

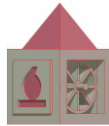
DEBRECENI EGYETEM

MŰSZAKI KAR

Környezet-és Vegyészmérnöki Tanszék



TDK dolgozat



A Hernád-folyó vízminőség vizsgálata

Készítette: Szabolcsik Andrea

III. éves környezetmérnök szakos hallgató

Témavezető: Dr. Bodnár Ildikó, főiskolai tanár

Debrecen

2009.

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	1
1. Bevezetés.....	2
2. Szakirodalmi háttér	3
2.1. A víz, mint környezeti elem	3
2.2. Vízminőség fogalma.....	4
2.3. A vízminőségi jellemzők csoportosítása	5
2.4. A vízvizsgálat célja és fajtái	7
2.5. A vízminőség védelem feladata.....	8
2.6. A vízszennyezés-szabályozás alapelvei.....	9
2.7. A felszíni vizek minősítési rendszere	10
2.7.1. Magyarország vízháztartása	10
2.7.2. Minősítési rendszer	11
2.8. Vízminőségi kategóriák.....	12
2.9. Felszíni vizeink minősége	13
3. Hernád-folyó	14
3.1. Hernád eredete, lefolyása	14
3.2. A Hernád-völgy növény- és állatvilága.....	17
4. Saját mérések.....	19
4.1. Mintavétel, tartósítás, a minták előkészítése	19
4.2. Analitikai módszerek.....	21
4.3. A Hernád folyó vizének minősítése.....	22
4.3.1. Fizikai minősítés	23
4.3.2. Kémiai minősítés	25
4.3.3. Biológiai minősítés	39
4.4. Sebesség meghatározása és a Hernád folyó meder keresztmetszet felvétele	39
5. Összefoglalás.....	42
6. Irodalomjegyzék.....	43
7. Melléklet.....	44

1. Bevezetés

Magyarország felszíni vizeinek 96%-a az ország határain kívülről érkezik. A legfőbb problémát a vízszennyezésnek (eutrofizáció, savasodás, mérgező szennyezés) emberi egészségre, az ivóvízkezelés költségére és a vízi ökoszisztémákra gyakorolt hatása jelenti. Ezért fontos hogy a természetes vizeink összetevőit ismerjük, mert vízszennyezésről akkor beszélünk, ha a rendszeren belül valamely természetes alkotó elem koncentrációja jelentősen megváltozik, vagy a rendszerbe az adott ökoszisztéma természetes összetevőitől alapvetően eltérő minőségű szennyező komponens kerül. A szennyezőanyag-kibocsátást és az ezzel összefüggő szennyezőanyag-terhelést nem a természetes folyamatok határozzák meg, hanem elsősorban az emberi tevékenység [1].

Az emberi tevékenység hatásai nagymértékben hozzájárulnak ahhoz, hogy a Földön az édesvízkészlet és ezáltal az ivóvízkészlet mennyisége csökken. Mivel a lakhelyemet, azaz Gibártot átszelő Hernád-folyó teljes magyarországi szakasza ivóvíz ellátási célokat is szolgál, fontosnak tartom környezeti állapotának felmérését és az esetleges szennyező komponensek kiszűrését.

Dolgozatomban a már a fentiekben említett Hernád-folyó vízminőség vizsgálatával foglalkozom. Tanulmányomban vázolom a folyó jellemzőit, a Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszékének segítségével pedig lehetőségem nyílt a vízfolyás analitikai célú vizsgálatára is. Továbbiakban számot adok a vizsgálati eredményekről és a kapott értékeket összevetem a jogszabályokban meghatározott vízminőségi határértékekkel. Az esetleges eltérésekre okot keresek.

2. Szakirodalmi háttér

” A víz létszükséglet az élet minden vonatkozásában. Általános cél, hogy bolygónk minden lakosának elegendő mennyiségű vizet biztosíthassunk, miközben az ökoszisztémánk víztani, biológiai és kémiai funkciói nem változnak, az emberi tevékenységek alkalmazkodnak a természet képességeinek határaihoz és küzdenek a vízzel terjedő járványok ellen. A vízi erőforrások teljes kihasználásához és a szennyezések kivédéséhez új technológiák szükségesek, beleértve az őshonos technológiák tökéletesítéséhez is. „

Feladatok a XXI. Századra, ENSZ Környezet és Fejlődés Világkonferenciája, Rio de Janeiro, 1992. június 14.

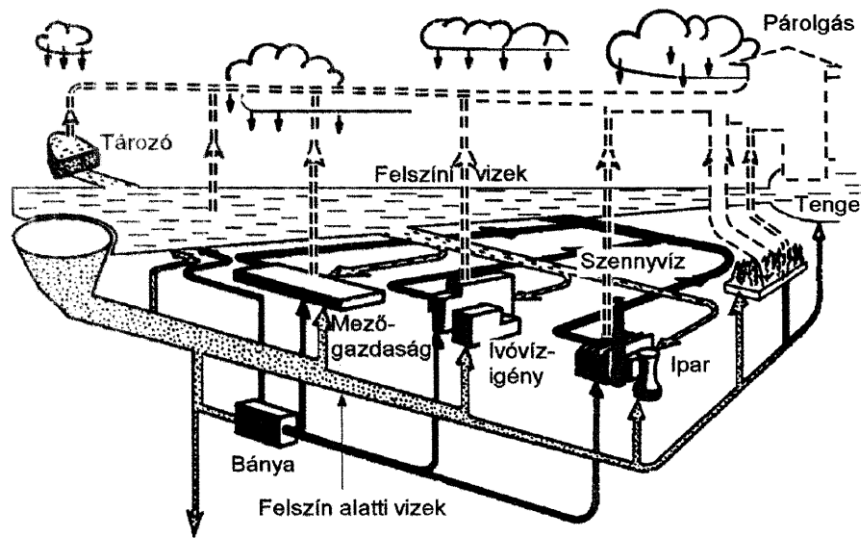
2.1. A víz, mint környezeti elem

A víz a Föld felületén megtalálható egyik leggyakoribb anyag, a földi élet alapja. A Föld felületének 71 %-át víz borítja, ennek kb. 2,5 %-a édesvíz, a többi sós víz, melyek a tengerekben, illetve óceánokban helyezkednek el. Az édesvízkészlet gleccserek és állandó hótakaró formájában található részét nem számítva, az édesvíz 98 %-a felszín alatti víz, ezért különösen fontos a felszín alatti vizek védelme. Magyarország ivóvízellátásának több mint 95 %-a felszín alatti vizeken alapszik. Kanada rendelkezik a legnagyobb édesvíz tartalékokkal, a források 25 %-ával [12].

A víz alapvető fontosságú környezeti elem. Az élet egyik feltétele, minden élő szervezetnek építőanyaga. A gazdasági élet számára nélkülözhetetlen természeti erőforrás, alap- ill. segédanyagként és szállítóközegként is használjuk. A felszíni vizeink minőségromlása az elmúlt években lelassult, de tovább folytatódott [2]. Az 1. melléklet a kiemelt vízminőség védelmi területeket mutatja be.

Hazánk településeink 95 %-a részesül, tisztított vezetékvez ivóvízben, viszont csak 70 %-a rendelkezik csatornázottsággal, ami azt jelenti, hogy a szennyvizek közel egyharmada közvetlenül a talajba vagy az élővizekbe kerül. Környezetünk, elsősorban a talaj és az élővizek szennyeződését eredményezi, hogy a csatornahálózattal összegyűjtött települési és ipari szennyvizek közel fele szintén tisztítatlanul vagy csak részlegesen megtisztítva jut a befogadóba.

A vízhasználat során az ember beavatkozik a víz körforgásának természetes rendjébe. A vizek szennyeződése csak körültekintő vízminőség-gazdálkodással kerülhető el [2].



1. ábra: Az emberi tevékenység hatása a víz körforgására [2]

2.2. Vízminőség fogalma

A vízminőség a víz tulajdonságainak összessége. Egyértelmű tehát, hogy nincs egyetlen módszer, ami a meghatározására alkalmas lenne. Olyan skálák vagy mutatószámok sincsenek, amelyekkel a vízminőség általában kifejezhető. A gyakorlatban mindig valamilyen alkalmas minőség megállapításáról van szó. Külön tárgyalható tehát ennek megfelelően a folyóvíz, állóvíz (felszíni vizek), az ipari vizek (pl.: hűtővizek, vagy az öntözővizek) és természetesen az ivóvizek minősítése is. A minősítés alapját minden esetben olyan tulajdonságok képezik, amelyek a kiválasztott cél szempontjából fontosak. A vízminőség igény ily módon tág határok között változik. (Ami pl. az embernek nem jó, az állatnak még jó lehet. Az olyan víz, amelyben az állati szervezetek már nem létezhetnek, hűtési célokra még megfelelő lehet). Tehát annak megállapítása, hogy a víz szennyezett-e, attól függ, hogy milyen célra kívánjuk felhasználni. Megfordítva: vízszennyezőnek tekinthető az az anyag, ami a víz felhasználását adott specifikus célra lehetetlenné teszi [3].

A természetes víz mindig tartalmaz oldott, ill. külön fázist alkotó, gáz, folyadék, vagy szilárd halmazállapotú, szervetlen és/vagy szerves (élő és élettelen) anyagokat. Adott esetben, tehát egy természetes víz minőségének megállapításához is sok paraméter együttes ismeretére van szükség. Ezen paraméterek ismeretében pedig mindig a felhasználási céltól és a víz

eredetétől (vízkivétel helyétől) függően történik a vízminőség megállapítása. A vízminőség-szabályozás munkájában az elmúlt évtizedben egyre nagyobb szerepet kaptak a környezetvédelem szempontjai. A vízvédelem nemcsak az emberi egészség, hanem a vízi élővilág, tágabb értelemben a bioszféra védelem is. Eszerint a vízszennyezés aktuális meghatározása, bővítettebb értelmezése is változott [3].

Vízszennyezésnek tekinthető minden olyan hatás, ami a felszíni és felszín alatti vizek minőségét úgy változtatja meg, hogy a víz alkalmassága a benne zajló természetes életfolyamatok számára és az emberi használatra csökken, vagy megszűnik. A természetes vizek összetevőinek ismerete fontos, mert vízszennyezésről akkor beszélünk, ha a rendszeren belül valamely természetes alkotóelem koncentrációja jelentősen megváltozik, vagy a rendszerbe az adott ökoszisztéma természetes összetevőtől alapvetően eltérő minőségű szennyező komponens jut [3].

2.3. A vízminőségi jellemzők csoportosítása

Tekintve, hogy sokféle paraméter együttes jellemzi a vízminőséget, ezért az áttekinthetőség szempontjából a jellemzőket csoportosítani szokták. A csoportosítás szempontja szerint többféle besorolás terjedt el. A minősítési csoportosítások elsősorban a vízfelhasználás célja szerint tekintik át a jellemzőket.

A fenti ismérvek alapján kiválasztott 95 féle vegyi anyagot a következőképp csoportosították:

- Klórozott alkánok és alkének,
- Aromás szénhidrogének,
- Növényvédő szerek,
- Szervetlen vegyületek,
- Fertőtlenítőszer és reakciótermékeik,
- Radioaktív anyagok.

Ismert másféle, az összetevők eredet szerinti besorolása is. A vízszennyező anyagok természetes forrásból is, de a legkülönb félébb ipari, mezőgazdasági, valamint kommunális eredetű hulladékok bemosódásából származhat.



1.kép: Hernád-folyó menti kommunális hulladék [saját kép]

A vízminőségét sokféle, egyidejűleg lejátszódó és egymást befolyásoló fizikai, kémiai és biológiai folyamat alakítja. Ezt figyelembe véve célszerű a folyamatok jellemzőit egymástól elkülönítve vizsgálni.

Ennek alapján a jellemzők besorolhatók:

- Fizikai,
- Kémiai,
- Biológiai,
- Mikrobiológiai és
- Radioaktív tulajdonságcsoporthoz.

Fizikai tulajdonságcsoporthoz tartozik, pl. a víz sűrűsége, viszkozitása, hőmérséklete, lebegőanyag-tartalma (zavarossága, fényelnyelő- és fényvisszaverő képessége), színe, szaga, felületi feszültsége, gőznyomása, diffúziója, oldóképessége. Az egyes fizikai paraméterek ismerete nélkülözhetetlen a vízminősítéskor. Így például: a sűrűség és a viszkozitás a különböző transzport folyamatokat, áramlásokat, ülepedést egyaránt befolyásolja. Kémiai jellemző, pl. a víz pH-ja, a szervesanyag-tartalma, keménysége, a klorid-, szulfát-, illetve nitrát-tartalma, szervesanyag-tartalma, stb.

Biológiai jellemzők pl. az összes algaszám, hal-toxicitás, oxigénfelvétel, stb. [3].

2.4. A vízvizsgálat célja és fajtái

A vízvizsgálatok célja nagyon sokféle lehet, mivel a kérdés felmerülhet az egyes vízfélések és vízhasználatok esetén pl. ivóvíz, hűtővíz, öntözővíz, felszíni víz, hévíz, uszodavíz...stb.

A vízvizsgálatok célja általában:

- a vízminőség jellemzése,
- a vízminőség ellenőrzése,
- vízszennyezés megállapítása,
- a vízszennyezés eredetének felderítése,
- a víz adott célra történő alkalmazásának elbírálása,
- adatszolgáltatás tervezéséhez,
- víz- és szennyvíz-technológiai folyamatok, műtárgyak működésének ellenőrzése,
- hatósági ellenőrzés,
- egyéb.

A vizsgálat célja szabja meg milyen irányú vizsgálat elvégzése szükséges.

A vizsgálat módja lehet:

- fizikai és kémiai,
- biológiai,
- mikroszkópos biológiai,
- bakteriológiai,
- toxikológiai,
- parazitológiai.

A vizsgálat terjedelmét szintén az adott vízvizsgálat célja szabja meg. Ez lehet:

- részleges vagy tájékoztató vizsgálat,

- ellenőrző vizsgálat,
- részletes vizsgálat [2].

