



Nyugat-magyarországi
Egyetem
Erdőmérnöki Kar
Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

A Rák-patak természetes és mesterséges szakaszainak összehasonlító hidrobiológiai vizsgálata

Szerző:

Szita Renáta

Nyugat-magyarországi Egyetem
Erdőmérnöki Kar
Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet
II. Környezetmérnök MSc.

Témavezetők:

Dr. Ambrus András

Fertő-Hanság Nemzeti Park,
Természetmegőrzési és Ökológiai Osztály

Dr. habil Gribovszki Zoltán

Nyugat-magyarországi Egyetem
Erdőmérnöki Kar
Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

Tartalomjegyzék

Absztrakt.....	3
Bevezetés	4
1. A biológiai vízminősítés.....	5
1.1. Külföldi biotikus-indexek (BI)	6
1.2. MSZ 12749-es szabvány, 230/2010 (VII.18.) Korm. rendelet	8
1.3. EU Víz Keretirányelve (VKI) (Water Framework Directive)	8
1.4. AQEM-star.....	9
1.5. MMCP	10
1.6. ECOSURV	10
2. Célkitűzések	11
3. Rák-patak vizsgált részvízgyűjtő területeinek bemutatása.....	11
3.1. Vizsgált részvízgyűjtő területek.....	12
3.2. Részvízgyűjtő területek átfogó természetföldrajzi jellemzése.....	12
3.3. Részvízgyűjtő területek részletes leírása	15
4. Anyag és módszer	17
4.1. Vizsgált mintavételi pontok rövid bemutatása.....	17
4.2. Mintavétel módszertana	22
4.2.1. Fizikai tulajdonságok felvételezése.....	22
4.2.2. Fiziko-kémia tulajdonságok felvételezése	23
4.2.3. Kémiai tulajdonságok felvételezése	23
4.2.4. Biológiai tulajdonságok felvételezése.....	24
5. A kapott eredmények és kiértékelésük	25
5.1. Biológiai eredmények és értékelésük	25
5.2. Biológiai és a fiziko-kémiai, kémiai eredmények és minősítések összehasonlítása. 27	
5.3. Adatelemzés, kiértékelés.....	28
5.4. Eredmények összehasonlítása korábbi adatokkal	30
Összegzés	31
Köszönetnyilvánítás	32
Irodalomjegyzék	33
Mellékletek jegyzéke	36
Mellékletek	37

Absztrakt

A dolgozat a Rák-patak (Sopron, Nyugat-Magyarország) vízminőségének biológiai értékelésével foglalkozik. Lehetőség nyílt arra, hogy a biológiai jellemzőket a Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet kémiai és fiziko-kémiai adataival összevesse és kiértékelje. Az eredmények egymást erősítik, így javasolható az együttes kiértékelés a minősítések során.

Az évszakos változásoknak megfelelően három alkalommal történt mintavétel, tavasszal, nyáron és ősszel. A begyűjtött anyag sztereo mikroszkóp segítségével került osztályozásra, család szinten meghatározásra, majd az adatok a Magyar Makrozoobenton Család Pontrendszert alkalmazva lettek kiértékelve.

A vizsgálat fő célja az emberi hatások értékelése volt a vízfolyás településen átvezető, szabályozott szakaszán a közel természetes állapotú felső folyási szakaszhoz képest, a makrogerinctelen közösségben tapasztalt változások segítségével. Az alsó szakasz, mely átszeli a várost, erősen szabályozott jellegű és valószínűleg tápanyag terhelést kap a felszíni hozzáfolyásokból és szennyvizekből, ezzel szemben a felső szakaszon csupán az erdészeti tevékenység – mint eróziót növelő tényező – jöhet szóba, mint emberi hatás.

Mindent egybevetve egyértelmű, hogy a felső szakasz, mely számos természeti értéket tartalmaz, egyebek között a Natura 2000 jelölő faj *Cordulegaster heros* szitakötő jelentős állományát, az adott vízfolyás típus VKI szerinti referencia helyének lett jelölve. Az igazsághoz hozzá tartozik, hogy az adott szakasz a „vasfüggöny” mögött volt, mintegy 40 évig, mely megakadályozta a jelentősebb emberi tevékenységeket a Hidegvíz-völgyben, megőrizve így a közel természetes állapotot.

A Rák-patak ökológiai vizsgálatát érdemes tovább folytatni, kiterjesztve a módszereket a makrogerinctelen közösség strukturális vizsgálatára és kvantitatív megközelítésre, továbbá a lebontási folyamatokra is. A jelenleg elvégzett szabályozási és építési munkák hatásának monitorozására szintén szükség lenne.

Bevezetés

Napjainkban egyre fontosabb kérdés az ember környezetre gyakorolt hatása. Ebből kiindulva, és ezt vizsgálva, az Európai Unió által támogatott TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0006 pályázat keretein belül lehetőség nyílt arra, hogy megvizsgáljuk, Sopron milyen hatást gyakorol a rajta áthaladó Rák-patakra. A kémiai és fiziko-kémiai vízminősítések mellett alkalom nyílt a biológiai vízminősítés elvégzésére is, melyet én kaptam feladatul.

Kutatásom fő célja a város hatásának megállapítása a rajta keresztül áthaladó vízfolyásra, a biológiai minősítés módszerét alkalmazva.

Munkám során hat ponton felvételeztem a biológiai minősítéshez szükséges vízi makrogerinctelen faunát. A 2010-es év őszén terepi bejárások során kijelöltem a mérésre alkalmas mederszakaszokat, és előtanulmányt végeztem azok jellemzőiből. Majd a 2011-es évben három alkalommal - tavasszal, nyáron és ősszel – elvégeztem a mintavételezést, mely hat terepen töltött napot ölelt fel.

A patak állapotának megismerése érdekében a biológiai vizsgálatok mellett mértem a fiziko-kémiai, kémiai jellemzőket is, melyek segítségével meghatároztam a vízfolyás minőségének az alakulását a vizsgált intervallumban.

A patak minősége, és a város okozta minőségi változás vizsgálata számos ember érdeklődését felkeltette már az elmúlt években. A kémiai és fiziko-kémiai jellemzők felmérése és feldolgozása során rengeteg szakdolgozat vagy TDK munka született, melyek meghatározták a patak adott szakaszának állapotát. Ilyen munkák szerzője GUTTMANN E., IMRIK P. (2010) , FÜHRER E.(1978), KLINGER Z. (1993), KELLER I. (1998), FARKAS K. (2008) ÉS VAJAI V. (2011), aki a fent felsorolt munkák összehasonlítását, kiértékelését végezte el.

A fiziko-kémiai és kémiai vizsgálatok mellett biológiai mérések is zajlottak a patakon, főként egyetemi és VKI mintázások keretein belül. További célom, munkám során az eredményeim összehasonlítása a múltbéli adatokkal.

1. A biológiai vízminősítés

Mielőtt bemutatnám a biológiai minősítés rendszerét és fontosságát, szeretném röviden leírni a módszer alapját képező vízi makroszkopikus gerinctelenek általános jellemzőit.

Marzoobentonnak nevezzük „az aljzaton élő, szabad szemmel látható, gerinctelen állatok és állati együttesek összességét.” (<http://vizeink.hu>)

Más megközelítésben „a vízi makroszkopikus gerinctelenek alatt, egy széles taxonómiai spektrumú, szabad szemmel látható, valamely életszakaszban a vízhez szorosan kötődő, de eltérő életmenet stratégiájú élőlény együttest értünk.” (BIO AQUA PRO KFT, 2009.)

A vízi makroszkopikus gerinctelen állatokkal a víztér minden típusában találkozhatunk, benépesítik az egész vízteret, így térbeli diverzitásuk már kis lépték esetén is észlelhető, ezért remekül alkalmazhatóak a víz minőségi állapotának leírásához. A vízi makrogerinctelenek életciklus sajátosságai miatt, a közösségi szintű vizsgálatoknak nagyobb a jelentősége. Monitorozásuk során elkészíthetjük a makrozoobentosz összetételét, folyamatos vizsgálatokkal szemléltethetjük az esetlegesen bekövetkező változásokat (minőségi, mennyiségi) és meghatározhatjuk a változás lehetséges okát, továbbá az azért felelős tényezőket. (JUHÁSZ ET AL., 2008.)

A biológiai vízminősítés során a víz fiziko-kémiai paramétereit vagy a vízi élőlénytársulásokra jellemző tulajdonságokat vizsgáljuk. (KRISKA, 2003)

Egy régebbi meghatározás szerint a vízminőség a természetben előforduló víz tulajdonságainak összessége. Egy másik megfogalmazás alapján a vízminőség a víztest állapota, amely az „n” dimenziós topológiai térben egy ponttal jellemezhető. Ez az „n” a víztest tulajdonságainak az összessége, a valóságban azonban ez az érték a különböző korlátok (idő, anyagi) miatt, nem határozható meg. (NÉMETH, 1998, GERENCSÉR, 2010)

Minden, az EU országokban alkalmazott vízminősítő eljárások közös vonása, hogy a fizikai-kémiai monitoring mellett megjelentek a biológiai eljárások is. A biológiai vízminősítés elvi alapját EU szerte a „különböző élőlények szerves szennyezéssel szemben mutatott relatív érzékenységeiben megmutatkozó különbségek, illetve a fajoknak az érzékenységi skálán történő tapasztalati felosztása jelenti”, melyek alapot szolgáltatnak a biotikus indexek (BI) felállításához. (CSÁNYI, 2001)

Két alapvető biológiai vízminősítő módszert alkalmaznak Európa szerte.

Az első módszert a Duna-menti országokban alkalmazzák, melynek alapját a szaprobiológiai elemzés jelenti. Magyarországon is ez a módszer használatos, azonban hazánkban a makrozoobenton helyett az élő plankton együttes képezi az alapját. A szaprobiológiai vizsgálatok alkalmával számított szaprobitás-index meghatározása kvantitatív mintavételi módszerekkel, faj-szintig történő határozáson alapul. Ebből kifolyólag a mintavétel idő- és költség-igényes, szakember közreműködését követeli, így Magyarországon egyelőre nehezen alkalmazható módszer.

A másik módszert a biológiai index-módszerek alkotják, melyet Nyugat-Európában dolgoztak ki, jelenleg az atlanti, mediterrán és skandináv országokban alkalmazzák. E módszer numerikus meghatározásához, kvantitatív, szemikvantitatív és kvalitatív (fajra vagy magasabb taxonra) adatok szolgáltatják az információkat.

Az EU-s módszereket alkalmazva hazánkban négy vízminősítési rendszert használnak a gyakorlatban: (KRISKA, 2003)

- Négy tulajdonságcsoportha (halobitás, toxicitás, szaprobitás, toxicitás) épülő módszer, 10-10 fokozatú skálával (FELFÖLDI, 1987)
- MSZ 12749-es szabvány (kiegészítve 230/2010 (VII.18.) Korm. rendelettel), mely a víz oxigén-, nitrogén- és foszfor tartalmát, továbbá a mikrobiológia és toxikológiai sajátosságokat vesz alapul a maga öt fokozatú skáláján
- Ökológiai sokváltozós vízminősítő rendszer (DÉVAI ET AL, 1992)
- Magyar Makrozoobenton Család Pontrendszer (MMCP) (CSÁNYI, 1997)

1.1. Külföldi biotikus-indexek (BI)

A felszíni vizek szennyezettségének bioindikátorok alkalmazásával történő vizsgálata több mint egy évszázaddal ezelőtt kezdődött. Ekkor a kutatók úgy gondolták, hogy a szennyezett vízben előforduló élőlények különböznek a tiszta vízben előfordulóktól. Innen számítva több mint ötven különböző biológiai vízminőség-meghatározási módszert dolgoztak ki a szakemberek.

A legtöbb módszer alapját a Trent Biotikus Index (TBI) adta, melyet 1964-ben hoztak létre. A módszer alapját hat kulcsszervezet jelenti, melyeket minősítenek az alapján, hogy milyen válaszokat adnak bizonyos szennyezésekre a taxonok. (GERENCSÉR, 2010)

A következőkben néhány, más országban használatos biotikus indexet mutatok be.

- **Hilsenhoff index (HBI):**

1987-ben Hilsenhoff újra értékelte a szennyezési tolerancia index értékeket és kiterjesztette 0-10 tartományra. (1. táblázat) Az adott érték a terepi és a labor mérések során tapasztalt reakción alapszik a szerves szennyezéssel szemben. 0 jelöli az extrém érzékeny taxont, 2-9 változó tolerancia, míg a 10-es szám mutatja, ha a taxon a szerves szennyezést nagy arányban túléli.

1. táblázat: Vízminőségi osztályozás a Hilsenhoff (1977) által kialakított FBI alapján (ZIMMERMAN, 1993)

Biotikus index	Vízminőség	Szerves szennyeződés mértéke
0,00-3,50	kitűnő	nincs látszólagos szerves szennyeződés
3,51-4,50	nagyon jó	lehetséges jelentéktelen szerves szennyeződés
4,51-5,50	jó	egy kevés szerves szennyeződés
5,51-6,50	elég jó	eléggé jelentős szerves szennyeződés
6,51-7,50	eléggé szegény	jelentős szerves szennyeződés
7,51-8,50	szegényes	nagyon jelentős szerves szennyeződés
8,51-10,00	nagyon szegényes	komolya szerves szennyeződés

A HBI formulának az egyik legnagyobb problémája, hogy a (vizsgált) szervezeteket genus vagy faji szinten meg kell tudni határozni.

1988-ban Hilsenhoff család szintű biotikus indexre (Family Biotic Index) tett javaslatot. Az FBI célja az volt, hogy gyors (bár kevésbé kritikus) értékelést adjon vízfolyásokra, ám nem helyettesíti a HBI-t, ha részletesebb taxonómiai adatok is rendelkezésre állnak. Az FBI ugyanazt a formulát használja, mint a HBI, csak a családokra átlagos tolerancia értékeket használ a fajok tolerancia értéke helyett. (ZIMMERMANN, 1993)

- **Biológiai monitoring munkacsoport (BMWP):**

A BMWP vizsgálatok alapjául szintén vízi makroszkopikus gerincteleneket, mint biológiai indikátorokat használnak fel vízminősítésre. A vizsgálat fő pillére azon tényen alapszik, hogy a különböző vízi élőlények különböző toleranciával bírnak a szennyeződésekkel szemben. Így a legmagasabb BMWP szám jobb vízminőséget tükröz, skálája 0-10ig terjed. Példaképp a kérészek (*Ephemeroptera*) és az álkérészek (*Plecoptera*) jelenléte indikátorai a tiszta víznek, 10-es tolerancia értékükkel, míg a legalacsonyabb pontot, azaz 1-et a Kevéssertéjűek (*Oligocheta*) adják. A BMWP pontszáma összegzi az összes család tolerancia pontszámát számítása során.

