

DEBRECENI EGYETEM
Agrártudományi Centrum
Mezőgazdaságtudományi Kar
Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék

INTERDISZCIPLINÁRIS AGRÁR- ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYOK
DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola Vezető:

Prof. Dr. Nagy János

MTA doktora

Témavezető:

Prof. Dr. Tamás János

MTA doktora, tanszékvezető egyetemi professzor

A BERETTYÓ-FOLYÓ BIOLÓGIAI VÍZMINŐSÍTÉSÉNEK ÉS
HIDROLÓGIAI JELLEMZŐINEK ÖSSZEFÜGGÉSEI

Készítette:

Pregun Csaba Zsolt

doktorjelölt

Debrecen

2007.

A BERETTYÓ-FOLYÓ BIOLÓGIAI VÍZMINŐSÍTÉSÉNEK ÉS HIDROLÓGIAI JELLEMZŐINEK ÖSSZEFÜGGÉSEI

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében az
Agrártudományok tudományterületén a
Földtudományok tudományágban

Írta: Pregun Csaba Zsolt okleveles természetvédelmi ökológus

A doktori szigorlati bizottság:

	Név:	Tudományos fokozat:
Elnök:	Prof. Dr. Thyll Szilárd	CSc, egyetemi tanár
Tagok:	Dr. Juhász Csaba	PhD, egyetemi docens
	Dr. Kovács Balázs	PhD, egyetemi docens

A doktori szigorlat időpontja: 2006. július 17.

Az értekezés bírálói:

Név:	Tud. fokozat:	Aláírás:
.....
.....
.....

A bírálóbizottság:

Név:	Tud. fokozat:	Aláírás:
Elnök:
Titkár:
Tagok:
.....
.....
.....
.....
.....

Az értekezés megvédésének időpontja: 2007.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.	7
2. CÉLKITŰZÉSEK	10
3. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	11
3.1. A folyószabályozások és a szennyeződések hatása a Körös – Berettyó vízrendszerre	11
3.2. A téma hidrológiai és informatikai vonatkozásai	17
3.3. A biológiai vízminősítés témára vonatkozó szakirodalma	21
3.4. A környezetállapot-értékelés jelentősége a vizes és vízi élőhelyek esetében	26
3.5. A vízfolyások revitalizációjának kérdései, ökológiai és agrár-környezetvédelmi jelentőségük	29
3.6. A többváltozós statisztikai módszerek alkalmazása a dolgozatban	32
4. ANYAG ÉS MÓDSZER	33
4.1. A vizsgálati helyek és a mintavételi időpontok	34
4.2. Az alkalmazott statisztikai módszerek	35
4.3. A hidrológiai modell megalapozása	38
4.3.1. A HEC-RAS program input adatokkal való feltöltése	38
4.3.2. Az értékelt hidraulikai jellemzők	40
4.4. A vízminősítés	45
4.4.1. Fizikai, kémiai és biokémiai vízminősítési módszerek	45
4.4.2. A vízminőség meghatározása bioindikátor szervezetek segítségével, a Magyar Makrozoobenton Család Pontrendszer (MMCP) alapján	48
4.5. A felhasznált vízminősítési módszerek és az alkalmazott környezeti állapotindex kapcsolata	50
5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	52
5.1. A hidrológiai – hidraulikai elemzések eredményei	52
5.2. A hidraulikai adatok főkomponens – analízisének eredményei	57
5.3. A folyó környezeti állapota	61
5.3.1. A pocsaji referencia-állomás adatainak elemzése a 2002-2003. hidrológiai évben	61
A. Az egész hidrológiai év főkomponens-analízis eredményei	62
B. A hidrológiai év első felének főkomponens-analízis eredményei	63

C. A hidrológiai év második felének főkomponens-analízis eredményei _____	64
5.3.2. A pocsaji referencia-állomás idősorainak elemzése a 2004-2005-ös hidrológiai évben _	66
A. A 2004-2005-ös hidrológiai év főkomponens-analízis eredményei _____	66
B. A 2004-2005-ös hidrológiai év első félévének főkomponens-analízis eredményei _____	67
C. A 2004-2005-ös hidrológiai év második félévének főkomponens-analízis eredményei _____	68
5.3.3. A vízminőség éves szintű változásai _____	70
5.3.4. A Berettyó-folyó magyarországi szakaszának vízminősége a nyári, kisvízi időszakban _	71
5.3.5. A Magyar Makrozoobenton Család Pontrendszer (MMCP) eredményei és értékelése __	75
5.3.6. A környezeti állapot-index, a vizsgálati helyek környezeti állapota _____	78
6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK _____	80
7. ÖSSZEFOGLALÁS _____	82
7.1. Új, illetve újszerű tudományos eredmények _____	83
7.2. Az eredmények gyakorlati felhasználhatósága _____	84
8. Summary _____	84
8.1. New or novel scientific results _____	85
8.2. The applicability of scientific results _____	86
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS _____	87
PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK _____	88
SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS _____	90
JOGSZABÁLYOK ÉS RENDELETEK JEGYZÉKE _____	101
<i>Ábrák jegyzéke _____</i>	<i>101</i>
<i>Táblázatok jegyzéke _____</i>	<i>102</i>
MELLÉKLETEK _____	103
1. melléklet: A VIZES ÉLŐHELYEK FUNKCIÓI _____	104
2. melléklet: A VIZES ÉLŐHELYEK ÉRTÉKEI _____	105
3. melléklet: A VIZES ÉLŐHELYEKET VESZÉLYEZTETŐ TÉNYEZŐK _____	106
4. melléklet: A MAGYAR MAKROZOOBENTON CSALÁD- ÉS EGYÉB RANGÚ TAXONJAINAK ALKALMAZOTT PONTRENDSZERE _____	107
5. melléklet: A BERETTYÓ ÉS VÍZGYŰJTŐJE MAGYARORSZÁGI SZAKASZÁNAK ÉLŐHELY TIPOLÓGIÁJA _____	108