2.5. A vízminőség védelem feladata

A vízminőség védelem feladata egy bekövetkezett szennyezést követően a vízminőség helyreállítása. A vízminőségi kárelhárítás fogalomkörébe tartozik azoknak a tevékenységeknek az összessége, amelyek a rendkívüli vízszennyezések (havária szennyezések) elleni védekezésre illetve azok kártételeinek elhárítására, megelőzésére vagy enyhítésére irányulnak. A vízminőség védelem elemei a következők: a vízminőség rendszeres vizsgálata, értékelése és minősítése, azoknak a műszaki beavatkozásoknak a végrehajtása, amelyek segítségével elérhető a megfelelő vízminőség, a rendkívüli szennyezések elleni védekezés vagy vízminőségi kárelhárítás.

A következőkben a vízminőség védelem feladatai közül a rendkívüli szennyezések elleni védekezés feladatával, módszereivel foglalkozom, tekintettel arra, hogy a szennyezések jelentős ökológiai hatást gyakorolnak a környezetre. Rendkívüli szennyezésnek (havária szennyezés) nevezzük a felszíni és felszín alatti vizek minőségét, öntisztuló képességét, illetve felhasználhatóságát, a vízi ökoszisztémák életfeltételeit veszélyeztető vagy jelentős mértékben korlátozó - esetleg az élőlények pusztulását okozó - kibocsátásokat (emissziókat). Ezek jellemzője, hogy kialakulásuk gyors, váratlan, előre nem jelezhető időpontban jelentkezik. Az ilyen szennyezések leggyakoribb okai a potenciális szennyező forrásokat képező (termelő, szállító, tároló, tisztító, stb.) berendezések meghibásodása, gondatlan kezelése, baleset, természeti katasztrófa, országhatáron túlról származó szennyező anyag vízbejutása. A vízszennyezés elleni védekezés körébe tartoznak a megelőzési, konkrét védekezési tevékenységek és a szennyezett víz által okozható károk megakadályozása. Így a vízminőségi kárelhárítás részei a következők: a rendkívüli szennyezések megelőzése, a káros szennyező anyagok vízből való eltávolítása, és ezáltal a víz minőségének javítása, a szennyezett vizek által okozott vagy okozható károk eltávolítása vagy csökkentése. A megelőzés leghatékonyabban a potenciális szennyezőként szóba jöhető üzem, intézmény, stb. technológiai illetve vízgazdálkodási rendszere keretébe oldható meg. A vizek szennyezését vagy vízminőség romlását a vízminőségi figyelőhálózat (törzshálózat) észleli, és jelzi a területileg illetékes szervek felé. A védekezés megkezdése előtt ki kell vizsgálni a vízminőség romlásának az okát, és ennek eredménye ismeretében kell dönteni a védekezés módjáról. A

leggyakrabban előforduló védekezési mód az úszó szennyeződések lokalizálása, illetve ezek eltávolítása, majd újrafelhasználása, vagy megsemmisítése [13].

2.6. A vízszennyezés-szabályozás alapelvei

A vízszennyezés-szabályozás legfontosabb alapelvei: akár vízvédelmi etikai kódexként is szolgálhatnak. Ezek:

Méltányosság: A környezet minőségét úgy kell meghatározni, hogy abból senkinek semmiféle olyan további előnye ne származzon, mely a másik felet hátrányos helyzetbe hozza. A méltányosság elve azt is jelenti, hogy a szennyezőként többé-kevésbé egyenlő mértékben kell kezelni, senki nem lehet kivétel a szennyezés csökkentésénél. A környezetvédelmi követelmények teljesítésekor a társadalom egyetlen csoportja/tagja sem viselhet aránytalan költséget. A szennyező felelős a károkért. A szennyezés csökkentés költségei viszont nem haladhatják meg a környezeti kár költségeit.

Irreverzibilis hatás: Semmiféle olyan tevékenységet nem lehet engedélyezni, mely visszafordíthatatlan károsodást okoz a környezetben. A visszafordíthatatlan kár ugyanis soha nem lokális kérdés, az egész társadalmat érinti, s főleg a jövő generációt sújtja. Ez az elv a fenntartható gazdasági fejlődés követelményének betartását is jelenti.

Szennyező fizet: A szennyezésért és a szennyezés csökkentéséért az elsődleges felelősség a szennyezőt terheli.

Szabályozás a helyzeti előny kompenzálására: A térbeli elhelyezkedés (felvízi előny–alvízi hátrány) miatti piaci aránytalanságokat gazdasági eszközökkel kell kompenzálni. Fontos, hogy az ilyen célú szabályozás világos és könnyen

Integrált megközelítés: Bárhol is történik a szennyezés, a komplex hatást kell figyelembe venni, s a szennyezési problémákat integrált módon – valamennyi környezeti elemre kiterjedően – kell megoldani.

Szennyezés megelőzés: Olyan környezetvédelmi politikára van szükség, mely megelőzi a potenciális környezeti problémákat, és még mielőtt bekövetkeznének, reagál azokra, mind politikai, mind technológiai eszközeivel. A probléma megoldásához a szennyezés forrásához kell visszanyúlni.

Elfogadottság: A szabályozással érintettek többségének hajlandóságot kell mutatni a szabályok végrehajtására (jogkövető magatartás).

Ésszerűség: Ésszerű, a társadalmi és gazdasági nehézséget figyelembe vevő, nemcsak elméletileg megfelelő, hanem a gyakorlatban végre is hajtható szennyezés megszüntető környezetpolitikára van szükség. Ez az elv a megfelelő/még kikényszeríthető/végrehajtható környezeti standardok/szabványok kidolgozásával és bevezetésével valósítható meg [4].

2.7. A felszíni vizek minősítési rendszere

2.7.1. Magyarország vízháztartása

Magyarország vízháztartásának sajátosságait földrajzi helyzete, az ország medence jellege határozza meg. Az ország folyamatosan megújuló vízkészletét a belépő (csapadék, belépő vízhozamok) és a kilépő (párolgás, kilépő vízhozamok) tényezők határozzák meg. Az átlagos évi vízforgalom jellemző adatai a következők: az ország területére hulló csapadék 58 km^3 a belépő vízfolyások vízszállítása 114 km^3 az ország területén elpárolgó víz 52 km^3 a kilépő vízfolyások vízszállítása 120 km^3 . Az elmúlt évek csapadékhiánya és a vízfolyások felső szakaszán létesült tározók következtében mind a belépő, mind a kilépő vízhozamok csökkenő tendenciák mutatnak [14].

Felszín feletti vizek csoportosítása (1. táblázat): A felszíni vizek csoportját folyó vagy álló vizek, természetes vagy mesterséges tavak alkotják, ezek az édesvizek. Az édesvizekhez soroljuk továbbá a patakokat, a holtágakat, kavicsbányák vizeit, természetes és mesterséges öntöző és csatornarendszereket, tározókat. A felszíni vizekhez tartoznak ezen kívül a tengervizek, óceánok és brakkvizek (utóbbiak a kevert típusú, édes-sós vizek) [4].

Név	Hosszúság (km)	Vízgyűjtő terület (km^2)	Vízhozam (m^3/s)	Példa
<i>Csermely, ér, patak</i>	<100	<1000	<5	Csele-patak, Garadna
<i>Kisebb folyó</i>	100-250	1000-10000	250-50	Zagyva, Kis-Túr
<i>Közepes folyó</i>	250-500	10000-50000	600-250	Dráva, Hernád
<i>Nagy folyó</i>	500-1000	50000-150000	2500-600	Maros
<i>Folyam</i>	>1000	>150000	2500	Duna

1. táblázat: Felszín feletti vizek csoportosítása [8]

2.7.2. Minősítési rendszer

1993-ig integrált vízminősítési rendszer volt életben. Ez azt jelentette, hogy a vízminőségi jellemzőknek azon köre, ami elsősorban arra van hatással, hogy milyen módon tudja biztosítani az adott típusú víz a benne lévő élőlények számára az életteret (ökológiai/biológiai vízminőségi jellemzők). A másik szempont, ami szerint a vízminőségi jellemzőket vizsgálták az, hogy milyen mértékben lehet ivóvizet előállítani a felszíni vízből. Ennek a két kategóriának megfelelően a vízminőségi jellemzőket felosztották és így kiderült, hogy melyek azok, amelyek közösek. Ennek alapján 3 kategóriára osztották a határértékeknek megfelelő felszíni vizeket.

Az EU-s csatlakozással ezt a rendszert át kellett alakítani. A környezeti állapot meghatározása érdekében egy ökológiai szemléletű vízminősítési rendszer kerül bevezetésre. Elsősorban azokat a vízminőségi jellemzőket foglalták csoportokba, amelyek a vízben élő szervezetek élettevékenysége szempontjából meghatározóak. Ennek megfelelően 5 nagy csoportba osztották be a vízminőségi jellemzőket:

- A. Oxigénháztartás jellemzői: az oldott oxigén koncentrációja, oxigéntelítettség, BOI, KOI_{ps}, KOI_k, TOC, szaprobitás index
- B. N- és P-háztartás jellemzői: NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, szerves nitrogén (mg/l, mindig átszámítják nitrogénre), összes foszfor, orto-foszfát (µg/l), klorofill-A
- C. Mikrobiológiai jellemzők: Coliformszám 1 ml-ben, fekális, Salmonella
- D. Mikroszennyezők (µg/l koncentrációtartományban) és toxicitás
 - D₁: szervesetlen mikroszennyezők : Hg (µg/l) → legkisebb koncentráció
 - D₂: szerves mikroszennyezők: PAH-ok, PBC-k (µg/l)
 - D₃: TOXICITÁS: Daphnia-, csíra- és halteszt
 - D₄: radioaktív anyagok: különösen Csernobil óta fontos, vizsgálják az összes β-aktivitást, Cs, Sr, trícium izotópok mérése
- E. Egyéb jellemzők: pH (első osztály: pH = 6,5-8), vezetőképesség, vízhőmérséklet, összes lebegő anyag, zavarosság, keménység [3].

2.8. Vízminőségi kategóriák

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

II. osztály: jó víz: Külső szennyezőanyagokkal és biológiailag hasznosítható tápanyagokkal kismértékben terhelt, mezotróf, jellegű vizek. A vízben oldott és lebegő, szerves és szervetlen anyagok mennyisége, valamint az oxigénháztartás jellemzőinek évszakos és napszakos változása az életfeltételeket nem rontja. A vízi szervezetek fajgazdasága nagy, egyedszámuk kicsi, beleértve a mikroorganizmusokat. A víz természetes szagú és színű. Szennyvízbaktérium igen kevés.

III. osztály: tűrhető víz: Mérsékelt szennyezett (pl. tisztított szennyvizekkel már terhelt) víz, amelyben a szerves és szervetlen anyagok, valamint a biológiailag hasznosítható tápanyagterhelés eutrofizálódást eredményezhet. Szennyvízbaktériumok következetesen kimutathatók. Az oxigénháztartás jellemzőinek évszakos és napszakos ingadozása, továbbá, az esetenként előforduló káros vegyületek átmenetileg kedvezőtlen életfeltételeket teremthetnek. Az életközösségben a fajok számának csökkenése és egyes fajok tömeges elszaporodása vízszíneződést is előidézhet. Esetenként szennyezésre utaló szag és szín is előfordul.

IV. osztály: szennyezett víz: Külső eredetű szerves és szervetlen anyagokkal, illetve szennyvizekkel terhelt, biológiailag hozzáférhető tápanyagokban gazdag víz. Az oxigénháztartás jellemzői tág határok között változnak, előfordul az anaerob állapotban is. A nagy mennyiségű szerves anyag biológiai lebontása, a baktériumok száma (ezen belül a szennyvízbaktériumok uralkodóvá válnak), valamint az egysejtűek tömeges előfordulása jellemző. A víz zavaros, esetenként színe változó, előfordulhat vízvirágzás is. A biológiailag káros anyagok koncentrációja esetenként a krónikus toxicitásnak megfelelő értéket is elérheti. Ez a vízminőség kedvezőtlenül hat a magasabb rendű vízi növényekre és a soksejtű állatokra.

V. osztály: erősen szennyezett víz: A különféle eredetű szerves és szervetlen anyagokkal, szennyvizekkel erősen terhelt, esetenként toxikus víz. Szennyvízbaktérium-tartalma közelíti a nyers szennyvizekéhez. A biológiailag káros anyagok és az oxigénhiány korlátozzák az életfeltételeket. A víz átlátszósága általában kicsi; zavaros. Bűzös, színe

jellemző és változó. A bomlástermékek és a káros anyagok koncentrációja igen nagy, a vízi élet számára krónikus, esetenként akut toxikus szintet jelent.

2.9. Felszíni vizeink minősége

Felszíni vizeink 5 %-a minden különösebb ráfordítás nélkül, 90 %-a társadalmilag elfogadható költségekkel minden vízhasználati célra – ide értve az ivóvíztermelést is – alkalmassá tehető, s ökológiai követelményeket is kielégíti. A fennmaradó 5 %, a 100 l*s-1 középvízhozamú kisfolyásokban, továbbá a Zagyva, a Kapos, a Séd-Nádor-Sió-csatorna, az Élővíz-csatorna, a Kraszna, egyes időszakokban a Maros és a Szamos folyókban található.

A kedvező minőségi változások egyik oka, hogy a felvízi országok – Ausztria, Szlovákia – a 80-90-es évek között korszerűsítették a cellulóz iparukat, s ez összességében kb. 2000 t*nap-1 kémiai oxigénigényű szerves szennyezéstől mentesített a befogadókat. Az eredményeket a Vág, a Duna, a Mura, és a Sajó szennyezettségének igen jelentős csökkenése is jelzi. E folyamatot erősíti néhány nagyváros – pl. Bécs- biológiai szennyvíztisztításának megvalósítása is.

A felszíni vizek terhelésének 50-70%-a a települések közcsatornáiból jut a befogadóba. A nagyvízfolyásaink – Duna, Tisza, Dráva – minőségét a felvízi országok határozzák meg. A felső és az alsó határszelvények között a szennyezettség csak mérsékelten növekszik, egyes komponenseknél – az öntisztulásnak köszönhetően – csökken is. A 2. *mellékletet* a felszíni vizeink minőségét mutatja be 1997-ben, az MSZ 12749 szabvány alapján történik az értékelés [6].