A BMWP elvein működik az Átlagos Pontszám Per Taxon (ASPT) módszer is, annyi különbséggel, hogy az utóbbi nem veszi figyelembe a család gazdagságát számításai során. Ha a két indexet együtt vesszük alapul, a Lincoln vízminősítési indexet kapjuk (LCI), melyet napjainkban Angliában használnak.

(http://en.wikipedia.org/wiki/Biological_monitoring_working_party)

- **Francia Biotikus Index (French Indice Biotique (IB)):**

A Franciák által használt és kifejlesztett index a legtöbb indexhez hasonlóan a TBI-ből származik. Az IB minden víztípusra meghatároz egy arra jellemző vízi faunát, melytől való eltéréssel számszerűsíti a szennyezés mértékét a vízben és az üledékben. (DICK DE ZWART, 1995)

Az IB és a TBI különbsége pl.:

- Az erezett kérészeket (*Heptageniidae*) igen, a teleszkópszemű kérészeket (*Baetidae*) nem számítja külön a többi kérésztől (*Ephemeroptera*)
- Nem veszi figyelembe azokat a taxonokat, melyek 1-1 egyeddel képviseltetik magukat

(<http://www.lifesciences.napier.ac.uk/courses/postgrad/wmfiles/fwbiol/L9.HTM>)

- **Belga Biotic index (BBI):**

A BBI az IB és a TBI vegyítésének eredménye. A módosítások elsősorban a szabványosítással foglalkoznak, mintavételezési módszernek a „kick and sweep” technikát határozza meg, az azonosítás szintje pedig nemzetség vagy család szintig terjed. A minőségi osztályozás 0-10-es skálán történik, az előzőekhez hasonlóan a magasabb pontszám az érzékenyebb fajokat jelöli. Az index értékei öt vízminőségi osztályt határoznak meg, melyeket külön színnel jelölnek a minősítés során.

- **BISEL:**

A BBI leegyszerűsített változata a BISEL, melyet elsősorban oktatási célból fejlesztettek ki. Nagy előnye más európai vízminőség-vizsgálati módszerrel szemben, hogy a BISEL gyors, könnyű, nem igényel jelentősebb szaktudást és nincs különösebb anyagi vonzata sem. Ez a módszer integrálja a határozáshoz szükséges rendszertant és az ökológiát, mely a vízminőség értékelése során reprezentálja az ember által megváltoztatott környezet állapotát.

1.2. MSZ 12749-es szabvány, 230/2010 (VII.18.) Korm. rendelet

1994. január 1-től hazánkban a felszíni vizek minősítése az MSZ 12749 szabvány szerint történik, mely a vizet, mint környezeti elemet minősíti. A szabvány vízfolyásonként, az országos törzshálózat keretében írja elő a mintavételek helyét, mintavételezések gyakoriságát, emellett meghatározza a felszíni víz minősítésének szempontjait. Nem tér ki viszont a vízhasználatok szerinti és a biológiai vízminősítésre.

Az MSZ 12749-es szabvány a felszíni vizek minősítésére vonatkozóan különböző vizsgálandó komponenseket határoz meg: szervetlen- és szerves mikroszennyezőket, oxigén-, nitrogén- és foszforháztartást, mikrobiológiai jellemzőket, radioaktív anyagokat, toxicitást és egyéb jellemzőket. (MSZ 12749)

(<http://www.nyme.hu/fileadmin/dokumentumok/emk/kornyeztudomany/04.doc>)

Az MSZ 12749-es szabvány, amely a felszíni vizek vízminősítő rendszere, a vizeket 5 vízminőségi osztályba sorolja: (MSZ 12749)

I. osztály: kiváló víz

II. osztály: jó víz

III. osztály: tűrhető víz

IV. osztály: szennyezett víz

V. osztály: erősen szennyezett víz.

A vízminőségi kategóriák részletes leírását a melléklet 1. táblázatában ismertetem.

A 2010-ben elfogadott 230/2010 (VII.18) Kormány rendelet e szabványt és más, vizek védelmével kapcsolatos jogszabályokat egészít ki, vagy módosítja.

1.3. EU Víz Keretirányelve (VKI) (Water Framework Directive)

Az Európai Unió országaiiban 2000.december 22-én lépett hatályba az EU VKI. A Keretirányelv megfogalmazza a legfontosabb célt, azaz, a felszíni vizek, átmeneti vizek – tranzícionális, brakkvizek – tengerpart menti- és felszín alatti vizek általános védelmét. Célja, hogy 2015 végéig jó állapotba hozzanak minden olyan felszíni és felszín alatti vizet, amely jó állapotba állításához, illetve jó állapotának megőrzéséhez szükséges intézkedések szakmai szempontból megvalósíthatók, emellett nem sértik súlyosan a közérdeket és nem hárít óriási költségeket a társadalom számára. (GERENCSÉR, 2010)

Elérendő célnak a természetes állapotot tekintik, azaz ha a víztér természetes állapotban van, akkor a benne található élőlény-együttesek is természetes állapotban találhatóak meg benne.

Egyértelműen kijelöli a vizsgálni szükséges ökológiai cél-változók körét (ecological target variables), melyek a vízi növényzet, a vízi makroszkopikus gerinctelen állatok, a halak, és a biológia szempontból fontos fizikai- és kémiai komponensek, valamint a hidro-morfológiai jellemzők. (CSÁNYI, 2001)

Az EU VKI keret-jellegét az jelenti, hogy nem ad meg konkrét módszereket a fent már felsorolt ökológiai cél-változók vizsgálatához (összetűzések elkerülése miatt), hanem csak arra kötelez, hogy ezeket a fiziko-kémiai- és biológiai tényezőket folyamatos monitoring alá helyezzük.

Az ökológiai állapot minősítése három fokozat alapján történik:

- Kiváló fokozatú (High quality status) állapot az emberi beavatkozástól mentes, ún. „szentély-jellegű” élőhelyeket jelenti. Cél, e területekből – víztípusonként - referencia-hely lista elkészítése, mely alapját képezi minden országban az ún. referencia vízterek nemzeti listájának.
- Jó fokozat (Good quality status) a csekély emberi beavatkozással jellemzett élőhelyeket takarja.
- A Gyenge fokozat (Fair quality status) az emberi erőteljes tevékenysége közben tönkretett élőhelyeket írja le.

1.4. AQEM-star

Az AQEM értékelési rendszer legfőbb eredménye az EU által finanszírozott AQEM projekten belül, melyet 2000. március és 2002. február között végeztek. Az EU Víz Keretirányelv megvalósítását szolgálja, mely egy olyan ökológiai értékelő rendszert ad az európai patakokban, melynek alapját üledéklakó makrogerintelenek képezik.

Az AQEM rendszer célja a vízfolyások szakaszainak minőségi osztályba való besorolása 1-5-ös skálán, makrogerintelen fajlista alapján, és információ adása a lehetséges degradáció okáról, hogy segítse a jövőbeni gazdálkodási terv kidolgozását.

Az AQEM-hez hasonló rendszerektől annyiban tér el ez az értékelési módszer, hogy egy újfajta adatsort vesz alapul, mely lefedi 28 gyakori európai folyó típus faunájára és az általános folyó karakterisztikára vonatkozó jellemzőit.

A VKI követelményeinek eleget téve az AQEM egy folyó típus-specifikus megközelítést követ, ugyanis egyes országok domborzati viszonyai különbözőek egymástól, és így különböző vízi makrogerintelen faunával is rendelkeznek. Ebből kifolyólag minden típusra külön metodikát határoz meg, mely természetesen az általános elveken nyugszik, a következők szerint:

- Stresszor-specifikus megközelítés, vagyis minden vízfolyás típusra a fő degradáló tényezőt határozza meg, mely az effektív hatást gyakorolja. Ez lehet akár savasodás (skandináv államokban), medermorfológia degradációja (Közép-Eu), vagy akár szerves szennyezés (D-Eu). Bizonyos esetekben egyszerre több stresszor is jelentős hatást fejt ki, ezeket külön vizsgálják és az eredményeket egyesítve készítik el a végső értékelést.
- Multimetrikus rendszer: minden egyes vízfolyás szakaszra azt a számítási módszert alkalmazzák, amelyik a leginkább jelzi a degradáció fokát, majd az egyedi számítási módszerek eredményeit egy „multimetrikus formula” segítségével egy 1-től 5-ig terjedő skálára konvertálják, ahol az 1 a rossz minőséget, 5 a kiválót reprezentálja.

(<http://www.aqem.de/index.php>)

1.5. MMCP

Továbbiakban a hazai viszonyokra kifejlesztett biológiai minősítési rendszert mutatom be, a Magyar Makrozoobenton Család Pontrendszert (MMCP).

Csányi Béla 1998-ban fejlesztette ki ezt a rendszert 38 hazai folyó 158 mintavételi helyén gyűjtött minta feldolgozásának eredményei alapján. (KRISKA, 2003.)

A vízminősítésére a vízi makroszkopikus gerinctelen élőlény-együtteseket több sajátságuk is alkalmassá teszi:

- Széles skála mentén reagálnak a természetes és az emberi hatásokra. Szervezetükben jelentős változást idéznek elő a mérgező anyagok, a szerves anyag terhelések, a szélsőséges vízjárás és az élőhely degradációja.
- Ahogy a térbeli, úgy az időbeli változásokat is képesek megjeleníteni, hiszen különböző hosszúságú generációs idejük miatt, mennyiségi viszonyaik nem a pillanatnyi állapotot mutatják, hanem egy hosszabb időskálán bekövetkezett változást jeleznek. A különböző fejlődési stádiumú egyedekben megjelenhetnek a szennyező anyagok, illetve változások történhetnek az adott társulás szerkezetében is, amiből visszakövethetjük a szennyezés időpontját.
- A biológiai válaszok sokkal érzékenyebbek lehetnek, mint a hagyományos kémiai módszerek eredményei. Ennek fő oka lehet a bioakkumuláció. Így míg a kémiai módszerek eredményei egy pillanatnyi állapotot mutatnak, ezzel szemben a vízi makroszkopikus gerinctelenek, a már fent említett módon, egy hosszabb időn keresztül bekövetkezett változást jeleznek.
- A megállapítások, melyek a vizek biológiai állapotára vonatkoznak a közvélemény számára is szemléletesek és könnyen érthetőek.

Emellett a vízi makroszkopikus gerinctelenek általi vízminősítés a környezeti nevelésben is alkalmazható. Egy ilyen program során a gyerekek pozitív élményekkel gazdagodhatnak, amelyek által talán a későbbiekben is késztetést éreznek arra, hogy figyelmet fordítsanak környezetükre, egyben a vizek állapotára, tisztaságára. (KRISKA, 2003.)

A rendszer gyakorlati használatát az 3.1.4. fejezetben írom le bővebben.

1.6. ECOSURV

2004 és 2005-ben országos felmérés zajlott ARCADIS Euroconsult vezetésével hazánkban, melynek célja, hogy a biológiai vízminősítés során kapott adatokat és alkalmazott mintavételi módszereket egy egyszerű adatbázisban tömörítsék és kezeljék. Az adatok kiértékelése mellett, az addig létrehozott adattárakkal szemben (AQEM, FAME) fő cél az adatok tárolása volt. A hazai fejlesztést Várbíró Gábor felügyelte, a vezető szakértője pedig Dévai György volt.

Az adatbázis fő célja a helyszíni űrlapok, a taxonómiai, kémiai hidromorfológiai adatok rögzítése. Az adatbázis tartalmazza a VKI alá tartozó víztestek alapadatait is. Alapvető koncepciója az volt az adatbázisnak, hogy a mintavételek minden élőlénycsoport esetén külön legyenek rögzíthetők. Így összetettebb, több mintavételi esemény (pl. hidromorfológia, kémia, makrozoobentosz...) is köthető a helyszínekhez. Maga az adatbázis két táblára bontott. Az első csak az adattáblákat tartalmazza, míg a második a lekérdezéseket és az űrlapokat. (ECOSURV, 2005)

2. Célkitűzések

A TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0006 pályázat alap gondolata az, hogy a városi környezet hatást gyakorol a rajta keresztül áthaladó Rák-patak vízminőségére, állat- és növényvilágára.

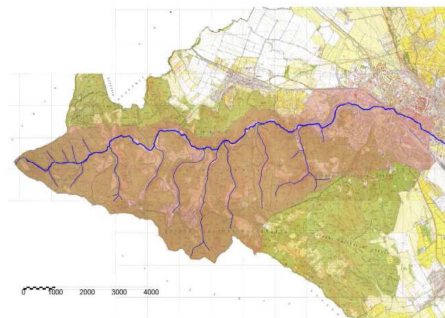
Munkám elsődleges célja a fentiek alapján, hogy a biológiai vízminősítést alkalmazva összehasonlítsam a vízfolyás város feletti, természetes mederben haladó, és a település szabályozott keretein belül folyó Rák-patak vízi makrogerinctelen faunáját, ezzel tükrözve az emberi környezet feltételezett hatását a patak ökológiai állapotára. A bevezetésben már említett régebbi munkákhoz mértem saját kutatásom a városban több pontra is kiterjed, mely új információkat szolgáltat a patak ezen szakaszának ökológiai állapotáról.

Kutatásom további célja, hogy megállapítsam a természetes és művi környezetben haladó vízfolyás minősége közötti hasonlóságokat, különbségeket, feltárjam, hogy egyes vizsgálati pontokon milyen hatást gyakorol Sopron a Rák-patakra.

3. Rák-patak vizsgált részvízgyűjtő területeinek bemutatása

A Rák-patak a Hidegvíz forrásból ered, 553,6 m tengerszint feletti magasságon. (MÁRTON, 2011) VKI szerinti besorolás alapján a Duna 1-es számú részvízgyűjtő területéhez tartozik, víztest tipizálása szerint pedig hegyvidéki, szilikátos, durva, kicsi vízgyűjtőjű patak. (VKKI, ÉDUKÖVIZIG, 2010)

A patak vízgyűjtő területe 36,2 km², kerülete 35,2 kilométer.



1. ábra. A Rák-patak Vízfolyásmintázata (MÁRTON, 2011)

A patak vízgyűjtő területe jobb oldali aszimmetriájú, vízfolyásmintázata fa. (1. ábra) Ezen oldalon a Rák-patakba csatlakozó kisvízfolyások (pl.: Hermes-árok patakja, Brennbergi-patak) és árkok (pl.: Tacsi-árok, Köves-árok, Vadkan-árok) száma is magasabb, bal oldali jelentősebb kiterjedése a vízgyűjtőnek csak a forrása közelében van. A forrástól az Ikvába való csatlakozásig a patak teljes medrének hossza 18,6 km. A teljes rendszert tekintve, a főág és a mellékágak együttes hossza eléri a 43 kilométert. Ez a becslés bizonytalan, a város összegyülekezést módosító hatása miatt. Ugyanis a burkolt felületek (pl.: utak, vízelvezető árkok, mesterséges medrek alagutak) a lefolyás irányának és mennyiségének a változását okozhatják.