6. melléklet: HIDROLÓGIAI STATISZTIKAI ADATOK A 2002-2003-AS ÉS A 2004-2005-ÖS HIDROLÓGIAI ÉVBEN	113
7. melléklet: SEBESSÉGTARTÓSSÁGOK A BERETTYÓ VIZSGÁLT KERESZTSZELVÉNYEIBEN	115
8. melléklet: A FROUDE-SZÁM ÉS A VÍZSEBESSÉG ÉVES VÁLTOZÁSAI A BERETTYÓN A 2002-2003. HIDROLÓGIAI ÉVBEN	117
9. melléklet: A FROUDE-SZÁM ÉS A VÍZSEBESSÉG ÉVES IDŐSORAINAK ÖSSZEFÜGGÉSEI A BERETTYÓN A 2002-2003. HIDROLÓGIAI ÉVBEN	119
10. melléklet: A FROUDE-SZÁM ÉS A VÍZSEBESSÉG ÉVES VÁLTOZÁSAI A BERETTYÓN A 2004-2005. HIDROLÓGIAI ÉVBEN	121
11. melléklet: A FROUDE-SZÁM ÉS A VÍZSEBESSÉG ÉVES IDŐSORAINAK ÖSSZEFÜGGÉSEI A BERETTYÓN A 2004-2005. HIDROLÓGIAI ÉVBEN	123
12. melléklet: A REYNOLDS SZÁMOK VÁLTOZÁSAI A VIZSGÁLT KERESZTSZELVÉNYEKBE	125
13. melléklet: ÁRAMLÁS-TÍPUSOK ÉVES ADATSORAI A VIZSGÁLT KERESZTSZELVÉNYEKBE (2002-2003, ÉS 2004-2005-ÖS HIDROLÓGIAI ÉV)	126
14. melléklet: A HIDRAULIKAI ADATOK TARTÓSSÁGA ÉS MINTASTATISZTIKAI ÁLLOMÁNYA	128
15. melléklet: AZ EGÉSZ HIDROLÓGIAI ÉVEKRE KITERJEDŐ FŐKOMPONENS-ANALÍZIS EREDMÉNYEI	133
16. melléklet: AZ ELSŐ HIDROLÓGIAI FÉLÉVEKRE KITERJEDŐ FŐKOMPONENS-ANALÍZIS EREDMÉNYEI	136
17. melléklet: A MÁSODIK HIDROLÓGIAI FÉLÉVEKRE KITERJEDŐ FŐKOMPONENS-ANALÍZISEK EREDMÉNYEI	139
18. melléklet: JELLEMZŐ HIDROLÓGIAI ADATOK TARTÓSSÁGA A BERETTYÓ POCSAJI KERESZTSZELVÉNYÉBEN	142
19. melléklet: JELLEMZŐ VÍZMINŐSÉGI ADATOK TARTÓSSÁGA A BERETTYÓ POCSAJI KERESZTSZELVÉNYÉBEN	143
20. melléklet: A POCSAJI VÍZMINŐSÉGI IDŐSOROK STATISZTIKAI ADATAI	144
21. melléklet: VÍZMINŐSÉGI ADATOK TARTÓSSÁGA ÉS JELLEGE POCSAJNÁL (2002-2003)	145

22. melléklet: VÍZMINŐSÉGI ADATOK TARTÓSSÁGA ÉS JELLEGE POCSAJNÁL (2004-2005)	146
23. melléklet: A VÍZMINŐSÉGI OSZTÁLYOK TARTÓSSÁGAI A BERETTYÓN	147
NYILATKOZAT	148

1. BEVEZETÉS.

A víz a földi élet alapja, egyben alapvető környezeti erőforrás is. Bármennyire is sok található belőle, a mennyisége véges, és a bioszféra (valamint az emberiség számára) rendelkezésre álló vízmennyiség rohamosan csökken. Az emberiség technikai-technológiai fejlődése, valamint lélekszámának gyarapodása együtt jár a környezeti elemek esetenkénti túlhasználatával, a természetes környezet megváltoztatásával és leromlásával. Az antropogén hatások nem kerülték el a vízkészleteket sem. Már az ókorban is civilizációk (Sumér, Babilon, Óegyiptom) indultak hanyatlásnak a csatornázások és az öntözéses fölművelés miatt kialakuló vízhiány és másodlagos szikesedés következtében.

A káros civilizációs hatások a fejlődő országokban ma is gyakoriak a környezetet károsító, erőltetett műszaki-gazdasági fejlesztések, háborúk stb. miatt.

A fejlett országokban egyre inkább tért hódít a környezetvédelmi gondolkodás.

Felszíni vizeink megóvása, a káros hatások csökkentése vagy megszüntetése érdekében aktív emberi beavatkozások szükségesek az eddig bekövetkezett káros környezeti változások visszafordítására, víztereink részleges, vagy teljes rehabilitálására.

A felszíni vizeinket érő káros civilizációs hatásokat alapvetően két csoportba lehet sorolni:

- Vízszennyezés (pontszerű és nem pontszerű, kommunális, ipari és mezőgazdasági stb.).
- Át nem gondolt, a vízi élővilágot károsan befolyásoló vízszabályozási munkálatok (mederrendezés, partvonal-szabályozás, vonalvezetés megváltoztatása stb.).

Az északi félteke 139 legnagyobb folyórendszerének 77%-át befolyásolják a különböző antropogén beavatkozások. Somlyódi (2006) megállapítja, hogy a természetes vízjárások megváltozását elsősorban a következő két tényező okozza:

- Feldarabolódás (keresztgátak);
- Szabályozás (átvezetések, tározók, öntözés).

Napjainkban a fenti két tényező mellé odasoroljuk a klímaváltozást is. A globális éghajlatváltozás lehetséges hatásait a természeti környezetre és a természeti erőforrásokra, ezen belül a felszíni vizeinket érintő közvetlen és közvetett hatásait a VAHAVA projekt méri fel (Láng, 2005).

A programnak az értekezéshez kapcsolódó céljait a következő pontokban lehet összefoglalni:

- Az éghajlat-változási tendenciák hatásainak elemzése az élővilágra (növény- és állatfajok, valamint az életközösségek hosszú távú, rendszeres megfigyelése).
- A tendenciák elemzése a vízkárelhárítás céljait szolgáló fejlesztési és védekezési feladatok szempontjából.
- Árvíz- és belvízvédelmi, nagyterségi vízpótlási stratégiák meghatározása különböző lehetséges éghajlat-változási scenáriók eseteire.
- A földhasználat változásainak éghajlati következményei, modell kísérletekkel.

