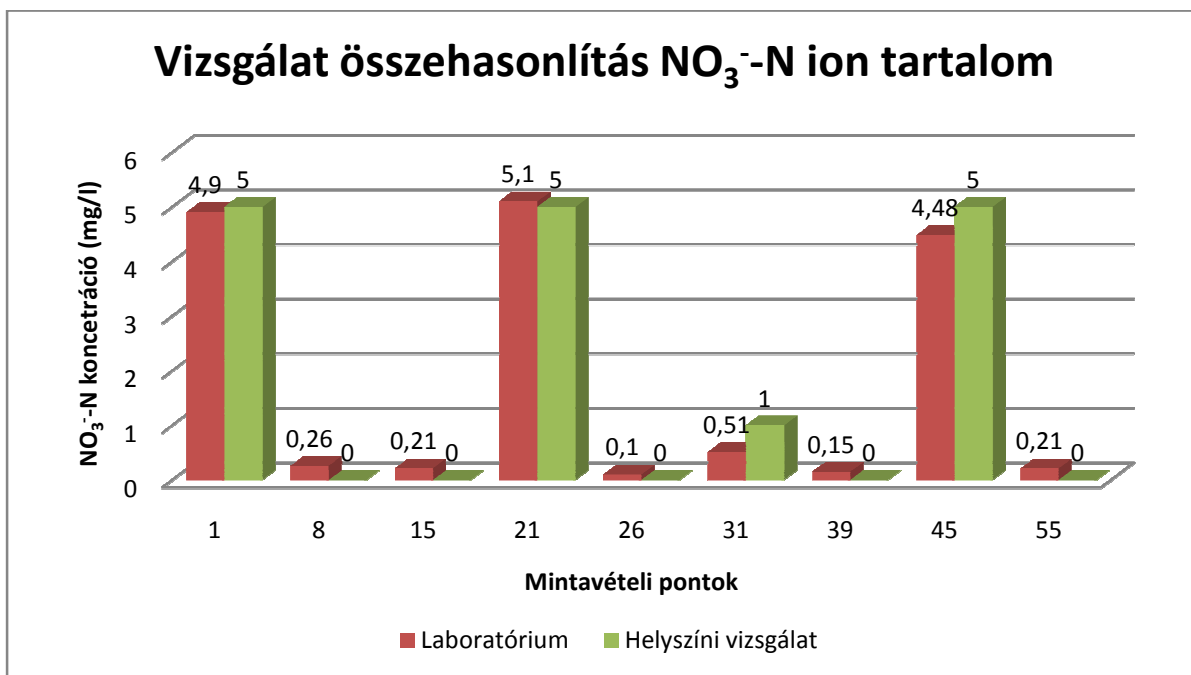
4.2.2 Laboratóriumi vizsgálatok eredménye

A laboratóriumi vizsgálatok elvégzésére a harmadik mintavételi időszakban került sor. Ahogy azt a dolgozat előző fejezetében már említettem, a laboratóriumi vizsgálatok kettős célúak voltak. Egyrészt eredményt szolgáltatottak, másrészt egyes komponensek tekintetében összehasonlító mérések voltak, amelyek a helyszíni vizsgálatok ellenőrzésére szolgáltak. Az összevetést szolgáló komponensek a vas, nitrit, nitrát ammónium-ion, klorid-ion, pH. A mérés során a Vég-tóból vett 9 vízmintán végeztem el laboratóriumi vizsgálatokat. A minták sorszáma megegyezik a helyszíni vizsgálatokon vett minták sorszámaival. A tóból vett vízmintákon elvégzett laboratóriumi mérések eredményei az alábbi 3. számú táblázatban olvashatóak.

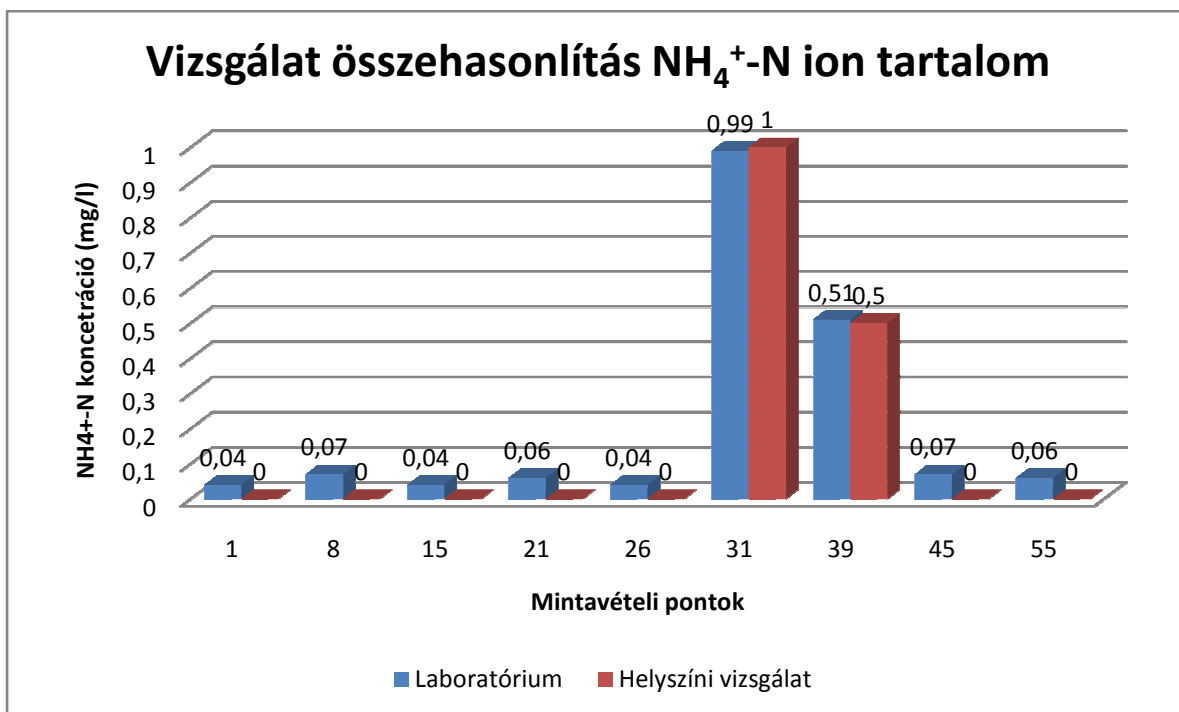
Minta szám	pH	Fajlagos vezetőképesség ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	$\text{NO}_3^- \text{N}$ (mg/l)	$\text{NO}_2^- \text{N}$ (mg/l)	$\text{SO}_4^{2-} \text{S}$ (mg/l)	$\text{NH}_4^+ \text{N}$ (mg/l)	Fe (mg/l)	Cl^- (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	Összkeménység ($^\circ\text{d}$)	KOI ($\text{O}_2\text{mg/l}$)	m-lágosság	p-lágosság
1	7,5	856	4,9	0,015	243,6	0,04	0,1	0	65,4	80,2	27,9	4,8	5,9	1,3
8	7,6	824	0,26	0,020	277,2	0,07	0,1	0	79,2	65	26,2	5,76	4,2	0
15	7,75	912	0,21	0,01	271,8	0,04	0,1	0	72,7	72,8	27,2	5,44	4,5	1,4
21	8,33	723	5,1	0,025	267,2	0,06	0,1	0	74,1	77,6	28,5	6,4	3,8	1,2
26	7,41	762	0,1	0,02	237,2	0,04	0,1	0	71,2	74,5	27,4	4,16	2,7	2,7
31	8,0	970	0,51	0,076	295,4	0,99	0,1	69	69	79,7	28,3	7,04	5,9	1,3
39	8,26	1002	0,15	0,046	259	0,51	0,2	0	75,6	72,3	27,5	5,12	4,5	1,4
45	7,72	895	4,48	0,04	313,6	0,07	0,2	0	74,8	75,4	28,1	4,48	2,7	2,7
55	7,86	788	0,21	0,056	253,6	0,06	0,1	0	79,9	73,7	28,4	4,16	4,2	0

3. számú táblázat Laboratóriumi minták III. mintavétel alkalmával (saját szerkesztés)

A mérések eredményeit alaposan összevetve a helyszíni vizsgálatok eredményeivel, látható, hogy a helyszíni gyorseszteszt pontossága megfelelő, hiszen a mért értékek között eltérés alig volt megfigyelhető. A vizsgálatok összehasonlítása a 7. és a 8. ábrán látható.



7. számú ábra Vizsgálat összehasonlítás I. (saját szerkesztés)



8. számú ábra Vizsgálat összehasonlítás II. (saját szerkesztés)

Ezen eredmény alapján a gyorseszteszt nagy biztonsággal használható előzetes vizsgálatok elvégzésére, és ezáltal költséghatékonyabbá lehet tenni a vizsgálandó területek környezeti elemzését. A vizsgálati eredményeket elemezve a kémhatás tekintetében a minták kiváló és jó minősítést kaptak, a rendeletben előírt határértéknek megfeleltek. A fajlagos vezetőképességet nézve a minták nagy része jó, a 39-es számú minta tűrhető minősítést kapott. E tekintetben a mért értékek megfeleltek a rendeletben szereplő határértéknek. Nitrit, nitrát, vas tartalom vonatkozásban a minták kitűnő és jó értékelést kaptak. Ammónium-ion tartalom tekintetében a minták többsége jó, a 31-es számú minta tűrhető minősítést kapott. A rendelet alapján a 31-es és a 39-es számú mintában mért ammónium-ion koncentráció a határérték felett volt. Klorid-iont a mérés során csak a 31-es számú minta tartalmazott kimutatható mennyiségben. Kémiai oxigénigény tekintetében is a minták kiváló és jó minősítést kaptak. Szulfát tartalmat nézve a felszíni vizekre jellemző mennyiség volt kimutatható a mintákból.

4.2.3 Ökotoxikológiai vizsgálatok eredménye

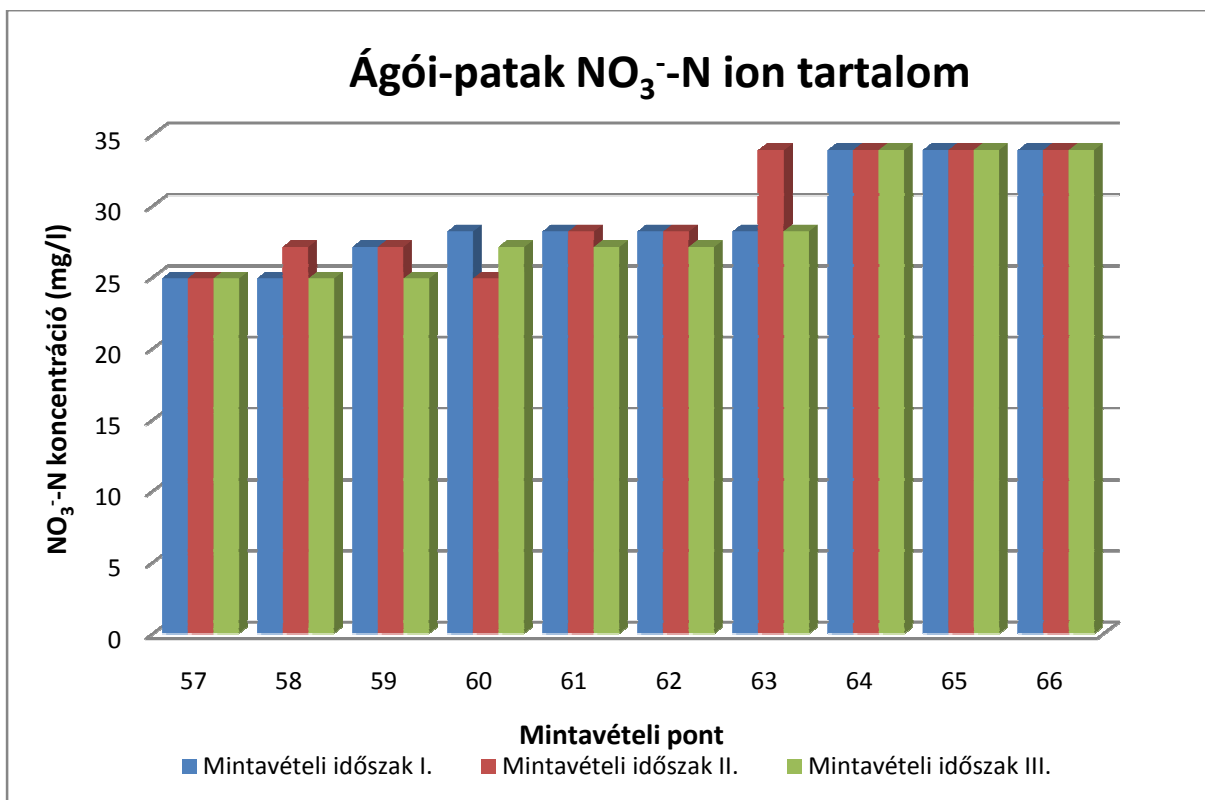
A bioindikációs vizsgálatok eredménye is azt a képet mutatja, mint a helyszíni és a laboratóriumi vizsgálatok. Az ökotoxikológiai vizsgálatokat a 3 mintavételi időszakban 60 vízmintán végeztem el. A minták származási helye megegyezik az eddig használt mintavételi pontokkal. A tóból vett vízmintákon elvégzett a ökotoxikológiai vizsgálatok eredményei a dolgozat 6. számú mellékletének 27. számú táblázatában olvashatóak. A Daphnia-teszt elvégzése után a minták többségénél nem volt tapasztalható pusztulás, vagy csak igen csekély mértékű, 10 %-os. Egyedül a 31-es mintánál tapasztaltam a többitől nagyobb arányú, 20 %-os pusztulást. Ez valószínűleg összefügg a laboratóriumi és helyszíni vizsgálatok során mért enyhén magasabb nitrit, nitrát és ammónium koncentrációval, amely okát fentebb már említettem. A mérések során az elemzett vízminták kiváló minősítést kaptak. Összegezve, az ökotoxikológiai vizsgálatok eredményei is alátámasztották, hogy a Vég-tó környezeti és ökológiai állapota nagyon kedvező.