3.1. Vizsgált részvízgyűjtő területek

Munkám során az alábbi hat pontnak vizsgáltam a vízgyűjtő területét (2. ábra) (2. táblázat):

- Tesco-híd
- Győri út
- Fasor utca
- Hajnal-tér
- Sopronbánfalva
- Kutatóház



2. ábra. A mintavételi pontok és a hozzájuk tartozó vízgyűjtő területek (a háttér 1:100000 méretarányú EOV térkép) (forrás: Nyugat-magyarországi Egyetem, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet (EMK-GEVI))

2. táblázat. Vizsgált pontok és a hozzájuk tartozó felszíni vízgyűjtő területeik (CSÁFORDI ET AL, 2010)

Helyszín	Jelölés	EO V-X	EO V-Y	Szelvénytávolság	A _{gy} [km ²]
TESCO_híd	TESCO	466955,82	261189,69	0+655 m	35,63
Győri út	GYORI	466163,02	261919,33	1+704 m	34,06
Fasor utca	FASOR	464591,68	262897,2	3+683 m	30,84
Hajnal tér	HJNAL	462422,36	262364,38	7+108 m	26,77
Sopronbánfalva	BAN	461420,27	262175,24	7+580 m	23,13
Kutatóház	HAZ	455886,22	261941,6	15+920 m	6,01

3.2. Részvízgyűjtő területek átfogó természetföldrajzi jellemzése

Geomorfológia, geológia, vízrajz

A teljes vizsgálati terület (a „TESCO” mérőhelyig) tengerszint feletti magassága 191 – 568 mBf-ig terjed, átlagos magassága 387 méter a digitális domborzatmodell szerint. (CSÁFORDI ET AL, 2010)

A Rák-patak vízgyűjtő-területe a Nyugat-magyarországi peremvidék nagytájhoz, Alpokalja középtájhoz, Soproni-hegység és Soproni-medence kistájához tartozik. (MTA FTKI, 1990)

A vizsgálati terület legnagyobb része a Soproni-hegység kistájba sorolható, a Rák-patak Ady Endre úti részétől pedig a Soproni-medence kistájban folyik tovább. Így a főbb természetföldrajzi adottságokat a Soproni-hegység kistájra vonatkoztatva mutatnám be a továbbiakban, egyes részeken kitérve a Soproni-medencére is.

A Soproni-hegység kristályos tönk-röghegység, fő tömegét a földtörténeti ókorból származó kristályos tömbök (gneisz, muszkovit, csillámpalák: pl. leukofillit) adják. Jellemző felszíni formái a töréses lépcsők (Károly-magaslat), széles, lekerekített hegyhátak (Várhegy), keskeny hegygerincek (Asztalfő), sasbércek (Magasbérc), patak völgyek és a sziklás lejtők.

A fentiekben már leírt vízfolyásmintázat a domborzat változatosságának köszönhető, a vízben való gazdagsága a területnek pedig a közettani felépítésének eredménye.

A hegység nyugati részén a metamorf kőzetek eltűnnek a felszínről, a rájuk rakódó Alpokból származó, kavicsbordalék alatt, mely a hegység nagy részén az alapkőzetet képezi. A holocén idején erre az agyagos-kavicsos összletre települt a lösz, melyen a jelenkori talajképződés megindulhatott. A kristályos kőzetek nyugat felé haladva a felszínen a Köves-patak völgyéig találhatók meg. A kristályos alapkőzetre öt réteg települt, melyet két formációba soroltak be a geológusok, a Ligeterdői Kavics Formációba és a Brennbergi Barnaköszén Formációba.

A kőzetrétegeket számos vetődés szabdalja szét, amelyek meghatározzák a vízhálózat jellegét. A Rák-patak vonala egy nagyobb törést követ, mely mentén a rétegek a déli részen a patak felé, míg az északi részen a paktól elfelé lejtnek. Az oldalvölgyek a Rák-patak vonalára merőleges törések vonala mentén alakultak ki. Az alapkőzetbe települt agyagos, kevésbé vízáteresztő rétegek a víz mozgását nagy mértékben határozzák meg.

A felszíni vizek minőségéről már az MTA FTKI (1990) is írja, hogy a vízfolyások Sopronbánfalva – és különösen Sopron alatt – szennyezettnek tekinthetők. Ebben feltételezhetően szerepe van a relatív csekély vízhozam melletti illegális szennyvízbevezetéseknek. Ez a tény is indokolja a folyamatos monitorozási tevékenység fontosságát.

A Soproni-medence keleten és délen éles szerkezeti vonalakkal, míg a többi irányban alacsony kavicsstakarós tanúhegyekkel különül el a környező tájaktól.

Alapkőzetét harmadidőszaki üledék (bádeni agyag) alkotja, melyre az Ős-Ikva kavicsstakarója, jégkori vályog, löszös üledék és holocén bordalék települt. A medence vízzáró agyagrétegére települt nagy vízkapacitású folyóvízi kavics üledékének kiemelkedő szerepe van Sopron vízellátásában (MTA FTKI 1990).

Lejtésviszonyok

A lefolyás megindulását alapvetően befolyásolják a részvízgyűjtők lejtésviszonyai. A domboldalak lejtése ugyanakkor a potenciális erózióvesztettségére is utal. A lejtőszázalék növekedésével a beszivárgás aránya és a talajborítás stabilitása csökken, a felületi lefolyás energiája – ennek következtében talajszemcse-elragadó ereje és hordalékszállítási kapacitása – nő. (CSÁFORDI ET AL, 2010) Ezért a nagyobb lejtésű területekről erőteljes hordalék-utánpótlás juthat a vízfolyásokba, a felső vízgyűjtőkről pedig jelentős mennyiségű lemosódott szerves és szervetlen anyag érheti el az alacsonyabb tengerszint feletti magasságú területeket a városon belül. A patak hordalékszállításának számszerűsített értéke – lebegő és görgetett formát figyelembe véve – is jól reprezentálja a mozgatott anyag mennyiségét, mivel évi 200-700 kg/ha-os értékeket vesz fel. (KISS, KOVÁCS, 2002)

A pályázat keretein belül az egyetem EMK-GEVI Intézete meghatározta az egyes vízgyűjtőkre eső lejtésviszonyokat, melyek alapján nyolc lejtőkategóriákba (síktól a nagyon meredekig) sorolták a vizsgált részvízgyűjtő területeket. A teljes vízgyűjtőn az 58% feletti kategória kivételével mind megtalálható, átlagos lejtés 15,3 %, így a domborzati adottságokból következtetve fennáll a fokozatos talajpusztulás veszélye.

Éghajlat

A vizsgált terület felső vízgyűjtőinek évi középhőmérséklete 8,5-9,2 °C. A napfényes órák száma kb. évi 1780 óra, nyáron 680 óra, az uralkodó szélirány ÉNy-i. A fagymentes időszak hossza április 10-től október 25-éig tart átlagban, keleten 190-195, míg nyugaton 175-180 nap. Hőmérsékleti maximum évente 32-33 °C, minimum -15 °C.

Az évi átlagos csapadék 700-751 mm, amelyből kb. 60 %-a a tenyészidőszakban hullik (DÖVÉNYI, 2010). Az évi átlagos csapadékmennyiség az elmúlt évtizedek alatt azonban mintegy 100 mm-rel csökkent, kivétel ez alól a 2009-2010-es hidrológiai év, mely országszerte megdöntötte a csapadék mennyiségének átlagos értékeit. A 2010-2011-es hidrológiai év azonban újra meglehetősen száraznak bizonyult.

Talajviszonyok

A Soproni-hegység kistáját kizárólag erdőtalajok borítják. Főleg az agyagpalán kialakult mállott, vagy részben mállott, savanyú, nem podzolos barna erdőtalajok jellemzőek. A legfelső talajszintben szinte az egész kistáj területén jellemző a finom homok frakció jelenléte, a fizikai talajféleség homokos vályog, vályogos homok, iszapos vályogos homok. Sok helyen 70-80 cm-rel a talajfelszín alatt agyagos réteg húzódik (BELLÉR, 1996). Az erózióvesztést igazolják a patak völgyekben megfigyelhető földcsúszások.

A Soproni-medencében az Ikva-árterén kialakult, medence-jellegből adódóan réti és nyers öntéstalajok jelentős hányadot képviselnek. A legfőbb genetikai talajtípus a löszös üledékeken képződött agyagbemosódásos barna erdőtalaj. A talajok mechanikai összetétele főleg vályog. (CSÁFORDI ET AL, 2010)

Növényvilág, felszínborítás

A Soproni-hegység kistáj növényföldrajzi besorolás szerint a kelet-alpesi flóratartomány (*Noricum*) Sopron-kőszegi flórajáráshoz (*Ceticum*) tartozik. Jellegzetes potenciális erdőtársulásai a jegenyefenyves-lucosok, a gyertyánelegyes bükkösök és a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek. A Soproni-medence eredeti növénytakarójának a cseres-tölgyesek tekinthetők (MTA FTKI 1990).

A patak völgyekben az égerligetek a jellemző természetközeli társulások. (Halász, 2005) Évtizedekkel ezelőtt kultúrerdői a szelídgesztenyések, és a fenyvesek voltak, melyek elfoglalták az erdőterület 50%-át. A peremterületen akácosokat telepítettek. Mára lecsökkent a kultúrerdők területi aránya, csak a peremeken találunk kultúrfenyveseket. (HALÁSZ, 2005)

Növényfajainak száma: 1000-1200 körülre tehető, melyből 80-100 védett. Emellett özönnövények is képviseltetik magukat a területen (fehér akác (*Robinia pseudoacacia*), zöld juhar (*Acer negunda*)), melyek főképp a településeken belül találhatók meg. (DÖVÉNYI, 2010)

A Soproni-hegység erdőterületének 98,4%-a védett, 0,9%-a védő rendeltetésű, csak a 0,7%-a esik a fatermesztést szolgáló erdők körébe. (HUSZÁR, 2005)

A melléklet 1. ábrája Sopron és környékének felszínborítását mutatja a Corine Land Cover felmérés alapján. Ezen indirekt módon nyomon követhető a vizsgálati terület környezetállapota, a vegetációborításból és a potenciális veszélyeket magában hordozó területhasználatokból kiindulva.

Állatvilág

A Soproni-hegyvidék állatföldrajzi szempontból a kelet-alpesi (Noricum) faunakörzet Scarbanticum faunajárásába sorolható. Mivel TDK dolgozatom a biológiai minősítés keretein belül jellemzi a patak pontos makrogerinctelen faunáját, ezért itt külön nem térnék ki annak jellemzésére.

Gerincesek törzséből, a kétéltűek jellegzetes képviselői a tarajos göte (*Triturus cristatus*), a foltos szalamandra (*Salamandra salamandra*) és a gyepi béka (*Rana temporaria*). Madárvilága a legkutatottabb csoport a gerincesek faunája közül, 88 madárfaj fordul elő fészkelőként, valamint madárvendégként a területen. (TÓTH, 2005)

3.3. Részvízgyűjtő területek részletes leírása

Következőekben a mintavételezési pontokhoz tartozó részvízgyűjtő területeket szeretném bemutatni részletesebben a hegyvidéktől a város felé haladva. (2. táblázat) Jellemzésük során, mindig az előző részvízgyűjtőhöz hozzáadva írom le az adott ponthoz tartozó kumulált vízgyűjtő terület jellemző adottságait.

3. táblázat. Vizsgált mérőpontok és a hozzájuk tartozó települési részarány

Helyszín	Részvízgyűjtők területe (km ²)	Részvízgyűjtőkön található települések területei (ha)	Részvízgyűjtők települési részaránya (%)	Települések részaránya a vizsgált vízgyűjtőre (%)
TESCO-GYŐRI	1,57	1,42	90,43	24,11
GYŐRI-FASOR	3,22	3,21	99,67	21,06
FASOR-HAJNAL	4,07	2,37	58,08	12,85
HAJNAL-BAN	3,64	0,43	11,75	5,96
BAN-HÁZ	17,12	1,30	7,78	5,61
HÁZ	6,01	0,0096	0,16	0,16

Mérőpontjaim közül a legtermészetesebb részvízgyűjtő területtel a HÁZ nevű pont (Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Karának Erdészeti Hidrológiai Kutatóházánál kialakított vízhozammérő műtárgya feletti patakszakasz) rendelkezik, ugyanis szinte teljesen erdő borítja, továbbá a lakott részek aránya elhanyagolható. (3. táblázat)

A HÁZ mérőhelyhez 601 hektáros vízgyűjtő tartozik, mely északról, délről és nyugatról Ausztriával határos. Domborzata változatos, mély patakvölgyek (Farkas- és Vadkan-árok) tagolják, továbbá a kistáj legmagasabb pontjai is itt találhatók meg, mint a Magasbérc és Asztalfő. Átlagos magassága a területnek 490 m közeli, az SRTM domborzatmodell alapján 376 és 568 mBf között fekszik. Átlagos lejtése 16,5 %, az erősem meredek lejtésszintű kivételével minden kategória megtalálható itt. Továbbá e részvízgyűjtőn található a Rák-patak forrásvidéke is.

A BAN mérőponthoz 2312 ha-os vízgyűjtő terület tartozik, mely DNY-ról kapcsolódik közvetlenül Sopron belterületéhez. Átlagos tengerszint feletti magassága 437,3 m, területe 277-536 mBf között változik. Maximális lejtése eléri az 50,6 %-ot, átlagos lejtése pedig 17,8 %. A BAN-hoz tartozó részvízgyűjtő átlagos lejtése a legnagyobb 18,8 %-kal a vizsgált területek között. A felszínborítást tekintve még mindig az erdő a legjelentősebb, lakott területek közül Hermes, Brennbergbánya, Görbehalom található ezen a részvízgyűjtőn, melyek szennyvize Sopron városába van bevezetve. Ezek mellett néhány tanya, az Ifjúsági

szállás és az Ifjúsági tábor együttesen emeli a lakott területek arányát 5 % felé. Továbbá ezen a vízgyűjtőn található a patak vize által táplált, az egykori brennbergi bányavasút töltésének segítségével felduzzasztott Görbehalmi-tó is (más neveken Fehér úti tó, Brennbergi-tározó, Pisztrángos-tó). (2. ábra)

Következő mintavételezési pont Sopron belterületén, a Hajnal-téren található, melyhez 2676,2 ha-os vízgyűjtő tartozik. A kumulált terület domborzati adottságai az alábbi módon módosultak: az átlagos tengerszint feletti magasság 430,6m, az átlagos lejtés pedig 17,7 %-os. Az erdőborítás dominanciája mellett Sopron DNy-i része a lakott területek (kertes házak) arányát közel 6 %-ra növeli. (2. ábra) A kapcsolódott részvízgyűjtő erdőterületei a városhoz való közelsége miatt már jóval zavartabbak. A mintavételi hely után a patak egy rövidebb részen (545 m) fedett szakaszon halad tovább. Az előző mintavételi helyhez hasonlóan, a HAJNAL ponthoz tartozó vízgyűjtőn is található egy mesterségesen kialakított víztározó, a Szalamandra-tó, mely a Tacsai-árok hordalékát hivatott felfogni.