3. Hernád-folyó

A Gibárt községe, amelyet a Hernád-folyó kettészel Borsod-Abaúj-Zemplén megyében található Encstől 3 km-re keletre, Encs és Abaújkér között fekszik (koordinátái: é. sz. 48.3155° k. h. 21.16048°). A község teljes népessége 2008. évi adatok alapján 386 fő volt [16].



2. kép: Gibárt címere

A környék már az a IV. században is lakott volt. E korból származnak a Hernádbúd és Gibárt határában található tárgyak: vaskard, vaskés, kardok és lándzsa. A neve az oklevelekben 1290-ben tűnik fel először Gybart néven, amikor a Berzevzcziek elődei a szepesi Rycolf fiai, Kolos, János, Rycolf osztozkodtak rajta. 1315-ben Rykolph fia Kokol mester és Kércsi Lang birtokának írták. 1316-ban Kokos cserébe adta e birtokát Langnak és testvérének Sáros megyei birtokért. A falu életét a Hernád közelsége határozta meg. A Gibárti gátszakadás súlyos következménnyel járt. Gibárt 1984 és 2006 között Encs része volt (2006. október 1-jétől ismét önálló község). Két fontosabb nevezetessége említhető meg: az egyik a törpe vízerőmű (amely 1903-ban épült) és Mihály bácsi fája (Gibárttól északra a Hernád- völgyében, a folyót hajdan kísérő galériaerdők egyik ritka maradványában található ez a 20 méter magasságú, 7,5 méter törzskerületű, 250 éves nyárfa, amely legenda szerint nevét arról az erdésről kapta, aki megmentette a kivágástól) [7].



3. kép: Gibárti törpe vízerőmű [saját kép]

3.1. Hernád eredete, lefolyása

A Hernád egyike Magyarország legszebb és legérdekesebb folyóinak. A Hernád a Sajó egyik mellékfolyója. Szlovákiában, Hernádfő (*Vikartovce*) községnél ered. De valójában három fő forráspatakból fakad, ezek a következők: a Királyhegy csoportjának tövében, Szepes és Gömör vármegye határán a Vikartóc (Hernádfő) község fölött, a másik az Uplaszhegy alatt, a harmadik Gömör vármegyében Vernár mellett. Abaújnádasd (*Trstené pri Hornáde*) községnél hagyja el Szlovákiát és Abaújvár mellett lép be Magyarországra. Mintegy 10km hosszban határfolyó. A partjára épült legnagyobb város Kassa. A Hernád a Köröm, Muhi, Ónod és Sajóhídvég községek szegélyezte területen folyik a Sajóba. A Hernád teljes hossza

286 km, magyar szakasza 118 km. Vízigyűjtő területe 5436 km², ebből kb. 1100 km² van Magyarországon. A folyó halban gazdag. Szlovákiai szakasza hajózható. Vízhozama rendkívül ingadozó: 6-450 m³ között változik (Hernádnémetinél mérve) [17]. A 3-as számú mellékletben a Hernád folyó magyarországi szakaszának térképe található.



4. kép: Hernád-folyó [saját kép]

Mellékvizei:

Magyarországon: (északról dél felé haladva)

- Csenkő-patak
- Szartos-patak
- Perényi-patak
- Gönci-patak
- Garadna-patak
- Vilmány-patak
- Béhus-patak
- Kis-Hernád
- Vasonca-patak
- Vadász-patak
- Bársonyos (csatorna) patak: Hernádszurdok közelében a Hernád vizének egy részét elvezetik. 82,3 fkm keresztül kíséri a folyót majd Böcsnél jut vissza a Hernádba.

Szlovákiában:

- Gölnic
- Tarca

Holtágai: [18]

- ♦ **Vízolyi morotva:** A holtág 1948-ban folyószabályozás révén keletkezett, a Hernád jobb parti ármentesített területen helyezkedik el. Hossza 1 km, átlagos szélessége 50 m, területe 5 ha, átlagos vízmélysége 1 m, víztérfogata 50 ezer m³. Medre erőteljesen

feliszapolódott, benőtsége közepes, vizének minősége rossz. Vízpótlása és vízcseréje megoldatlan. Környezetének állapotát a telep maradványai és illegális szemétlerek is rontják. Part menti vegetációja fajokban gazdag, de erőteljesen degradált. A holtág jelenleg használaton kívül van.



5.kép: Vizsolyi morotva [saját kép]

♦ **Hernádvécsi holtág:** A fiatal holtág az 1989-es árvíz alkalmával keletkezett a Hernád bal parti árterületén helyezkedik el. Feliszapoltsága közepes, növényzettel való benőtsége csekély, vizének minősége a folyóvíz jellegzetességeit mutatja. Vízpótlása árhullámokból és szivárgó vizekből történik, kisvízi időszakban vizének egy része elszivárog a Hernádba.

♦ **Göncruszkai holtág (Vider bereki Holt Hernád):** A holtág 1939-ben alakult ki, a Hernád bal parti hullámterében helyezkedik el. Erőteljesen feliszapolódott medrű, vízi növényzettel közepesen benőtt holtág. Vize árhullámokból és szivárgó vizekből pótlódik, leürítése megoldatlan. Része a Hernád menti ökológiai zöldfolyosónak, élővilága igen gazdag és változatos. A térségre jellemző, eredeti fajta összetételű ligeterdők szegélyezik, igen fontos táplálkozó helyül szolgál a környékben fészkelő, illetve a vonuló madarak számára.

♦ **Hernádszurdoki holtág:** A két részre osztott holtág a Hernád az 1971-ben végrehajtott szabályozás során alakult ki, a jobb parti hullámtéren helyezkedik el. A holtág északi része erőteljesen feliszapolódott, vízi növényzettel közepes mértékben benőtt. Vízcseréje megoldatlan, csak árvizekből, illetve a kavicsteraszról szivárgás útján kap vízpótlást. A Hernád-völgyi táj jellegzetes része, változatos és gazdag élővilággal, szép vízfelülettel. A kísérő ligeterdőkkel együtt a fészkelő- és a vonuló madarak fontos táplálkozó helye. Nem tartozik természetvédelmi területhez.

♦ **Zug-Zsujtai holtág:** A fiatal holtág 1978-ban alakult ki, a Hernád bal parti nyílt árterén húzódik. Medre közepesen feliszapolódott állapotú, növényzettel való benőtsége csekély. Feltöltése és leürítése megoldatlan, árhullámok vizéből az alsó vége felől töltődik. A holtágat övező erdősávval együtt a Hernád menti ökológiai zöldfolyosó része, élővilága gazdag és változatos. A költöző madarak fontos táplálkozó helye. Nem áll természeti védelem alatt.

3.2. A Hernád-völgy növény- és állatvilága

A mérsékelt övi lomberdő zóna, így a Kárpát-medence folyóit valaha nedvesség kedvelő fajokból álló aljnövényzetű ligeterdők szegélyezték. Ez a liget erdő a magasabb, ritkán elöntött ártéri szinteken kemény fájú fajokból állt: tölgy (*Quercus*), kőris (*Fraxinus*), szil (*Ulmus*), juhar (*Acer*) és gyertyán (*Carpinus*), keményfa-ligetet alkotott. A folyók mentén ez a legfajgazdagabb erdei élőhely. Kiemelkedő a rovar- és az énekes-madár-faunájuk.

A Hernád mentén keményfa-ligetet sajnos már csak nyomokban találunk, szinte teljes mértékben elpusztultak, óriási és helyrehozhatatlan veszteséget okozva ezzel a természetnek.

Az alacsonyabb, a vízhez közelebbi, gyakran elöntött szinteken puha fájú fajokból áll: fűz (*Salix*), nyár (*Populus*) és éger (*Alnus*) alkotta puhafa-liget a jellemző növénytársulás. Kiváló madárfészkelőhelyek.

A folyószabályozás és az erdőirtás következtében ez a természetes állapot gyökeresen megváltozott. A keményfa-ligetek valaha az ország területének 19%-át borították, mára azonban az 1%-ot sem éri el. A puhafa-ligetknél nem ennyire rossz a helyzet, de a területük ezeknek is jelentősen csökkent, a megmaradt állományokban pedig tájidegen fajok szaporodtak el.

A magyarországi Hernád felső szakaszán még nagyobb kiterjedésű puhafa-liget található, amely még őriz valamit a természetes állapotból, ezért védelemre javasolható. Azonban ezt is mezőgazdasági, irtott ill. degradált területek határolják, gyomosodás és akácosodás okoz problémát.

A középső, ill. alsó szakaszán még találunk puhafa-ligetet, amelynek állapota hasonló az előbb említetthez, és megőrzésük szintén fontos. Itt azonban már megjelennek a szabályosan ültetett nemes nyárasok és az irtott, erősen degradált, akácosodott területek.

A Hernád mentén előforduló védett növényfajok:

- Dunai szegfű (*Dianthus collinus*)
- Kétlevelű sarkvirág (*Platanthera bifolia*)
- Korcs nőszirm (*Iris spuria*)



6. kép: Pusztai meténg

- Macskahere (*Phlomis tuberosa*)
- Nyári tőzike (*Leucojum aestivum*)
- Pusztai meténg (*Vinca herbacea*)
- Réti iszalag (*Clematis integrifolia*)
- Tátorján (*Crambe tataria*)
- Széleslevelű nőszőfű (*Epipactis helleborine*)



7. kép: Kűsz (*alburnus alburnus*)

A Hernád víz faunája: lapos tavikagyló, festőkagyló, folyamkagyló, kűsz, szivárványos ökle, sujtásos kűsz, domolykó, fenékjáró küllő, márna, paduc, szilvaorrú keszeg és a legkülönb félebb szitakötők stb. [8].

4. Vízminőségi vizsgálatok

Kutatásaim kezdetén el kellett sajátítanom a szükséges vízanalitikai eljárások ismeretét, mely után a mintavételezés következett. A mérésekhez szükséges minták nagy részét a Hernád-folyóra épült Gibárti törpe vízerőmű előtti, utáni folyószakaszból (kb. 66 fkm) vettem, de egy-egy minta Hernádvécséről és Vizsolyból való. A mintavételezést követően a megfelelően tárolt mintákat a Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék Környezetvédelmi és Vegyipari művelettani Laboratóriumában fizikai és kémiai minősítésnek vettem alá.

4.1. Mintavétel, tartósítás, a minták előkészítése

A víz- és szennyvízvizsgálatok során a vizsgálat céljától függően pontminta, időbeli- és térbeli átlagminta vételére is sor kerülhet. A mintákat (folyók, tavak, tározók, szabadtéri műtárgyak, tározó medencék, csővezetékek stb.) a szabad víz felületű mederből, műtárgyakból vagy zárt, nyomás alatti berendezésekből, csővezetékekből kell vennünk.

A mintavétel általános szabályai:

1. A mintát előírászerűen, jól zárható üveg vagy műanyag edénybe vesszük: merítéssel, vízsugárból feltöltéssel vagy speciális mintavevő edénnyel.
2. A mintát mindig áramló víztérből kell venni.
3. Zárt rendszerből történő mintavételnél a mintavételi csapon legalább 5 percen keresztül folytatjuk a vizet és csak ezután vesszünk mintát.
4. A mintavétel előtt a mintavevő edényt a vizsgálandó vízzel ki kell öblíteni.
5. Az adott mintavételi helyen külön vesszünk mintát: a fizikai, kémiai vizsgálatokhoz, ezen belül is a tartósításra, vagy fixálásra kerülő komponensek vizsgálatához; a biológiai vizsgálatokhoz; a bakteriológiai vizsgálatokhoz.
6. A mintavételi edényeket jól látható, tartósan megmaradó jelöléssel kell ellátni.
7. A mintavételi jegyzőkönyvnek tartalmaznia kell: a mintavétel helyét, a mintavétel körülményeit, a helyszíni szemle tapasztalatait, a mintavétel időpontját (év, hó, nap,

óra), a helyszíni vizsgálatok eredményeit, felszíni vizek vizsgálatánál az időjárási viszonyokat (szükség esetén az előző napit is).

A vízminták tartósítása:

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

A tartósítás lehetséges módjai:

- ♦ A minta hűtése $+4^{\circ}\text{C}$ -ra.
- ♦ Savas kémhatás ($\text{pH} < 2$) biztosítása.
- ♦ Lúgos kémhatás biztosítása ($\text{pH} > 2$).
- ♦ Oxidálószer alkalmazása.
- ♦ Szerves oldószerek alkalmazása.

A minták előkészítése:[9]

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



8. kép Mintavétel és a minta tárolása [Saját kép]

4.2. Analitikai módszerek

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

Klasszikus analitikai módszerek:

- Tömegszerinti elemzés, a gravimetria
- Térfogatos elemzés, a titrimetria

Műszeres analitikai eljárások:

- Elektroanalitikai,
- Optikai,
- Termoanalitikai,
- Radiokémiai,
- Mágneses módszer,
- Kromatográfia,
- Egyéb technikák.

A vizsgálataim során használt analitikai eljárások leírása az egyes mérések értékelésénél található [10].

4.3. A Hernád folyó vizének minősítése

A víz minőségét a víz fizikai, kémiai, biológiai és mikrobiológiai tulajdonságai összessége adja. Ezért vízminősítés során ezeket a tulajdonságokat kell megvizsgálni és a vizsgálati eredményeket értékelni.

Fizikai minősítés:

- víz színváltozása, áttetszőség,
- a víz szaga és íze,
- hőmérséklet, hőhőztartását,
- lebegőanyag tartalom és lebegőanyag szemcse méret.

Kémiai minősítés:

- oldott gáz, só, oldott és kolloid szerves anyag tartalom (KOI, BOI),
- összes keménység,
- pH érték,
- vezetőképesség
- redoxifeszültség,
- oldott oxigén koncentráció,
- vas-, ammónium-, nitrát- (NO_3^-), foszfát- (PO_4^{3-}), szulfát- (SO_4^{2-}), mangán koncentráció.