4.2.4 Értékelés

Összegezve az ökotoxikológiai, a helyszíni a laboratóriumi és az üledékvizsgálatok eredményeit, egy egységes képet lehet felállítani a tó, a patak vizsgált részének és környezetének környezeti állapotáról. Elsőként az Ágói-patakból vett minták eredményeit értékeltem. A patak vize a vizsgálatok során szennyezettnek bizonyult. A patak felső folyásánál Rózsaszentmárton községhez tartozó területen is már szennyezett volt a patak vize nitrit és nitrát tartalom tekintetében, és ammónium-ion is nagyobb mennyiségben kimutatható volt. Ezt követően a patak alsó folyásánál Ecséd községhez tartozó szakaszon, az előbb említett komponensek mennyiségének a tekintetében nagyságrendi növekedést mértem.

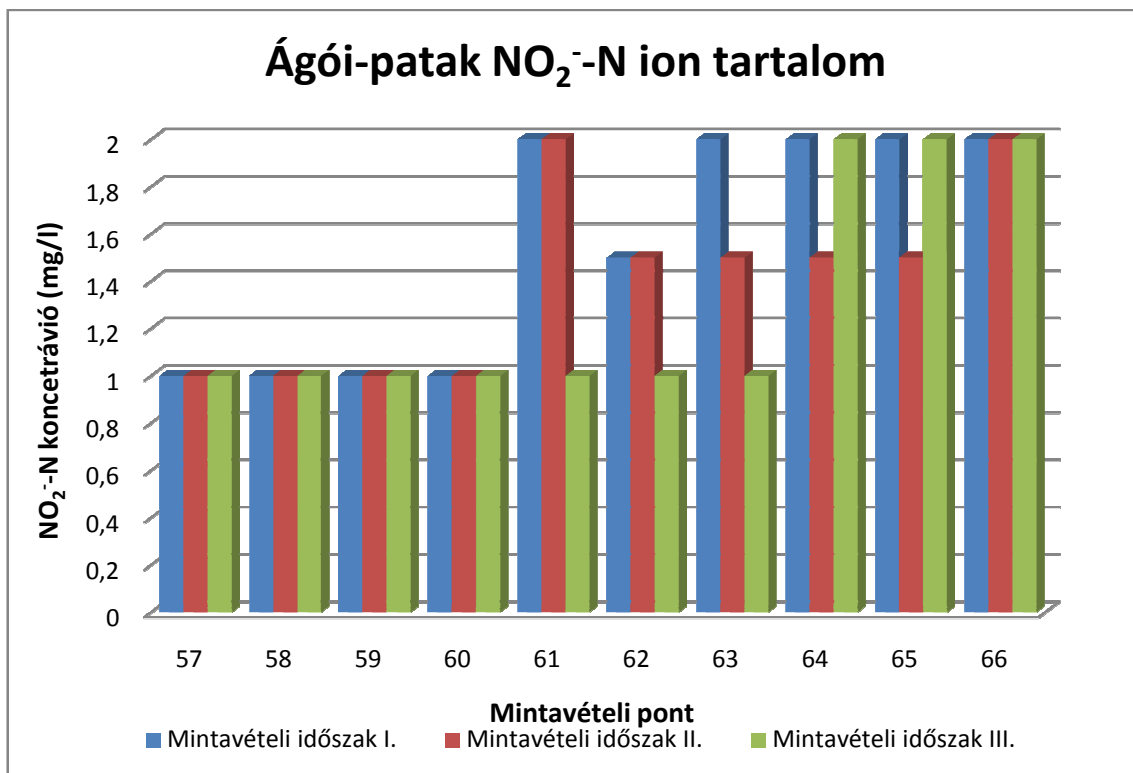
Ennek több oka is lehet. Egyrészt okozhatja az, hogy Ecséd csatornázottsága nem teljes körű, és így a házaknál a szennyvizet emésztőgödrökben gyűjtik. Abban az esetben, ha az emésztő nem megfelelően van kialakítva, nagy mennyiségű szennyvíz szivároghat a talajba, majd a talajvízből eljuthat a vízfolyásokba. Másrészt abban az esetben kerülhet ilyen fajta szennyeződés felszíni vizekbe, ha a tisztítatlan szennyvizet közvetlenül engedik bele az adott víztestbe. Az említett tényezők mellett fennáll annak a lehetősége is, hogy a szennyezés a nem megfelelő műtrágyázás során került a patak vizébe.

Az ammónium-ion nagyobb mennyiségben való jelenléte a vízben, friss szennyezésre utal, ugyanis az ammónia nem képez stabil vegyületet, mivel oxigénnek a jelenlétében nitrifikáló baktériumok hatására nitritté majd nitráttá alakul. A nitrát nagyobb mennyiségben való jelenléte pedig, régebbi szennyezésre utal. A nitrit és nitrát tartalomra mért értékek mindhárom mintavétel alkalmával ugyanazt a jelleget mutatták. A nitrát tartalom alakulására, a jobb szemléltetés céljából készítettem egy diagramot, amely a 9. számú ábrán látható.



9. számú ábra Ágói-patak nitrát tartalma (saját szerkesztés)

A Nitrit koncentrációt ábrázoló diagram pedig az alábbi 10. számú ábrán látható.



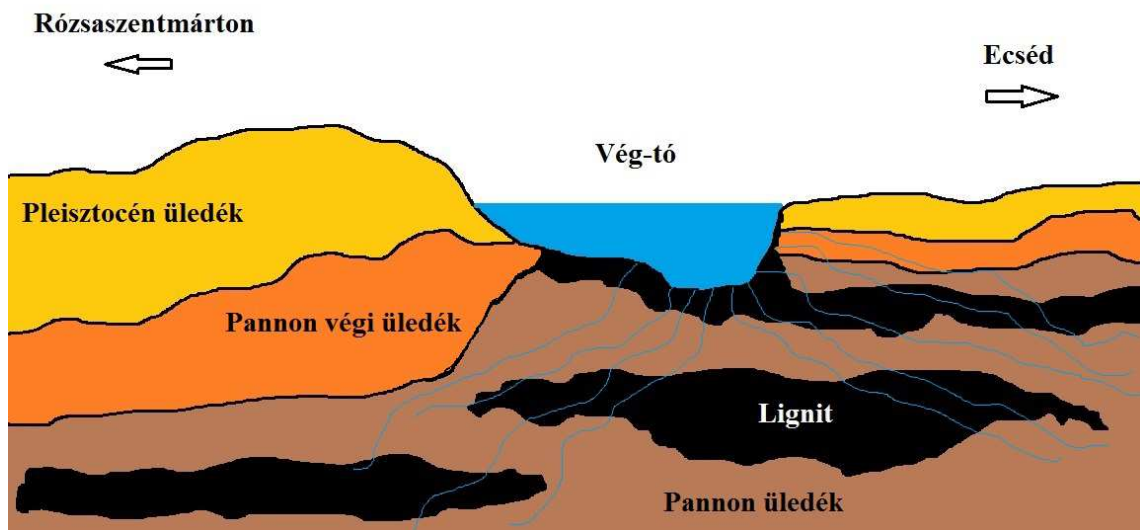
10. számú ábra Ágói-patak nitrit tartalma (saját szerkesztés)

Az előzőekben elemzett komponensek mennyiségi változásában megfigyelhető tendencia, miszerint a patak alsó folyásánál a mennyiségük megemelkedik, a foszfát tartalom és a pH érték vonatkozásában is megfigyelhető volt. Az eredményekből azt a következtetést lehet levonni, hogy a patak alsó folyásánál Ecséd községhez tartozó területen a patakot egy szennyező forrás éri el, aminek a hatására megemelkedik a vizsgált paraméterek mennyisége.

A Vég-tóból vett minták eredményeit értékelve egészen más kép rajzolódott ki. A tó vize a vizsgálatok alapján kiválóan bizonyult. A tóban a vizsgált terület egy részén a minták nitrit, nitrát és ammónium-ion tekintetében tűrhető minősítést kaptak a mérések során. Ez a rész a 31-es számútól a 38-as számú mintavételi pontig terjedt. Az említett terület a tó jobb partjánál van, amely vízi növényekkel és nádassal sűrűn benőtt. Annak több oka is lehet, hogy az erről a területről származó vízminták tűrhető minősítést kaptak az említett komponensek vonatkozásában. Az ammónium-ion kis mennyiségben történő megjelenését okozhatja a vegetációs időszakban az, hogy a fehérjékből ammónia szabadul fel, oxigén mentes közegben pedig redukcióval jöhet létre ammónia. Ez az említett eset állhat fenn, ha a sűrű vízi növényzet között elpusztul egy hal és a lebontó folyamatok elindulnak.

A tóban mérhető kis koncentrációk nem szennyezésből erednek. A tó jó környezeti és ökológiai állapota több tényezőnek is köszönhető. A tó mivel magántulajdonban van, ezért használatára nagyon szigorú szabályok vonatkoznak. A tavat övező területet a tulajdonos nagy odafigyeléssel gondozza. A tavat erdőterület övezi, így a mezőgazdasági tevékenységből származó esetleges szennyezés esélye minimális. A horgászat során a halakat túlzott mennyiségű táppal etetni tilos, ezért nagyobb mennyiségű tápanyag felhalmozódás nem következik be. A tónál limitálva van, az egyszerre a parton jelen lévő horgászok száma is.

Ahogy már azt a helyszínt bemutatása során említettem, a tavon csak elektromos meghajtású csónak közlekedhet, így ezáltal kizárható, hogy a közlekedésből szénhidrogén származék a tóba kerüljön. A bányászati leírásokból és a geológiai adatokból fény derült a tó tisztaságának a legfőbb okára is. Szemléltetés céljából készítettem egy ábrát a tényfeltárás során gyűjtött információkból, amely a 11. ábrán látható.



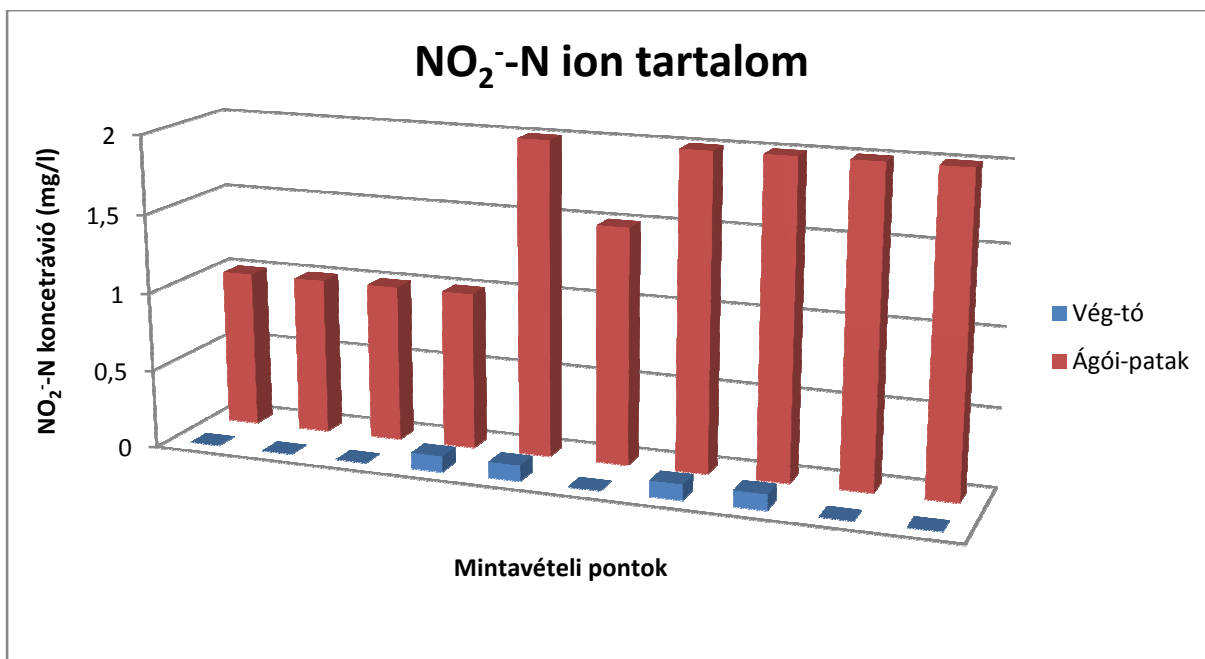
11. számú ábra Vég-tó geológiai viszonyai (saját szerkesztés)

A tó egy lignitbánya záró gödrében alakult ki. A területen a bányászatot nem a lignit telepek kimerülése miatt hagyták fel, hanem a kitermelés gazdaságossága miatt. Az érkező felszín alatti víz, ami a tavat táplálja vízzel, egy szénfalon keresztül jut a tóba. Ennek a szénfalnak a vastagsága több métert is elérheti, és majdnem az egész tó medrét körbe veszi. Ez a képződmény természetes szűrőként működve megtisztítja a vizet az esetleges szennyező komponensektől. Összegezve a vizsgálatok alatt összegyűjtött információkat, a tó kivételes tisztasága legnagyobb részben a meder alatt húzódó szénfalnak köszönhető, valamint annak, hogy a tulajdonosa a legnagyobb odafigyeléssel gondozza a tavat és környékét.