A FASOR mérőponthoz a Rák-patak 3083,9 ha-os vízgyűjtő területe tartozik, melynek átlagos magassága 413,5 méter, átlagos lejtése pedig 17,0 %. A lakott területek aránya a kumulált vízgyűjtőn 12,85 %-ra nő. A felső vízgyűjtőkhöz keletről csatlakozó 408 ha-os vízgyűjtőn a lakott területek aránya az 58 %-ot is meghaladja, azonban ez főként kertes, családi házas településrész. (2. ábra)

Az egykori húsipari üzem bejáró útjánál, a Győri útnál létesült a VI. mintavételi pont. A mérőhelyhez tartozó kumulált vízgyűjtő kiterjedése 3406,6 ha, átlagos tengerszint feletti magassága 395,8 méter, átlagos lejtése 15,8 %. Az FASOR vízgyűjtőhöz keletről kapcsolódó részvízgyűjtő 322,8 ha-os területének 99,67 %-át a városi területek teszik ki, így a kumulált vízgyűjtőn 21 % fölé emelkedik a lakott részek aránya. (2. ábra)

A mintavételi hely előtt a patak 1,5 km hosszan újra alagútban folyik.

A teljes vizsgálati terület kifolyópontja az Ikva-torkolathoz közel eső, a TESCO nevű mérőpont. A mérőhelyhez tartozó kumulált vízgyűjtő domborzati adottságai az 2.2. fejezetben már bemutatásra kerültek, így csak a TESCO ponthoz tartozó részvízgyűjtő területet mutatnám be a következőkben. Ez a vízgyűjtő 156,7 ha-os, 90,4 %-os lakott területi arányával 24 % fölé növeli a kumulált vízgyűjtőn a települések részarányát. (2. ábra)

A részvízgyűjtő magassága 191-259 méter között mozog, átlagosan 212,3 méter magas. A maximális lejtés 13,7 % („közepes lejtés”), az átlagos lejtés pedig 4,9 %.

4. Anyag és módszer

A TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0006 pályázat keretein belül az EMK-GEVI hét mintavételi pontot jelölt ki vizsgálataik színhelyéül. Sajnos a biológiai minősítést csak hat ponton tudtam elvégezni, a terepi mérések kivitelezhetetlensége miatt.

Az összes vizsgált mintavételi ponton adatgyűjtés céljából a 2011-es évben három-három mintavételezést hajtottam végre, az elsőt április (04.30-05.01), másodikat július (07.30-31), az utolsót pedig szeptember (09.24-25) végén. Ezzel szemben a tanszék két hetente látogatta az egyes pontokat a 2010.09.20-2011.09.05-ig tartó intervallumban, így a fizikai, fiziko-kémiai és kémiai minősítéshez, továbbá a patak meder geológiájának pontosabb leírásához ezeket az adatokat használtam fel.

Emellett azonban az alábbi fejezetben jellemezném a felvételezés módszertanát az általam is vizsgált paramétereknél.

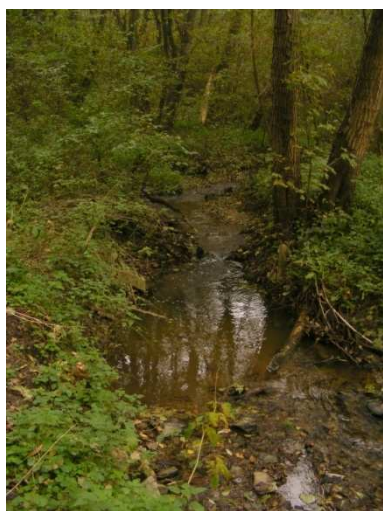
4.1. Vizsgált mintavételi pontok rövid bemutatása

A mintavételi pontok számozása – a tanszékkel megbeszéltek alapján – a patak folyásirányának megfelelően csökkennek.

Továbbiakban mintavételezéseim helyszínéül szolgáló hat pontot szeretném röviden jellemezni. (2. táblázat)

VII. mintavételi pont: Kutatóház (HÁZ)

Ahogy azt már a 3.3. fejezetben, a részvízgyűjtők részletes jellemzésénél leírtam, ez a pont rendelkezik a legtermészetesebb környezettel. A vizsgálati szakasz tetejének az égerkert melletti szakaszt, míg befejező pontjának a műtárgy feletti részt jelöltem ki. Itt a patak természetes medrében folyik, meanderezik. A szakaszra zátonyos, kisebb állóvíz jellegű, erősebb és gyengébb folyású részek jellemzőek. (3. és 4. ábra) Mederanyagának 79 %-a durva homok frakciójú, a finom homok 16%-ban, míg az iszap és az agyag frakció kis százalékban képviselteti magát a vizsgált részen. (4. táblázat) A patak átlagos mélysége 10,4 cm, mélységének szórása 3,6 cm, minimum vízállás értéke 3,6 cm (mely a makrogerinctelenek szempontjából limitáló tényező), míg a maximumé 23,8 cm.



3. ábra és 4. ábra. HÁZ mintavételi pontok

Átlagos hozama a vizsgált időszakban 36,89 l/perc, míg szélessége kevés helyen haladja meg a 2 m-t.

A vízfolyást patakmenti-ligeterdő (kb. 15-20 éves) övez, az arra jellemző elegy fafajokkal és lágyszárú növényzettel. Az észlelt növények között a C szintben két védett faj is előfordul, a fehér zászpa (*Veratrum album*) és a saspáfrány (*Pteridium aquilinum*).

A szakasz környezete tiszta, szemetet csak egy helyen figyeltem meg a mederben. A vizsgált részen a patak legnagyobb része árnyékolt.

V. mintavételi pont: Sopronbánfalva (BAN)

Vizsgálataim helyszínéül Sopronbánfalva szélén található műtárgy feletti szakaszt jelöltem ki. A pataknak ezen részét nyitottabb és zártabb részek jellemzik (6. ábra), mely valószínű befolyással bír a makrogerinctelen faunára. A meder morfológiája kevésbé változatos, mint az első ponton, de itt is megfigyelhetők a sodorvonal és a szélek közötti sebesség különbségek és kissé állóvízes jellegű részek is. Kanyarulatai letörpülnek, egyenesebbé válik a szakasz jellege. Az előző ponthoz hasonlóan a patak mederanyagának itt is a durva homok a legjelentősebb frakciója (86 %), míg a másik három szemcse-méret szinte alig jelenik meg a mederben.

A szakasz átlag vízállása 16,3 cm, annak szórása 3,8 cm, minimuma 5,5 cm, míg maximum értéke 24,8 cm. Átlagos vízhozama 125,02 l/perc, medrének szélessége a műtárgy felé csökken, 3,5 méterről 2,5 m körüli értékekre. (5. ábra)

A patak közvetlen környezetében égeres húzódik. Folyásirányának megfelelően jobb partján bükkös, míg bal partján nitrifikáló és zavarástűrő növények találhatóak a mellette húzódó út hatásának köszönhetően. Helyenként sajnos már megfigyelhető ezek mellett a japánkeserűfű (*Fallopia japonica*) jelenléte is a területen. Ennek ellenére partja nem szennyezett.



5. ábra, 6. ábra. a BAN mintavételi pont fedettebb szakaszai

IV. mintavételi pont: Hajnal-tér (HAJNAL)

A vizsgált területen ez az első mintavételi hely, mely már a város belterületén található. Medre szabályozottabb, mint a felsőbb szakaszokon, szélessége letörpül max. 2 m-re. (7. ábra) Átlagos vízhozama 149,15 l/perc, átlagos vízmélysége 15 cm, szórása 2,58 cm, minimum értéke 10,2 cm, míg maximum értéke 20,2 cm. A mintavételi pont első vizsgált szakaszának egy része, és az a fölötti rész már „U”-szelvénnel jellemzett, szabályozottabb mederszakasz.

Partja folyamatos kezelés alatt áll, ezért környezetében ruderalis növényzet figyelhető meg, a felsőbb szakaszok természetes vegetációja pedig eltűnik. Medrének bal partján az előző ponthoz képest már jelentősebb borításban figyelhető meg a japánkeserűfű (*Fallopia japonica*). Partja és medre igen szemetes, a rezsótól a teli ásványvizes palackig minden előfordul benne. (8. ábra) A vizsgált szakasz után a patak egy mesterségesen kialakított alagútban folytatja útját a város alatt. A szakasz legnagyobb része napsütötte.



7. ábra, 8. ábra. A Rák-patak HAJNAL ponti szabályozottabb mederszakasz

III. mintavételi pont: Fásor utca (FASOR)

A FASOR nevű pontot az Erzsébet-kert mellett található patakszakaszon vettem fel. A meder morfológiája sokkal változatosabb, mint a Hajnal-téren, eltérő sebességű, zátonyos és kissé állóvízes részek jellemzik, átlagos mélysége 20,7 cm, szórása 3,53 cm, minimális vízállása 14,4 cm, míg a maximális 28,0 cm. (9. ábra)

Átlagos hozama a vizsgált időszakban 138,01 l/perc volt. Mederanyagának összetétele alig tér el a HÁZ pontnál tapasztaltaktól, azonban itt helyenként nagyobb kövekkel tarkított részek is jellemzik a patak medrét. A vízfolyás szélessége 3,5 m körüli értékeket vesz fel ezen a szakaszon.

Környezetében főként ruderalis növényzet található, de más összetételben, mint a Hajnal-téren vizsgált szakaszon, ugyanis itt a patakkel párhuzamosan húzódó vadgesztenyék (*Aesculus hippocastanum*) árnyékoló hatása érzékelhető az aljnövényzet borításában. Sajnos ez a mederszakasz is igen szemetesnek mondható, mely vélhetően a mellette lévő biciklis útnak és sétánynak köszönhető. A szakaszon félárnyékos (10. ábra) és árnyékos szakaszok váltogatják egymást.



9. ábra, 10. ábra. Erzsébet-kerti FASOR mintavételi pont

II. mintavételi pont: Győri út (GYŐRI)

A következőkben leírt két vizsgálati pontom természetessége a legrosszabb a hat vizsgált közül. Az alábbi ponton teljesen mesterséges, betonnal kirakott mederben halad a vízfolyás. (12. ábra) Mederanyagának legnagyobb százaléka a többihez hasonlóan durva homok frakciójú, az összes pont között a legmagasabb százaléktéttel (93%). Az itt található mederanyagot a víz szállító munkája során az idők folyamán a beton aljzatra telepített anyagok képezik csupán. A vízfolyás medrének szélessége 1,5 métert alig haladja meg, átlagos vízhozama 177,35 l/perc, átlagos mélysége a vizsgált időszakban 21,8 cm, szórása 3,95 cm, minimuma 12,5 cm, míg maximuma 29,0 cm.

Környezetében a higrofil adventív fajok jelenléte megnő, ezen kívül ruderalis növényzet jellemzi partját, benne egy-két természetes foltként megjelenő mézgás égerrel (*Alnus glutinosa*) és fehér fűzzel (*Salix alba*).

Partja alig, ezzel ellentétben medre igen szennyezett kommunális hulladékkal. A szakasz 100%-ig napsütötte. (11. ábra)



11. ábra, 12. ábra. „U” szelvényes GYŐRI mintavételi hely

I. mintavételi pont: Tesco-híd (TESCO)

Természetessége az előző ponthoz képest jobb, ugyanis nem mesterséges mederben halad a patak. A vízfolyás medre egyenes (13. ábra), a FASOR ponthoz hasonlít a legjobban a maga 83 %-os durva- és 12 %-os finom homok frakciójával.



13. ábra, 14. ábra TESCO pont japánkeserűfüves partjai

Átlagos vízmélysége 17,93 cm, 3,7 cm a szórása, minimuma 11,2 cm, maximális vízállása pedig 25,0 cm. Vízhozamának átlagos értéke 184,04 l/perc, legmagasabb az összes mintavételi pont közül. Medrének szélessége meghaladja a 2 m-t.

Partját japánkeserűfű (*Fallopia japonica*) monokultúra jellemzi, szálanként egy-két náddal (*Phragmites australis*). A szakasz az év legnagyobb részében napsütötte, kivétel, mikor a japánkeserűfű (*Fallopia japonica*) akkorára nő, hogy összeérjen a vízfolyás felett. (14. ábra)

4.2. Mintavétel módszertana

A TÁMOP pályázat fő célja, hogy feltérképezze a város hatását a Rák-patak vizére. Ennek érdekében az EMK-GEVI széleskörű vizsgálatba kezdett, melybe munkám, a biológiai vízminősítés is beletartozik. Az alábbiakban az egyes paraméterek felvételének a módját ismertetném, melyeket mintavételezésem során alkalmaztam.

Az EMK-GEVI-től kapott és a mintavételezés során mért paraméterek értékeit a melléklet 2. és 4. táblázatában mutatom be.

4.2.1. Fizikai tulajdonságok felvételezése

A patak fizikai tulajdonságai közül vizsgáltam annak mederanyagát, felvettem keresztszelvényét, mértem vízsebességét és számoltam annak vízhozamát.

Mintavételezésem során mederanyagot, egyszer, tavaszi mérésem (2011.04.30-05.01) alkalmával vételeztem a patakból (a HAJNAL pont mederanyag feldolgozása még folyamatban van). Az így kapott mintákat a Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet (továbbiakban: EMK-KFI) dolgozta fel a pályázat keretein belül. Az így kapott fizikai tulajdonságokat a 4. táblázatban foglalom össze.

4. táblázat. Az EMK-KFI által kiértékelt fizikai tulajdonságai a mederanyagoknak (A%, I%, Fh%, Dh% - a mederanyag frakcióit jelöli, hy- Coulomb féle hidroszkóposágot)

	Váz %	hy	A %	I %	Fh %	Dh %
TESCO	67	0,59	3	2	12	83
GYORI	43	0,31	1	2	4	93
FASOR	58	0,39	1	4	14	81
BAN	70	0,37	3	4	7	86
HAZ	64	0,45	3	2	16	79

A patak medermorfológiájának jellemzéséhez és a vízhozam számításhoz szükséges keresztszelvényt is felvételeztem (15. ábra) minden mintázási alkalommal (összesen 60 db szelvényt). A patak folyásirányának megfelelő bal partjától kezdtem mérésemet, és a szondarudak segítségével 20 cm-ként meghatároztam a patak vízállását az adott pontban.