Biológiai minősítés:

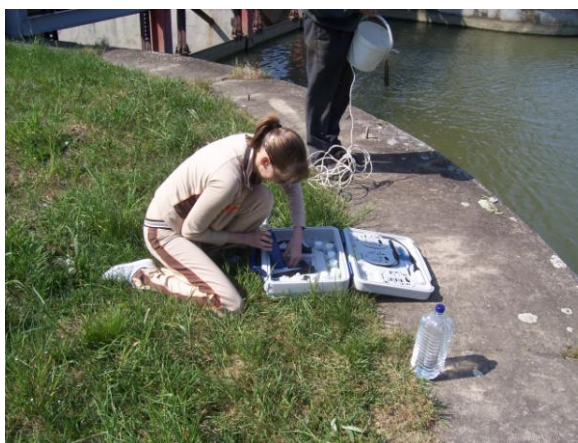
- *halobitás* (szervetlen kémiai tulajdonságok összessége),
- *trofitás* (a vízben élő szervezetek elsődleges szervesanyag termelésének mértéke),
- *szaprobítást* (szervesanyag lebontás heterotróf mikroorganizmusokkal),
- *toxicitás* (természetes eredetű méreganyag tartalom).

A 90-es évek környékén a Hernád folyó Magyarország egyik legszennyezettebb vízfolyásai közé tartozott, ezért 1999-ben egy monitoring állomást építettek ki a folyó 102 fkm-nél (Hernádszurdoknál.), amely a Kassa térségéből érkező ipari és kommunális szennyezőanyag-terhelés hatását is figyeli. Az általam mért komponensek értékeit összehasonlítom a monitorállomáson mért eredményekkel.

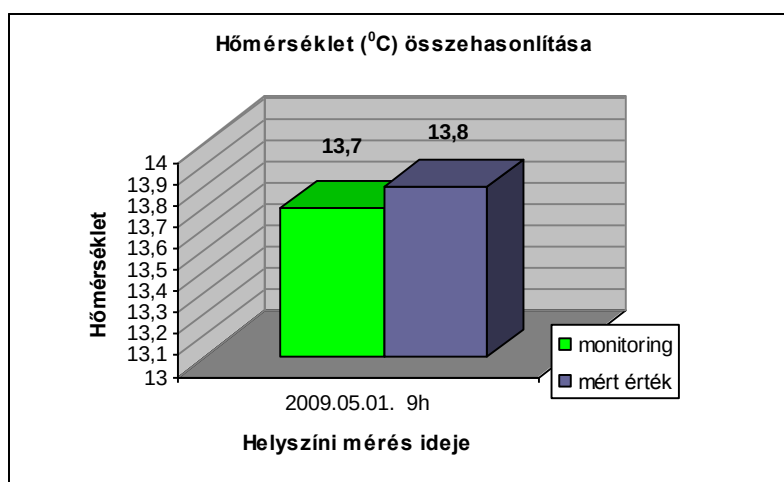
4.3.1. Fizikai minősítés

1, Hőmérséklet:

Az egyik legfontosabb fizikai vízminősítési paraméter a hőmérséklet. A vízhőmérséklete hatással van a víz sűrűségére, viszkozitására, elektromos vezetésére, a gázok oldhatóságára, a vízben fennálló kémiai egyensúlyokra és befolyásolja a víz ízét és szagát. A víz hőmérsékletét a helyszínen kell meghatározni mintavétellel egy időben vagy azt követően azonnal.



9.kép: Helyszíni mérés [Saját kép]



2. ábra: A hőmérséklet összehasonlítása

2, Szag, szín és íz:

A mintavételezések során szaghatások nem voltak tapasztalhatók. A víz szaga a benne oldott gázoktól, az oldott sóktól valamint az ott található életközösségektől függ. A víz szagát és ízét a tömegesen elpusztult mikroorganizmusok valamint a szerves anyagok is

befolyásolják. A Hernád folyó színe a tavaszi és őszi áradási időszakok kivételével zöld volt, áradások idején pedig tejeskávészínű. A víz színe a visszavert fényből ítélhető meg. A tiszta víz, ha a rétegvastagsága kicsi, színtelen, ha a vastagsága nagy, halványkék színű. A felszíni vizek nagyon színesnek tűnnek néha a bennük lévő színes szuszpendált anyagok miatt, ez azonban csak látszólagos szín. A tényleges színt: a koloidális vasvegyületek, házi- és ipari szennyvizek, huminanyagok idéznek elő, és a növényi szervezetek (pl. algák) túlszaporodása okozza.

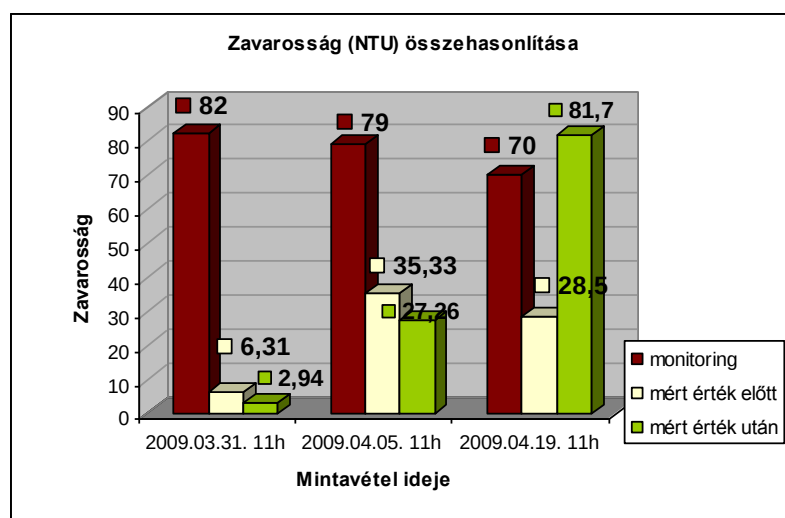
3. Zavarosság:

Turbidimetriás módszerrel határozzák meg a felszíni vizek zavarosságát. A zavarosság szervetlen és szerves eredetű oldhatatlan anyagok, koloid méretű részecskék jelenlétével függ össze. A felszíni vizeknél rendszerint szerves koloid, mikroorganizmusok, vas-hidroxid, iszap, talajalkotók, kovasav, planktonok idézik elő [11]. A turbidimetriás analitikai módszer a koloid oldaton áthaladó szóródó fény relatív intenzitáscsökkenésének mérésén alapul. A mértékegysége NTU.



10. kép: Turbidiméter [19]

A 2. ábra az általam és a monitoring rendszer által mért zavarossági értékeket mutatja be.



3. ábra: Zavarosság összehasonlítása



11. kép: Zavarosság mérése

A zavarosság esetében megfigyelhetők az eltérések. Ennek egyik oka lehet az, hogy a mintavétel helye és a monitoring állomás közötti távolság kb. 36 fkm. A másik ok amit meg kell még említeni azt, hogy az általam mért zavarosság meghatározása nem a helyszínen történt ezért lehetnek az értékek alacsonyabbak. A zavarosság mértéke elsősorban az oldhatatlan részek mennyiségétől függ, befolyásolja azonban az ilyen részek alakja, mérete és összetétele is. Ennek következtében a zavarosság mérésekor a szuszpendált részek mennyiségére utaló kvantitatív megállapítás csak jó specifikált mintáknál lehetséges.

4.3.2. Kémiai minősítés

1, A pH mérés:

Az egyik legfontosabb paraméter a pH, amely értékétől számos egyéb minősítési jellemző függ (pl. szervesetlen szénformák, ammónium-ion koncentráció, vezetőképesség, só koncentráció, redoxipotenciál) [3]. A mérést MultiLine P4 mérőműszerrel végeztem, amely műszer lehetővé tette még a redoxipotenciál, a vezetőképesség és az összes oldott sótartalom meghatározását.



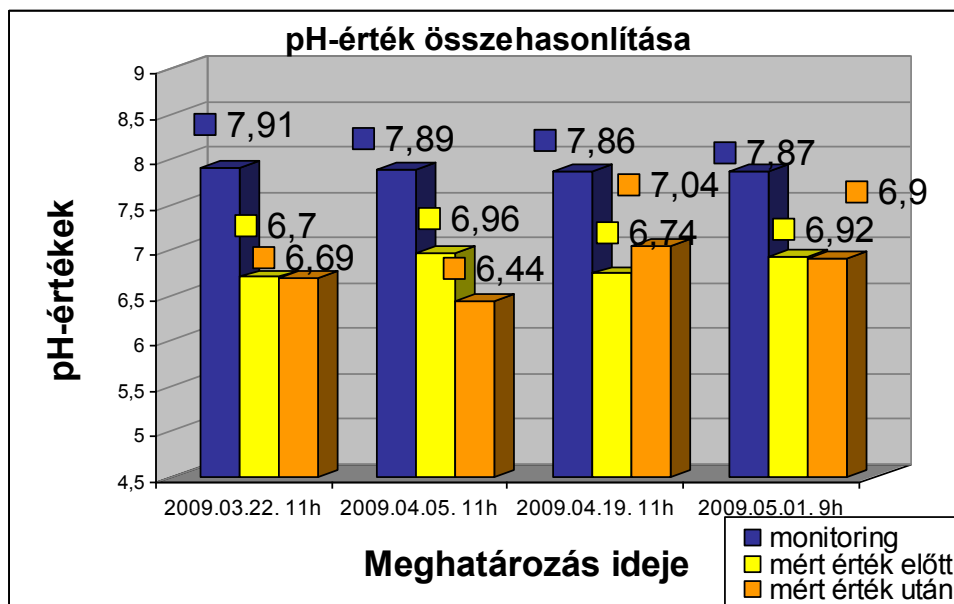
12. kép: MultiLine P4 mérőműszer [20]



13. kép: Mérés közben [Saját kép]

A pH-érték meghatározásához használt analitikai módszer a potenciometria, amely egy elektroanalitikai eljárás. A mérés egy kombinált üvegelektroda segítségével történik. Az elektróda olyan elektrokémiai érzékelő, amely egy mérő- és egy referencia elektródából áll. Az érzékelő speciális galvánelemnek tekinthető, melynek elektromos ereje az oldat H^+ -ion koncentrációval egyenesen arányos ($pH = -\log [H^+]$, ahol a $[H^+]$ hidrogénion koncentráció) egy adott tartományon belül [18].

A pH-érték meghatározását lehetőleg a helyszínen kell elvégezni, a mintavételt követően azonnal. A 4. ábra az általunk mért és a monitorállomáson mért pH értékeket hasonlítja össze.

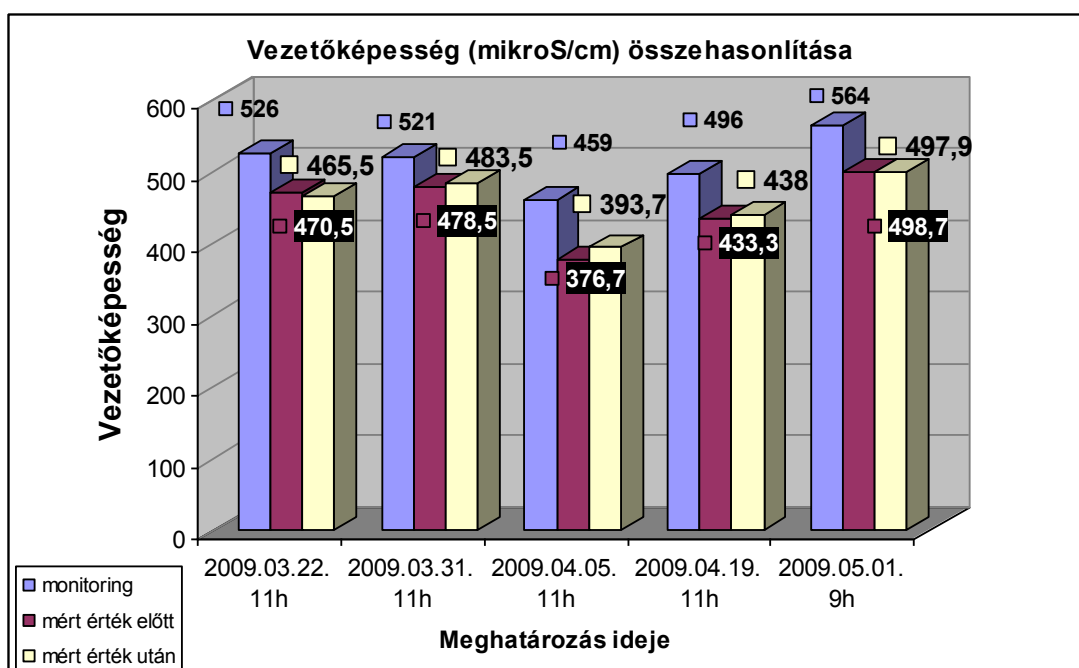


4. ábra: A pH érték összehasonlítása

A 4. ábráról jól leolvashatók az egyes mérési eredmények, melyek elég jó egyezést mutatnak. A kismértékű eltérés oka lehet pl. az eltérő hőmérséklet és a minta tartósítása, mely befolyásolja a pH értékeket. Felszíni vizek esetében a pH határértéke 5,5-9,5.

2, A vezetőképesség mérése:

A vezetőképesség meghatározása is a MultiLine P4 mérőműszerrel történik. A vezetőképesség mérésén alapuló elektroanalitikai eljárás a konduktometria. A vezetőképesség egyenesen arányos az oldat ionkoncentrációjával és egyben függ a hőmérséklettől is. A vezetőképesség tájékoztat az elektrolit koncentrációról (vezetőképesség mértékegysége Simens/méter). Minél nagyobb az oldat só tartalom, minél több savat vagy lúgot tartalmaz az adott minta annál nagyobb a vezetőképessége. Ebből kifolyólag a víz összes oldott sótartalmát is mérni tudjuk. A mérés elektrokémiai ellenállásméréssel történik. A mérőcella két egyforma elektródból áll (Pt/Pt elektród). Ezekre az elektródokra adott változó feszültség idézi elő az oldatban lévő ionok elektródok irányába történő mozgását. Minél több ion van jelen a vizsgálandó oldatban, annál nagyobb az elektródák között folyó áram [11]. A mért értékeimet és a monitoring rendszer adatait az 5. ábra szemlélteti.