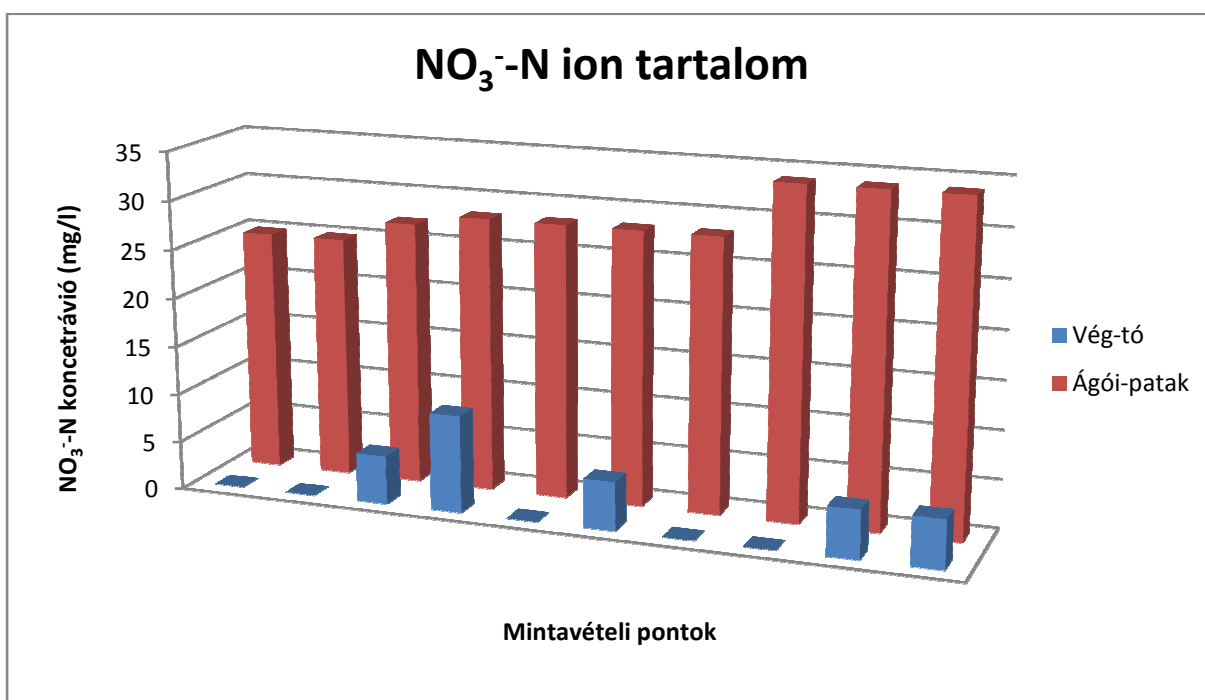
4.2.5 Összevetés

Az általam elvégzett vizsgálatok hasonló eredményt mutattak, mint a korábbi vizsgálatok fejezetben bemutatott két tanulmány. A méréseim során a patak szennyezettnek bizonyult. Hasonlóan a korábbi vizsgálatokhoz magas nitrit és nitrát tartalmat mértem, de az ammónium-ion koncentráció tekintetében már nem volt kimagasló magas érték, ettől függetlenül még ez is szennyezettnek számított. Ebből arra a következtetésre lehet jutni, hogy valamelyest csökkent a friss szennyezés mennyisége, de régebben a víztestbe került szennyezés mennyisége nem változott sokat az eltelt időszakban. Az ammónium-ion tartalomban tapasztalt csökkenést több tényező is okozhatta. Véleményem szerint legnagyobb mértékben a csatornahálózat kiépítése járult hozzá, de az esetleges illegális szennyvízbevezetések megszüntetése is nagyban eredményezhette ezt a tendenciát. Összegezve a korábbi vizsgálatok és a saját vizsgálatom eredményeit az látszik, hogy a patak nagy mértékben terhelt szennyező anyagokkal, amelynek a legfőbb forrása a megfelelő szennyvízelvezetés és tisztítás hiánya. A megállapítások nem csak az általam vizsgált patak szakaszra helytállóak, hanem a vízgyűjtő-gazdálkodási terv alapján a patak egészére.

A tavat leginkább veszélyeztető tényezők közé sorolnám a tó északi részén elhelyezkedő hétvégi házas övezetet. Csapadékos időszakban, amikor egyszerre nagy mennyiségű eső esik le a tó mögött az északi területeket a víz gyakran előnti, itt elsősorban szórvány hétvégi házak találhatók, amelyeknek a nagy része csak derítőkkel rendelkezik. Ebben a helyzetben fennáll, hogy a tóba esetlegesen szennyező anyag kerülhet. Az említett veszély megszüntetésére a legjobb megoldást, a terület minden ingatlanának csatornahálózatra való kapcsolása jelentené. A pataknak a tó vizére nincsen közvetlen hatása. A vizsgálatok eredményei is ezt támasztják alá, hiszen a patak vize szennyezettnek a tó vize kiválónak minősült. A 12. és a 13. ábrán láthatók a patakban és a tóban mért nitrit és nitrát koncentrációk közötti különbségek.



12. számú ábra Nitrit tartalom összevetés (saját szerkesztés)



13. számú ábra Nitrát tartalom összevetés (saját szerkesztés)

5 Következtések és javaslatok

A dolgozat, így a vizsgálatok fő célja is a Vég-tó vízminőségének és környezeti állapotának a meghatározása volt. Ahhoz, hogy teljes képet kapjak a tóról és a környező területről, elengedhetetlen volt a tó mellett folyó Ágói-patak vizének a vizsgálat is. Az összes elvégzett helyszíni, laboratóriumi és ökotoxikológiai vizsgálat eredményei alapján, arra a következtetésre jutottam, hogy a tó vízminősége és ökológiai állapota kiváló. Ezzel szemben a patak igen szennyezetnek bizonyult, a vizsgált komponensek tekintetében. Ennek oka a dolgozat előző fejezetében ismertett nem teljes körű csatornázottság, valamint az esetleges nem megfelelő mezőgazdasági tevékenység. Mindennek ellenére a tóba ezekből a külső forrásokból szennyező anyag nem kerül be, az említett természetes szűrőréteg következtében. A tóba belső forrásból sem kerülhet szennyezés, mert a tulajdonos nagy odafigyeléssel és körültekintően védi a környezetet, az élővilágot és a vízminőséget. Abban az esetben ha a horgászok saját csónakot kívánnának használni a tavon, akkor vízre rakás előtt le kell tisztítani és fertőtleníteni a hajótestet, hogy se szennyezés, se esetleges fertőzés ne kerüljön a vízbe. A tulajdonos munkája országos viszonylatban is kiemelkedő, hiszen évről évre több vendég fordul meg a tónál, és az említett szigorú szabályok kivétel nélküli betartásával tisztán lehet tartani a tavat és a környezetét. Mindezen intézkedéseknek és a szerencsés geológiai helyzetnek köszönhető a tó kiváló állapota. A területet tanulmányozásával eltöltött idő alatt több javaslat is megfogalmazódott bennem a fejlesztési lehetőségek között. A jövőbeli fejlesztési lehetőségek között szerepelhet egy állandó automata monitoring rendszer kiépítése, amely a főbb vízminőségi paramétereket mérné.

Abban az esetben ha egy ilyen beruházás megvalósulna a monitoring rendszernek a következő elemekből kell felépülnie:

- rögzített vagy mozgó szondák, mérőhálózat
- adatgyűjtési, mintavételi protokoll
- adatgyűjtő rendszer
- vezérlő informatikai rendszer a mérési adatok fogadására, kezelésére, megjelenítésére
- adatértékelési központ
- felhasználói felület

A rendszer kiépítésének keretében a tavon több ponton (molónál, stégek környékén, bolygatatlan részeken) szondákat kellene elhelyezni, amelyek a kiválasztott paramétereket adott időközönként mérnék és az adatokat rögzítenék. A paraméterek széles választékát lehet mérni ezen rendszerek alkalmazásával. A lehetséges mért komponensek között felsorolhatóak; hőmérséklet, pH érték, vezetőképesség, oldott oxigén, zavarosság, klorofill-a tartalom, kékalga, KOI, TOC, PO_4^{3-} , NH_4^+ , NO_2 és NO_3^- tartalom. A Vég-tó estében az előbbieken említett komponensek közül a következő paramétereket javasolom meghatározni:

- hőmérséklet
- pH érték
- oldott oxigén mennyiség
- KOI
- NH_4^+ , NO_2 , NO_3^-
- PO_4^{3-}

A költségvetés nagyságának a függvényében lehetőség van a rendszerbe speciális komponensek mérését is beiktatni az előzőekben említett standard paramétereken kívül. Ezek lehetnek poliaromás szénhidrogének (PAH), SO_4^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Zn, Cd, Co, Fe, Pb, Cu, Ni, Mn, Cr, BTEX, peszticidek, gyógyszermaradványok. A tó esetében érdemes lenne kiegészíteni a mérést a peszticidekkel, mivel a tó környezetében mezőgazdasági művelés is folyik. A mérendő komponensek közé javasolom még SO_4^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ . A mérni kíván paraméterek kiválasztását követően az elkészült szondák az előre meghatározott helyekre telepíthetőek. A mérőállomások, meghatározott időnként mérést végeznek és a mért adatokat eltárolják. A tó estében naponta, ugyanabban az időben javasolom a mérés elvégzését. A mintavételek sűrűségét lehet növelni, ha a gazdasági helyzet megengedi, vagy ha változás észlelhető a vízminőségében. Az adatgyűjtés történhet közvetlenül on-line módon, vagy kézi módszerrel. Az on-line mód kiépítése nagyobb beruházási költségekkel jár. A mért adatokat az informatikai rendszer feldolgozza, majd az értékelés után a felhasználói felületen megjeleníti. A rendszer alkalmazásával figyelemmel lehetne követni a tó vízminőségének legkisebb változásait, valamint a segítségével nagyon hamar észlelni lehetne, ha valamilyen szennyezés bejutna a víztestbe. Ennek a rendszernek a kiépítése elég költséges, de vannak egyszerűbb és olcsóbb megoldások is. E költséghatékony javaslatom, hogy előre meghatározott időközönként (egy évben több alkalommal a gazdasági helyzettől függően, de minimum négyszer) mintavétellel vizsgálatot végezzenek a tavon.

Ezen vizsgálatok alkalmával célszerű lenne nemcsak az általános vízminőségi paramétereket vizsgálni, hanem a méréseket kiterjeszteni olyan komponensek vizsgálatával, amelyek a terület használatának a jellegéből kerülhetnek bele a vízbe. A költségek csökkentése érdekében az általános vízminőségi paraméterek mérését helyszíni gyorsesztekkel javaslom elvégezni. Az előbbieken megfogalmazott javaslatokon kívül, a tó vízminőség változásának a nyomon követésében nagy segítséget nyújthatnak az élő szervezetek. A tó faunájában megtalálhatók édesvízi rákok és medúzafajok, amelyek különösen érzékenyek a vízminőség változásra. Ezek alapján, a hetente történő bűvármerülések alkalmával könnyen nyomon lehet követni a populáció nagyságának a változását, amelyből következtetéseket lehet levonni a tó vízminőségére nézve. Érdekes kutatási lehetőségnek tartanám az említett szénfal részletesebb vizsgálatát. Egy teljes körű vizsgálat során mélyfúrások segítségével mintát kellene venni, majd meg kellene vizsgálni a szénfal előtti vizet.

Egy másik mintavétel során pedig, a falon történő átszivárgás utáni vizet kellene vizsgálni. Az eredmények elemzése után meg lehetne állapítani a szénfal valódi tisztító és szűrő képességét. A vizsgálati lehetőségek között szerepelhet még a tó nyugati partja mentén húzódó domboldal mozgásának és eróziójának a meghatározása, mivel több ponton is láthatóak felszínmozgások. Az említett folyamatok hosszú távon befolyásolhatják a tó üledékének és vizének minőségét.

A patak vízminőségének a javítására több javítási és megoldási javaslatot állítottam fel. Az elsődleges feladat az lenne, hogy a teljes körű csatornázás a lehető leghamarabb megvalósuljon a településen. Amíg a csatornázási munkálatok nem fejeződnek be, átmeneti megoldásként a települési önkormányzat tájékoztatási előadások keretében felhívhatná az emberek figyelmét arra, hogy milyen károkat lehet okozni a nem megfelelő szennyvízkezeléssel. Az átmeneti megoldások közt szerepelhet a nem megfelelően kialakított emésztők kijavítása és korszerűsítése. Az egyes háztartásokból a tisztítatlan szennyvíz közvetlenül a patakba engedése is komoly problémát okozhat, amelynek a megoldása a fő feladatok közé tartozik. Ezekben a feladatokban az önkormányzatnak nagy szerepet kell vállalnia. Egy lehetséges megoldási javaslat lehetne a patak adott szakaszán egy természetvédelmi őrszolgálat felállítása. Ennek a megoldása több előnnyel is járna, hiszen a bizonyos időközönként történő járőrözéssel, esetleg tetten érhetőek lennének az illegális hulladék lerakások, a törvénytelen fakivágások és a szennyvízbevezetések. Egy másik előnye az intézkedésnek a költség megtakarítás lenne, vagyis a szennyező fizet elv érvényesítése.

A magyarországi jogszabály alapján, az ingatlanon elhagyott hulladék kezelése a hulladék tulajdonosát, illetve ha nem ismert a személy, az ingatlan tulajdonosát terheli (HARTMAN 2011). Ilyen ügyekben a környezetvédelmi hatóság kötelezi az elhagyott hulladék tulajdonosát az elszállításra és ártalmatlanításra. Abban az esetben, ha nem ismert a terület tulajdonosa, vagy közterületek esetében, az önkormányzat lesz a felelős ezen intézkedések elvégzéséért. A javasolt intézkedések valamelyikének a bevezetésével már jelentősen lehetne csökkenteni a patakot ért szennyezés mennyiségét.

6 Összefoglalás

A dolgozat zárásaként szeretném összegezni az elvégzett munka eredményeit. A munkám során a célkitűzésem az volt, hogy az Ecsédi Vég-tó üledékének és vizének műszeres analitikai vizsgálatával, valamint ökotoxikológiai tesztekkel meghatározzam a tó környezeti állapotát. Céljaim között szerepelt még, az Ágói-patak vizének a vizsgálata, hogy ezáltal képet kapjak a tó közvetlen szomszédságában folyó patak környezeti állapotáról. A patak vizének nincs közvetlen kapcsolata a tóval, valamint a tó vizének minőségére sem gyakorol befolyást. A tavat kémiai és ökotoxikológiai módszerek segítségével vizsgáltam. A két eljárást véleményem szerint egy terület feltérképezése során párhuzamosan kell végezni mert e két módszer kiegészíti egymást és ezáltal pontosabb képet kaphatunk az adott területről. A tó vizéből a három mintavételi időszak során vett 168 mintán, helyszíni kémiai vizsgálatokat végeztem el. Búvárfelszerelés segítségével különböző mélységekből vett 6 üledékmintán, ICP-OES berendezéssel elemanalitikai vizsgálatot végeztem. Laboratóriumi vizsgálatot végeztem a harmadik mintavételi időszakban vett 9 vízmintán. Végezetül, a három mintavételi időszak során vett 60 vízmintán pedig Daphnia-tesztet végeztem el. A vizsgálatok során a célkitűzésem volt még, hogy a helyszíni vizsgálatokon mért eredmények pontosságát összevetsem a laboratóriumi eredményekkel.