Rövid feladatmeghatározásai között szerepel a globális klímaváltozás lehetséges vízgazdálkodási hatásainak elemzésében egy olyan átfogó elemzés és értékelés, amely a lehetséges éghajlat-változási scenáriók eseteire meghatározná a vízkárelhárítással (a víz többlete és hiánya elleni védelemmel) összefüggő területhasználat-változások célszerű irányait, a főműfejlesztések stratégiáit, valamint a védekezést érintő szervezés- és szervezet-fejlesztések követendő útjait (Láng, 2003).

Nagy folyóink vízjárásában, éves vízkészletük alakásaiban már észlelték a természetes és a mesterséges klímaváltozás jeleit. A vízháztartásukban a döntő szerepet a vízgyűjtőkön történő összegyülekezés és lefolyás játssza, különös tekintettel a hegyvidékekre (Alföldi, 2003). Ezek a hidrológiai tényezők jelentős változásokon mentek át a csatornázási munkálatok és a fakitermelés miatt.

A szennyezések csökkentésének elvi megoldása adott: a környezeti kibocsátásokat meg kell szüntetni (nem reális), ill. csökkenteni és/vagy kezelni kell őket.

A vízkészlet-szabályozás kérdése már elméleti síkon is sok problémát vet fel. Túl sok vízhasználó érdeke ütközik egymással, ezért okvetlenül szükséges ezeknek az összehangolása állami, vagy akár államközi szinten is.

A döntéshozatal megkönnyítéséhez a vizsgálati módszereknek és eszközöknek egy komplex, minden lényeges részletre kiterjedő rendszerét kell létrehozni, amely ugyanakkor nem túl eszköz- és időigényes, a lehetőségekhez képest gyorsan megtérül, és a különböző szakterületek számára egyaránt értelmezhető adatokat szolgáltat.

Egy ilyen rendszernek szükségszerűen integrálnia és alkalmaznia kell a környezettudományok valamennyi számára alkalmas hagyományos és modern módszerét, ideértve a számítástechnikai és matematikai módszereket is.

A Kárpát-medence vízkészlet-gazdálkodására a jellegzetes földrajzi viszonyok alapvető hatást gyakorolnak. A felszíni vizek túlnyomó része a medence peremén, Magyarország határain kívül ered, ezért a medencébe érkező felszíni vízkészletek minőségét és mennyiségét csak a határokon belül áll módunkban ellenőrizni és szabályozni (Somlyódy, 2000).

Az EU Vízügyi Keretirányelve alapján (2000/60/EK) az osztott vízgyűjtőn való fenntartható vízgazdálkodásnak ki kell elégítenie a természet- és környezetvédelmi, a mezőgazdasági, az ipari, a lakossági stb. igényeket egyaránt. A gyakorlati vízgazdálkodás területén új elemeket és megközelítési módokat tartalmaz, alapvetően ökológiai szemléletű, a vízgyűjtő területét komplex módon kezeli (Nagy és Bardóczyné, 2005).

A vízfolyások medergeometriai, hidrológiai és ökológiai kapcsolatrendszerének elemzése a következő környezeti problémák kezelésében ill. környezetvédelmi tevékenységek folytatásában jelent segítséget:

- Szélsőséges hidrológiai helyzetek gyakorisága;
- Klímaváltozás;
- Földhasználatok változása;
- A folyószabályozás gyakorlata ;
- A vízgazdálkodás gyakorlata;
- A mezőgazdaság helyzete;
- Agrár-környezetvédelem és természetvédelem.

A Kárpát-medencében, és így Magyarországon is a következő szempontoknak kell érvényesülniük a környezettudatos folyógazdálkodásban:

- Árhullámok levonulásának kezelése;
- Belvizek kezelése;
- Az ökológiailag szükséges vízmennyiség biztosítása;
- A vízminőség megőrzése;
- A meder, a hullámtér, távlati célokként a részvízgyűjtők és vízgyűjtők, és azok életközösségeinek természetközeli állapotba való hozása.

Az ilyen szerteágazó tevékenységek nem nélkülözhetik az összetett vizsgálati módszereket az adatok tárolásában és kezelésében, és magukba foglalják a valós idejű események, előrejelzések szimulációját, tervezését és kivitelezését.

Az általam végzett részkutatások abba a kutatási rendszerbe illeszkednek, amelyet a Debreceni Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszéke folytat a Bihari síkon, annak természetes és mesterséges vizein, egy átfogó geo-adatbázis kialakítása érdekében.

A környezeti információs rendszer célja, hogy a természeti erőforrásokra alapozva megvédje az erőforrásokat a helytelen gazdálkodástól, illetve segítségével felállíthatóak a jelenségek közötti komplex együttműködések modelljei, amelyek révén előrejelzéseket lehet készíteni (Tamás, 2005). Így értékelhető adatokat szolgáltat a következő kutatások és szakterületek számára:

- Agrár-környezetvédelem;
- Környezet- és természetvédelem;
- Vízgazdálkodás;
- Árvíz- és belvízvédelem;
- Környezettudatos föld- és területhasználat;
- Precíziós mezőgazdaság stb.

2. CÉLKITŰZÉSEK

Magyarországon gyakorlatilag nincs szabályozatlan természetes állandó vízfolyás. Amikor ezek rekonstrukciójának, környezetbe illeszkedő szabályozásának kérdése felmerül, a következő környezeti szempontú kérdések adódnak:

- Milyen mértékben felelősek a múltban elvégzett beavatkozások a jelenlegi leromlott állapotért?
- Hogyan modellezzük a múltbeli, jelenlegi és a jövőbeli állapotokat?
- Melyek azok a kardinális hidrológiai és ökológiai paraméterek, amelyek alapvetően meghatározzák a vízfolyás vizének állapotát?
- Milyen környezetminősítési módszereket alkalmazzunk a szűkebben vett ökológiai vízminősítésben?
- Hol húzódnak vizsgálatunk földrajzi és időbeli határai?