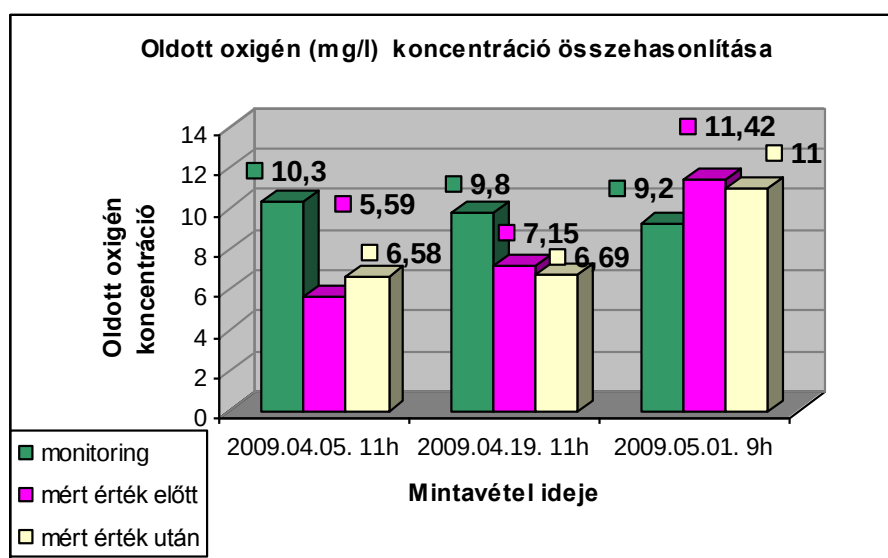
5. ábra: A fajlagos vezetőképesség összehasonlítása

Az 5. ábrán jól megfigyelhető az egyes mérési eredmények. A mért értékek között kismértékű eltérés figyelhető meg, amelynek oka lehet, hogy a minta tartósítása során olyan kémiai reakciók játszódnak le a mintában, amelyek során a rendszert alkotó oldott ionok koncentrációja megváltozott. A mért értékek a megengedett vezetőképesség vízminőségi határértékét (2500 $\mu\text{S/cm}$) nem haladták meg.

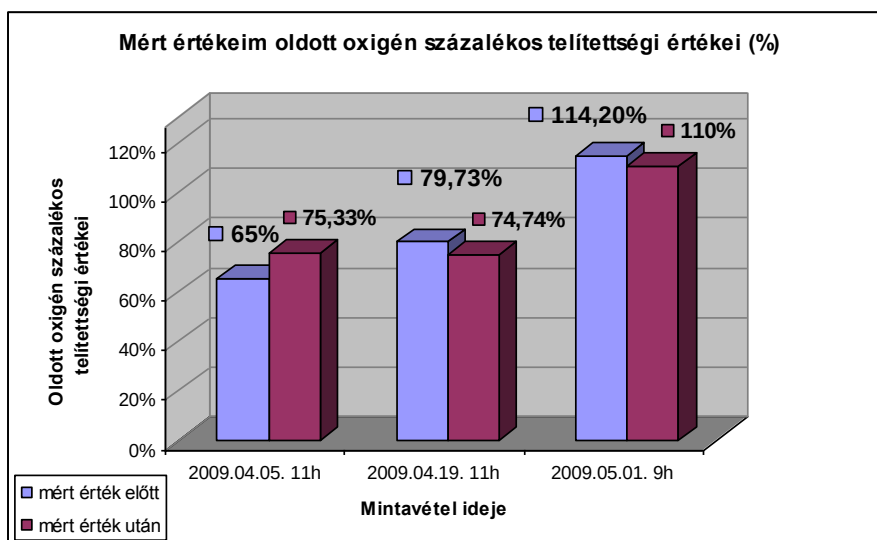
3, Oldott oxigén tartalom mérés:

A vízminta oldott oxigén tartalmának meghatározása oldott oxigénmérő műszerrel történik. Az eredményeket megadhatjuk koncentrációban (mg/l), vagy százalékos telítettség értékben (%) is. A gyakorlatban minden folyadék tartalmaz valamennyi oldott oxigént. Minden folyadék annyi oxigént vesz fel, ameddig a folyadékban lévő oxigén parciális nyomása egyensúlyba kerül a vele érintkező levegő, ill. gázfázissal. A tényleges oxigén-koncentráció tehát számos tényezőtől függ, pl. a hőmérséklettől, a légnyomástól, a mikrobiológiai lebontási folyamatok oxigén- felhasználásától, ill. az algák oxigéntermelésétől stb., tehát problémát jelent, hogy a vízminta oldott oxigén koncentrációja szállítás közben változhat, így természetes vizek esetén, a mintavétel helyszínén kell a mérést elvégezni.

A víz aktuális oldott oxigéntartalma, a víz minőségét akkor jellemzi a legjobban, hogyha nem a koncentrációját, hanem telítettségi százalékban kifejezett mennyiségét adjuk meg. Az oxigén tartalom ilyen módon megadott értéke a víz biokémiai állapotát jellemzi, teljes (100 %) telítettséghez képest; eltérés megmutatja, hogy a vízben vannak-e jelen oxigént fogyasztó, vagy termelő szervezetek. A 6.-os ábra az oldott oxigén tartalmat mutatja be a meghatározott értékeink és a monitorállomás értékei függvényében. A 7.-es ábra az általam mért telítettségi százalékban mutatja be az oldott oxigén tartalmat, mivel a monitoring rendszer ezt a paramétert nem vizsgálja.



6. ábra: Oldott oxigén tartalom összehasonlítása



7. ábra: Mért értékeim oldott oxigén százalékos telítettségi értékei

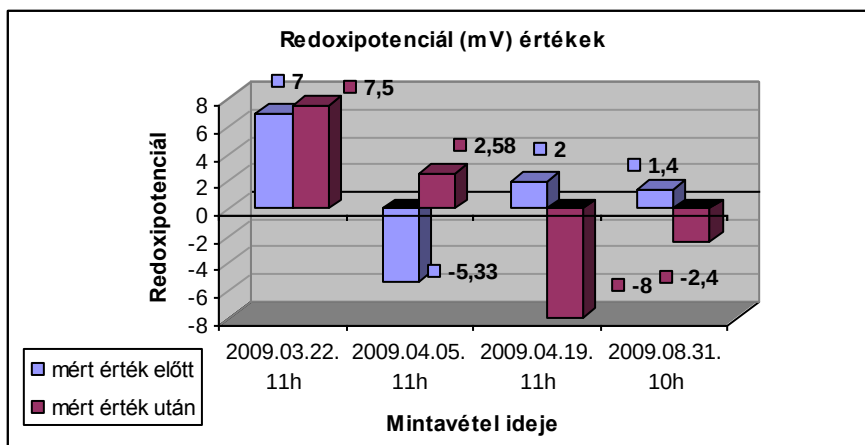
Az 6. ábrán jól megfigyelhető a meghatározott értékek eltérése. Az egyes értékek közötti eltérés oka lehet az, hogy a mérést nem a helyszínen végeztük, de ez alól kivételt képez a 2009.05.01-i minta, mert annak az elemzése a mintavételkor történt. A fentiekben már említettem, hogy a szállítás és a tartósítás nagyban befolyásolja ezeket az értékeket.

4. Redoxifeszültség:

A redoxipotenciál (mértékegysége volt) értéke jellemzi a vizsgált oldat redukáló, ill. oxidáló képességét. A negatív érték a normál hidrogén-elektrod potenciáljára vonatkozott redukáló, pozitív érték pedig az oxidáló hatást jelzi. A redoxipotenciál az összes reverzibilis oxidálható és redukálható komponens egyensúlyi koncentrációjára jellemző adat. (Az elektronok leadása vagy felvétele határozza meg az elektrod feszültségét). A feszültség meghatározása a MultiLine P4 mérőműszerrel történik. A meghatározásához használt analitikai módszer a potenciometria. Mérését egy Pt-elektrod és egy vonatkoztatási elektrod között végezzük. Egyidejűleg a pH és a hőmérséklet mérésére is szükség van [9]. A 8-as ábra az általam mért feszültség értékeket szemlélteti.



14. kép: Redoxifeszültség mérése közben



8. ábra: Redoxipotenciál mért értékeim

A 8-as ábrán látható, hogy az eredmények mintánként változatosak. Hol erősen redukáló más minta pedig erősen oxidáló hatású. Ami azt jelenti, hogy a vegyület pozitív (negatív) alkotórészének (kation/anion) vegyértéke csökken (nő), vagyis egy ion vagy molekula elektronokat vesz fel (ad le).

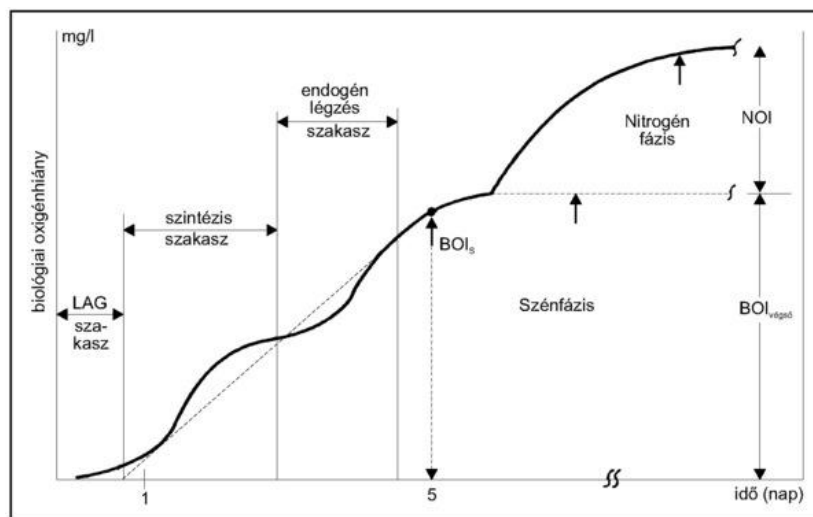
5, Biológiai oxigénigény (BOI₅):

A biológiai oxigén igény fontos paraméter a vízminősítésben. A biológiai oxigénigény az az oldott oxigénmennyiség, amely a vízben lévő szerves anyagok aerob baktériumok általi lebontásához bizonyos időtartam és hőmérséklet. A biokémiai oxigénigény értéke alapján a vizsgált minta szervesanyag-tartalmának mértékére következtethetünk [10]. A BOI értékét milligramm/liter oxigénben adjuk meg és a szennyvíz „erősségének” szennyezettségének kifejezésére használjuk. A biológiai oxidáció két fő reakciólépésből áll. Az első, ún. szénfázisban a szerves anyag oxidálása történik az alábbiak szerint [4]:



A másik az ún. nitrogénfázisban az ammónia és a nitrit alakul át nitráttá:





9. ábra: Biológiai oxigénigény [6]

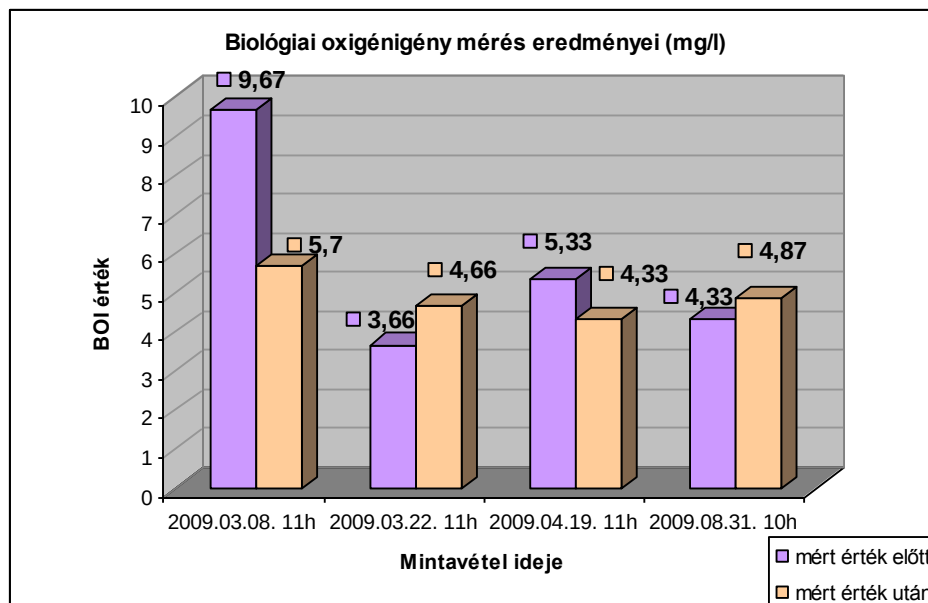
A ma legáltalánosabb használt BOI érték megadási mód: a BOI_5 (mg/l), amely 1 liter vizsgált minta 5 nap alatti vizsgálat során felhasznált biológiai oxigénigényt adja meg, mg O_2 -ben kifejezve. A teljes biológiai lebontáshoz elméletileg végtelen időtartam szükséges, gyakorlatilag a lebontás 20 nap alatt teljesnek tekinthető [11]. A BOI-mérés során biológiai bontási folyamatot hajtunk végre és a biológiai bontási folyamat során a mikroorganizmusok által elhasznált oxigén mennyiségét értjük. Ez az jelenti, hogy a mérés végrehajtása során a szokásos analitikai szabályokon túlmenően arra is ügyelni kell, hogy a mikroorganizmusok életfunkcióit semmivel ne zavarjuk meg és számukra minden tekintetben reprodukálható módon biztosítsuk a bontási tevékenységükhöz szükséges körülményeket. A zavaró hatás kizárására NTH 600 oldat adagolása, amely a nitrifikációs folyamatokat ki zárja, azaz a biológiai bontást gátló- és toxikus hatások kizárása. A BOI érték meghatározáshoz manometrikus BOI- műszert használtam, amely a mérés során az oxigénfogyás nyomásváltozáshoz vezet és ezt a nyomáskülönbséget méri. A mérés 5 napig tart egy $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot biztosító termosztát szekrényben.