Összefoglalva a kémiai és ökotoxikológiai vizsgálatok eredményeit, azt lehet megállapítani, hogy a Vég-tó környezeti és ökológiai állapota kitűnő. Ez két fontos ténynek köszönhető. Egyrészt annak, hogy a tó medrét alulról egy szénfal veszi körül réteges elhelyezkedésben, amelyen keresztül a tóba érkező források vize megtisztul, ez egy természetes szűrőként szolgál, egy védelmi vonala a tó élővilágának. Másrészt annak köszönhető, hogy a tó tulajdonosa szigorú szabályokat hozott a tó használatát illetően, valamint a környezetet nagy odafigyeléssel gondozza, s ezen intézkedések segítségével meg lehet előzni, hogy belső forrásból szennyezés kerüljön a vízbe. Az Ágói-patakról ez már sajnos nem mondható el. A vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy a patak szennyezett a vizsgált komponensek tekintetében. Ennek a fő oka a teljes körű csatornázottság hiánya, aminek a következtében a talajvíz is elszennyeződött. Nagy kihívást jelent a XXI. században, hogy meg kell tanulnunk ésszerűen bánni a vízkészletekkel, ezek közt a talajvízzel, a talpunc alatt tárolódó, szivárgó természeti kincssel. A fennálló problémák megoldására a dolgozat előző fejezetében több megoldást is javasoltam.

A tó kezelésén véleményem szerint nem kell változtatni, csak fejlesztési javaslatot tettem a tó rendszeres vizsgálatának a megvalósítására, amely által az esetleges bekövetkező vízminőség változást időben észre lehet venni. A tóval kapcsolatban egy érdekes kutatási lehetőségre tettem javaslatot a szénfal részletes vizsgálatával. A patak szennyezettségének a csökkentése érdekében az elsődleges feladat a javaslataim között a teljes körű csatornahálózat minél hamarabbi kiépítése volt, és az emberek tájékozottságának a növelése. A tóban történő többszöri merülés nagy segítséget jelentett a munkám során. A búvárfelszerelés segítségével olyan helyeket is meg tudtam vizsgálni és mintát tudtam venni, ahonnan a hagyományos módszerek alkalmazásával nehezebb lett volna. A felszíni és felszín alatti vizek vizsgálatát a környezetvédelem fontos területének tartom. Az említett vizek rendszeres időközönként végzett széleskörű monitoringja, elengedhetetlen abból a szempontból, hogy nyomon tudjuk követni azokat a változásokat, amelyek lejátszódnak a víztestekben, és ahhoz, hogy az esetleges szennyezéseket időben észrevegyük és kezeljük. A víz az emberiség nagy kincse, ezért tisztaságára kellő gondossággal kell ügyelni. A társadalom fontos feladatának tartom, hogy megőrizzük a felszíni és felszín alatti vízkészletek jó állapotát, ahogy azt a Vízköri irányelvben vállaltuk is. Végezetül a dolgot zárásaképpen egy szomorú tényről szeretnék beszélni a vízszennyezettség tekintetében, valamint ezáltal szeretném hangsúlyozni a vizek védelmének fontosságát.

Naponta 5000 ember hal meg a szennyezett ivóvíz következtében és 1 milliárd ember nem jut tiszta ivóvízhez. (Yann A. B. 2009)

7 Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni a dolgozat elkészítésben nyújtott segítségüket:

- Kruppiné Dr. Fekete Ilonának, a Szent István Egyetem Kémiai és Biokémiai Tanszék egyetemi adjunktusának
- Dr. Kuti Lászlónak, a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet Környezetföldtani Osztály tudományos főmunkatársának
- Dr. Horváth Márknak, a Szent István Egyetem Kémiai és Biokémiai Tanszék tudományos munkatársának
- Balázs Gábornak, a Vég-tó üzemeltetőjének
- Halász Gézának, a bűvároktatómnak

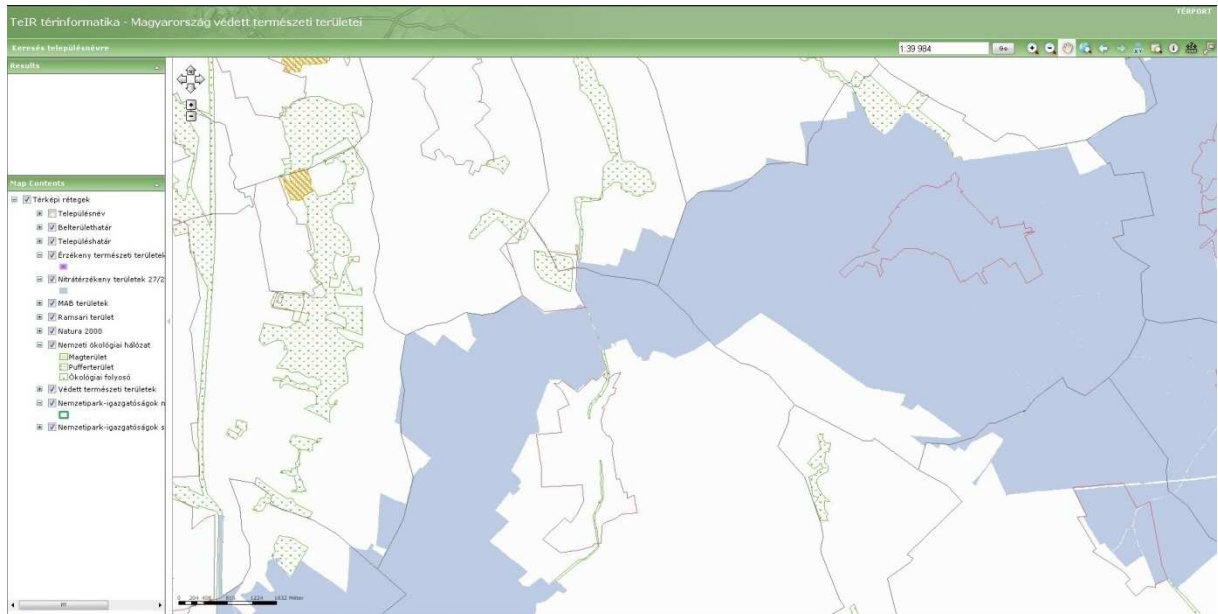
8 Irodalomjegyzék

- Alasdair McWhirter, Gay Burdett, Margaret Allen, Normann Barrett, Nigel Cawthorne, Alison Freegard, Derek Hall, Tim Healey, Robin Kerrod, John Ellison Khan, Keith Lye, Andrew Panos, Gillian Peele, Robert Sneddorn, Helen Spence, Keith Spence, Stephen Williams, Dick Bonson, Colin Emberson, Kevin Jones Associates, Malcolm McGregor, Gill Tomblin, Raymond Turvey, Christopher Barker, Steve Baxter, Colin Molyneux, John Sims, Patrich Thurston, Eileen Tweedy (1995): Illustrated Dictionary of Essential Knowledge. — The Reader's Digest Association Inc., London, 460. p.
- Barkács Katalin, Bartholy Judit, Kiss Keve Tihamér, Nagy Mária, Pongrácz Rita, Salma Imre, Sohár Pálné, Tóth Bence (2012): Környezetkémia, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Budapest, 336 p.
- Boros Tiborné (1993): Bioindikáció a környezeti állapot figyelésére. — OMIKK, Budapest 6.p.
- Clement Adrienne (szerk.) (2007): Vízminőség szabályozás, — BME Vízi közmű és környezetmérnöki tanszék, Budapest 75 p.
- Dávid Árpád (2011): Ásvány és közettan, — EKF ttk, Budapest, 87p.
- Dukay Igor szerkesztette (2000): Kézikönyv a kisvízfolyások komplex vizsgálatához. — Göncöl Alapítvány és Szövetség, Vác, 130-134 p.
- Dvéky Erika (2004): Bioindikátorok alkalmazása a felszín közeli ózon kutatásában 133. p
- Földessy János, Cserny Tibor, Hartai Éva, Kuti László, Nováky Béla, Papp Zoltán, Szabó Imre, Szlávik Lajos, Szűcs Péter (2008): Környezetföldtan 74.-75. p.
- Google Inc. (2012): Google Earth 6.2.2.6613. OpenGL, New York
- Hartman Mátyás (2011): Hulladékgazdálkodás alapjai. — Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Gödöllő, 22. p.
- Heltai György (2010): Atomspektroszkópia, — Kézirat Szent István Egyetem Környezeti analízis kurzus, 45 p.
- Horváth Márk (2013): Talajkivonatok vizsgálata induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométerrel, — Kézirat, Szent István Egyetem Műszeres Környezetanalitika, monitoring kurzus
- http 1: <http://www.ecsed.hu/ecsed-toertenete.html> (2014 április)
- http 2: http://hu.wikipedia.org/wiki/Analitikai_k%C3%A9mia (2014 április)
- Kruppiné Fekete Ilona, Horváth Márk (2011) a: Ammónium-ion meghatározás (MSZ ISO 7150-1:1992 alapján) — Kézirat, Szent István Egyetem Vízanalitika kurzus
- Kruppiné Fekete Ilona, Horváth Márk (2011)b: Szulfáttartalom meghatározás turbidimetriás módszerrel — Kézirat, Szent István Egyetem Vízanalitika kurzus
- Kruppiné Fekete Ilona, Horváth Márk (2011)c: Kloridion tartalom meghatározás (MSZ 448/15-82 alapján) — Kézirat, Szent István Egyetem Vízanalitika kurzus
- Kruppiné Fekete Ilona, Horváth Márk (2011)d: Vas (III) tartalom meghatározás (MSZ 448/4-83 alapján) — Kézirat, Szent István Egyetem Vízanalitika kurzus
- Kruppiné Fekete Ilona, Horváth Márk (2011)e: Összkeménység meghatározása (MSZ 448/21-86 alapján) — Kézirat, Szent István Egyetem Vízanalitika kurzus

- Kruppiné Fekete Ilona, Horváth Márk (2011)f: Vízmintha lúgosságának meghatározása (MSZ 448/11-86 alapján) — Kézirat, Szent István Egyetem Vízanalitika kurzus
- Kruppiné Fekete Ilona, Horváth Márk (2011)g: Vízmintha oxigénfogyasztásának meghatározása (MSZ 448-20 alapján) — Kézirat, Szent István Egyetem Vízanalitika kurzus
- Láng István, Bándi Gyula, Börzsönyi Mátyás, Hardi Péter, Jászay Tamás, Kőrös Endre, Perczel György, Pethes György, Simon Tibor, Stefanovits Pál, Szabényi Imre (1993): Környezetvédelmi Lexikon I.-II. — Akadémiai Kiadó és Nyomda, Budapest 527 p.
- Magyar Szabványügyi Testület(1993): Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés. — MSZ 12749:1993
- Michael Allaby, Robert R. Coenraads, Stephen Hutchinson, Karen McGhee, John O'Byrne, Ken rubin (2008): The Encyclopedia of Earth, — Weldon Owen Pty Ltd., Sydney, 608 p.
- Michael Bright, Chris Catton, Tim Birkhead, Robin Dunbar, Peter Evans, Anne Gatti, David Helton, Conor Jameson, Sanjida O'Connell, Clair Brunton, John A. Burton, Phil Chapman, Barry Clark, Ronald Emson, Jim Flegg Christopher O'Toole, Geoffrey Potts (1994): Exploring the secrets of nature, — Reader's Digest Association Limited, London, 431 p.
- Peter Korbel, Milan Novák (2004): The complete Encyclopedia of Minerals, — Rebo International B. V., Lisse, Netherland,293 p.
- Piros Christa (szerk.) (1987): A Magyar Állami Földtani Intézet évi jelentés az 1985. évről, — Műszaki könyvkiadó, Budapest, 583 p.
- Posta József (2010): Atomabszorpciós spektrometria. — Hallgatói Információs Központ 136 p.
- Szoboszlai Sándor, Kriszt Balázs (2010): Környezeti elemek védelme. — Szent István Egyetem, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Gödöllő, 130 p.
- Theodore Gray (2009): The Elements. — Black Dog & Leventhal Publisher Inc. New York 240 p.
- Vic Cox, George S. Fichter, Ruth Kirk, Peter R. Limburg, Edward R. Ricciuti, Durward L. Allen Rhodes W. Faribridge, William C. Steere (1984): ABC's of nature. — The Reader's Digest Association Inc., New York, 464. p.
- Zseni Aniko, Bulla Miklós (2002): Vízminőségvédelem. — Széchenyi István Egyetem, Építési és Környezetmérnöki Intézet, Győr, 168 p.

9 Melléklet

1. számú melléklet

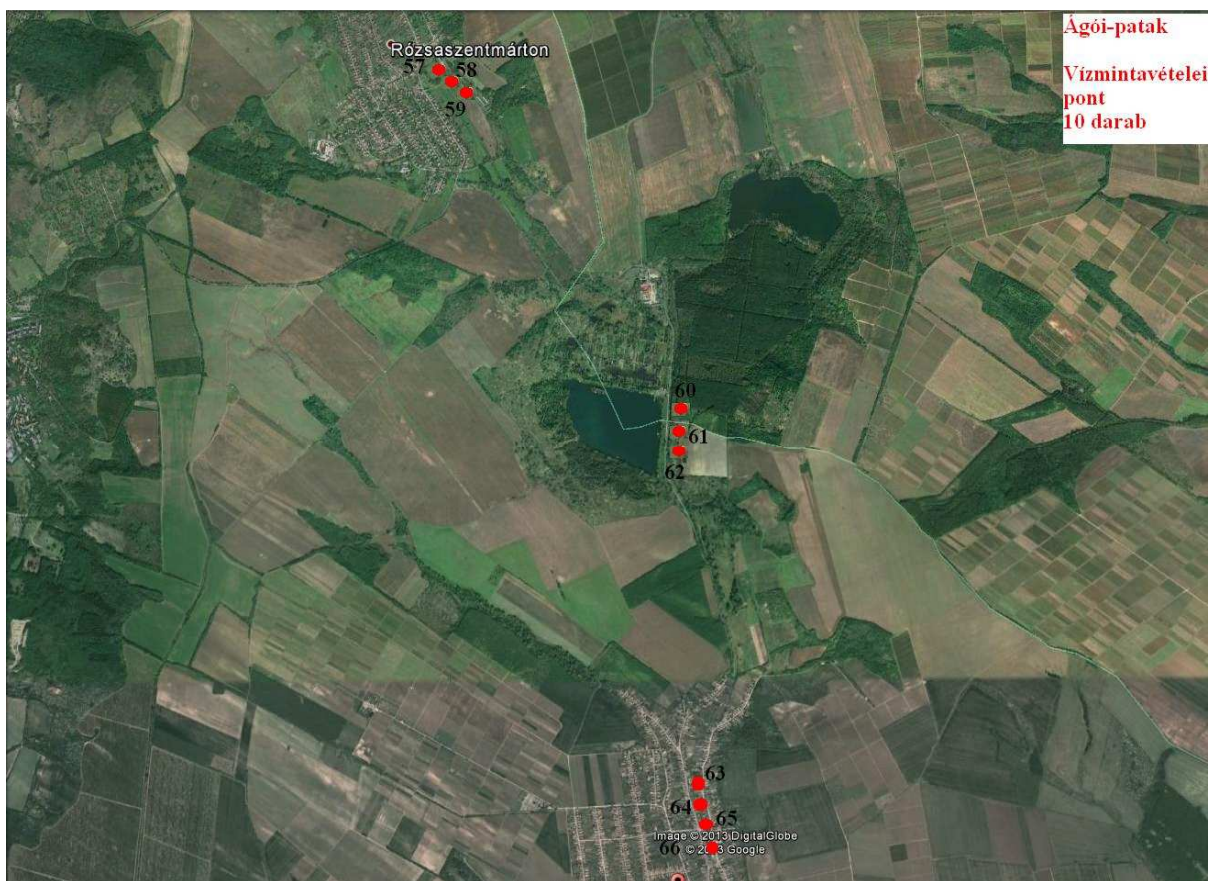


1. számú ábra Magyarország védett területei (saját szerkesztés)