15. ábra. Keresztszelvény felvétel

Majd ezekből az adatokból számoltam a keresztszelvény pontos területét az alábbi képlettel:

$$A=[(a+c)*h]/2 [m^2].$$

Ezek után a vízfolyás sebességét felszíni sebesség mérő módszerrel határoztam meg, mely során azt mértem, hogy a víz felszínére dobott falevél egységnyi hosszú mennyi idő alatt tesz meg, ebből számolva a patak vízsebességét (v [m/s]).

Az így kapott adatokból a $Q=v \cdot A$ [m^3/s] képlettel kaptam meg az adott keresztmetszeten egységnyi idő alatt átfolyó vízmennyiséget, azaz a hozamot. (STERCZEL, 2000)

4.2.2. Fiziko-kémia tulajdonságok felvételezése

A fiziko-kémiai paraméterek közül mértem a pH-t, levegő- és víz hőmérsékletet és a vezetőképességet, a tanszékről kapott Mettler Toledo műszerrel.

A vízi makrogerinctelenek szempontjából a mért paraméterek mind limitáló tényezőként hathatnak. A kémhatásnak jelentős szerepe lehet az egyes fajok előfordulása szempontjából, pl. vannak olyan fajok/genusok, melyek kimondottan a lágú, sószegetény, inkább savanyú vízben élnek, máshol nem versenyképesek (pl. *Leucorrhini* egyes fajai). A hőmérsékletnek oldott oxigén-tartalom befolyásoló faktorként van fontos szerepe a vízi élőlények előfordulásában, hiszen a hidegebb víz magasabb oxigén-tartalommal rendelkezik. A vízminőség összes só-tartalmáról, a vízben oldott ásványi anyagok disszociációja révén a fajlagos vezetőképesség ad tájékoztatást. A vízfolyásaink iontartalmának koncentrációját az antropogén hatások befolyásolják a legnagyobb mértékben. A víz vezetőképessége magasabb ion-tartalommal párhuzamosan általában nő, értékét már igen kis mennyiségű adalékanyag is növelheti. Ezért használhatjuk az elektromos vezetőképességet a víz tisztaságának mérésére is. (GERENCSÉR, 2010)

4.2.3. Kémiai tulajdonságok felvételezése

A mederanyag és a víz kémiai összetételét egyaránt vizsgáltam munkám során. A mederanyag pontos értékeit a 4.2.1. fejezetben már említett úton kaptam meg.

5. táblázat. EMK-KFI által kiértékelt mederanyag kémiai tulajdonságai

	ph H ₂ O	ph KCl	CaCO ₃	H%	N%	ALP	ALK	KCl-es Ca(g/kg)	KCl-es Mg (g/kg)	EDTA/DTP A Fe mg/kg	EDTA/DTP A Mn mg/kg	EDTA/DTP A Cu mg/kg	EDTA/DTP A Zn mg/kg
TESCO	7,5	7,4	9	2,2	0,15	39,8	8,9	0,91	0,10	40,8	15,5	2,17	16,06
GYORI	7,8	7,8	11	1,3	0,14	20,5	6,6	0,47	0,05	24,8	8,4	1,29	6,11
FASOR	7,8	7,8	9	1,8	0,11	15,4	7,1	0,55	0,06	26,1	10,9	0,96	4,36
BAN	7,6	7,6	7	1,6	0,18	9,5	1,2	0,49	0,05	17,6	10,5	0,24	0,92
HAZ	7,4	6,9	4	1,9	0,22	6,5	2,5	0,59	0,05	25,4	10,2	0,24	0,92

A víz kémiai összetételéről 2011.02.17-től származnak adatok, melyeket a tanszék, Sopron és Környéke Víz- és Csatornamű ZRt-vel vizsgáltatott be.

4.2.4. *Biológiai tulajdonságok felvételezése*

A felszíni vizek szennyezettségének vizsgálatára kifejlesztett biológiai minősítési rendszereket az 1. fejezetben már részletesen jellemeztem, ezért az alábbiakban a munkám során használt mintavételezési módszer gyakorlati alkalmazását írnám le pontosabban.

A körülményeket és a megfelelő háttértudást alapul véve méréseim során a Magyar Makrozoobenton Család Pontrendszert (MMCP) alkalmaztam, mely hazai viszonyokra lett módosítva a BMWP-ből Csányi Béla munkássága által (részletes leírását az 1.5. fejezet tartalmazza). A módszert alkalmazva többször, de kisebb ráfordítással dolgozunk, mely segítségével leírhatjuk a patak szezonálisan változó taxon-eloszlását. Esetemben ez több információt eredményez, mint ha egyszer sok mintát vennék, és azokat faj szinten határoznám.

A biológiai minősítés a vízi makrozoobentosz gyűjtésével, majd azok elemzésével történik. A mintavételezésre többféle módszertan létezik, melyeket maga a minősítési rendszerek határoznak meg. Az MMCP esetében nincsenek konkrét módszerek lefektetve, csupán iránymutatást nyújt a mintavételezés módjára.

Mintázásom során minden mintavételi ponton 3-3 egyenként 10 m-es szakaszt határoztam meg vizsgálataim színhelyéül, melyek kellőképpen reprezentálják az adott részt. Minden 10 m-es szakaszon további 5-5 replikátumot különítettem el, melyek a legjellegzetesebbek az adott részen. A „kick and sweep” technikát alkalmazva (16. ábra), minden 10 m-en 5 percig mintáztam szabványos fémkeretes kúp alakú kézi hálóval. Mintázásom során mellcsizmában, a patak folyásával ellentétesen haladva felkavartam az aljzatot, hogy a vízi élőlények a hálóba kerüljenek. Emellett a nagyobb kövekről, növényzetről, faágakról csipesszel szintén a hálóba raktam az élőlényeket. Azonban idő-, energia- és pénz hiányában mintáim szemikvantitatívak.

Az így összegyűjtött anyagot egy tálcába öntöttem, majd a terepen kiválogattuk belőle a vízi makrogerincteleneket és 70 %-os denaturált szeszbe raktuk őket tartósítás céljából.

Ezek után a gyűjtött mintát mikroszkóp (Sztereomikroszkóp STM-6T, trinokuláris mikroszkóp) és az irodalomjegyzékben feltüntetett határozó könyvek segítségével család szinten meghatároztam. A szétválogatott mintákat Eppendorf-tubusokba és kisebb tároló edényekbe, 76 %-os alkohol oldatba raktam, hogy a későbbiekben lehetővé tegyem a faj szinten való határozását azoknak.



16. ábra. Biológiai mintavételezés

A víz minősítésére a biotikus indexet használhatjuk, amely az élőhelyet az adott időben jelen lévő élőlény-együttesek alapján jellemzi. Ez az MMCP módszer használata során a következőképpen néz ki. A családnevekhez pontszámokat rendelünk, ezeket összegezve megkapjuk a minta összpontszámát, valamint az egy taxonra jutó átlagpontszámot (megkülönböztetett gyors és lassú folyású szakaszokon). A minőségi indexet az összpontszám és az átlagpontszám alapján is meghatározzuk, majd a két index számtani átlagát véve megkapjuk a biológiai vízminőségi osztály kategóriáját. A vízminőségi index számításához a mellékletben található 5. és 6. táblázatot, továbbá a melléklet 2. ábráját használtam fel.

5. A kapott eredmények és kiértékelésük

5.1. Biológiai eredmények és értékelésük

A biológiai adatok rendszerezését - a terepi mintavételezést és válogatást követően - az egyedek rendszertani kategóriákba való besorolásával folytattam. A család szintű határozás során KRISKA (2008) és CSÁNYI (2001) határozóit használtam fel. Az egyedek besorolását 58 óra mikroszkópozással hajtottam végre, mely során 7900 egyedet azonosítottam. Az így kapott adatokat a melléklet 7. táblázatában összesítettem, mely alapján elkészítettem a vízfolyás mintavételi pontjainak biológiai minősítését, a 4.2.4. fejezetben kifejtett módon. Az így kapott eredményeket a 6. táblázatban foglaltam össze.

6. táblázat. MMCP által kapott minősítési kategóriák

	2011.Tavaszi	2011. Nyár	2011. Ősz
TESCO	II. B Jó minőségű	III.B Kevésbé szennyezett	II. B Jó minőségű
GYORI	III.A Kevésbé szennyezett	IV.B Közepesen szennyezett	IV.A Közepesen szennyezett
FASOR	I. B Kiváló minőség	I.A Kiváló minőség	III.B Kevésbé szennyezett
HAJNAL	IC Kiváló minőség	II.A Jó minőségű	II. B Jó minőségű
BAN	IA Kiváló minőség	II.A Jó minőségű	I. B Kiváló minőség
HAZ	II.A Jó minőségű	I. B Kiváló minőség	I. B Kiváló minőség

A táblázat minden mintavételi pontnál tartalmazza a minősítési kategóriát és a vízminőségi osztályt. Minden minősítési kategóriát külön színnel (a VKI által használt színek szerint (melléklet 3. táblázat)), míg az osztályok közötti különbségeket árnyalatokkal szemléltettem a könnyebb áttekinthetőség céljából. Egyes mintavételi pontokon számításaim alapján határértékeket kaptam. Az így kapott eredményeket mindig lefelé kerekítettem, mely következtében még „színesebb” lett a táblám.

A pontok minősége a Hidegvíz-völgytől a TESCO felé haladva folyamatosan romlik. A legtermészetesebb állapotok, és legjobb minőségek olyan helyeken jelennek meg, melyek részvízgyűjtő területein még kicsi a települések százalékos aránya, tehát kisebb az emberi zavaró hatás, emberi tevékenységek kevésbé befolyásolják a környezeti elemek állapotát. Legjobb minősítési kategóriákat tavasszal figyelhetjük meg, melyek az év folyamán, főként a városban vizsgált pontoknál folyamatosan romlanak, ezzel is tükrözve a városi környezet hatását.

A szennyezettség mértékének növekedése a fajszám csökkenését, a specialisták vagy indikátor fajok eltűnését és a szennyezést jobban tűrő fajok tömeges felszaporodását vonja maga után (pl.: kevésértékűek (*Oligochaeta*), piócák (*Hirudinae*), bogárlárvák (*Coleoptera*)), mely tendenciát a mintavételi pontjaimon tapasztaltak jól reprezentálnak.

Legrosszabb minősítést a GYŐRI pont kapott. Vélhető oka, hogy a város területfoglalási aránya itt a legnagyobb az összes vizsgált részvízgyűjtő közül, továbbá a patak itt nem természetes medrében folyik. Őszi mintázás során az itt tapasztalt még rosszabb vízminőségre valószínű befolyással bír, hogy a mintavételezési időszakon belül a patakba torkolló csapadékelvezető csatornát építettek ki. Vízminőségre való hatásának bizonyítéka lehet, hogy az őszi mérés során a csatornából a patakba szivárgó víz vezetőképessége 3800 uS/cm volt, mely a patak vizének oldott ásványi anyag tartalmának majdnem négyszeres értéke.

A város felett felvételezett pontok (BAN, HÁZ) természetessége a legjobb. Az itt tapasztalt év közbeni „romlásnak” nem feltétlenül az emberi hatás növekedése lehet az oka, hiszen ezen a területen csak az erdőgazdasági munkálatok jelenthetnek bármilyen környezetalakító hatást a patakra, mely egyes szakaszainak a feliszapolódásában mutatkozik meg. (GYÖRGY, KRISKA, BARDÓCZYNÉ, 2005) A fajok mennyiségének a csökkenése, mely szezonálisan változik, az év folyamán őket érő természetes stressz-hatások miatt következhet be.

Megállapítható továbbá, hogy a patak azon szakaszain nagyobb a vízi makrogerinctelenek taxonok diverzitása, ahol a meder morfológiája is sokkal változatosabb.

A használt vízminősítési rendszer egyik nagy problémája véleményem szerint, hogy nem veszi figyelembe a jelen lévő taxonok egyedszámát a természetesség vizsgálatánál. Ez a tulajdonsága főképp a specialista fajok kihangsúlyozásának a hiányánál mutatkozik meg. Ezért célszerű lenne egy súlyszámot alkalmazni a pontokon előforduló darabszámba való tekintettel.

A mintavételezés során 67 taxont írtam le a területről (melléklet 7. táblázat). Legnagyobb számban a tegzesek csoportjából a mocsári- (*Limnephilidae*), a sisakos- (*Sericotomatidae*) és a szövőtegzesek (*Hydropsychidae*) fordultak elő, a kérészek közül az erezett- (*Heptageniidae*), a tarka- (*Ephemeridae*) és a teleszkópszemű kérészek (*Baetidae*), az álkérészek közül pedig a közepes álkérészek (*Perlodidae*) családjának egyedeit találtam meg majdnem az összes ponton, összes mintavételi alkalommal. Ugyanilyen nagy számban jelentek meg a mintázás során a bolharák (*Gammaridae*), az árvaszúnyogok (*Chironomidae*) és a karmosbogarak (*Elmidae*) családjának tagjai.

Hazánk egyetlen fokozottan védett szitakötő faja, a kétcsíkos hegyi szitakötő (*Cordulegaster heros*) a Soproni-hegységben, Őrségben, Mecsekben és a Zselicben fordul elő. (CSORDÁS, 2009) Mintavételezéseim során a GYŐRI és a FASOR pontok kivételével minden mintavételi helyen megtaláltam. A TESCO-nál talált egyedei valószínűleg a mérést megelőző nagy esőzés következtében kerülhettek oda. Legnagyobb mennyiségben a HÁZ pontnál gyűjtöttem a nyári mintavételezés során, összesen 18 darabot.

Kövi csíkot (*Barbatula barbatula*) csak a Győri úti pontnál, míg sebes pisztrángot (*Salmo trutta*) a FASOR-nál, a Hajnal-téren és a BAN-nál is találtam. Ezek mellett folyami rákot (*Astacus astacus*) is fogtam a mintavételezés során, a HAJNAL, a BAN és a HÁZ mintavételi helyeken.

5.2. Biológiai és a fiziko-kémiai, kémiai eredmények és minősítések összehasonlítása

A mért fizikai, fiziko-kémiai, továbbá a tanszéktől kapott kémiai mérési eredmények TDK dolgozatom szempontjából fontosabb adatait a melléklet 2. és a 4. táblázata foglalja össze. A melléklet 2. táblázata a statisztikai értékelés és a vízminősítés során használt, mintavételezés időpontja előtti és utáni értékek átlagát tartalmazza, míg a melléklet 4. táblázata a méréseim során kapott adatokat összegzi.