15. kép: BOI-mérés

A mérés során a mintából 432 ml térfogatot mértem be túlfolyós mérőlombik segítségével, ezután 9 csepp NTH-oldatot adtam a bemért mintához. (4. melléklet: egy BOI_5

mérési eredménylap és az értékek grafikai úton való ábrázolása 5 napra levetítve.) Egy mintából 3 mérést végeztem majd az eredmények átlagát vettem és ezeket az értékeket a 10. ábra mutatja be.



10. ábra: Biológiai oxigénigény mérés eredményei

A 10. ábrán jól leolvasható a mért értékek. A meghatározott értékek alapján megállapítható, hogy a szerves anyag tartalom egy érték kivételével minimális, a felszíni vizekre vonatkozó határértéket még a legmagasabb eredmény sem lépi át, azaz a határérték 3-10 mg/l között található.

6. Kémiai oxigénigény:

A vízben lévő szerves szennyezőanyag mennyisége közelítően a kémiai oxigénigény (KOI, mg/l) alapján is meghatározható. A KOI meghatározása tehát azt az oxigénmennyiséget adja meg, amely a vízben lévő szerves anyag kémiai oxidálásához szükséges. Azon tényen alapszik, hogy minden szerves vegyület, kevés kivétellel, a széndioxiddá és vízzé oxidálható erős oxidáló szerrel. A KOI meghatározása során valamennyi szerves anyag oxidálódik széndioxiddá és vízzé, tekintet nélkül arra, hogy a szerves anyag biológiailag lebontható vagy nem. A kémiai oxigénigény különböző módon adható meg aszerint, hogy milyen oxidálószeret használunk. A klasszikus analitikai módszereken belül beszélhetünk a kálium-permanganátos oxigénfogyasztás és kálium-dikromáttal végzett oxigénigény meghatározásról. A KOI meghatározása nem csak a hagyományos klasszikus analitikai módszerek segítségével, hanem egyszerűbben, gyorsabban és biztonságosabban műszeres analitikai módszerek

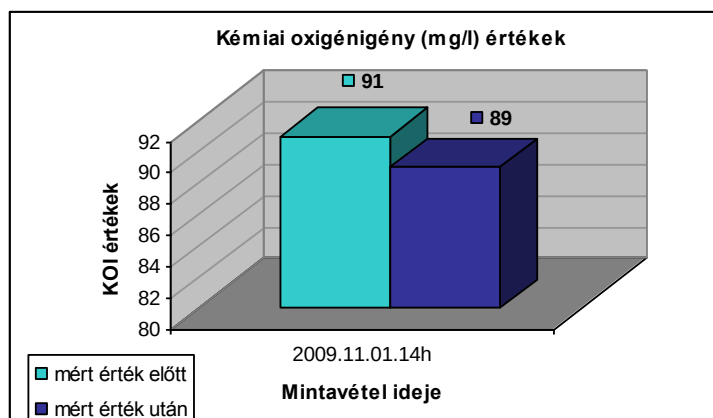
alkalmazásával is történhet. Ezek közül az egyik legelterjedtebb módszer a fotometriás vizsgálat, amit termikus kezelés (roncsolás) előz meg. Ehhez előre elkészített reagenskészletek használatosak.

A KOI meghatározása NANACOLOR Linus fotométer segítségével történik. A fotométer működési elve: a molekulák és az ultraibolya, ill. a látható elektromágneses sugárzás kölcsönhatásán alapuló analitikai eljárás. A különböző anyagok molekulái a fény egy részét elnyelik: abszorbeálják. Az abszorpció mértékének a hullámhossz szerinti megoszlása az anyag minőségére, adott hullámhosszú fény abszorpciójának mértéke az illető anyag mennyiségére ad felvilágosítást.

A meghatározás lépései a következők: a tesztsőbe lassan és beadagolunk, 2ml vízmintát majd egy biztonsági edény segítségével összerázzuk. Ezután a tesztsövet egy fűtőblokkba helyezzük majd 148 °C-on 2 órán keresztül roncsoljuk. Ezután káliumdikromát/kénsav/ezüstsulfát-tal 148 °C-on végrehajtott 2 órás oxidációt követően, a kromát koncentráció csökkenését mérjük fotometriásan 436 nm hullámhosszú fény segítségével. A 11. ábra az általam mért KOI értékeket tartalmazza.



16. kép: NANACOLOR Linus spektrofotométer [21]

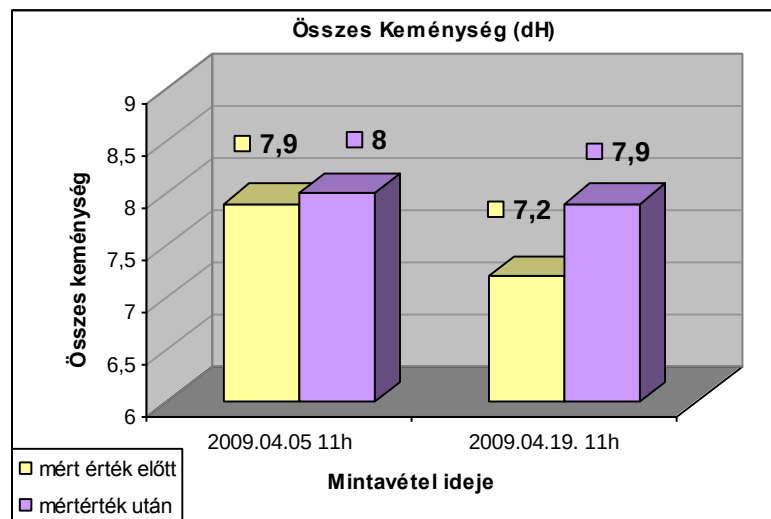


11. ábra: Kémiai oxigénigény mérési eredmények

A 11. ábrán jól megfigyelhető, hogy a mérési értékek jó egyezést mutatnak. A meghatározott szerves anyag tartalom a felszíni vizekre vonatkozó vízminősítési határértéket nem haladja meg, azaz a határérték 30-100 mg/l között van.

7. Összes keménység meghatározása:

A természetes vizek keménységét a vízben oldott sók mennyisége határozza meg. Megállapodás szerint a vízben oldott kalcium- és magnéziumsók adják a vizek össze keménységét (ebben az alkálifémsók nem szerepelnek), a hidrogén-karbonátok pedig a változó vagy karbonátkeménységet. Az összes és a változó keménység különbsége az állandó keménység, mely a kalcium- és magnézium-kloridoktól, szulfátoktól ered. A keménységet úgynevezett keménységi fokkal jellemezzük, az én esetemben a német keménységi fokot (°dH) használtam, amely azt jelenti, hogy a 1000 cm³ vízben oldott 10 mg kalcium-oxiddal ekvivalens mennyiségű kalcium- és magnézium sók. Ennek megfelelően a víz keménységét az alábbiak szerint lehet csoportosítani: 4-8 °dH lágy víz, 8-15 °dH közepesen kemény víz, 15-30 °dH kemény víz, 30 °dH-nál nagyobb pedig a nagyon kemény víz. Az összes keménység meghatározása is NANACOLOR Linus fotométer segítségével történt. A 12. ábra az általam meghatározott össze keménységet ábrázolja.



12. ábra: Mért összes keménység értékek

A 12. ábráról jól leolvashatók az értékek és megfigyelhető, hogy az eredmények hasonlóságot mutatnak. Ezekből az eredményekből meghatározható, hogy a Hernád folyó vize a méréseim alapján lágy víz kategóriába tartozik.

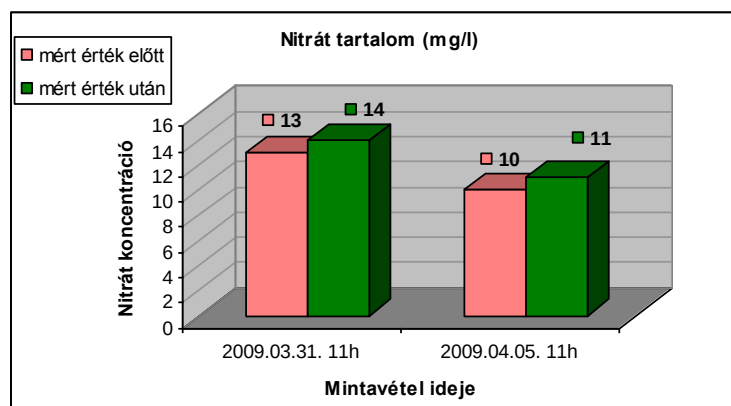
8, Foszfát- (PO_4^{3-}) tartalom meghatározása:

A foszfor az élőlények építő eleme. A többi elemtől eltérően a szervezetek testében nagyobb arányban fordul elő, mint a környezetben. A bioszférában szinte kizárólag teljesen oxidált formában van jelen, leggyakrabban foszfátként (PO_4^{3-}). A foszfát legnagyobb mennyiségben való vízbe jutásáért a mezőgazdasági tevékenységek (szervestrágyázás, műtrágyázás, állattartó telepek), ill. a kommunális szennyvízkibocsátás a felelősek. A foszfát tartalom meghatározása is NANOCOLOR Linus fotométerrel történt. A szűrt minta 1 ml térfogat részletét a tesztesőbe mérjük, majd reagenst adunk hozzá a receptben leírtak szerint. Majd a fotométerrel 690 nm hullámhosszúságú fény segítségével meg mérjük a foszfát tartalmat. A kimutatási határa 0,5-15,0 mg/l között található.

Két mérést végeztem a 2009.04.05 11 órakor és a 2009.09.07 14 órakor vett mintából. A meghatározás alkalmával a foszfát tartalom mind a két esetben kisebb volt, mint 0,5 mg/l. Ezért pontos értéket nem tudtam meghatározni, mivel nem állt rendelkezésemre ennél kisebb kimutatási határral rendelkező tesztkészlet.

9, Nitrát- (NO_3^-) tartalom meghatározása:

A nitrát nélkülözhetetlen a növényi fejlődéshez, de gondokat is okoz. Szennyezés jelző vízminőségi paraméterek: túlzott műtrágya-felhasználás során a talajból beoldódik a vízbe. Káros hatása a vér oxigénfelvevő képességét csökkenti, valamint a vizek átalakulnak a baktériumok számára tápanyagban gazdag vizekké (eutrofizáció). A nitrát tartalom meghatározása fotometriás módszerrel történt, NANACOLOR Linus fotométer alkalmazásával. A meghatározás menete: A tesztesőbe 0,5 ml mintát bemérünk, majd reagenst adunk hozzá. Majd meghatározzuk a vízminta tartalmát, 385 nm hullámhosszúságú fénnel. A tesztkészlet kimutatási határa nitrát tartalom meghatározása esetén 2-100 mg/l.

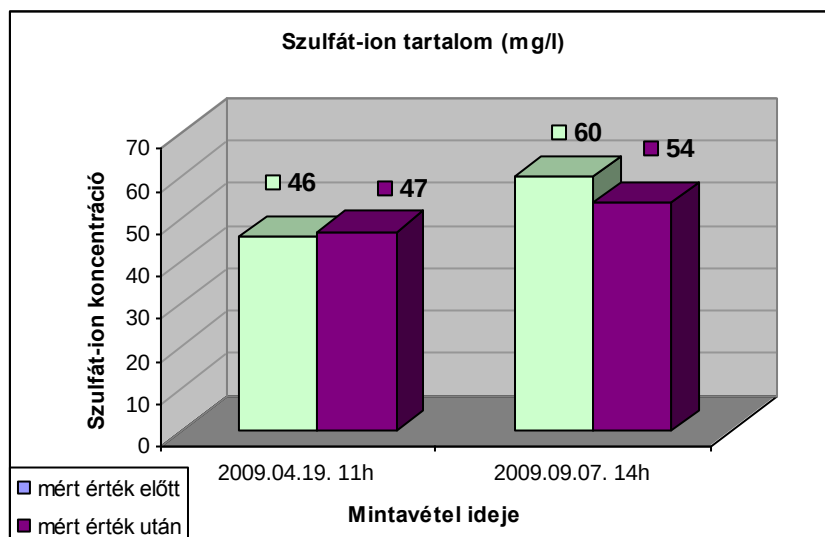


13. ábra: Mért nitrát értékeim

Az általam mért nitrát koncentráció értékei a 13. ábrán látható. Az értékek hasonlóságot mutatnak. Ez a vízben található nitrát mennyiség származhat településekről, szántóföldekről, állati itató helyekről származó lefolyásból, ill. műtrágya bemosódásából. A vízminta nitrát tartalma nem haladja meg a határértékben előírt értéket, azaz az 50 mg/l-t.

10, Szulfát- (SO_4^{2-}) koncentráció meghatározása:

A felszíni vizekben a szulfát-ion többnyire jól oldódó szulfátok: Na_2SO_4 , MgSO_4 formájában van jelen. A szulfát tartalom meghatározása is NANACOLOR Linus spektrofotométer segítségével történt a következőképpen: a tesztcsőbe 4 ml vízmintát bemérünk, majd reagenst adok hozzá. Azután 436 nm hullámhosszúságú fénysugár segítségével megmérjem a szulfát tartalmat. A módszer elve az, hogy a bárium szulfát zavarosság mérem.