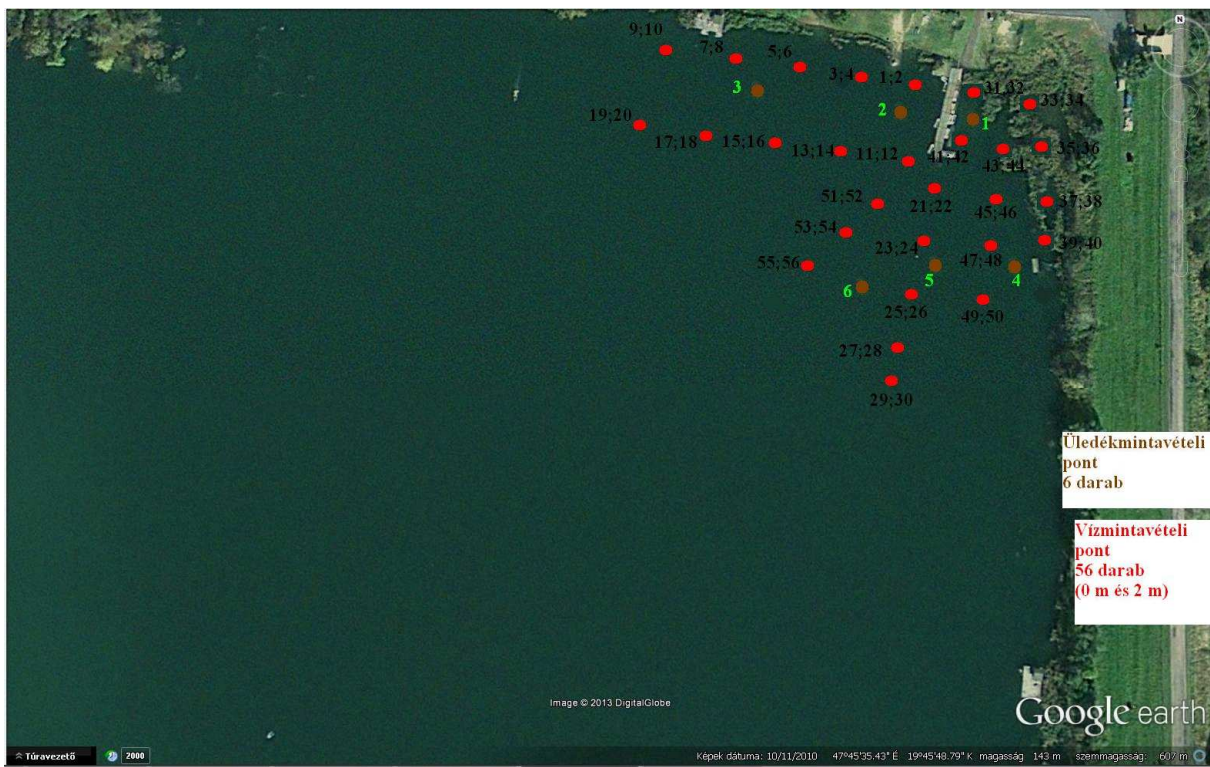
2. számú melléklet



2. számú ábra Vizsgált terület (saját szerkesztés)



3. számú ábra Ágói-patak (saját szerkesztés)



4. számú ábra Vég tó (saját szerkesztés)



1. számú kép Vég-tó (fotó: Halász Géza)



2.. számú kép Vég-tó II. (fotó: Halász Géza)

3. számú melléklet

Ammónium-ion tartalom meghatározás

A munkaoldatból készített kalibráló sor koncentrációjának kiszámítása

$$\text{munkaoldat} = 0,001 \text{ mólus } \text{NH}_4\text{Cl}$$

$$0,001 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 0,000001 \frac{\text{mol}}{\text{cm}^3} \text{NH}_4\text{Cl}$$

$$0,000001 \frac{\text{mol}}{\text{cm}^3} \rightarrow 10 \text{ cm}^3 = 0,00001 \text{ mol } \text{NH}_4\text{Cl}$$

$$M_{\text{NH}_4} = 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$m = n * M = 0,00001 * 18 = 0,00018 \text{ g}$$

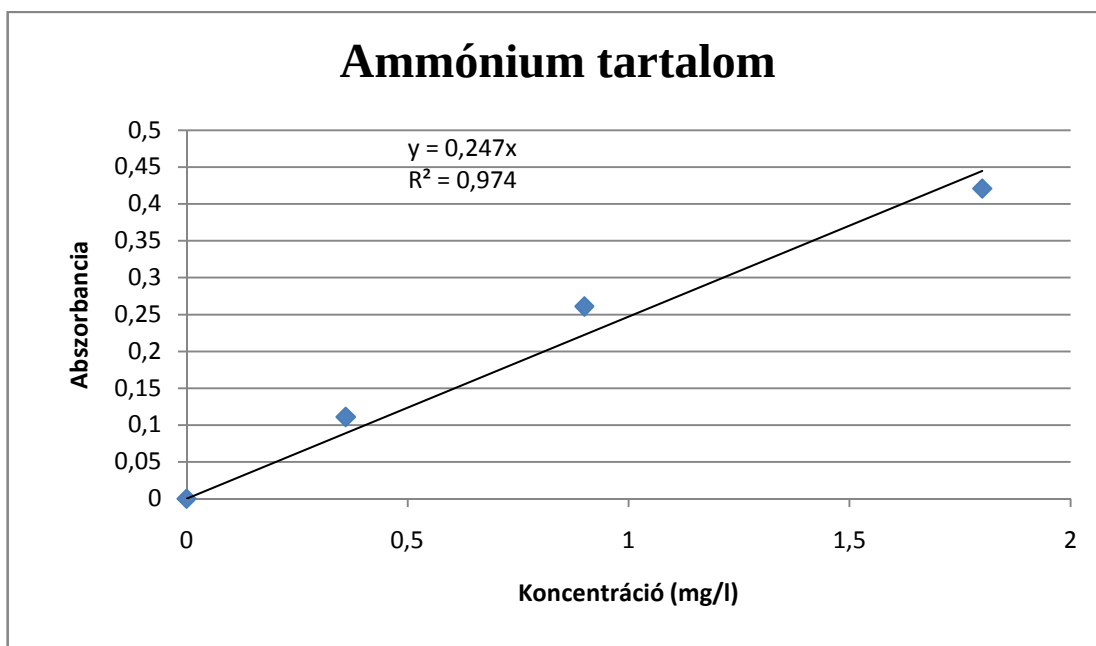
50 cm³ – ben 0,0018 g NH₄Cl van, 100 cm³ – ben 0,0036 g NH₄Cl

$$0,0036 \frac{\text{g}}{100 \text{ cm}^3} \rightarrow 0,0036 \frac{\text{g}}{\text{l}} \rightarrow 3,6 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

A kalibráló sorozat többi tagjának a koncentrációját azonos számítás alapján kapjuk meg.

Mennyiség (ml)	1	2,5	5	10	Vak
Koncentráció	0,36	0,9	1,8	3,6	0
Abszorbancia	0,111	0,261	0,421	0,639	0

1. számú táblázat Mért értékek (saját szerkesztés)



5. számú ábra Ammónium tartalom (saját szerkesztés)

A grafikonról leolvasott egyenes egyenlete

$$y = 0,274x$$

1. minta

$$y = 0,002$$

$$x = \frac{y}{0,274} = \frac{0,002}{0,274} = 8,09 \cdot 10^{-3} \frac{mg}{l}$$

Az ötszörös hígítás következtében:

$$8,09 \cdot 10^{-3} \cdot 5 = 0,04 \frac{mg}{l}$$

A további minták eredményeit a fenti számítással megegyező módszerrel határoztam meg.

Minta szám	Abszorbancia	Eredmény (mg/l)
8	0,004	0,07
15	0,002	0,04
21	0,003	0,06
26	0,002	0,04
31	0,049	0,99
39	0,025	0,51
45	0,004	0,07
55	0,003	0,06

2. számú táblázat Ammónium tartalom eredmények (saját szerkesztés)

Szulfáttartalom meghatározás

A munkaoldatból készített kalibráló sor koncentrációjának kiszámítása

$$munkaoldat = 0,02 \text{ mólus } H_2SO_4$$

$$0,02 \frac{mol}{dm^3} = 0,00002 \frac{mol}{cm^3} H_2SO_4$$

$$0,00002 \frac{mol}{cm^3} \rightarrow 1cm^3 = 0,00002 \text{ mol } H_2SO_4$$

$$M_{H_2SO_4} = 98 \frac{g}{mol}$$

$$m = n \cdot M = 0,00002 \cdot 98 = 0,00196 \text{ g}$$

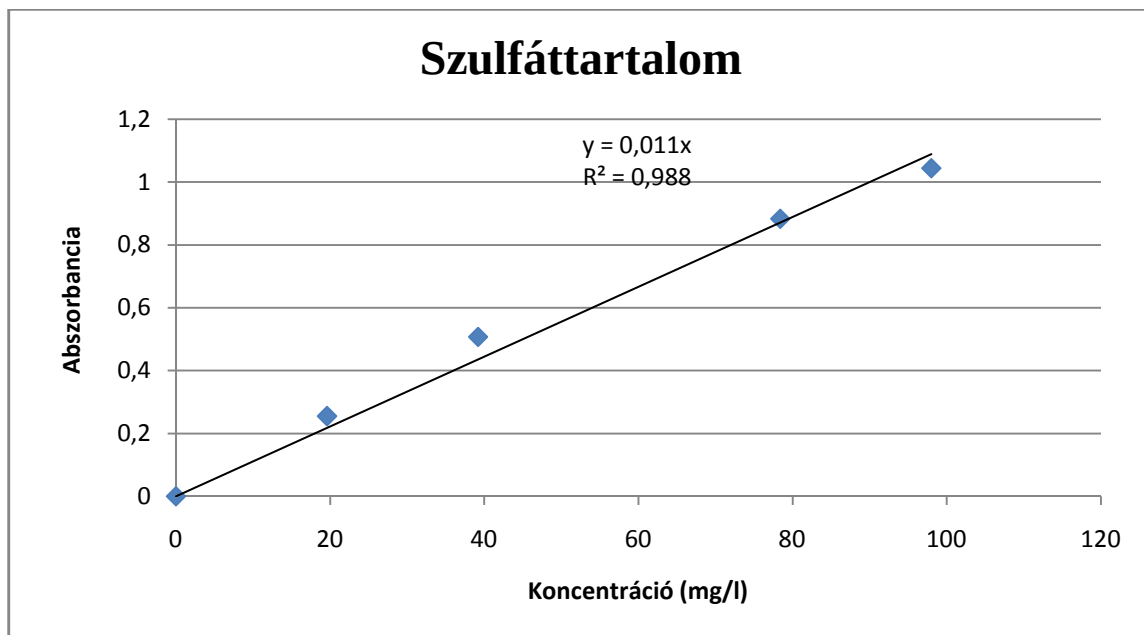
$$100 \text{ cm}^3 - \text{ben } 0,00196 \text{ g } H_2SO_4 \text{ van}$$

$$0,00196 \frac{g}{100cm^3} \rightarrow 0,0196 \frac{g}{l} \rightarrow 19,6 \frac{mg}{l}$$

A kalibráló sorozat többi tagjának a koncentrációját azonos számítás alapján kapjuk meg.

Mennyiség (ml)	1	2	4	5	10	Vak
Koncentráció	19,6	39,2	78,4	98	169	0
Abszorbancia	0,255	0,507	0,883	1,044	1,476	0

3. számú táblázat Mért értékek (saját szerkesztés)



6. számú ábra Szulfáttartalom (saját szerkesztés)

A grafikonról leolvasott egyenes egyenlete

$$y = 0,011x$$

1. minta

$$y = 0,268$$

$$x = \frac{y}{0,011} = \frac{0,268}{0,011} = 24,36 \frac{mg}{l}$$

A tízszeres hígítás következtében:

$$24,36 * 10 = 243,6 \frac{mg}{l}$$

A további minták eredményeit a fenti számítással megegyező módszerrel határoztam meg.

Minta szám	Abszorbancia	Eredmény (mg/l)
8	0,305	277,2
15	0,299	271,8
21	0,294	267,2
26	0,261	237,2
31	0,325	295,4
39	0,285	259
45	0,345	313,6
55	0,279	253,6

4. számú táblázat Szulfáttartalom eredmények (saját szerkesztés)

Klorid-ion koncentráció meghatározása

$$Cl^- \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{a * f * c * 35450}{V}$$

a = az ezüst – nitrát mérőoldat fogyása a minta titrálásakor cm^3 – ben

f = az ezüst – nitrát mérőoldat faktora (0,976)

c = az ezüst – nitrát mérőoldat koncentrációja (0,1 mol/dm³)

V = titrált térfogat (5 cm³)

1. minta

$$a_{\text{átlag}} = 0 \text{ cm}^3$$

$$Cl^- = \frac{0 * 0,976 * 0,1 * 35450}{5} = 0 \text{ mg/l}$$

A további minták eredményeit a fenti számítással megegyező módszerrel határoztam meg.