A kapott (biológiai, fiziko-kémiai, kémiai) adatokból egy összefoglaló és a Rák-patak vizsgált hosszára kiterjedő minősítést állítottam össze (melléklet 8. táblázata), melynek kiértékelését a következőkben röviden ismertetném. A fiziko-kémiai és kémiai paramétereknél a mérés időpontja előtti és utáni monitorozás során kapott adatokat átlagoltam. Majd ezen eredmények alapján az MSZ 12749-es szabvány által kijelölt határértékeket figyelembe véve meghatároztam a pH, a vezetőképesség, a NH_4 , NO_3 , KOI és az összes foszfor adatai által kapott minősítési kategóriákat. (A mérések során a permanganátos KOI-t határozták meg, melyet a szabványban használt kromátos-KOI-ra át kellett számolnom, egy 2,5-ös szorzótényező segítségével.)

Az így kapott összesítő a melléklet 8. táblázatában található. Ez alapján megállapítható, hogy míg bizonyos paraméterek nagyon kritikus határértékekkel jellemezhetőek, addig mások pont ellenkezőleg, túlságosan széles spektrumon mozognak meglátásom szerint. A biológiai minősítéshez talán az NO_3 által kapott minősítési kategóriák hasonlítanak a legjobban.

Ezek mellett megállapíthatom, hogy a fent vázoltakkal szemben a biológiai minősítés talán nagyobb részletességgel bír egyrészt a vízminőségi osztályba sorolása miatt, ugyanis így jobban szemléltethető véleményem szerint a mintavételi hely pontosabb minősége, a határértékekhez való közelsége. Másik fontos szempont, mely a biológiai minősítés rendszere mellett érvel, hogy a fiziko-kémiai, kémiai paraméterek jellemzése egy adott időpont vagy mintavételi időszakot ír le és jellemez, addig a biológiai minősítés során vizsgált élőlények hosszabb időszakról adnak információt.

Mindezek alapján kijelenthetem, hogy ha egy vízfolyás minőségéről pontosabb és összetettebb áttekintést szeretnénk kapni, érdemes lenne mindhárom minősítést együttesen alkalmazni. Ugyanis ezek az információk nem gyengítik, hanem erősítik egymás értékeit.

5.3. Adatelemzés, kiértékelés

Adataimat a Past és a SCILAB programot használva, tanárain segítségével számoltam ki, majd értékeltem.

A mintavételi pontokon, a három mérést összesítve meghatároztam a taxonok számát, az egyedek számát, a Shannon-index alapján a diverzitást és a Jaccard-féle kiegyenlítettséget. A Shannon-index megadja, hogy hány fajból épül fel a közösség, azaz a fajgazdagságot, a Jaccard-féle kiegyenlítettség pedig a taxonok egyedének az eloszlásáról ad információt (0-1 közötti érték, minél nagyobb, annál kiegyenlítettebb az eloszlás). (7. táblázat)

7. táblázat. Diverzitások számítása mintavételi pontonként

	TESCO	GYŐRI	FASOR	HAJNAL	BAN	HÁZ
Taxa_S	29	17	29	35	36	37
N	1169	924	1310	995	1350	2152
Diverzitás (H')	1,853	1,746	2,102	2,357	2,654	2,404
Kiegyenlítettség (J)	0,5502	0,6162	0,6244	0,6629	0,7406	0,6658

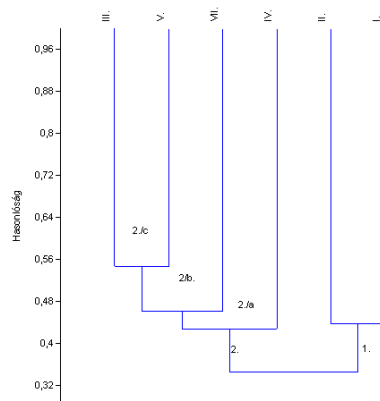
A fent felsorolt diverzitási értékek a várostól a Hidegvíz-völgy felé haladva mintavételi pontjainknál növekvő tendenciát mutatnak, mely alátámasztja a biológiai minősítés eredményei által tapasztaltakat. Legfajgazdagabb pont a HÁZ és a BAN, a legszegényebb pedig a GYŐRI és a TESCO. A növekvő tendenciát az összes értéknél a GYŐRI pont kicsit megtöri, mely a mesterséges mederanyagnak, így mesterséges környezetnek az eredménye véleményem szerint.

Továbbiakban a Jaccard-féle fajazonosság értékek segítségével megvizsgáltam, hogy a pontjaim mennyire és hogyan csoportosulnak fajösszetétel tekintetében, majd ezekből az adatokból klaszteranalízis segítségével egy hierarchikus csoportelemzést végeztem.

8. táblázat. A Jaccard-féle fajazonosság értékei (%)

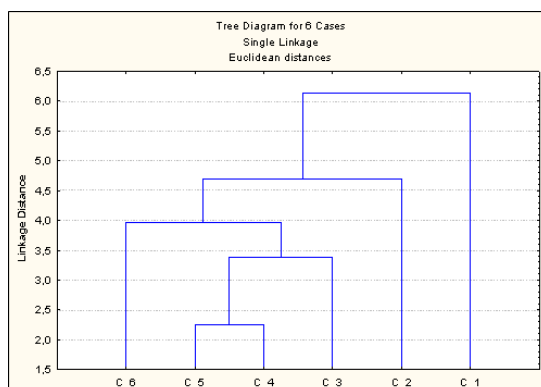
(%)	TESCO	GYŐRI	FASOR	HAJNAL	BAN
GYŐRI	43,75				
FASOR	41,46	39,39			
HAJNAL	39,13	26,83	42,22		
BAN	41,30	26,19	54,76	47,92	
HÁZ	37,50	25,58	40,43	38,46	52,08

A klaszteranalízis segítségével két nagy csoportot tudunk kialakítani mintavételi helyeinken az ott előforduló egyedek alapján. Az első, különálló nagy csoportba a TESCO és a GYŐRI pont tartozik, a második nagy csoportba pedig a többi vizsgált mintavételi hely. Ezek közül a BAN és a FASOR pontok között a legnagyobb a hasonlóság, melynek százalékban kifejezett értékét a 8. táblázatban pirossal ki is emeltem. Majd a csoporton belül külön álló egységet ad a HÁZ és a HAJNAL pont. (17. ábra)



17. ábra. Jaccard indexen alapuló klaszteranalízis dendrogramja

Következőekben kiválasztottunk három olyan taxont (*Baetidae*, *Gammaridae*, *Chironomidae*) melyek egyedei majdnem minden ponton, minden mintavételezés során megjelentek a gyűjtött anyagban. Ezeket az adatokat a mintavételezés előtt és után mért fizikai, kémiai és fiziko-kémiai adatok átlagával összesítve egy standardizált mátrixot hoztunk létre, melyekből klaszteranalízist készítettünk. A dendrogramokat megállapítottuk évszakos szinten (melléklet 3-5. ábra) és az adatok átlagából (18. ábra.) egyaránt.



18. ábra. Klaszter analízis Statistica szoftverrel a standardizált adatokra (C1: Tesco; C2: Győri út; C3: Fásor; C4: Hajnal; C5: BAN; C6: HÁZ) (forrás: NÉMETH, 2011)

Az így kapott klaszter analízis az előzőhöz hasonlóan két nagy csoportot különít el a mintavételi pontok között. Az első, különálló csoportba a TESCO pont tartozik, melyre – ezzel is bizonyítva – legnagyobb hatását fejt ki a város. A másik nagy csoportba sorolt pontjaink közül a BAN és a HAJNAL áll egymáshoz a legközelebb (kapcsolatuk távolsága: 2,25), mely szerint ezen mintavételi pontok hasonlítanak a legjobban egymásra átlagértékeik alapján a vizsgáltak közül. Tovább elemezve a dendrogramot láthatjuk, hogy a két egymáshoz legközelebb álló ponthoz képest a FASOR, majd a HÁZ adatai mutatnak egyezést. Ez a csoportosítás az évszakosan elkészített klaszteranalízisben is tökéletesen látszódik. (melléklet 3-5. ábra)

Az adatainkból készített Pearson-féle korrelációs mátrix segítségével (9. táblázat) megtudhatjuk, mely paraméterek gyakorolnak hatást a vizsgált három taxonra és egymásra. A lenti táblázat az átlag értékekből vett korrelációs értékeket mutatja be a családokkal összevetve.

9. táblázat. Pearson-féle korrelációs mátrix (átlag értékekből) (Forrás: NÉMETH ZS., 2011)

Pearson korrelációs mátrix	Baetidae	Chironomidae	Gammaridae
Baetidae	1,000	0,172	-0,386
Chironomidae	0,172	1,000	0,702
Gammaridae	-0,386	0,702	1,000
Q	0,632	-0,290	-0,630
T	0,821	0,040	-0,294
pH	0,265	0,097	-0,173
K	0,785	-0,077	-0,618
KOI	0,737	0,289	0,141
NH ₄	0,748	0,095	-0,410
NO ₃	0,936	-0,017	-0,497
Cl	0,797	-0,176	-0,692
SO ₄	0,819	-0,255	-0,756
TP	0,827	0,086	-0,431
ALP	0,894	-0,090	-0,562
ALK	0,703	0,193	-0,188
EDTA/DIPA Fe mg/kg	0,909	0,280	-0,166
EDTA/DIPA Mn mg/kg	0,659	-0,060	-0,360
EDTA/DIPA Cu mg/kg	0,886	0,039	-0,454
EDTA/DIPA Zn mg/kg	0,916	-0,013	-0,490

Ez alapján a vizsgált három taxon közül a *Baetidae* család rendelkezik a legnagyobb indikációs értékkel a vizsgált paraméterek vonatkozásában, szemben a másik két családdal. Ebből a korrelációs mátrixból következtethetünk továbbá a családok ökológiai igényeire is az előjelek és a korrelációs tényező nagysága alapján. Míg a *Baetidae*-re pozitív hatással van környezeti elemei minősége, addig a *Gammaridae* család előfordulására negatívan hatnak bizonyos paraméterek, mint a hozam, vezetőképesség, klorid-ion és a szulfát-ion.

5.4. Eredmények összehasonlítása korábbi adatokkal

A Rák-patak biológiai jellegű vizsgálata nagy múltra tekint vissza, azonban a várost és a város alatti részt kevés munka során mintavételezték.

A Rák-patak a VKI vízfolyás tipizálása szerint vízi makrogerinctelen faunát tekintve a dombvidéki, meszes alapkőzetten található, durva mederanyagú, kicsi vízgyűjtőjű típusba sorolandó, ebben a kategóriában Magyarországon javasolt referencia hely. (KOVÁCS, 2008)

A VKI 2002-2007-es intervallumban, TÓTH I. 2005-ös, továbbá GYÖRGY K. és KRISKA Gy. 2005-ös mintavételezéseik során hozzám hasonlóan, az MMCP módszerét alkalmazták a Rák-patak biológiai vízminősítésének meghatározásához, annak ellenére, hogy ez a módszer nem felel meg a VKI követelményrendszerének.

Eredményeik sajátomhoz hasonlóan alakultak azokon a szakaszokon, melyeket egyformán vizsgáltunk. E szerint a város feletti szakaszokon jó és kiváló minőségű, míg a város alatt kevésbé vagy közepesen szennyezett minősítési kategóriákat kaptunk.

A legjelentősebb talált rendszertani csoportok szintén hasonlóak voltak a mintavételezések során.

A fenti munkákon kívül KONDOR K. (1991) dolgozatát kell megemlítenem, aki a Rák-patak és mellékágaiban végzett vízbiológiai vizsgálatokat. Az általa leírt csoportok munkám során is megmutatkoztak.

Ezek mellett fontosnak tartom külön megemlíteni, hogy a terület biológiai vizsgálatainak során az összes munka leírja a város feletti szakaszon a *Cordulegaster heros* fokozottan védett szitakötő faj jelenlétét.

Összegzés

Dolgozatomban a Sopronon áthaladó Rák-patak ökológiai állapotával foglalkoztam. A Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézetben (továbbiakban: EMK-GEVI) folyó TÁMOP 4.2.1/B-09/KONV-2010-0006 pályázat keretein belül alkalmam nyílt a vízfolyás biológiai vízminősítésére. A pályázat fő célja a városi környezet hatásának vizsgálata a rajta átfolyó patak vízminőségére, melyet fizikai, fiziko-kémiai, kémiai és biológiai módszerekkel határoztunk meg.

Munkám fő célja a város feletti természetes és a városban haladó, mesterséges környezettel körülölelt patak vizének minőségbeli különbségének a vizsgálata volt biológiai módszerekkel. Mintavételezés három alkalommal történt - az évszakos periodicitásnak megfelelően -, tavasszal, nyáron és ősszel. Minden mérési időpontban, a biológiai mintázáson kívül felvettem a vizsgált szakaszok keresztshelvényét, vízsebességét, a kettőt figyelembe véve számoltam annak hozamát, mértem a vezetőképességét, pH-ját, víz- és levegőhőmérsékletét, továbbá a tavaszi mérés (2011.04.30-05.01.) során mederanyagot is gyűjtöttem. Az EMK-GEVI a 2010.09.20-2011.09.05 intervallumban végzett kéthetenkénti, a patak fizikai és kémiai tulajdonságainak monitoringjából származó adatait is figyelembe véve készítettem el dolgozatomat.

A vízfolyáson végzett mintavételezés során a „kick and sweep” technikát alkalmaztam, minden mérési ponton, háromszor tíz méteres szakaszokon mintáztam meg az arra jellemző, reprezentatív mederrészeket, részenként öt percig. A gyűjtött anyag már a helyszínen kiválogatásra került, majd a továbbiakban sztereo mikroszkóp segítségével, - a körülményeket és a háttértudást figyelembe véve - határoztam meg azokat család szinten. Ezeket az adatokat az MMCP-t (Magyar Makrozoobenton Család Pontrendszer) alkalmazva értékeltem ki és állapítottam meg a Rák-patak biológiai vízminősítését. A használt kiértékelés a lehetőségekhez mértem megfelelő módszernek bizonyult, egyetlen hibája véleményem szerint, hogy nem veszi figyelembe a megtalálható taxonok egyedszámát, mely a minősítés során a ritkább, érzékenyebb fajokat tartalmazó szakaszok biológiai minősítési kategóriáját erősítené. Ebből kifolyólag érdemesnek találnám egy súlyszám használatát a számítások során.

A tanszéktől kapott adatokat alapul véve határoztam meg a vízfolyás fiziko-kémiai és kémiai jellemzői által mutatott vízminőségi kategóriáit, majd a saját biológiai eredményeimmel összevettem azokat. Megállapítható, hogy a három vízminősítési módszer erősítik egymást, így egy pontosabb állapotfelmérés elkészítése céljából érdemesnek találom azok együttes használatát.