- Érdemes-e véghezvinni a beavatkozásokat, azaz a geometriai, ezzel a hidrológiai viszonyok megváltoztatása meghozza-e a kívánt környezeti javulást?
- Milyen kiegészítő tevékenységek szükségesek a fentiekén kívül?

Kutatásaim azt a célt szolgálják, hogy az antropogén hatások miatt erősen degradálódott bihari táj vízfolyásai szükséges és elégséges emberi beavatkozásokkal a természetbe és a tájba illeszkedőkké váljanak. Ezek a munkálatok elsősorban a medergeometria megváltoztatását jelentik, amely természetesen együtt jár a hidrológiai és hidraulikai viszonyok, a vízminőség, és ennek megfelelően az életközösségek megváltozásával.

Kutatásaim célkitűzései a következők voltak:

1. A környezeti elemzések céljára megfelelő hidraulikai (vízfizikai és medergeometriai) adatok előállítása érdekében egy olyan hidrológiai modell kialakítása és adatokkal való feltöltése, amely alkalmas mind a valós idejű események lefuttatására, mind az előrejelzések szimulálására.
2. A hidrológiai és a biológiai jellemzők közötti kölcsönhatások vizsgálata, a mintavételi helyek biológiai vízminőségének megállapítása, különös tekintettel a nyári, kisvízi időszakokra.
3. Olyan vizsgálati módszerek – „környezetminősítési gyorsteszték” – kiválasztása és összeállítása, amelyek révén kevés idő és anyagi ráfordítással is megbízható eredményekhez juthatunk a vízminőség állapotára vonatkozóan.
4. A fenti eredmények ismeretében azon környezeti tényezők körének kiválasztása, amelyeknek elsődleges szerepe van a szabályozott felszíni vízfolyások ökológiai rehabilitációjában.

3. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A folyószabályozások és a szennyeződések hatása a Körös – Berettyó vízrendszerre

Az Ér-Berettyó-Körös völgy valamikor a Tisza, később pedig a Szamos és a Kraszna ősmedre volt. A késő-holocén kor bükk szakaszában a Közép-Tisza és a Körösök vízhalózata elérte azt a vonalvezetést, amely a szabályozások kezdetéig lényegében már nem változott (Mike, 1991). A szabályozás előtti állapotokról a folyót 1817-1822 között felmérő Huszár Mátyás és mérnökcsoportja készítette a hidrológiai szempontból legértékesebb jelentést „A sok ér és kiágazás elmocsarasodott medre hosszúság és

szélesség tekintetében oly terjedelmes, hogy a Berettyó vízhozamának tízszerese is elfolyhatna bennük”(Huszár, 1985).

A Berettyó a Tisza vízrendszerén belül a Körös-Berettyó rendszer része. Általában ezt a tájat tekintik a folyószabályozások által leginkább érintett magyar vidéknek (Dóka, 1997; Somogyi, 2000).

A Berettyó a Szilágy-hegység déli határán, a Réz-hegység Ponor csúcsa alatt ered. Innen északnyugati majd nyugati irányba folyik, majd Széplaknál észak felé kanyarodik, ezután Margittától az Érmellék mentén délnyugatnak tart. Az Alföldet Szalárdnál éri el, Berettyóújfaluig nyugatra folyik. Ezután (a szabályozások előtt) a Nagysárréten szétterülve, és a Hortobágyot felvéve Mezőtúr alatt ömlött a Körösbe (Reszeghy, 1943.).

A holocén bükk korszakban is folytatódó földtani sülyedés következtében a Nádudvar – Komádi – Gyula – Gyoma – Kunhegyes területen csaknem összefüggő mocsárvilág alakult ki, mivel az áradások során kiömlő és szétterülő vizek nem tudtak felszikkadni. (Mike, 1991)

A Huszár Mátyás vezette vízrajzi térképezés (1818 – 1823) szerint a Körösök és a Berettyó alföldi szakasza gyakorlatilag nem rendelkezik állandó parttal és mederrel, számtalan mellékágra szakad, amelyek elmocsarasítják az egész vidéket. A Berettyó Sárrétje kiterjedt mocsár volt még a XIX. sz. elején is.

A fokozódó elvizenyősödés legfőbb okaként a török hódoltság alatt elkezdődött, és azután egyre jobban fokozódó erdőirtások miatti intercepciós csapadéktárolási kapacitás-kiesést jelölik meg (Frisnyák, 1992).

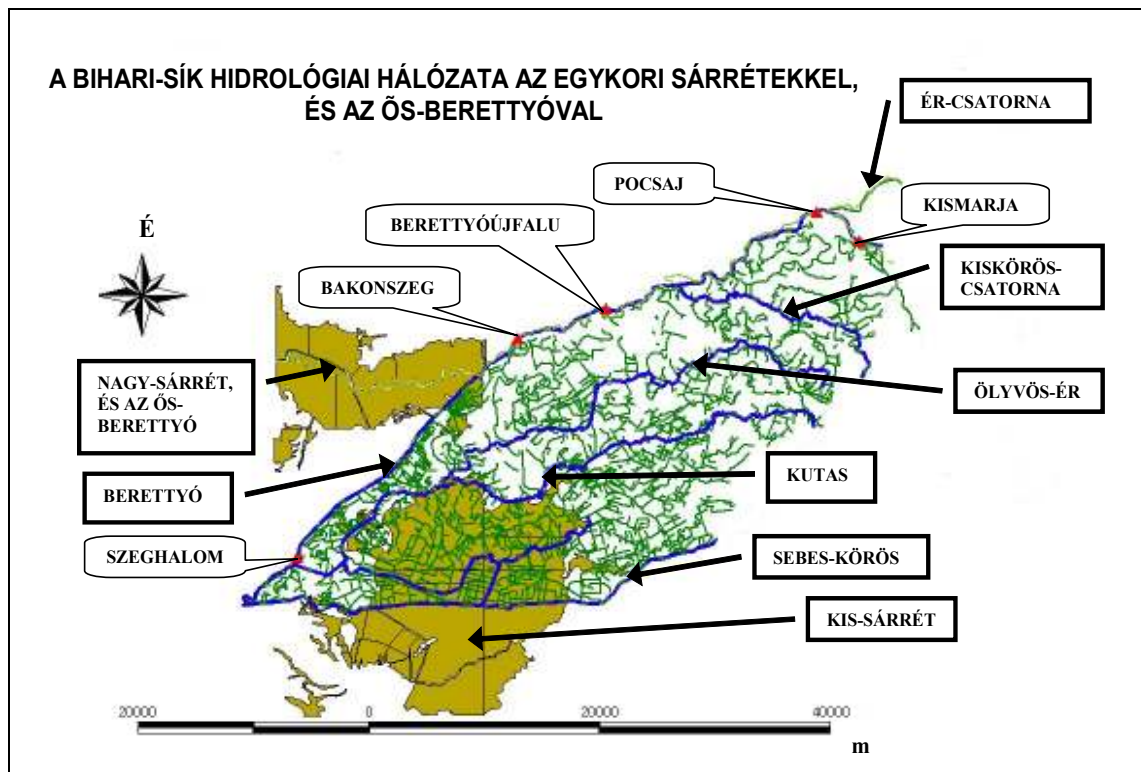
Egykorú levéltári alapján szerint az 1700-as évektől egyre sokasodtak a lakossági panaszok a falvak határának elmocsarasodása, az árvizek fokozódó mértéke és tartóssága miatt, amelyeket a későbbiekben a gátlástalan malomgátépítések is fokoztak. (Molnár, 1992).