Minta szám	Fogyás (cm ³)	Eredmény (mg/l)
8	0	0
15	0	0
21	0	0
26	0	0
31	0,1	69,19
39	0	0
45	0	0
55	0	0

5. számú táblázat Klorid-ion tartalom eredmények (saját szerkesztés)

Összes keménység meghatározás

$$\text{Összes keménység}(nK^\circ) = \frac{a * f * c * 56 * 1000}{V * 10}$$

a = az EDTA mérőoldat fogyása a minta titrálásakor cm^3 – ben

f = az EDTA mérőoldat faktora (1,020)

c = az EDTA mérőoldat koncentrációja ($0,0089 \text{ mol/dm}^3$)

V = titrált térfogat (50 cm^3)

1. minta

$$a_{\text{átlag}} = 27,4 \text{ cm}^3$$

$$\text{Összes keménység} = \frac{27,4 * 1,020 * 0,0089 * 56 * 1000}{50 * 10} = 27,86 \text{ nK}^\circ$$

A további minták eredményeit a fenti számítással megegyező módszerrel határoztam meg.

Minta szám	Fogyás (cm^3)	Eredmény (nK°)
8	25,8	26,23
15	26,7	27,15
21	28	28,47
26	26,9	27,35
31	27,8	28,26
39	27	27,45
45	27,6	28,06
55	27,9	28,37

6. számú táblázat Összkeménység eredmények (saját szerkesztés)

Kalcium-ion koncentráció meghatározása

$$\text{Ca}^{2+}(\text{mg/l}) = \frac{b * f * c * 40 * 1000}{V}$$

b = az EDTA mérőoldat fogyása a minta titrálásakor cm^3 – ben

f = az EDTA mérőoldat faktora (1,020)

c = az EDTA mérőoldat koncentrációja ($0,0089 \text{ mol/dm}^3$)

V = titrált térfogat (50 cm^3)

1. minta

$$b_{\text{átlag}} = 9 \text{ cm}^3$$

$$Ca^{2+} = \frac{9 * 1,020 * 0,0089 * 40 * 1000}{50} = 65,36 \text{ mg/l}$$

A további minták eredményeit a fenti számítással megegyező módszerrel határoztam meg.

Minta szám	Fogyás (cm ³)	Eredmény (mg/l)
8	10,9	79,16
15	10	72,62
21	10,2	74,08
26	9,8	71,17
31	9,5	68,99
39	10,4	75,53
45	10,3	74,80
55	11	79,89

7. számú táblázat Kalcium-ion tartalom eredmények (saját szerkesztés)

Magnézium-ion koncentráció meghatározása

$$Mg^{2+}(\text{mg/l}) = \frac{(a - b) * f * c * 24 * 1000}{V}$$

a = az EDTA mérőoldat fogyása a minta titrálásakor cm³ – ben

b = az EDTA mérőoldat fogyása a minta titrálásakor cm³ – ben

f = az EDTA mérőoldat faktora (1,020)

c = az EDTA mérőoldat koncentrációja (0,0089 mol/dm³)

V = titrált térfogat (50 cm³)

1. minta

$$a_{\text{átlag}} = 27,4 \text{ cm}^3$$

$$b_{\text{átlag}} = 9 \text{ cm}^3$$

$$Mg^{2+} = \frac{(27,4 - 9) * 1,020 * 0,0089 * 24 * 1000}{50} = 80,18 \text{ mg/l}$$

A további minták eredményeit a fenti számítással megegyező módszerrel határoztam meg.

Minta szám	Fogyás (a) (cm ³)	Fogyás (b) (cm ³)	Eredmény (mg/l)
8	25,8	10,9	64,93
15	26,7	10	72,77
21	28	10,2	77,56
26	26,9	9,8	74,51
31	27,8	9,5	79,74
39	27	10,4	72,33
45	27,6	10,3	75,38
55	27,9	11	73,64

8. számú táblázat Magnézium-ion tartalom eredmények (saját szerkesztés)

Kémiai oxigén igény meghatározása

$$O_2 \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{(2a - b) * f * 80}{V}$$

a = az $KMnO_4$ mérőoldat fogyása a minta titrálásakor cm³ – ben

b = az $KMnO_4$ mérőoldat fogyása a vakpróba titrálásakor cm³ – ben

f = az EDTA mérőoldat faktora (1,000)

V = a felhasznált vízminta térfogata cm³ – ben (5 cm³)

1. minta

$$a_{\text{átlag}} = 0,2 \text{ cm}^3$$

$$b_{\text{átlag}} = 0,1 \text{ cm}^3$$

$$O_2 = \frac{(2 * 0,2 - 0,1) * 1,000 * 80}{5} = 4,8 \text{ mg/l}$$

A további minták eredményeit a fenti számítással megegyező módszerrel határoztam meg.

Minta szám	Fogyás (a) (cm ³)	Fogyás (b) (cm ³)	Eredmény (mg/l)
8	0,23	0,1	5,76
15	0,22	0,1	5,44
21	0,25	0,1	6,4
26	0,18	0,1	4,16
31	0,27	0,1	7,04
39	0,21	0,1	5,12
45	0,19	0,1	4,48
55	0,18	0,1	4,16

9. számú táblázat Kémiai oxigénigény eredmények (saját szerkesztés)

Lúgosság meghatározása

Szabad (p) lúgosság meghatározása

$$p - \text{lúgosság}(\text{mgeé/dm}^3) = \frac{a * f * c * 1000}{V}$$

$a = 0,1$ M HCl mérőoldat fogyása cm³ – ben

$f = a$ HCl mérőoldat faktora (1,005)

$c = a$ mérőoldat koncentrációja (0,1 mol/dm³)

$V = a$ meghatározásra használt minta térfogat (100 cm³)

Összes (m) lúgosság meghatározása

$$m - \text{lúgosság}(\text{mgeé/dm}^3) = \frac{b * f * c * 1000}{V}$$

$b = 0,1$ M HCl mérőoldat fogyása cm³ – ben

$f = a$ HCl mérőoldat faktora (1,005)

$c = a$ mérőoldat koncentrációja (0,1 mol/dm³)

$V = a$ meghatározásra használt minta térfogat (100 cm³)

A számoláshoz használt táblázatos összefüggés

Kapott eredmény	OH- mmol/dm ³	CO ₃ ²⁻ - mmol/dm ³	HCO ₃ ⁻ - mmol/dm ³
p = 0	0	0	m
p < 0,5 m	0	p	m-2p
p = 0,5 m	0	p	0
p > 0,5 m	2p - m	m-p	0
p = m	m	0	0

10. számú táblázat lúgosság meghatározás (Kruppiné Dr. Fekete I. 2011)

1. minta

$$a_{\text{átlag}} = 1,3 \text{ cm}^3$$

$$b_{\text{átlag}} = 5,9 \text{ cm}^3$$

$$p - \text{lúgosság} = \frac{1,3 * 1,005 * 0,1 * 1000}{100} = 1,31 \text{ mgeé/dm}^3$$

$$m - \text{lúgosság} = \frac{5,9 * 1,005 * 0,1 * 1000}{100} = 5,93 \text{ mgeé/dm}^3$$

A táblázatos összefüggés alapján

Ion	Mennyiség (mmol/dm ³)
OH⁻	0
CO₃²⁻	1,3
HOC₃	3,3

11. számú táblázat Számított értékek (saját szerkesztés)

A további minták eredményeit a fenti számítással megegyező módszerrel határoztam meg.

Minta szám	Fogyás (a) (cm ³)	Fogyás (b) (cm ³)	p-lúgosság (mgeé/dm ³)	m-lúgosság (mgeé/dm ³)
8	0	4,2	0	4,22
15	1,4	4,5	1,41	4,52
21	1,2	3,8	1,21	3,82
26	2,7	2,7	2,71	2,71
31	1,3	5,9	1,31	5,93
39	1,4	4,5	1,41	4,52
45	2,7	2,7	2,71	2,71
55	0	4,2	0	4,22

12. számú táblázat Lúgosság eredmények (saját szerkesztés)

Minta szám	Ion	Mennyiség (mmol/dm ³)
8. minta	OH ⁻	0
	CO ₃ ²⁻	0
	HOC ₃	4,2
15. minta	OH ⁻	0
	CO ₃ ²⁻	1,4
	HOC ₃	1,7
21. minta	OH ⁻	0
	CO ₃ ²⁻	1,2
	HOC ₃	1,4
26. minta	OH ⁻	2,7
	CO ₃ ²⁻	0
	HOC ₃	0
31. minta	OH ⁻	0
	CO ₃ ²⁻	1,3
	HOC ₃	3,3
39. minta	OH ⁻	0
	CO ₃ ²⁻	1,4
	HOC ₃	1,7
45. minta	OH ⁻	2,7
	CO ₃ ²⁻	0
	HOC ₃	0
55. minta	OH ⁻	0
	CO ₃ ²⁻	0
	HOC ₃	4,2

13. számú táblázat Számított értékek (saját szerkesztés)

Vas tartalom meghatározás

A munkaoldatból készített kalibráló sor koncentrációjának kiszámítása

$$\text{munkaoldat} = 0,5 \text{ mg/dm}^3$$

Kivettem 10 cm^3 $0,005 \frac{\text{mg}}{\text{cm}^3}$ törzsoldatot amelynek a vastartalma:

$$10 \text{ cm}^3 * 0,005 \frac{\text{mg}}{\text{cm}^3} = 0,05 \text{ mg}$$

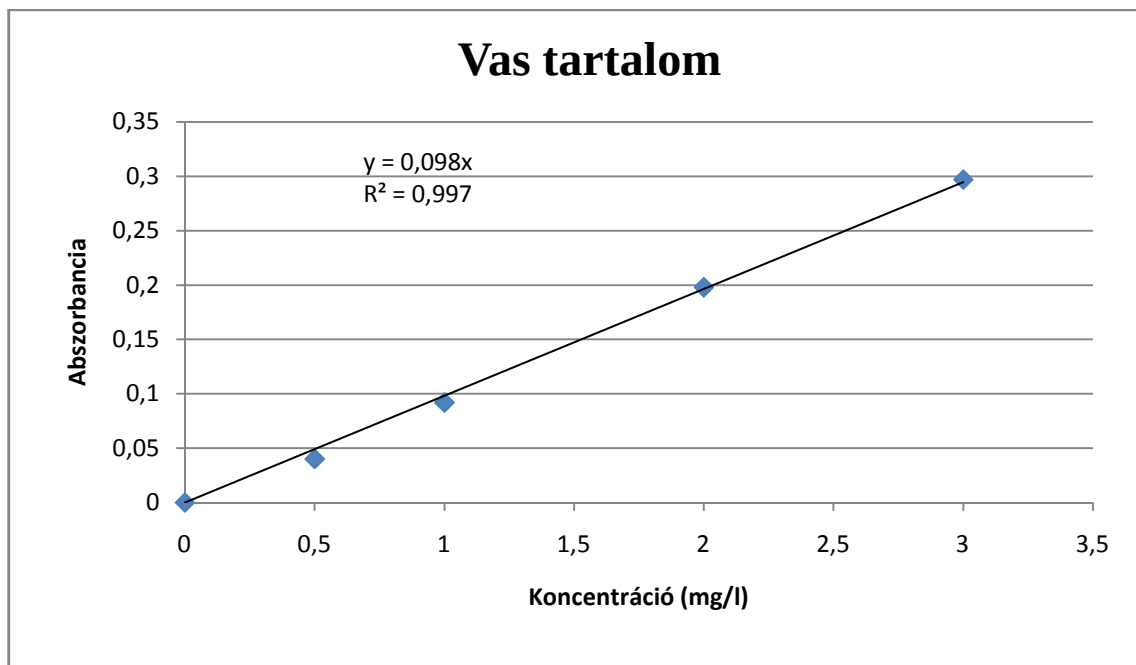
Ezt felhígítottam 100 cm^3 – re aminek a koncentrációja:

$$\frac{0,05 \text{ mg}}{100 \text{ cm}^3} = 0,0005 \frac{\text{mg}}{\text{cm}^3} = 0,5 \frac{\text{mg}}{\text{dm}^3}$$

A kalibráló sorozat többi tagjának a koncentrációját azonos számítás alapján kapjuk meg.

Mennyiség (cm ³)	10	20	40	60	Vak
Koncentráció	0,5	1	2	3	0
Abszorbancia	0,04	0,092	0,198	0,279	0

14. számú táblázat Mért értékek (saját szerkesztés)



7. számú ábra Vas tartalom (saját szerkesztés)

A grafikonról leolvasott egyenes egyenlete

$$y = 0,098x$$

1. minta

$$y = 0,001$$

$$x = \frac{y}{0,098} = \frac{0,001}{0,098} = 0,01 \frac{mg}{l}$$

A tízszeres hígítás következtében:

$$0,01 * 10 = 0,1 \frac{mg}{l}$$

A további minták eredményeit a fenti számítással megegyező módszerrel határoztam meg.

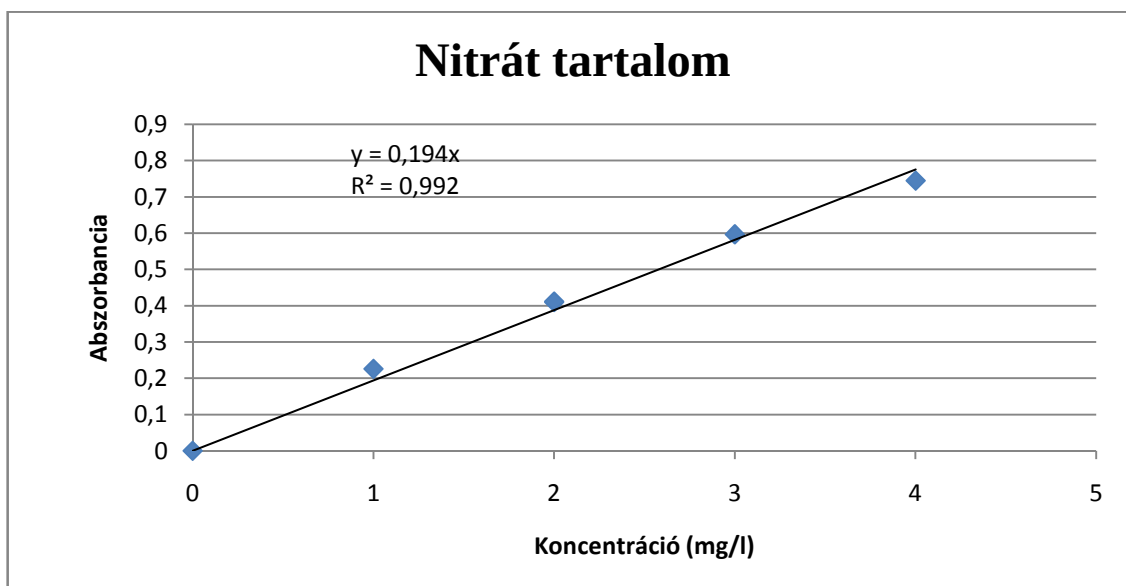
Minta szám	Abszorbania	Eredmény (mg/l)
8	0,001	0,1
15	0,001	0,1
21	0,001	0,1
26	0,001	0,1
31	0,001	0,1
39	0,002	0,2
45	0,002	0,2
55	0,001	0,1

15. számú táblázat Vas tartalom eredmények (saját szerkesztés)

Nitrát ion tartalom meghatározás

Mennyiség (ml)	1	2	3	4	Vak
Koncentráció (mg/l)	1	2	3	4	0
Abszorbania	0,226	0,411	0,597	0,745	0

16. számú táblázat Mért értékek (saját szerkesztés)



8. számú ábra Nitrát tartalom (saját szerkesztés)

A grafikonról leolvasott egyenes egyenlete

$$y = 0,194x$$

1. minta

$$y = 0,095$$

$$x = \frac{y}{0,194} = \frac{0,095}{0,194} = 0,489 \frac{mg}{l}$$

A tízszeres hígítás következtében:

$$0,489 * 10 = 4,9 \frac{mg}{l}$$

A további minták eredményeit a fenti számítással megegyező módszerrel határoztam meg.