14. ábra: Mért szulfát-ion értékek

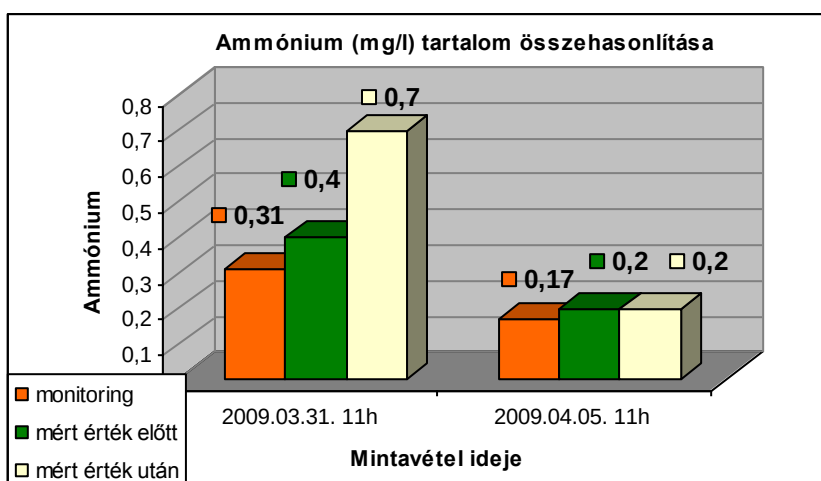
11, Ammónia tartalom meghatározása:

Az ammónium-ion koncentrációjának (NH_4^+), a különféle nitrogénformák mennyiségének ismerete, a vizek anyagforgalmának vizsgálatában, a különböző öntisztulási folyamatok meghatározásában, és általában a vízminőség jellemzése során szükséges. A nitrogénformák közül az ammónia az, ami oldott gázként jelenik meg a vízben [3]. Az ammónium szennyezés jelző vízminőségi paraméter: szerves anyag, a mikroorganizmusok élettevékenysége során felbomlanak, és ennek termékeként keletkezik. Települési és ipari szennyvizek bemosódásából eredhet, ezért a vizek elfertőződésére utal.

Az ammónium-tartalom meghatározása is NANACOLOR Linus spektrofotométerrel történik. A vízmintából 1 ml térfogatot bemérünk a tesztsőbe majd egy NANOFIX ammonium kapszulát adtam. Majd a tesztsövet a fotométerbe helyezve 690 nm hullámhosszúságú fénnel megvilágítjuk és megmérjük az ammónium koncentrációt. Az általam és a monitoring rendszer által mért ammónium tartalom összehasonlítása látható a 15. ábrán.



17. kép: Mérés közben



15. ábra: Ammónium tartalom összehasonlítása

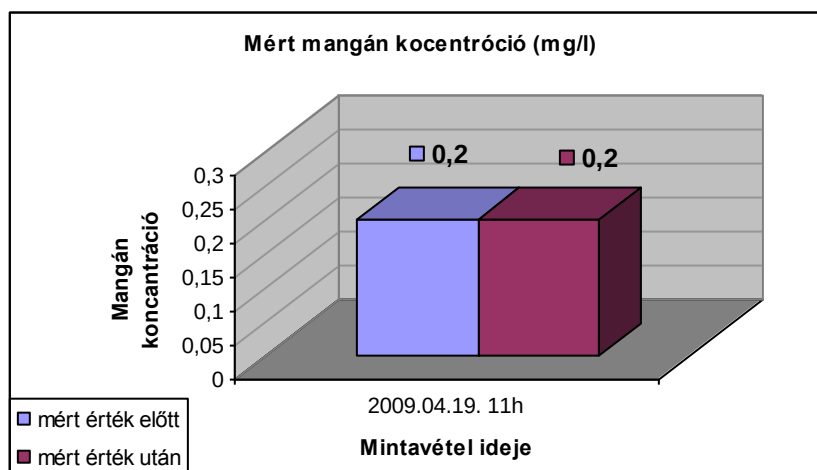
A 15-ös ábrán jól észrevehető, hogy a mért értékek nagyon hasonlítanak. A Hernád folyó ammónium tartalma a 2000.01.01. adatok alapján elérte a mg/l-t is. Ezáltal jól megfigyelhető, hogy az értékek drasztikusan csökkentek, mely a szigorúbb szabályozásnak tekinthető. A szigorúbb törvények által a Hernád folyó ammónium tartalmát különféle intézkedések segítségével a megengedett határérték (0,5 mg/l) alá csökkentették.

12, Fémtartalom meghatározása:

A vízminőségi problémák egyik legfontosabb kérdése: milyen és mennyi a mérgező fémtartalom. A toxikus fémek alacsony koncentrációban vannak jelen, de megkötődnek és felhalmozódnak- ember és állathoz is eljutnak a táplálékláncban. Meghatározatlan ideig maradnak vegyületekben, bármikor környezetre káros fémformák alakulhatnak ki. Lehetőségem nyílt a mangán és vas tartalom meghatározása NANACOLOR Linus spektrofotométer segítségével. A mangán és vas az esszenciális fémek csoportjába sorolható és bizonyos koncentráció után toxikussá válnak, ezért tartottam fontosnak Hernád folyó vizében lévő tartalmunk meghatározását.

A vas tartalom meghatározása: a tesztesőbe 4 ml mintát mértem be, majd egy NANOFIX Iron kapszula hozzáadásával 540 nm hullámhosszúságú fénnel megmérjük a minta vas koncentrációját. A kimutatási határa: 0,1-3,0 mg/l. A mérést a 2009.04.05. 11 órakor vett mintából végeztem el, és azt az eredményt kaptam, hogy a vas-ion koncentráció 0,1 mg/l-nél kisebb.

A mangán tartalom meghatározása: szintén 4 ml mintát mértem be a tesztesőbe, reagenseket adtam hozzá a recept szerint. Végül 470 nm hullámhosszúságú fénysugárral megmértem a mangán-ion koncentrációt. A mérés eredményei 16. ábrán látható.



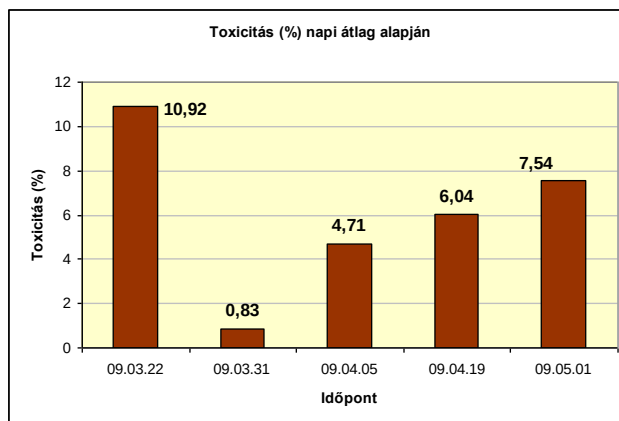
16. ábra: Mért mangán koncentráció értékeim

A 16. ábrán megfigyelhető, hogy a mért értékek egyeznek. A mangán felszíni vízben megszabott határértéke 0,05 mg/l. Így látható, hogy ez esetben a mangán-ion koncentráció meghaladja a határértéket. Ennek oka lehet a vízfolyásba való tisztítatlan kommunális, ill. ipari szennyvíz vezetése.

4.3.3. Biológiai minősítés

A biológiai minősítés alkalmával a halobitást, a trofitást, a szaprobitást és a toxicitást vizsgálják.

Ilyen típusú mérések kivitelezésére nem volt lehetőségem. Ezzel szemben a Hernád folyón található monitorállomáson egy biomonitor segítségével lehetőség van a toxicitás mérésére. A 17. ábra a monitoring rendszer által mért néhány adatot tartalmazza.



17. ábra: Monitoring rendszeren mért toxicitás értéke

A toxicitás a biológiai vízminősítés egyik mutatója. Mérgezőképesség, melyet a vízbe került vagy az ott megtermelt mérgek okoznak. A mérgek származhatnak a földkéreg anyagaiból (pl. nehézfémek), a vizek szervesanyag-tartalmának rothadásából (ammónia; kén-hidrogén, merkaptánok) vagy emberi tévékénységből (pl. tisztítatlan szennyvíz bevezetése). A mérgező hatás megállapítását a sokféle eredet és anyag miatt általában nem kémiai, hanem biológiai módszerekkel, élő tesztorganizmekkel (pl. algák, halak) vagy növényi magvak csíráztatásával (pl. mustármag) végzik.

4.4. Sebesség meghatározása és a Hernád folyó meder keresztmetszet felvétele

Az én esetemben a sebesség nagyon fontos szerepet játszott, mert a mintavételi hely és a monitoring állomás helye között meglehetősen nagy a távolság (36 fkm) ill. a vízhozam megállapításához is szükség van a sebesség ismeretére.

Sebesség meghatározása: Mivel a monitoring rendszer és a mintavétel hely között kb. 36 fkm távolság van, ezért fontos a sebesség ismerete. Mondhatjuk azt is, hogy a folyó vízminősége méterről méterre változik, ezért meg kell határozni azt, hogy a

mintavételezésünk idejekor a monitoring állomáson mikor történt „ugyanaz” a minta vizsgálata.

A meghatározás során először lemértem egy adott távolságot, ebben az esetben 15 métert. Ezután egy kukoricacsutka segítségével megmértem azt az időt, ami alatt ezt a távolságot megteszi a folyó. A pontosság kedvéért 3 mérés sorozatot végeztem, és az értékek átlagát vettem. A vízfolyás a 15 métert átlagosan 13,53 másodperc alatt tette meg. Ebből a sebesség értéke: 1,11 m/s. Ha a mintát 11 órakor vettük, akkor a monitoring állomáson „ugyanaz” a vízfolyás kb. hajnali 2 órakor volt.

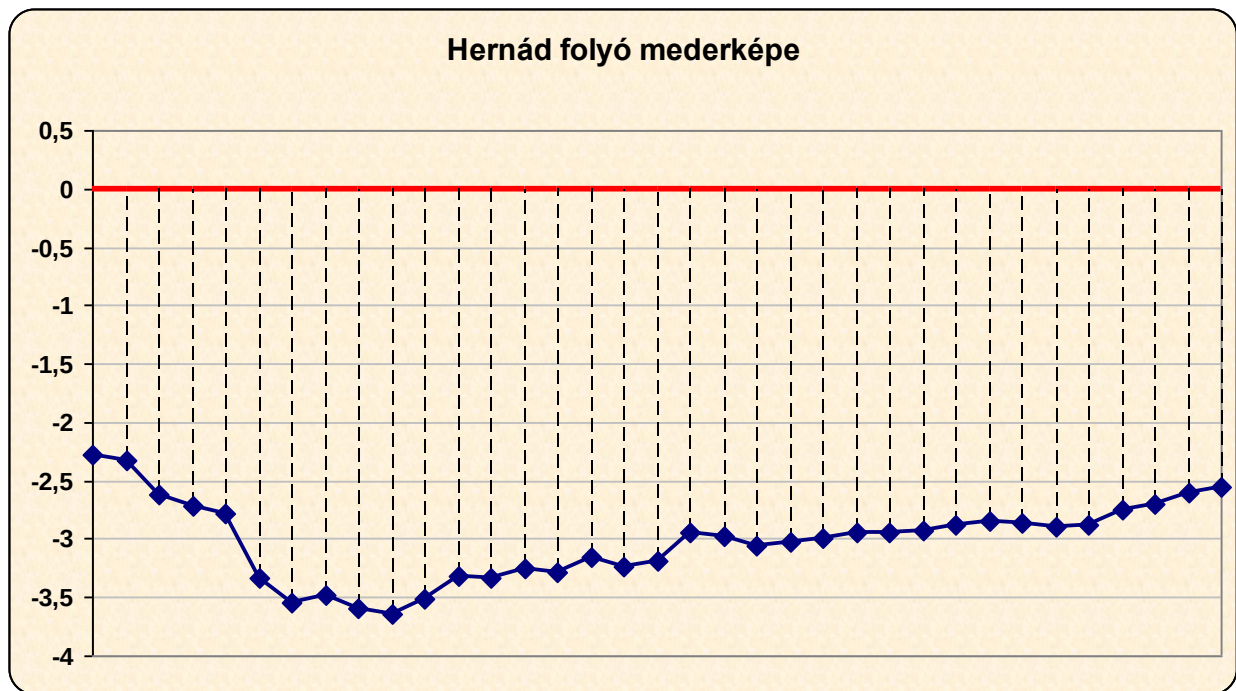
A sebesség meghatározásával lehetővé válik az egyes komponensek hígulási folyamatainak a megfigyelése vagy ezzel szemben a különböző szennyezőanyagok tovaryűrűző hatásának a vizsgálata.

A vízhozam kiszámításához szükségem volt a meder keresztmetszetének meghatározására.



18,19. kép: A meder feltérképezés helye és lépései

A Hernád folyó feltérképezése a gibárti híd alatt történt kb. a folyó 66 fkm-nél. Első lépésben egy kötelet rögzítettem a híd kétoldali pillérjéhez. Majd egy bot és egy mérő szalag segítségével megadott távolságokban (kb. 1,5 m) megmértem a kötéltől viszonyított folyó meder távolságát. A meghatározásom szerint a meder hossza a hídpillér két pontja között 63,96 m volt. Majd a mért értékeket egy diagramon ábrázoltam. A 18. ábrán a meder keresztmetszeti kép látható. Ezek után a vízálláshoz viszonyítva kiszámoltam a meder területét és a terület értéket megszoroztam a sebességgel és megkaptam a vízhozamot, az akkori vízállás függvényében.



18. ábra: A Hernád keresztmetszete

Számításaim alapján a víz sebessége 1,11 m/s, a terület 7,63 m² a vízállás az első esetben 0,4 m a második esetben pedig 0,6 m. Ebből az következik, hogy az első esetben a vízhozam 3,38 m³ másodpercenként, a másodikban 5,08 m³ másodpercenként. Természetesen áradások esetén ezek az értékek a sokszorosára is nőhetnek és akár vadvízi jellegű folyóvá is válhat.

5. Összefoglalás

Víz nélkül nincs élet. A víz érték és létfontosságú elem. Az édesvíz készletünk nem kimeríthetetlen, ezért ezeket meg kell őriznünk, ill. védenünk. Mivel évről évre a felszíni vizeink fokozatos romlása figyelhető meg, ezért fontos szerepe van a vízminőség vizsgálatának.