A XVIII-XIX. sz. fordulójára a lakosság növekedése miatt a Körösök és a Berettyó szabályozása egyre időszerűbbé vált. Keleti irányban nem lehetett tovább terjeszkedni a hegyek miatt, az alföldi területeken a mocsarak akadályozták az intenzív földművelés bevezetését (Dunka, 2000).

A szabályozási munkálatok előtt a lápvilág áradáskor még kapcsolatba került nyugatról a Tisza középső szakaszával, délről a Sebes- és a Nagy-Körössel is. A mocsárvilág egyre növekedett, egyrészt a malomgátak, másrészt a lapos fekvés és a sűrű növényzet

miatt. A szabályozások tehát nem csak a termőterület-szerzést, hanem a további elmoszarosodás megakadályozását is célozták (Dunka, 2000).

Mára az ideiglenes és tartós elöntések következtében egykor kialakult mocsárvilág – a Kis- és Nagy-Sárrét – gyakorlatilag teljesen visszaszorult, (1. ábra), a mezőgazdasági művelésbe bevont élőhelyeken a biodiverzitás erősen lecsökkent.



1. ábra: A Berettyó és a Sárrétek a szabályozások előtt, és napjainkban, az egykori mocsarakkal (Kis- és Nagy-Sárrét) (DE ATC MTK Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék)

A XIX-XX. századi folyószabályozások után a Berettyó folyó és mellékvízeinek állandó mederbe való terelésével a folyó és vízgyűjtő területének lefolyási viszonyai jelentősen átalakultak, amely végérvényesen megváltoztatta a tájat, és a földhasználatot (Mike, 1991).

A Berettyó szabályozása hivatalosan 1855-ben indult el a Bakonszeg-Szeghalmi átvágással, a kétoldali töltések és a partvédőművek létesítésével. Az átvágások száma meghaladja a százat. 1945 után már csak Péterszeg, Váncsod, Hencida és Kismarja határában voltak átmetszési munkák, és mintegy 2 km hosszan partvédőmű építése (Nagy, 1971).

A folyót Bakonszeg alatt teljesen új ásott mederbe terelték, amely Szeghalom alatt éri el a Sebes-Köröst. A Berettyó eredeti medre (ma a Hortobágy-Berettyó-csatorna és az Ó-Berettyó) Mezőtúrnál torkollik a Hármaskörösbe (Ihrig, 1973).

A Bihari-síkon a hidrotechnikai szabályozások miatt a Berettyó és szinte valamennyi mellékvíze mesterséges mederben folyik, a jellegzetes mocsárvilág eltűnt. (Andrikovics et al. 2001)

Rakonczay (1992) szerint a Tisza vízgyűjtőjén történt folyószabályozási munkák mindegyike természetvédelmi szempontból egyértelműen kedvezőtlennek minősíthető.

Szász (1992) szerint a szabályozás közvetlen klimatikus következményei:

- A talaj nedvességtartalmának és hőkapacitásának nagyfokú csökkenése és ennek következményei
- A felső talajréteg és a felszínközeli légrétegek hőmérsékleti szélsőségeinek jelentős fokozódása
- A felszín energiamérlegének változása
- A párolgás éves összegének 50 – 60 %-os csökkenése
- Az ökoklimatikus feltételek kedvezőbbé válása, új sajátosságokkal rendelkező mikroklimatikus terek kialakulása

A szabályozások után a Tisza vízgyűjtőjén nedves, árvizekkel terhes, és száraz, árvízmentes periódusok követték egymást. Megemelkedtek az árvízszintek, süllyedtek a kisvízszintek, a nagyvizek időtartama és gyakorisága megnőtt, és megváltozott a mellékfolyók egymásra hatása stb. (Szlávik, 1992).

Az árvízszint emelkedésének okai részben az Alföldet övező hegységkeret mértéktelen erdőirtásaiban keresendők. Jakucs (1982, 1984) szerint a forrásvidékeken történő 10%-os erdőirtás a lefolyási koefficiens 5 %-os növekedését okozza. A másik ok a folyószabályozások miatti el nem párolgott vízmennyiség.

A Tisza szabályozása nem váltott ki éghajlatváltozást. Az elpárolgott víz nagy része a szabályozások előtt is a légköri advekción keresztül elsodródva, távoli vidékeken hullott le csapadékként. A maradék hányad a légkörben marad, de ez hazai viszonyok között alig haladja meg a 20 mm-t. Ez az elpárolgáshoz képest csekély mennyiség. Az elöntött, szabad vízfelületek csökkenésével – a Tisza esetében 38 500 km²-ről 1800 km²-re, a mai Magyarország területén 25 000 km²-ről 1200 km²-re – az elszállított légköri víz mennyisége csökkent jelentősen (Frisnyák, 1992.).