A patak város feletti szakasza a korábbi VKI felmérések alapján kategóriájában referencia helyül szolgál, itt az emberi behatás nem számottevő, így számos, szűk toleranciájú fajnak adnak otthont ezek a részek. Közülük a legfontosabb a *Cordulegaster heros* országosan is jelentős állományai a területen. Ezzel ellentétben a Rák-patak városban található, vizsgált pontjain a vízi makrogerinctelen fauna összetételében és diverzitásában nagy különbségek mutatkoznak a fenti, alig zavart részekhez képest. Ugyanis tömegesen felszaporodnak a kevésbé specialista, tág tűrésű fajok, ezzel is tükrözve a település hatását a vízfolyás ökológiai állapotára.

Az év folyamán egy csökkenő tendencia jellemzi a patakot a taxonok és az egyedek számának tekintetében, mind a természetesebb, mind a bolygatottabb területeket egyaránt. Ez a csökkenés természetes folyamatoknak a következménye, melyet a városi környezet hatása jobban felerősít a településen található részeken.

Végezetül a későbbiekben fontosnak tartanám a vízfolyás további monitorozását, különös tekintettel a 2011 szeptemberében kezdődő meder és a patak közvetlen környezetében végzett rendezési munkák hatásának vizsgálatára az ott található fajok előfordulásának és a patak ökológiai jellemzőinek befolyásolásának kimutatása céljából.

E mellett célom a későbbiekben vízfolyás makrogerinctelen közösségének strukturális jellemzőinek és a patakra jellemző lebontási folyamatainak a vizsgálata.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik munkájukkal hozzájárultak, hogy dolgozatom ilyen formában elkészüljön.

Elsőként szeretném megköszönni konzulenseim Dr. Ambrus András és Dr. Gribovszki Zoltán segítségét, akik szakmai jó tanácsaikkal és meglátásaikkal járultak hozzá munkám megírásához.

Köszönettel tartozom Dr. Németh Zsolt és Dr. Winkler Dániel oktatóimnak, akik az adatok statisztikai kiértékelésében voltak segítségemre. Emellett hála illeti a Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet munkatársainak a segítségét a kémiai vizsgálatok elvégzése miatt.

További segítőkim közül szeretném kiemelni Gerencsér Noémit, a pályázat egykori résztvevőjét, aki a mintavételezések során és az egyedek határozásánál nyújtott óriási segítséget lelkiismeretes munkájával.

A fentiek mellett fontosnak tartom kiemelni Szép Katalin és Guttman Eszter segítségét, akik a terepi mérések során a minták gyűjtésénél segítettek, továbbá lelkiekben támogattak dolgozatom írása közben.

Végül szeretném megköszönni mindazon emberek segítségét, akik TDK dolgozatom létrejöttében közrejátszottak.

A kutatás az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. A pályázat kódja: TÁMOP 4.2.1/B-09/KONV-2010-0006.

Irodalomjegyzék

230/2010. (VIII. 18.) Korm. rendelet

Bellér P. (1996): Meszezési kísérletek a Soproni-hegységben. Kutatási jelentés, Soproni Egyetem, Sopron

Bio Aqua Pro Kft (2009.): Makroszkópikus vízi gerinctelenek monitorozása az Őrségi Nemzeti Park területén, Kutatási jelentés

Borosy A. et al (2001): Sokváltozós adatelemzés (Kemometria), Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó

Csáfordi P., Erős M., Kalicz P., Gribovszki Z., Kisfaludi B. (2010): Sopron város Rák-patak vízgyűjtőjére eső része csapadékvíz-elvezetése. A részvízgyűjtők lehatárolása és a tájékozódó terepi mérések (2010.08.27 – 2010.12.01.). Előtanulmány. Készült a Sopron és Környéke Víz- és Csatornamű Zrt. megbízása alapján. NymE-EMK, GEVI, Sopron

Csányi B., Juhász, P., Kavrán, V., Kovács, T. (2001): Vízi makroszkópikus gerinctelen állatok (makrozoobenton) határozókulcsai, Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet, Budapest

Cser B., Kovács, K. (2006): Kérész-faunisztikai vizsgálatok Észak-Dunántúlon - Acta biologica debrecina, Supplementum oecologica hungarica 14: 107-114.

Csordás L. (2009): Védett szitakötők felérése és összehasonlító vizsgálata Nyugat-dunántúli élőhelyeken, Szakdolgozat, Sopron

Dick de Zwart (1995): Monitoring water quality in the future, Bilthoven, The Netherlands

Dövényi Z. (szerk.) (2010): Magyarország kistájainak katasztere. Budapest, MTA Földtudományi kutatóintézet. 345-347., 350-353. oldal.

ECOSURV (2005): ECOSURV felhasználói kézikönyv, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest, elektronikus verzió

Farkas K. (2008): A Rák-patak referenciaviszonyainak meghatározása a Víz Keretirányelv előírásainak megfelelően. Diplomamunka, Sopron

Führer E. (1978): A Sopron hegyvidék Erdészeti forrás és patakvizeinek környezetvédelmi vizsgálata. Diplomaterv, Sopron

Gerencsér N. (2010): Hidro-ökológiai jellemzők vizsgálata a Kerca- patak rehabilitált szakaszán, Szakdolgozat, Sopron

Guttmann E., Imrik P. (2010): A Rák-patak vízminőségi változása Sopron belterületén, Szakdolgozat, Sopron

György K., Kriska Gy., Bardóczyné Sz. E. (2005): A makrogerinctelen élőlényegyüttes változása a mederviszonyok és az antropogén hatások tükrében a Rák-patakban. Hidrológiai Közlöny, Vol. 85, No. 6, 42-43. oldal

Halász G. (szerk.): Magyarország Erdészeti Tájai. Budapest, 2005. Állami Erdészeti Szolgálat.125-128. oldal

Juhász P., Kiss B., Müller Z., BioAqua Pro Kft (2008.): II. PROJEKT: Vizes élőhelyek és közösségeik monitorozása (ÁNÉR besorolás U8, U9), Vízi makroszkopikus gerinctelenek mintavételi protokollja

Keller I. (1998): A Rák-patak vízminőségi vizsgálata. Diplomaterv, Sopron

Kiss K., Kovács K. (2002): Vízminősítés a Rák-patak forrásterületén az EU Víz Keretirányelve szerint, Tanulmány

Kiss K., Kovács K. (2002): Vízminősítés a Rák-patak forrásterületén az EU Víz Keretirányelve szerint

Kiss K., Kovács K. (2002): Vízminősítés a Rák-patak forrásterületén az EU Víz Keretirányelve szerint, Poszter verzió

Kondor K. (1991): Vízbilógiai vizsgálatok a soproni Rákpatakban és mellékágaiban. Diplomaterv, Sopron

Kovács K. (2008): Vízi makrogerinctelen referencia helyek vizsgálata. Dömösi-Malom-patak és Rák-patak, Acta Biol. Debr. Oecol. Hung 18: 91–99

Klinger Z. (1993): A Rák-patak vízminőségi hossz-szelvénye. Diplomaterv, Sopron

Kriska Gy. (2003.): Az édesvizek és védelmük, Műszaki Kiadó, Budapest, 141-174. oldal

Kriska Gy.(2008.): Édesvízi gerinctelen állatok határozója, Nemzeti Tankönyvkiadó

Márton A. (2011): A soproni Rák-patak lefedett szakaszainak környezeti állapota, Sopron

MSZ 12749-es szabvány (1993.): Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés

MTA FTKI (1990): Magyarország kistájainak katasztere, 379-382. oldal

Németh J. (1998): A biológiai vízminősítés módszerei, Budapest, Neotipp Bt., 22-24, 54-59 oldal

Németh J. (1998.): A biológiai vízminősítés módszerei, Környezetgazdálkodási Intézet TOI, Budapest

Stelczer K. (2000): A vízkészlet- gazdálkodás hidrológiai alapjai, Budapest, ELTE Eötvös Kiadó, 48. oldal

Tóth I. (2005): Vízbiológiai vizsgálatok a Rák-patakban, Diplomaterv, Sopron.

Vajai V. (2011): Sopron város hatása a Rák-patak környezeti állapotára, Sopron

VKKI, ÉDUKÖVIZIG (2010): A Viz Keretirányelv hazai megvalósítása, Vízyűjtő-gazdálkodási Terv: 1-2 Rábca és a Fertő

<http://bi2000.uw.hu/page1.htm>

http://en.wikipedia.org/wiki/Biological_monitoring_working_party

http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0400220.KOR

<http://vizeink.hu/>

<http://www.aqem.de/index.php>

<http://www.euvki.hu/>

<http://www.lifesciences.napier.ac.uk/courses/postgrad/wmfiles/fwbiol/L9.HTM>

<http://www.nyme.hu/fileadmin/dokumentumok/emk/kornyezettudomany/04.doc>

<http://www.zoldinfoanc.hu/doksik/miskolc/vizek/Vizek2.htm>

Mellékletek jegyzéke

1. **táblázat.** MSZ 12749-es szabvány vízminőségi osztályainak részletes leírása
 2. **táblázat.** A mintavételi pontok kémiai és fiziko-kémiai paramétereinek mintavételezés előtti és utáni méréseinek átlag értékei az EMK-GEVI-től kapott adatok alapján
 3. **táblázat.** Vízminőségi kategóriák munkám során használt színkódjai
 4. **táblázat.** A mintavételezések során mért paraméterek értékei
 5. **táblázat.** MMCP vízminőség számításához szükséges táblázat
 6. **táblázat.** MMCP vízminőségi kategóriák
 7. **táblázat.** A mintavételezések során talált taxonok összefoglaló táblázata
 8. **táblázat.** A biológiai, fiziko-kémiai és kémiai paraméterek által kapott minősítés
-
1. **ábra.** Sopron és környékének felszínborítása a Corine Land Cover felmérés alapján
 2. **ábra.** MMCP minősítésben használt családokhoz rendelt pontszámok
 3. **ábra.** Klaszter analízis Statistica szoftverrel a standardizált adatokra a tavaszi mintavételezésnél
 4. **ábra.** Klaszter analízis Statistica szoftverrel a standardizált adatokra a nyári mintavételezésnél
 5. **ábra.** Klaszter analízis Statistica szoftverrel a standardizált adatokra az őszi mintavételezésnél
 6. **ábra.** *Cordulegaster heros*
 7. **ábra.** *Tabanidae sp.*
 8. **ábra.** *Astacus astacus*
 9. **ábra.** *Heptageniidae sp.*
 10. **ábra.** *Perlodidae sp.*
 11. **ábra.** *Limnephilidae sp.*

Mellékletek

1. táblázat. MSZ 12749-es szabvány vízminőségi osztályainak részletes leírása (GERENCSÉR, 2010)

I. osztály: kiváló víz Mesterséges szennyező anyagoktól mentes, tiszta, természetes állapotú víz, amelyben az oldottanyag-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 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 fajgazdasága nagy, egyedszámuk kicsi, beleértve a mikroorganizmusokat. A víz természetes szagú és színű. Szennyvízbaktérium igen kevés.
III. osztály: tűrhető víz Mérsékelten 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 életközösségekben 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 állapot 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 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. táblázat. A mintavételi pontok kémiai és fiziko-kémiai paramétereinek mintavételezés előtti és utáni méréseinek átlag értékei az EMK-GEVI-től kapott adatok alapján

Mintavételi helyek/paraméterek	Q (l/perc)	T (°C)	pH	K (uS/cm)	KOI (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	TP(g/l)
Tesco	188,731	11,367	8,148	887,056	4,682	0,416	25,465	64,941	125,882	0,165
Győri	181,452	10,505	295,188	755,833	4,071	0,622	8,882	51,059	95,235	0,179
Fasor	142,415	10,298	8,136	640,556	3,624	0,126	5,782	30,471	68,176	0,094
Hajnal	148,929	10,098	8,207	516,536	3,812	0,043	3,135	24,529	67,000	0,074
BAN	117,912	9,302	7,997	524,690	3,447	0,040	3,235	24,647	70,294	0,065
HÁZ	89,295	9,759	7,836	369,786	4,587	0,041	3,571	5,353	40,941	0,069

3. táblázat. vízminőségi kategóriák munkám során használt színek kódjai

Vízminősítő rendszerek	Vízminősítési kategóriák				
	I. osztály	II. osztály	III. osztály	IV. osztály	V. osztály
MMCP	Kiváló minőség	Jó minőségű	Kevésbé szennyezett	Közepesen szennyezett	Nagyon szennyezett
MSZ 12749	Kiváló minőség	Jó minőségű	Tűrhető	Szennyezett vízminőség	Erősen szennyezett
Vízminőségi kategóriáknak megfelelő színkód	zöld	kék	narancssárga	citromsárga	piros

4. táblázat. A mintavételezések során mért paraméterek értékei

Mintavételi helyek/paraméterek	Q (l/perc)			T (°C)			pH			K (uS/cm)		
	Tavaszi	Nyári	Őszi	Tavaszi	Nyári	Őszi	Tavaszi	Nyári	Őszi	Tavaszi	Nyári	Őszi
Tesco	185,77	77,45	46,95	11,80	16,7	15,9	8,11	7,98	7,97	794,00	918	1360
Győri	138,37	73,81	31,15	11,20	16,4	15,8	8,23	7,95	7,85	644,00	763	918
Fasor	154,14	62,30	30,78	14,90	17,7	16,1	8,19	8,18	8	532,00	609	661
Hajnal	262,43	69,16	41,12		17,1	15,9		8,23	8,37		579	582
BAN	184,59	47,45	28,43	12,80	14,2	14,4	8,25	8,05	8,09	549,00	595	616
HÁZ	64,80	26,27	39,17	11,30	14,3	11,1	8,05	7,99	8,03	394,00	424	449

5. táblázat. MMCP vízminőség számításához szükséges táblázat

Összpontszám	Taxononkénti átlagpontszám	Vízminőségi index
120	>5	7
101-120	4,5- 5,0	6
81-100	4,1- 4,4	5
51-80	3,6- 4,0	4
25-50	3,1- 3,5	3
24.okt	2,1- 3,0	2
0-9	0,0- 2,0	1