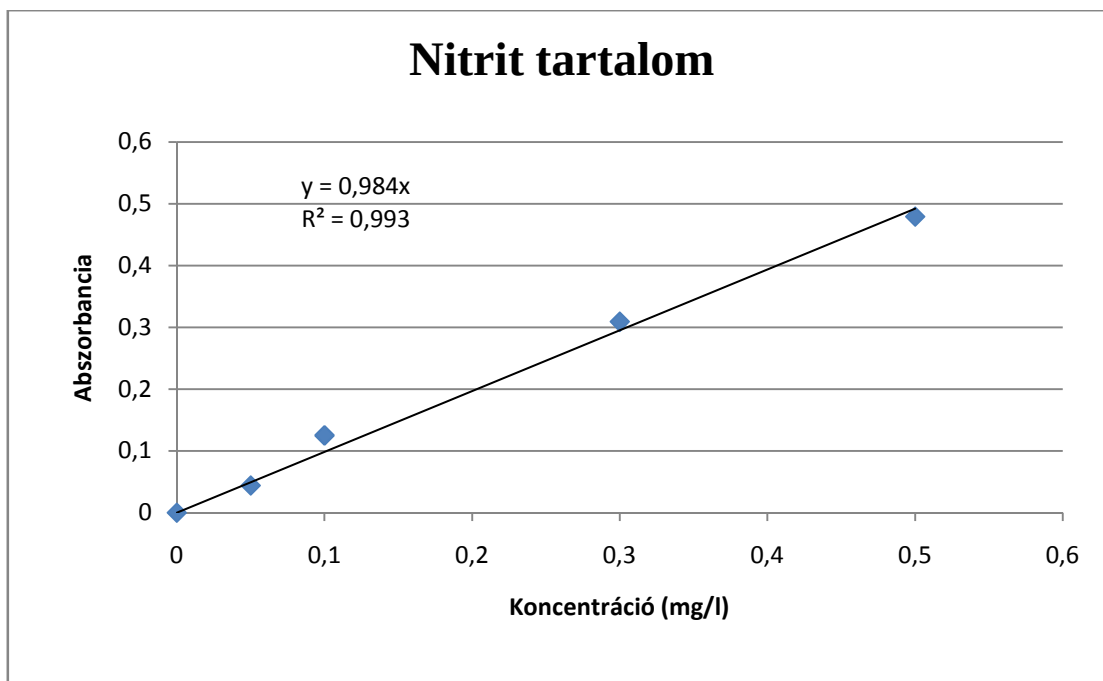
Minta szám	Abszorbancia	Eredmény (mg/l)
8	0,005	0,26
15	0,004	0,21
21	0,099	5,1
26	0,002	0,1
31	0,010	0,51
39	0,003	0,15
45	0,087	4,48
55	0,004	0,21

17. számú táblázat Nitrát tartalom eredmények (saját szerkesztés)

Nitrit ion tartalom meghatározás

Mennyiség (ml)	0,05	0,1	0,3	0,5	Vak
Koncentráció (mg/l)	0,05	0,1	0,3	0,5	0
Abszorbancia	0,044	0,125	0,309	0,479	0

18. számú táblázat Mért értékek (saját szerkesztés)



9. számú ábra Nitrit tartalom (saját szerkesztés)

A grafikonról leolvasott egyenes egyenlete

$$y = 0,984x$$

1. minta

$$y = 0,003$$

$$x = \frac{y}{0,984} = \frac{0,003}{0,984} = 3,048 \cdot 10^{-3} \frac{mg}{l}$$

A ötszörös hígítás következtében:

$$3,048 \cdot 10^{-3} \cdot 5 = 0,015 \frac{mg}{l}$$

A további minták eredményeit a fenti számítással megegyező módszerrel határoztam meg.

Minta szám	Abszorbancia	Eredmény (mg/l)
8	0,004	0,02
15	0,002	0,01
21	0,005	0,025
26	0,004	0,02
31	0,015	0,076
39	0,009	0,046
45	0,008	0,04
55	0,011	0,056

19. számú táblázat Nitrit tartalom eredmények (saját szerkesztés)

Üledékvizsgálat

Minta szám	Bemért tömeg (g)	Feltöltés (ml)	Korrektációs tényező
1	0,346	25	0,998
2	0,246	25	0,998
3	0,252	25	0,988
4	0,249	25	0,988
5	0,244	25	0,988
6	0,256	25	0,988

20. számú táblázat Üledékvizsgálat alapadatok (saját szerkesztés)

1. minta

$$Al = \frac{\text{Mért érték} * \text{Feltöltés}}{1000} * \left(\frac{1}{\text{Korrektációs tényező}} \right) * 1000 * \text{Bemért tömeg}$$

$$Al = \frac{172,2 * 25}{1000} * \left(\frac{1}{0,998} \right) * 1000 * 0,346 = 1494,24 \frac{mg}{kg}$$

A további minták eredményeit a fenti számítással megegyező módszerrel határoztam meg.

Minta szám	Al		Cd		Cr		Cu		Ni	
	Mért érték (mg/l)	Eredmény (mg/kg)	Mért érték (mg/l)	Eredmény (mg/kg)	Mért érték (mg/l)	Eredmény (mg/kg)	Mért érték (mg/l)	Eredmény (mg/kg)	Mért érték (mg/l)	Eredmény (mg/kg)
1	172,20	1494,2	-0,34	0	0,04	0,39	-0,09	0	-0,03	0
2	153,92	970,48	-0,35	0	-0,01	0	-0,13	0	-0,08	0
3	95,92	591,58	-0,36	0	-0,17	0	-0,18	0	-0,21	0
4	99,33	619,08	-0,35	0	-0,14	0	-0,18	0	-0,16	0
5	128,91	789,22	-0,35	0	-0,09	0	-0,16	0	-0,12	0
6	93,89	600,94	-0,36	0	-0,15	0	-0,17	0	-0,19	0

21. számú táblázat Üledékvizsgálat eredmények I. (saját szerkesztés)

Minta szám	Fe		Mn		Pb		Zn	
	Mért érték (mg/l)	Eredmény (mg/kg)	Mért érték (mg/l)	Eredmény (mg/kg)	Mért érték (mg/l)	Eredmény (mg/kg)	Mért érték (mg/l)	Eredmény (mg/kg)
1	165,30	1434,4	2,44	21,20	-0,14	0	-0,03	0
2	129,96	819,40	2,64	16,65	-0,18	0	-0,07	0
3	72,82	449,08	1,32	8,14	-0,24	0	-0,31	0
4	95,27	593,77	2,10	13,07	-0,22	0	-0,24	0
5	116,58	713,74	2,69	16,49	-0,21	0	-0,21	0
6	75,52	483,33	3,35	21,47	-0,23	0	-0,24	0

22. számú táblázat Üledékvizsgálat eredmények II. (saját szerkesztés)

4.számú melléklet

	pH műszeres			NO ₃ ⁻ -N (mg/l)			NO ₂ ⁻ -N (mg/l) * ¹			PO ₄ ³⁻ -P (mg/l)			Fe (mg/l)			Cl ⁻ (mg/l)			kH (°d)			gH (°d) * ²			NH ₄ ⁺ -N (mg/l)		
1	7,5	7,7	7,8	0	<1	5	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0,1	0	0	0	10	15	12	21	21	21	0	0	0
2	7,6	7,5	7,5	0	<1	5	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0	0	10	10	12	21	21	21	0	0	0
3	8	8,3	8,4	<1	<1	<1	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	10	10	12	21	21	21	0	0	0
4	7,9	8,3	8,4	<1	<1	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	10	10	12	21	21	21	0	0	0
5	7,6	8	7,6	0	0	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	10	10	10	21	21	21	0	0	0
6	7,5	7,5	7,6	0	0	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	10	15	12	21	21	21	0	0	0
7	7,6	7,7	7,7	0	0	<1	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0	10	15	15	21	21	21	0	0	0
8	7,6	7,4	7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1	0	0	0	10	10	15	21	21	21	0	0	0
9	8	7,9	7,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0	10	10	15	21	21	21	0	0	0
10	7,5	7,6	7,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	10	10	15	21	21	21	0	0	0
11	7,5	7,7	7,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	15	15	12	21	21	21	0	0	0
12	7,6	7,6	7,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	12	21	21	21	0	0	0
13	7,2	7,5	7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	12	21	21	21	0	0	0
14	7,6	7,7	7,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	15	21	21	21	0	0	0
15	7,6	7,7	7,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	15	21	21	21	0	0	0
16	7,5	7,6	7,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	15	21	21	21	0	0	0
17	7,5	7,5	7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	10	21	21	21	0	0	0
18	7,5	7,7	7,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	10	21	21	21	0	0	0
19	8	7,8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	12	10	21	21	21	0	0	0
20	8,1	8,1	8,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	10	12	10	21	21	21	0	0	0
21	7,9	8	8	0	0	5	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	15	15	15	21	21	21	0	0	0
22	7,6	7,8	8	0	0	5	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	15	15	10	21	21	21	0	0	0
23	7,5	7,6	7,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	21	21	21	0	0	0
24	7,5	7,6	7,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	21	21	21	0	0	0
25	7,6	7,7	7,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	10	21	21	21	0	0	0
26	7,6	7,7	7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	21	21	21	0	0	0
27	7,6	7,7	7,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	21	21	21	0	0	0
28	7,6	7,7	7,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	21	21	21	0	0	0

29	7,6	7,7	7,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	15	15	12	21	21	21	0	0	0
30	7,6	7,8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	15	15	12	21	21	21	0	0	0
31	7,9	8	7,9	10	10	<1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	15	15	12	21	21	21	0	1	1
32	8	8,2	8	10	10	<1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	15	10	12	21	21	21	0	1	1
33	7,5	8,3	8,2	10	10	<1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	15	12	12	21	21	21	0	1	1
34	7,6	8,4	8,5	10	<1	<1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	10	10	10	21	21	21	0	0	1
35	8	8,1	8,5	10	<1	<1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	15	15	15	21	21	21	0	0	0
36	7,9	8	8,5	<1	<1	<1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0,8	0	0	10	12	15	21	21	21	0	0	0
37	7,6	8,1	8,4	<1	<1	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0,8	0	0	10	12	15	21	21	21	0	1	1
38	7,6	8	8,4	<1	<1	0	0,1	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0,8	0	0	10	12	15	21	21	21	0	1	1
39	7,6	7,9	8,2	<1	<1	0	0,1	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0,8	0	0	10	12	15	21	21	21	0	0	0,5
40	7,7	7,9	8,1	<1	<1	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0,8	0	0	10	12	15	21	21	21	0	0	0,5
41	7,6	7,6	7,6	<1	<1	<1	0,1	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0	0,1	0,8	0	0	10	10	15	21	21	21	0	0	0
42	7,6	7,7	7,7	<1	<1	<1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0,1	0,8	0	0	10	10	15	21	21	21	0	0	0
43	8	7,6	7,7	<1	<1	<1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0,1	0,8	0	0	10	10	15	21	21	21	0	0	0
44	8,1	7,9	7,5	<1	<1	<1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0,1	0,8	0	0	10	10	15	21	21	21	0	0	1
45	7,6	7,7	7,5	<1	<1	5	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0,8	0	0	15	10	15	21	21	21	0	0	0
46	7,5	7,5	7,5	<1	<1	5	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0,1	0,8	0	0	15	10	15	21	21	21	0	0	0,5
47	7,5	7,6	7,5	<1	<1	5	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0	0,1	0,8	0	0	15	10	10	21	21	21	0	0	0,5
48	7,6	7,6	7,5	<1	<1	<1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0	0,1	0,8	0	0	15	10	10	21	21	21	0	0	0,5
49	8	7,9	7,6	<1	<1	<1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0,8	0	0	15	15	15	21	21	21	0	0	0
50	8	8	8	<1	<1	<1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0,1	0,1	0,8	0	0	15	15	15	21	21	21	0	0	0
51	7,6	7,6	8	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,8	0	0	15	15	15	21	21	21	0	0	0
52	7,5	7,6	8	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,8	0	0	10	10	10	21	21	21	0	0	0
53	7,5	7,5	7,9	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	10	10	12	21	21	21	0	0	0
54	7,6	7,5	7,7	<1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,8	0	0	10	10	12	21	21	21	0	0	0
55	7,6	7,5	7,8	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,8	0	0	10	10	12	21	21	21	0	0	0,5
56	7,6	7,5	7,9	<1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,8	0	0	10	10	12	21	21	21	0	0	0

23. számú táblázat Mintavétel I. II. III. Vég-tó (saját szerkesztés)

Színjelölés I. mintavételi időszak: fekete II. mintavételi időszak: piros III. Mintavételi időszak: zöld

*¹: a mért értékek 0,1 mg/l-nél kisebbek minden esetben *²: a mért értékek 21 °d-nél nagyobbak minden esetben