A Berettyó folyó és vízgyűjtője a folyamatos vízrendezések során mára szinte teljesen mesterséges mederben és vízszabályozási körülmények között található. A folyó természetes hidrogeológiai viszonyaira alapozva saját önszabályozó mechanizmusát igyekszik követni, amely az antropogén környezetben számos vízmennyiségi és minőségi problémát vet fel.

A koncepció nélkül átvágott mederszakaszok törvényszerűen meginduló meanderezése miatt sok helyen kellett partbiztosításokat építeni (OVH 1969; Mike 1991).

Napjainkban a Berettyó vízgazdálkodási szempontból egy alulról szabályozott belvízi főbefogadó, vízjárása szélsőséges, ezért fokozottan ki van téve a vízgyűjtőn előforduló diffúz és pontszerű szennyező források hatásainak és a határon túlról érkező terheléseknek egyaránt (Tamás és Bíró, 2001).

A folyószabályozást követően a vízsebesség, így az erózió is megnőtt, ezáltal a mederfenék is egyre mélyebb lett. Ez együtt járt a középvízszint csökkenésével, így a drénhatás következtében a talajvízszint is lecsökkent, és a folyó levezette a holtágak vizeit. A hullámtereken a vízháztartás rendkívül szélsőségessé vált (Dobrosi és Szabó, 2001).

Valamennyi – a Tisza és mellékfolyóihoz tartozó – ártéri és hullámtéri területről elmondható, hogy azok nem felelnek meg a fenntartható gazdálkodás követelményeinek. A vízmennyiségi problémák a legtöbb esetben vízminőségi gondot is okoznak (Haraszthy, 2000).

A mezőgazdasági eredetű nitrogénvegyületek csak ott szerepelnek elsőrendű forrásként, ahol más jellegű emisszióra nem lehet számítani. A mérhető mennyiségű nitrogén-szennyeződések a települési kommunális szennyvizeknek a következményei (Bíró et al. 1999).

Elmondható, hogy a Berettyó (és a Körösök) szennyezettsége elsősorban lokális vízminőségi problémákat okoz, a regionális változások nem jelentősek (Zsuga, 2003; Zsuga, és Szabó, 2005)

A Berettyó 25 éves BOI_5 idősorainak korábbi (1975 - 2000) elemzéseiből megállapítható, hogy a biológiailag lebontható szerves szennyezettség éves átlagának mértéke 3.8 mg/l (1977) és 5.5 mg/l (1985) között volt. Figyelemre méltó, hogy 1985 és 1995 között folyamatos csökkenés (1995: 4.2 mg/l) volt tapasztalható, ezután újra romló tendencia figyelhető meg (Hock, 2001).

A Berettyó esetében kimutatható, hogy a lebegve szállított, egységes szemátmérőjű (98%-ban homokliszt) hordalék főleg a Meszes és a Réz hegység kristályos kőzeteiből származik (Szabados, 2002).

Tikászné (1998) szerint Szeghalomnál a Berettyó vize a szerves mikroszennyezők alapján a magas cinktartalom következtében V. osztályú. Ugyanakkor az üledékekben kimutatható nehézfém és arzéntartalom alapján Hum és Matschullat 2002-ben megállapították, hogy a Berettyó a Müller-féle geoakkumulációs index-skálán (Müller,

1981; Müller et al. 1993; Matschullat, 2000) a 0-1 osztályba (gyakorlatilag szennyeződés mentes – enyhén szennyezett) tartozik.

A hidrológiai viszonyok alapvető dinamikus befolyást gyakorolnak a mederváltozások alakulására. A szabályozott és természetes vízfolyásokban egyaránt lejátszódó medergeometriai és medermorfológiai változások, pl. a meanderezés a legtöbb geometriai folyamathoz képest igen gyorsak lehetnek. A mérnöki tervezés folyamatába ezeket a néhány évtized alatt bekövetkező változásokat be kell vonni, mivel komoly fenyegetést jelenthetnek a települések, a vasút és úthálózatok, valamint egyéb infrastrukturális létesítmények szempontjából, ugyanakkor komoly hatást gyakorolnak a vízfolyás ökológiai jellemzőire, így a vízminőségre is (Timár és Telbisz, 2005).

A folyók a kompetenciájuknak, és a kapacitásuknak megfelelő egyensúlyi profilhoz igazítják medrüket. Ha olyan mesterséges meder készül, ami ennek nem felel meg, akkor az eredeti profil visszaszerzésére törekednek. Ez a mesterséges meder erodeálódásával, vagy feltöltődésével jár. A kanyarok átvágásával a hosszszelvény lerövidülése a folyóprofil megváltozásával, az esés megnövekedésével jár, így az egyensúlyi állapot visszaszerzésének érdekében a folyó bevág, erodeál. Ezt a Tisza keresztelvényeinek vizsgálata alátámasztja (Nagy et al. 2005).

A folyók környezetében az egymással összefüggő élő és élettelen tényezők szoros ökológiai kölcsönhatások rendszerét hozzák létre.

Sűrű növényzettel borított part esetében a gyökerek szövedéke növeli a partállékonyságot, a vegetáció pedig felveszi a lökészerű csapadékhozamokat is, ezáltal a vízhozam kiegyenlítettebb lesz, a területről származó hordalékmennyiség is csökken (Timár, 2005).

Ugyanakkor a hullámtéri sűrű növényzet az árvízi vezetőképesség romlásához vezet, mivel lecsökkenti az áramlási sebességet (Dombrádi, 2004).

A vízgazdálkodási beavatkozások és tevékenységek életközösségekre gyakorolt hatásai a következőképpen foglalhatóak össze:

1. A vízi életközösségek elsősorban a biológiai vízminőség (halobitás, trofitás, szaprobitás és toxicitás) és a fizikai-hidrológiai jellemzők (áramlási sebesség, tartózkodási idő, felkeveredés) változásaira érzékenyek. A biodiverzitást a vízfolyás mozaikossága, tagoltsága (mellék- és holtág, sziget, zátony, sarkantyú, alámosott part stb.) is növeli.
2. A vizes élőhelyek elsősorban a vízjárásra és annak változásaira érzékenyek.