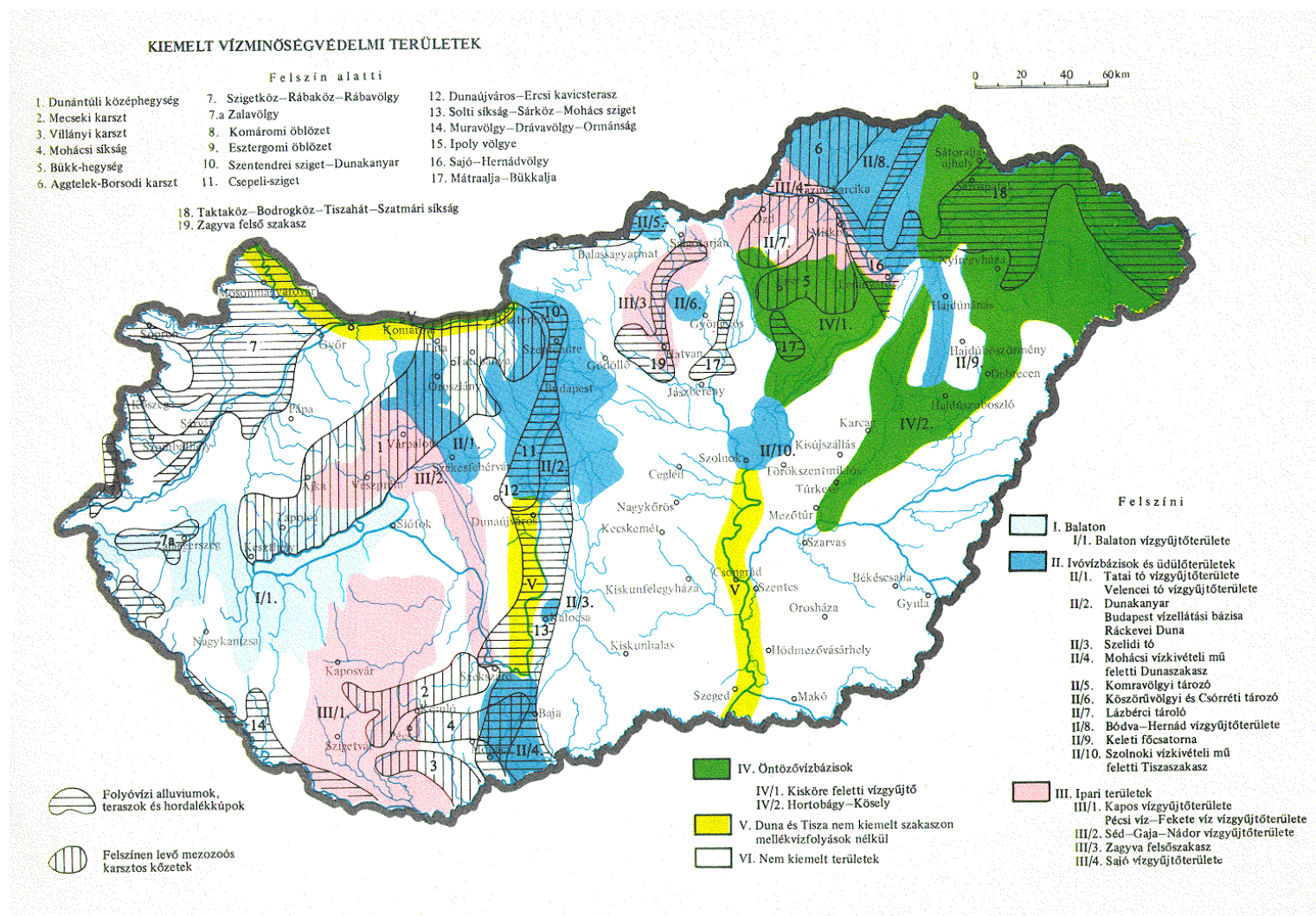
Összegzésként elmondható, hogy a mért értékek a megengedett határértékek alatt vannak, így a Hernád folyó ezen szakasza a mért paraméterek alapján a jó vízminőségi kategóriába sorolható. Ez azt jelenti, hogy külső szennyezőanyagokkal és biológiailag hasznosítható anyagokkal kismértékben terhelt, mezotróf jellegű víz. A vízben oldott és lebegő, szerves és szervetlen anyagok mennyisége, valamint az oxigénháztartás jellemzőinek évszakos és napszakos változása az életfeltételeket nem rontja. A vízi szervezetek fajgazdagsága nagy, egyedszámuk kicsi, beleértve a mikroorganizmusokat. A víz természetes szagú és színű, benne a szennyvízbaktérium igen kevés. Fontos hangsúlyozni, hogy ezen megállapításaim csak a vizsgált paraméterek alapján mondható el, ugyanis a víznek vannak olyan összetevői, amelyek meghatározására nem volt lehetőségem.

Célkitűzéseim közé tartozik, hogy a jövőben a Hernád folyón található monitoring rendszer előtt és után is adott távolságban az egyes szennyezőanyagok mennyiségét meghatározzam, ezáltal a tovaterjedési folyamatokat megismerjem, és azok hatásait vizsgáljam. A jövőre nézve egy csiráztatási kísérletet és el fogok végezni, amely által a válaszokat kaphatok a Hernád folyó biológiai állapotáról.

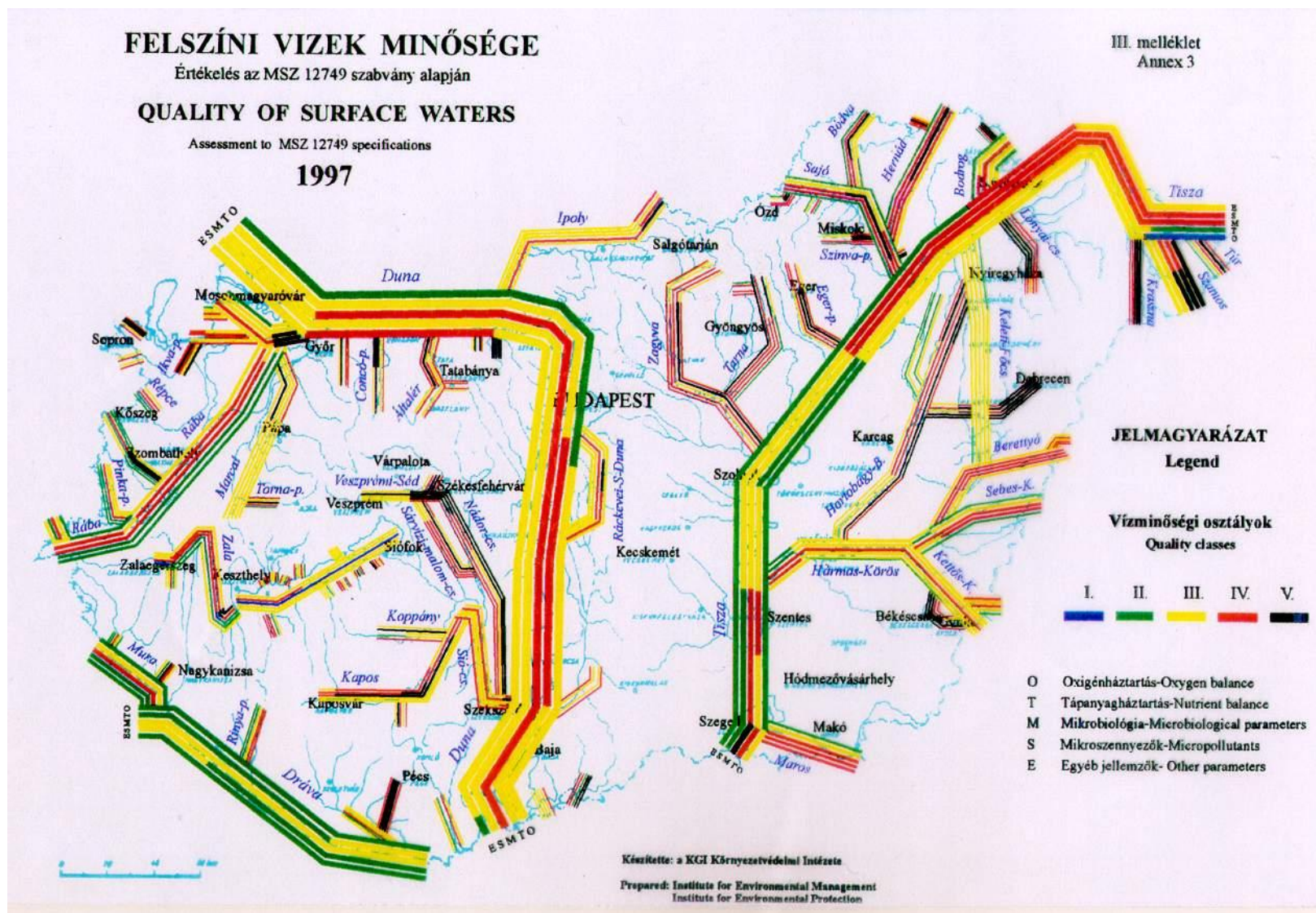
6. Irodalomjegyzék

- [1] Szabó Elemér: Magyarország környezeti kulcsmutatói 2002 (Környezetvédelmi Minisztérium, 2002)
- [2] Lévai Tibor: Analitika I. (Környezetvédelmi Minisztérium, 1999)
- [3] Dr. Percsich Kálmán: Bevezetés az vízanalitikába (SZIE MKK Központi Laboratórium, 2005)
- [4] Barótfi István: Környezettechnológia. (Mezőgazda kiadó, Budapest, 2000)
- [5] Fórián Sándor: Mérnöki ismeretek I. oktatási segédlet, DE-MK, Debrecen, 2006.
- [6] Kovács Elemér: Vízminőség védelem előadásanyaga (Mezőgazdaság Tudományi kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék)
- [7] Abaúji Területfejlesztési Önkormányzati Szövetség: Abaúji útikalauz (Alpes Nyomda, Miskolc, 1999)
- [8] Fülep Teofil és Kiss József: Hernád völgyének turistakalauza (Hoconén Természetvédelmi Egyesület, Miskolc, 1999)
- [9] Dr. Bodnár Ildikó: Környezet analízis I., oktatási segédlet, DE-MK, Debrecen, 2008.
- [10] Dr. Bodnár Ildikó: Általános kémia III., oktatási segédlet, DE-MK, Debrecen, 2003.
- [11] Dr. Bodnár Ildikó: Vízgazdálkodás- és vízminőség védelem II., oktatási segédlet, DE-MK, 2009.
- [12] <http://hu.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADz>
- [13] <http://hu.shvoong.com/exact-sciences/1717866-v%C3%ADzmin%C5%91s%C3%A9g-v%C3%A9delem-feladatai/>
- [14] <http://hu.shvoong.com/exact-sciences/1717797-f%C3%B6ld-v%C3%ADzk%C3%A9szlete-magyarorsz%C3%A1g-v%C3%ADzh%C3%A1ztart%C3%A1sa-v%C3%ADzk%C3%A9szlete/>
- [15] www.agr.unideb.hu/ktvbsc/dl2.php?dl=22/9_eloadas.ppt
- [16] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Gib%C3%A1rt>
- [17] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Hern%C3%A1d>
- [18] http://www.holtagak.hu/htg/terkep_sub.php?bes=1834&pic=HT00T
- [19] http://rkk.bmf.hu/kmi/dokument_elemei/monitor/kam8gy.pdf
- [20] <http://www.hydrosoil.com/userfiles/image/Immagini%20Hydrosoil/Strumentazione/Multi1.jpg>
- [21] <http://www.irmeco.com.pl/katalog/2/zdjecia/linus.jpg>

7. Melléklet



1. melléklet: Területi kategóriák (érzékeny és sérülékeny területek)



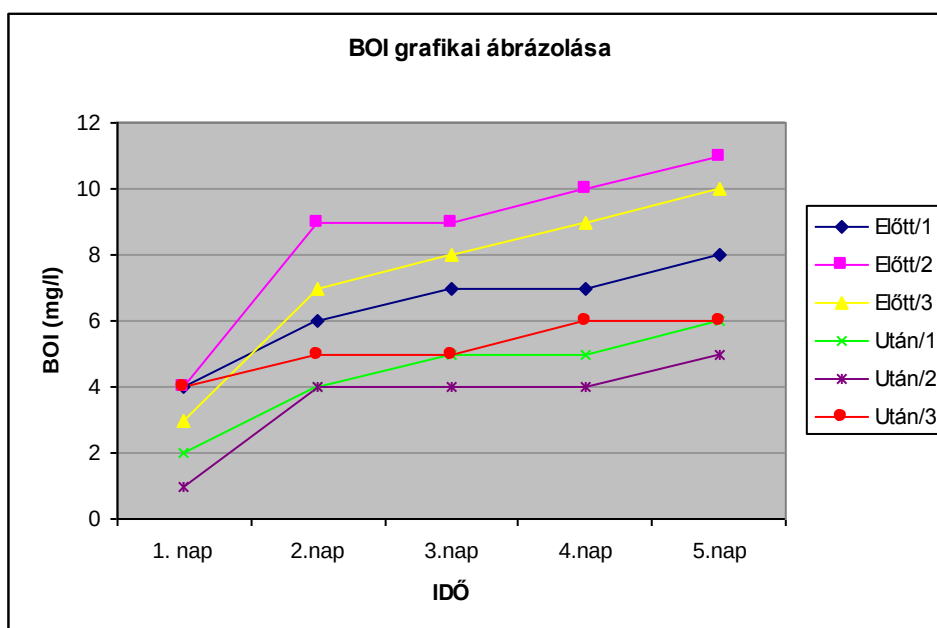
2. melléklet: Felszíni vizeink minősége 1997-ben (értékelés az MSZ 12749 szabvány alapján)



Sorszám	Digit szorzófaktor	1. nap	2. nap	3. nap	4. nap	5. nap	BOI ₅ (mg/l)
Előtt /1.	1	*4	6	7	7	8	9,67
		**4	6	7	7	8	
Előtt /2.		4	9	9	10	11	
		4	9	9	10	11	
Előtt /3.		3	7	8	9	10	
		3	7	8	9	10	
Után /1.	1	2	4	5	5	6	5,67
		2	4	5	5	6	
Után /2.		1	3	4	4	5	
		1	3	4	4	5	
Után /3.		4	5	5	6	6	
		4	5	5	6	6	

* Leolvasott érték

** Digit szorzófaktorral beszorzott érték

4. melléklet: A 2009. 03.08 –ai minta BOI₅ eredménylapja és a grafikai ábrázolása