5. számú melléklet

Minta szám	pH	pH műszeres	NO ₃ ⁻ -N (mg/l)	NO ₂ ⁻ -N (mg/l)	PO ₄ ³⁻ -P (mg/l)	Fe (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	kH (°d)	gH (°d)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)
57	8,6	8,6	24,9	1	0,25	0,1	1,5	20	> 21	1
58	8,6	8,6	24,9	1	0,25	0,1	1,5	20	> 21	0,5
59	8,6	8,5	27,1	1	0,25	0,1	1,5	20	> 21	1
60	8,5	8,5	28,2	1	0,25	0,25	1,5	20	> 21	0,5
61	8,5	8,6	28,2	2	0,25	0,25	0,8	20	> 21	1
62	8,5	8,5	28,2	1,5	0,25	0,25	1,5	20	> 21	1
63	8,5	8,4	28,2	2	0,25	0,25	0,8	20	> 21	2
64	9	9	33,9	2	0,25	0,25	1,5	20	> 21	2
65	9	9	33,9	2	0,25	0,25	1,5	20	> 21	2
66	9	9,1	33,9	2	0,25	0,25	1,5	20	> 21	2

24. számú táblázat I. Mintavétel Ágói-patak (saját szerkesztés)

Minta szám	pH	pH műszeres	NO ₃ ⁻ -N (mg/l)	NO ₂ ⁻ -N (mg/l)	PO ₄ ³⁻ -P (mg/l)	Fe (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	kH (°d)	gH (°d)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)
57	8,4	8,4	24,9	1	0,1	0,1	0,8	20	> 21	1,5
58	8,5	8,5	27,1	1	0,1	0,1	0,8	20	> 21	1
59	8,5	8,5	27,1	1	0,1	0,1	0,8	20	> 21	1
60	8,6	8,7	24,9	1	0,1	0,25	0,8	20	> 21	1
61	8,6	8,6	28,2	2	0,25	0,1	0,8	20	> 21	1
62	8,7	8,7	28,2	1,5	0,25	0,1	1,5	20	> 21	1,5
63	8,6	8,7	33,9	1,5	0,25	0,1	0,8	20	> 21	2
64	9	9	33,9	1,5	0,25	0,1	1,5	20	> 21	2
65	9,3	9,2	33,9	1,5	0,25	0,25	1,5	20	> 21	2
66	9,1	9,1	33,9	2	0,25	0,25	0,8	20	> 21	2

25. számú táblázat II. Mintavétel Ágói-patak (saját szerkesztés)

Minta szám	pH	pH műszeres	NO ₃ ⁻ -N (mg/l)	NO ₂ ⁻ -N (mg/l)	PO ₄ ³⁻ -P (mg/l)	Fe (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	kH (°d)	gH (°d)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)
57	8	8,1	24,9	1	0,1	0,25	0,8	20	> 21	1
58	8,2	8,3	24,9	1	0,1	0,25	0,8	20	> 21	1
59	8,5	8,5	24,9	1	0,1	0,1	0,8	20	> 21	1
60	8,5	8,5	27,1	1	0,1	0,25	0,8	20	> 21	1
61	8,4	8,3	27,1	1	0,25	0,25	0,8	20	> 21	1,5
62	8,8	8,8	27,1	1	0,25	0,25	0,8	20	> 21	1,5
63	8,7	8,7	28,2	1	0,25	0,25	0,8	20	> 21	1,5
64	9,2	9,1	33,9	2	0,25	0,25	0,8	20	> 21	2
65	9,2	9,2	33,9	2	0,25	0,1	0,8	20	> 21	2
66	9,2	9,2	33,9	2	0,25	0,1	0,8	20	> 21	2

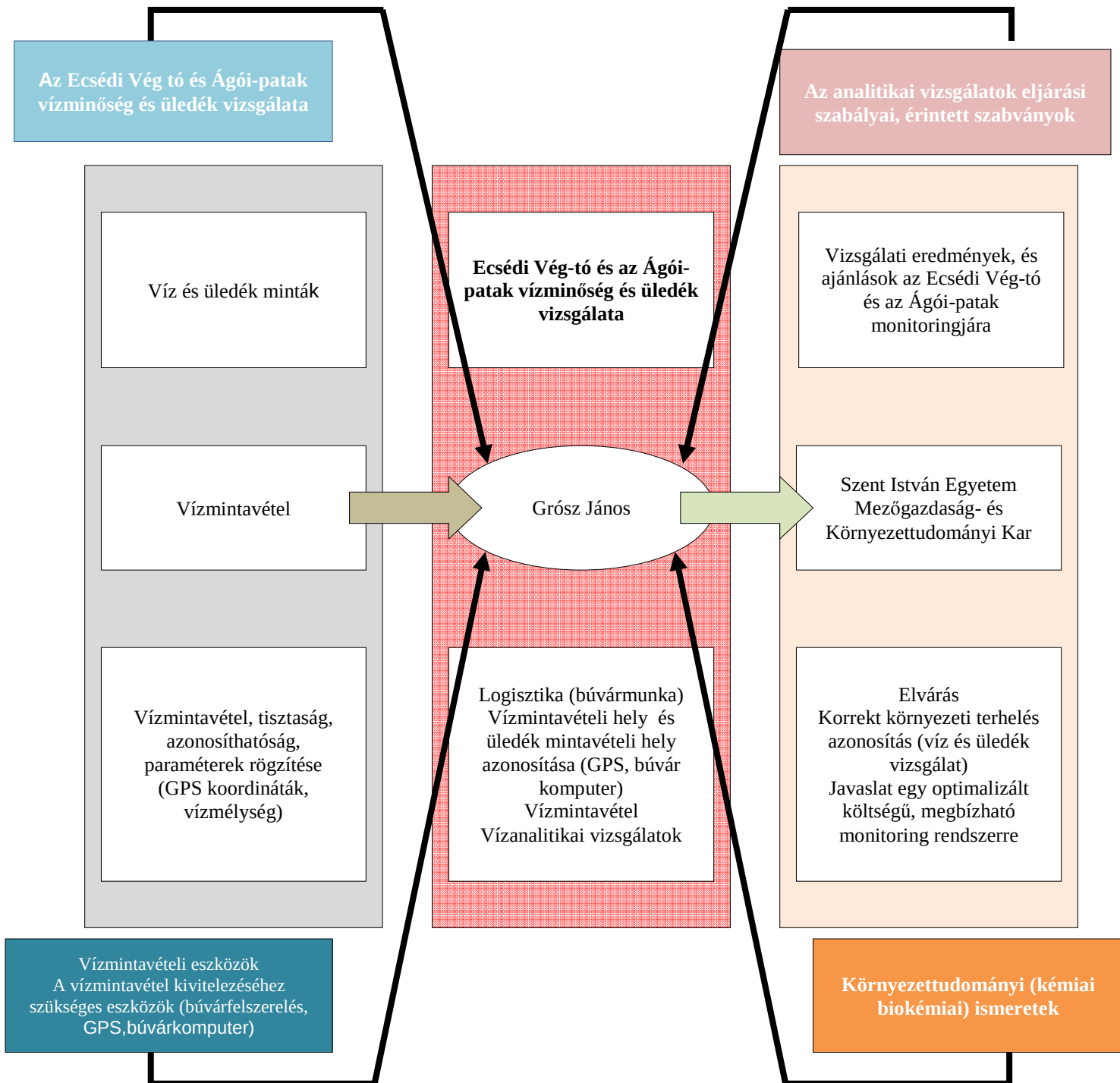
26. számú táblázat III. Mintavétel Ágói-patak (saját szerkesztés)

6. számú melléklet

Minta szám	Élő vízipihók száma (db)			Szaporodás (db)			Elpusztult vízipihók száma (db)		
1	10	10	10	0	0	1	0	0	0
Ism	10	9	10	0	0	1	0	1	0
2	10	10	10	1	1	1	0	0	0
Ism	9	10	10	0	1	0	1	0	0
3	10	10	10	0	0	0	0	0	0
Ism	10	10	10	0	0	0	0	0	0
5	9	9	10	0	0	0	1	1	0
Ism	9	9	10	0	0	1	1	1	0
6	10	9	10	2	0	1	0	1	0
Ism	10	10	10	0	0	0	0	0	0
10	9	9	9	0	0	0	1	1	1
Ism	9	9	9	0	0	0	1	1	1
12	9	10	9	0	0	0	1	0	1
Ism	9	10	9	0	1	0	1	0	1
17	10	10	9	1	1	0	0	0	1
Ism	10	10	9	2	2	0	0	0	1
19	10	10	9	1	2	0	0	0	1
Ism	10	10	9	1	1	0	0	0	1
20	10	10	9	0	1	0	0	0	1
Ism	10	10	10	0	1	1	0	0	0
22	10	10	9	0	0	0	0	0	1
Ism	10	10	9	0	1	0	0	0	1
25	10	9	10	2	0	2	0	1	0
Ism	10	10	10	2	0	2	0	0	0
27	10	9	10	3	0	1	0	1	0
Ism	10	10	10	2	2	2	0	0	0
31	8	9	8	0	0	0	2	1	2
Ism	8	9	8	0	0	0	2	1	2
35	9	9	9	0	0	0	1	1	1
Ism	9	9	9	0	0	0	1	1	1
39	9	10	9	0	0	0	1	0	1
Ism	9	10	9	0	0	0	1	0	1
44	10	10	10	1	2	0	0	0	0
Ism	10	10	10	1	1	1	0	0	0
49	10	10	10	2	1	1	0	0	0
Ism	10	10	10	1	0	1	0	0	0
52	9	10	10	0	0	0	1	0	0
Ism	9	10	10	0	0	0	1	0	0
56	9	9	10	0	0	0	1	1	0
Ism	10	10	10	0	1	0	0	0	0

27. számú táblázat I.-II.-III. Mintavétel Vég-tó (saját szerkesztés)

7. számú melléklet



10. számú ábra Környezetanalitikai vizsgálat módszertana (saját szerkesztés)

8. számú melléklet

Adatok		I. mintavétel	II. mintavétel	III. mintavétel
Időpont		2013.09.29	2014.04.26	2014.06.21
Levegőhőmérséklet		18 °C	21 °C	28 °C
Víz hőmérséklet	Vízfelszínen	14 °C	16 °C	24 °C
	Merülési mélységben	7 °C	9 °C	14 °C
Látási viszonyok		1 m és 3 m között	1 m és 3 m között	1 m és 3 m között
Áramlás		Nincs	Nincs	Nincs
Maximális emelkedési sebesség		9 m/perc	9 m/perc	9 m/perc
Süllyedési sebesség		9 m/perc	9 m/perc	9 m/perc
Palack nyomás		200 bar	200 bar	200 bar
Palack nagysága		12 l	12 l	12 l
Felszíni levegőfogyasztás		20 l/perc	20 l/perc	20 l/perc

28. számú táblázat Merülési adatok (saját szerkesztés)

A mintavétel elvégzéséhez multilevel merülést kellett tervezni. Ez azt jelenti, hogy a merülés során több mélységben kellett megállót beiktatni. A mintavételek alkalmával a megállási mélységek a következők voltak; 1,5 m; 2,5 m; 4,5 m; 6 m; 8 m és 13 méter. A merülés során az említett megállópontoknál üledék mintavételt végeztem. A tengerszinten mért légnyomás 1 bar. Megközelítőleg 10 méterenként 1 bar nyomásemelkedéssel lehet számolni a vízben. A számítás során az emelkedésnél és a süllyedésnél átlagmélységgel számoltam. Tizenöt méteres mélyégbe 70 percet lehet tartózkodni dekompresziós idő nélkül. A mintavétel során a maximális mélység 13 m volt. Így dekompresziós merülési időt nem kellett a merüléshez számítani, mert a merülés időtartama megközelítőleg 66 perc volt. A számítások elvégzéséhez U.S. Navy búvártáblázatot használtam. A mintavételi pontokat víz alatti tájoló segítségével határoztam meg. A levegő szükségletet az alábbi módon számoltam ki:

$$\text{Levegőszükséglet} = \text{tartózkodási idő} * \text{nyomás} * \text{levegőfogyasztás}$$

Szakasz	Megnevezés	Időtartam (min)	Átlagmélység (m)	Mélység (m)	Nyomás (bar)	Levegő szükséglet (l)
1. szakasz	Merülés a felszínről 13 m-re	2	6,5	-	1,3	52
	Tartózkodás 13 m-en	10	-	13	2,3	460
2. szakasz	Emelkedés 13 m-ről 8 m-re	1	10,5	-	2,1	42
	Tartózkodás 8 m-en	10	-	8	1,6	320
3. szakasz	Emelkedés 8 m-ről 6 m-re	0,5	7	-	1,4	14
	Tartózkodás 6 m-en	10	-	6	1,2	240
4. szakasz	Emelkedés 6m-ről 4,5 m-re	0,5	5,25	-	1,05	10,5
	Tartózkodás 4,5 m-en	10	-	4,5	0,9	180
5. szakasz	Emelkedés 4,5 m-ről 2,5 m-re	0,5	3,5	-	0,7	7
	Tartózkodás 2,5 m-en	10	-	2,5	0,5	100
6. szakasz	Emelkedés 2,5 m-ről 1,5 m-re	0,5	2	-	0,4	4
	Tartózkodás 1,5 m-en	10	-	1,5	0,3	60
7. szakasz	Emelkedés 1,5-ről a felszínre	0,5	0,75	-	0,15	1,5

29. számú táblázat Levegőszükséglet számítás (saját szerkesztés)

Az összesen elfogyasztott levegő mennyisége 1.491 liter. A merülés tervezése során meg kell vizsgálni, hogy elegendő mennyiségű levegő áll-e rendelkezésre a merülés végrehajtásához. A palackban nyíltvízi merülések során biztonsági levegőtartalékot kell hagyni. Ennek a nagysága 50 bar. A merülés során egy 12 l-es 200 bar-ra feltöltött palackot használtam és a biztonsági tartalék 50 bar volt. A számítást az alábbi módon végeztem el:

$$\text{Összlevegő mennyiség} = 12 \text{ l} * 150 \text{ bar} = 1.800 \text{ l}$$

A merülés levegőszükséglete 1.491 l, a palackban meg 1.800 l levegő van. Tehát a 12 l-es palack elég a merülés végrehajtásához.



3. számú kép Mintavétel I. (saját fotó)



4. számú kép Mintavétel II. (fotó: Halász Géza)



5. számú kép Mintavétel III. (fotó: Halász Géza)



6. számú kép Mintavétel IV. (fotó: Halász Géza)