A természetes vízjárás megváltozása a folyókat kísérő vizes élőhelyek terhelés- kiegyenlítő ill. -csökkentő szerepének gyengülésével és megszűnésével jár. Számos élőhelytípus visszaszorul, ill. eltűnik, a folyók öntisztuló képessége csökken, a halak ívőhelyei megszűnnek.

3. A vízfolyást kísérő szárazföldi társulások a talajnedvesség változékonyságára érzékenyek, ezt alapvetően a csapadék- és talajvízviszonyok határozzák meg. A vízgazdálkodási beavatkozások hatása a hosszabb reprodukciós periódusú domináns állományalkotó fajok miatt később jelentkezik (Istvánovics és Somlyódy, 2000.).

3.2. A téma hidrológiai és informatikai vonatkozásai

A környezeti problémák mellett a társadalmi-politikai-gazdasági kihívások is új igényekkel lépnek fel a környezeti modellek készítőivel szemben. A véges vízkészletekkel való gazdálkodás fenntarthatósága, a vizes és vízi élőhelyek, a biodiverzitás védelme, az EU Víz-Keretirányelv szigorú direktívái felértékeltek a komplex modellek jelentőségét. A jó ökológiai állapotot megfelelő hidrológiai jellemzőkkel kell alátámasztani.

A dublini és a riói konferencia ajánlásainak értelmében a vízgazdálkodási problémák és feladatok kilenc kulcskérdés köré csoportosulnak (Hajós, 1993):

1. Vízkészlet és éghajlatváltozás;
2. Határokon túlnyúló operatív hidrológia;
3. Urbanizáció;
4. Hegyvidéki vízgazdálkodás;
5. vízminőség;
6. Oktatás, képzés, technológiák és információk cseréje;
7. Műszaki segítségnyújtás;
8. Szervezetek közötti együttműködés;
9. Pénzügyi források;

A Környezeti Operatív Program (2006) környezetvédelmi szempontú SWOT elemzése szerint Magyarország vízgazdálkodási és hidrológiai gyengeségei a következők:

- A felvízi országokban történő beavatkozások döntően befolyásolják vízkészleteinket mind mennyiségileg, mind minőségileg.
- Felszíni víztesteink 46%-a vízszennyezés szempontjából kockázatos.
- Vízkár kockázatunk európai szinten igen nagy.

- Az ország teljes területén igen magas az aszály kockázat, valamennyi területünk aszály érzékeny.

- Ivóbázisaink nagy része sérülékeny környezetben helyezkedik el.

Kiemelendő, hogy a határokon túlról eredő vízszennyeződések hazánkban már alig kezelhetőek, felszíni vizeink hazai eredetű szennyeződése a közműollók miatt egyelőre elkerülhetetlen, a felszín alatti vizek felső rétegeiben, egyes területeken a helyzet kritikus.

2009-re el kell készíteni a vízgyűjtő-gazdálkodási terveket, amelyeknek a hazai vízgazdálkodási feladatok megoldása mellett meg kell felelniük az EU vízpolitikai elvárásainak is. A jó ökológiai állapot biztosítása mellett a vízkár-elhárítási feladatokat is biztosítani kell (Tóth, 2004).

A természetvédelmi és a gazdasági-műszaki érdekek egyeztetésének gyakori sikertelensége, a társadalmi-gazdasági igények érdemi változása végül a vízügyi döntés-előkészítési eljárás felülvizsgálatát eredményezte. A kormány által 2000-ben elfogadott Integrált Folyógazdálkodási Program javaslataiban meghatározták a korszerűsítés feladatait, és egy olyan értékrend kidolgozását, amely a különböző érdekek egyeztetési alapja lesz. A fejlesztés kulcsa az integrált vízgazdálkodás lesz, amely Európában most kezd kialakulni, de hazánkban már régi gyökerei vannak (Orlóci et al. 2004).

A vízgyűjtők integrált, fenntartható fejlesztésének kulcsa az anyagforgalom minél zártabbá tétele, az irreverzibilis veszteségek minimalizálása. Ahhoz, hogy ez megvalósítható legyen, olyan mérőszámokra, fenntarthatósági mutatókra van szükség, amelyekkel nyomon lehet követni a nagy területre kiterjedő és különböző ágazatok hatáskörébe tartozó beavatkozások hatásait (Bíró és Tamás 2002).

A szélsőséges vízgazdálkodási helyzetek gyakorisága időben gyakoribb, térben diszperzebbé vált (Láng et. al. 2004). Míg az Alföld Duna - Tisza közti területein folyamatos talajvízcsökkenéssel, addig a Közép-Tiszántúl területein emelkedéssel kellett számolni. A globális klímaváltozás ténye egyre kevésbé vitatott, míg hatásai a térbeli és időbeli felbontás növekedésével egyre bizonytalanabban határozhatóak meg (Bonta 2004, Varga-Haszonits és Varga, 2004). A földhasználat megváltoztatása vagy a vizes élőhelyek rehabilitációja egyaránt az alföldi területek vízgazdálkodásának pontosabb ismeretét sürgetik, a tér és időbeli eloszlásra vonatkozóan (Szabó et al., 2003).

A Somogyi Sándor vezette kutatói csoport a honi XIX századi folyó és ármentesítések földrajzi-ökológiai-klimatológiai-hidrológiai-talajtani komplex elemzését végezte el

(Somogyi 2000). Ez az elemzés is rámutat, hogy a vízgazdálkodási szempontból érzékeny területek lehatárolása, a sérülékenységek számszerűsítése meghatározó lépés az aktív vagy passzív beavatkozások kidolgozásához.

A térség hidrológia-térinformatikai modellvizsgálatát többek között Lénárt et al. (1997); Tamás és Lénárt, (1999); Tamás és Bíró, (2001); Bíró et al. (2003); Blaskó et al. (2003) végezte el.