6. táblázat. MMCP vízminőségi kategóriák

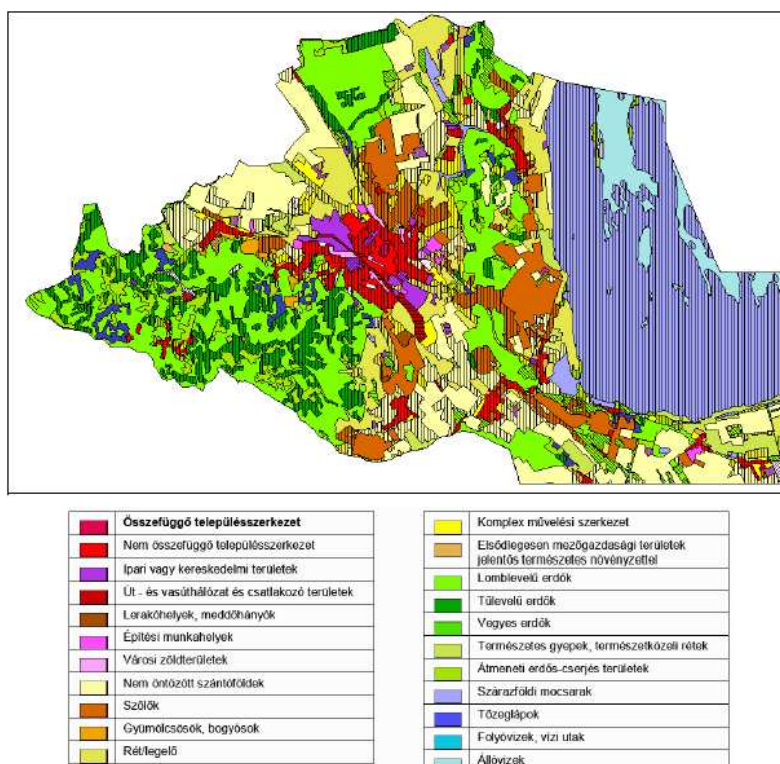
Vízminőségi indexek átlagértéke	Minősítés	Vízminőségi osztály
6 vagy több	Kiváló minőségű	I.A
5,5	Kiváló minőségű	I.B
5	Kiváló minőségű	I.C
4,5	Jó minőségű	II.A
4	Jó minőségű	II.B
3,5	Kevésbé szennyezett	III.A
3	Kevésbé szennyezett	III.B
2,5	Közepesen szennyezett	IV.A
2	Közepesen szennyezett	IV.B
1,5	Nagyon szennyezett	V.A
1	Nagyon szennyezett	V.B

7. táblázat. A mintavételezések során talált taxonok összefoglaló táblázata

Mintavétel időpontja	2011. Tavaszi						2011. Nyári						2011. Őszi					
Mintavétel helye/ Talált taxonok	I.	II.	III.	IV.	V.	VII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VII.
Asellidae	21	47	19				20	29	61	2	2		60	8	9	1		
Astacidae						1				1	1	3					1	
Baetidae	87	38	77	35	42	62	249	240	75	44	96		190	54	10	8	5	18
Bithyniidae	3																	1
Calopterygidae					1					2			1			3	1	
Chironomidae	54	64	25	3		34	61	30	148	40	63	143	23	69	40	22	15	38
Chloroperlidae					1				8			2						
Chrysomelidae												1						
Cordulegasteridae				1	1	11						18	2				2	9
Corixidae																1		
Tubificidae				1														
Culicidae							39		4	6	2	2				9	1	12
Curculionidae												1						
Dixidae						1												
Dryopidae												7						
Dytiscidae			1	1					1	2								12
Elmidae				1	16	15	1	3	41	5	121	51		3	1	38	19	142
Ephemereidae									2									
Ephemeraeidae		2	6	77	51	75			1	47	21	105			1	34	42	129
Erpobdellidae	2						5											
Gammaridae	158		155	141	64	284	5	43	156	111	103	146	43	106	184	87	55	158
Gerridae									4									
Glossiphoniidae	5	5											14	7		1		2
Goeridae									2		1						1	
Gomphidae	1																	
Gordius	5	1	4															
Gyrinidae	1																	
Heptageniidae	6	145	34	19	43		1		3	3	32	76	1			3	30	104
Hirudidae	1		1		2				6									
Hydrobiidae			5	1					3	5	1		4			6		
Hydrophilidae																	1	1
Hydropsychidae	7	1	7	70	16	1	5		32	1	37	5	32	6	2	2	11	9
Leptophlebiidae																1	14	6
Leuctridae		1							3									
Libellulidae													1					
Limnephilidae	23	15	8	19	34	108			3	4	30	16	1			5	9	21
Limoniidae					6						12	11					5	1
Lymnaeidae				2														
Megaspiridae											2							
Mesoveliidae										1								
Nemouridae			11	22	4													
Notonectidae								1										
Noteridae																1		
Oligochaeta										15								
Osmylidae																		2
Pediciidae	1						6				5	3			1		4	
Perlidae					2						4						4	
Perlodidae	7		7	6	11	52	1		18	21	136	46				6	22	53
Phlypotamidae			1	1														
Physidae	5	3																
Pisidiidae			1				1		1		2	1				1		
Planariidae												4						
Planorbidae							3	1										
Polycentropodidae			7			2												1
Ptychopteridae					1												54	9
Rhagionidae	1			4		4												
Rhyacophilidae			1		1							31					7	17
Scirtidae						12						1					1	6
Sericostomatidae			4	9	14	11			3	1	4	16				3	2	8
Sialidae												5	1			3	5	10
Stratiomyidae				1														
Tabanidae	2		77	12	20	2		1	31	3	13	12			1	3	1	
Taeniopterygidae			7	8	8													
Thaumaleidae					9													
Tipulidae						1	2		1		1		7	1			1	
Valvatidae																5	1	
Veliidae												1						

8. táblázat. A biológiai, fiziko-kémiai és kémiai paraméterek által kapott minősítés

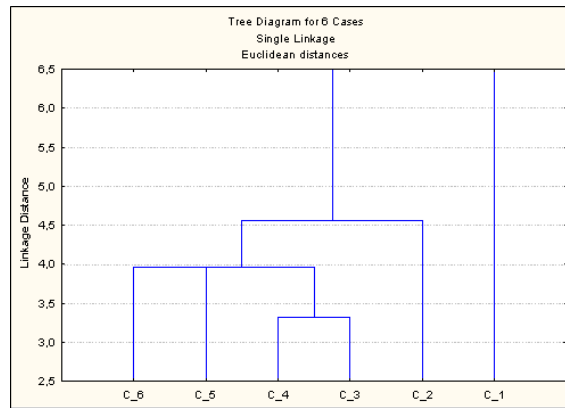
			2011.Tavaszi	2011. Nyár	2011. Ősz
Biológiai minősítés		TESCO	II. B Jó minőségű	III.B Kevésbé szennyezett	II. B Jó minőségű
		GYORI	III.A Kevésbé szennyezett	IV.B Közepesen szennyezett	IV.A Közepesen szennyezett
		FASOR	I. B Kiváló minőség	I.A Kiváló minőség	III.B Kevésbé szennyezett
		HAJNAL	I.C Kiváló minőség	II.A Jó minőségű	II. B Jó minőségű
		BAN	I.A Kiváló minőség	II.A Jó minőségű	I. B Kiváló minőség
		HAZ	II.A Jó minőségű	I. B Kiváló minőség	I. B Kiváló minőség
fiziko-kémiai paraméterek minősítése	pH	TESCO	Jó	Jó	Jó
		GYORI	Jó	Jó	Jó
		FASOR	Jó	Jó	Kiváló
		HAJNAL	Jó	Jó	Jó
		BAN	Jó	Jó	Kiváló
		HAZ	Jó	Kiváló	Kiváló
	Vezetőképesség	TESCO	Tűrhető	Jó	Szennyezett
		GYORI	Jó	Jó	Szennyezett
		FASOR	Jó	Jó	Szennyezett
		HAJNAL	Jó	Jó	Jó
		BAN	Jó	Jó	Jó
		HAZ	Kiváló	Kiváló	Kiváló
Kémiai paraméterek minősítése	KOI (k)	TESCO	Kiváló	Tűrhető	Jó
		GYORI	Kiváló	Jó	Kiváló
		FASOR	Kiváló	Jó	Kiváló
		HAJNAL	Kiváló	Jó	Kiváló
		BAN	Kiváló	Jó	Kiváló
		HAZ	Kiváló	Jó	Jó
	NH ₄	TESCO	Jó	Jó	Jó
		GYORI	Jó	Jó	Erősen szennyezett
		FASOR	Kiváló	Kiváló	Jó
		HAJNAL	Kiváló	Kiváló	Kiváló
		BAN	Kiváló	Kiváló	Kiváló
		HAZ	Kiváló	Kiváló	Kiváló
	NO ₃	TESCO	Szennyezett	Szennyezett	Erősen szennyezett
		GYORI	Jó	Jó	Tűrhető
		FASOR	Kiváló	Kiváló	Jó
		HAJNAL	Kiváló	Kiváló	Kiváló
		BAN	Kiváló	Kiváló	Kiváló
		HAZ	Kiváló	Kiváló	Kiváló
	összes foszfor	TESCO	Tűrhető	Szennyezett	Szennyezett
		GYORI	Tűrhető	Tűrhető	Szennyezett
		FASOR	Jó	Tűrhető	Tűrhető
		HAJNAL	Jó	Tűrhető	Jó
		BAN	Jó	Tűrhető	Tűrhető
		HAZ	Jó	Tűrhető	Tűrhető



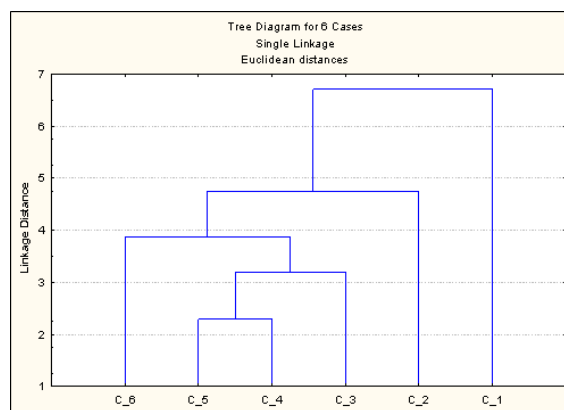
1. ábra. Sopron és környékének felszínborítása a Corine Land Cover felmérés alapján

10	Beraeidae Leuctridae Siphonuridae	Capniidae Molannidae Taeniopterygidae	Chloroperlidae Odontoceridae BITHYNELLA, PALADILHIA, SADLERIANA	<i>Cordulegasteridae</i> (8) Perlidae Perlodidae	Goeridae Sericostomatidae
8	<i>Aphelocheiridae</i> (10)	PALINGENIIDAE	Philopotamidae	<i>Phryganacidae</i> (10)	
7	Nemouridae	<i>Neritidae</i> (6)	Polycentropodidae	Ryacophilidae (+Glossosomatidae)	
6	<i>Aeschnidae</i> (8) <i>Ephemeridae</i> (10) <i>Libellulidae</i> (8)	Ancyliidae <i>Gomphidae</i> (8) <i>Leptoceridae</i> (10)	<i>Astaecidae</i> (8) <i>Heptageniidae</i> (10) <i>Leptophlebiidae</i> (10)	<i>Brachycentridae</i> (7) Hydroptilidae <i>Potamanthidae</i> (10)	<i>Cordulidae</i> (8) Jaeridae <i>Lestidae</i> (8)
5	<i>Acrolaxidae</i> (6) Dytiscidae Hydrophilidae <i>Psychomyidae</i> (+ <i>Ecnomyidae</i>) (8)	Caenidae (7) Elmidae Hydropsychidae	Chrysomelidae Gyrinidae LEPIDOPTERA (Acentropidae-Pyralidae) Scirtidae	<i>Corophidae</i> (6), Halipidae Thiaridae	Curculionidae Hydrobiidae (Potamopyrgus) <i>Limnephilidae</i> (7) <i>Unionidae</i> (6)
4	Baetidae <i>Dugesiidae</i> (5) Mysididae Rhagionidae	<i>Calopterygidae</i> (8) <i>Gammaridae</i> (6) <i>Nepidae</i> (5) TENTACULATA	Chaoboridae <i>Gerridae</i> (5) <i>Notonectidae</i> (5) <i>Viviparidae</i> (6)	<i>Coenagrionidae</i> (6) <i>Glossiphoniidae</i> (3) Piscicolidae Rhagionidae	<i>Dendrocoelidae</i> (5) <i>Hydrometriidae</i> (5) <i>Planariidae</i> (5)
3	<i>Arguliidae</i> Hydrobiidae Planorbidae Sphaeriidae	Asellidae (<i>Lithoglyphus</i> , <i>Platynemididae</i> (6) Tabaridae	Bithyniidae (<i>Borythenia</i>) POLYCHAETA <i>Tipulidae</i> (5)	<i>Corixidae</i> (5) Lymnaeidae Sciomyzidae Valvatidae	<i>Erpobdellidae</i> <i>Naucoridae</i> (5) <i>Sialisidae</i> (4)
2	<i>Ceratopogonidae</i>	Chironomidae	Culicidae	DIPTERA	<i>Limonidae</i> Stratiomyidae
1	OLIGOCHAETA				

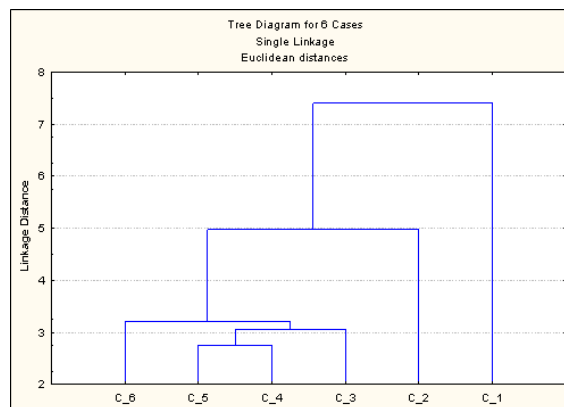
2. ábra. MMCP minősítésben használt családokhoz rendelt pontszámok



3. ábra. Klaszter analízis Statistica szoftverrel a standardizált adatokra a tavaszi mintavételezésnél (C1: Tesco; C2: Győri út; C3: Fasor; C4: Hajnal; C5: BAN; C6: HÁZ) (forrás: NÉMETH, 2011)



4. ábra. Klaszter analízis Statistica szoftverrel a standardizált adatokra a nyári mintavételezésnél (C1: Tesco; C2: Győri út; C3: Fasor; C4: Hajnal; C5: BAN; C6: HÁZ) (forrás: NÉMETH, 2011)



5. ábra. Klaszter analízis Statistica szoftverrel a standardizált adatokra az őszi mintavételezésnél (C1: Tesco; C2: Győri út; C3: Fasor; C4: Hajnal; C5: BAN; C6: HÁZ) (forrás: NÉMETH, 2011)



6. ábra. *Cordulegaster heros*



7. ábra. *Tabanidae sp.*



8. ábra. *Astacus astacus*



9. ábra. *Heptageniidae sp.*



10. ábra. *Perlodidae sp.*



11. ábra. *Limnephilidae sp.*