Ugyanakkor integrált térinformatikai-hidrológiai-ökológiai nagyfelbontású döntéstámogatási rendszerek alig születtek. Jolánkai a Tisza River projekt (Jolánkai és Bíró, 1999; Jolánkai, 2004) kapcsán ezt a rendelkezésre álló alapadatok hiányának és gyenge minőségének tulajdonította.

Hidro-morfológiai szempontból a hullámteret felszíni depressziók, azaz cellák mozaikos rendszerének tekinthetjük, ahol az egyes elemeket természetes és/vagy mesterséges képződmények határolják el. A felszíni vízfolyások ökológiai problémáinak egyik fő oka a folyószabályozási munkák miatt megváltozott vízjárás, ezért a revitalizáció során kiemelt fontosságú a hidrológiai viszonyok javítása, rekonstrukciója. Ez gyakorlatilag a hullámtéri cellarendszer megfelelő átalakítását jelenti (Zsuffa et al. 2003).

A hidrológiai és hidroökológiai modellek és módszerek szerepe egyre inkább növekszik mind a vízkészlet-gazdálkodásban, mind a környezetvédelemben. Ennek okai a következők:

- Nő az igény a hidrológiai és ökológiai folyamatok minél pontosabb, különböző léptékű térbeli és időbeli leírására (Bíró et al. 2003)
- A hidrológiai modelleknek nagyon erős a kapcsolatuk a biológiai és ökológiai modellekkel (Tamás, 2005).
- Fokozódik a szükséglet az emberi tevékenység vízminőségre és a hidrológiai ciklusra gyakorolt hatásának részletes elemzésére. A hazai és a nemzetközi elvárások kielégítésének meghatározó eszköze a komplex hidrológiai-hidrodinamikai modellek alkalmazása (Zsuffa és Bogárdi, 1997; Tamás, 2004).
- A térbeli döntéstámogató rendszerek fejlesztése és használata egyre indokoltabbá válik a környezetmérnöki precíziós terepi munkában, a környezeti terepi adatgyűjtésben, a távoli adatok lekérdezési lehetőségének kialakításában stb (Lénárt és Tamás, 2002).
- A távérzékelési adatok felhasználása egyre nagyobb hangsúlyt kap a környezeti modellezésben. Ezek nagymértékben hozzájárulnak a hidrológiai paraméterek pontosabb leírásához (Tamás, 2004).

- A meteorológiai, hidrológiai, ökológiai, vízminőségi, medermorfológiai adatok összegyűjtése komoly problémát vet fel, mivel ezek nagy számban állnak rendelkezésre, de más-más szervezeteknél és intézményeknél lelhetőek fel. Ez gyakran azzal jár, hogy együttes használatuk is nehézkes, hiszen különböző szempontok szerint vették fel az adatokat, és kiértékelésük is eltérő módszerekkel történt (Somlyódy, 2000).

A Manning-féle mederérdességi tényezők helyes felmérése rendkívül fontos a modellezés pontossága szempontjából (Manning, 1890). A mederérdességek értékei rendkívül változatosak lehetnek, és nagymértékben függenek a legkülönbözőbb környezeti tényezőktől, pl. a mederfelszín érdességétől, a meder benőttségétől, ennek megfelelően a vegetáció évszakos változásaitól, a meder vonalvezetésétől, a mederben elhelyezkedő természetes ill. mesterséges akadályoktól és műtárgyaktól, a leülepedett és a lebegtetett hordalék mennyiségi és minőségi jellemzőitől, a hőmérséklettől stb.

A mederérdességi tényezők a felszíni vízfolyástípusokra leolvashatóak táblázatból (Chow, 1959), de a helyi mederviszonyok ismeretében (hidraulikai sugár, a hordalék szemcsemérete stb.) módosíthatóak Cowan (1956), Limerinos (1970), Jarrett, (1984) szerint (User's Manual. HEC-RAS 2002).

A felszíni vízfolyások medrének szállítóképességét befolyásoló összes lényeges energiaátalakulást nem lehet egyetlen tényezőbe sűrítve figyelembe venni. A részletes szöveges jellemzések sok segítséget adnak a mederérdesség becsléséhez, de ezek nem mérhető mennyiségek (Chow 1959, Kozák et al. 1981).

Ennek ellenére ez a legáltalánosabban használt módszer a vízfolyások jellemzésére, mivel egyszerű, és a többi jóval bonyolultabb módszer sem ad lényegesen jobb eredményt a gyakorlatban (Rátky és Farkas, 2003).

A mederben és a vízgyűjtőn lejátszódó folyamatok (a hidrológiai folyamatok sztochasztikus jellege, a vízgazdálkodás és a földhasználat változásai, az erdőgazdálkodás során végbemenő intercepciós tározódási-kapacitás ingadozásai stb.) nagyban megnöveli az elemzések és előrejelzések térbeli és időbeli bizonytalanságát. A térbeli bizonytalanság és kockázat kezelése a hagyományos mérnöki gyakorlattól szokatlan megközelítést követel: kulcsszerepet kap a megelőzés és az ökológiai rendszer visszacsatolásának beágyazása a tervezésbe és a működtetésbe (Istvánovics és Somlyódy, 2000).

A modell integrációk különböző fokai (adatcsere, közös felhasználói felület, natív módon integrált rendszerek) képessé teszik a felhasználót arra, hogy a szükségleteknek

megfelelő léptékben hozhasson létre valós idejű előrejelzési és ellenőrzési, illetve előrejelzési és tervezési modelleket.

A hidrológiai és térinformatikai programok gyakorlati alkalmazásának az egyik legnagyobb gátja a programok I/O (input-output) kvázi szabványosítása, illetve a hidrológia alapadatok bizonytalanságának kezelése (Zsuffa és Bogárdi, 1997).

Ugyanakkor számos hidrológiai program közös adatbázison, és azonos geometriai és hidraulikai számítási metódusokon alapul. (Tamás és Bíró, 2001).

3.3. A biológiai vízminősítés témára vonatkozó szakirodalma

Az ökológiai szemlélet holisztikusan kezeli az egész vízgyűjtőt és az azon lejátszódó folyamatokat. Módszertani okokból azonban a víz minősítését külön lehet csak elvégezni, és annak az eredményeit lehet beilleszteni egy integrált környezeti modellbe.

A vízminőségi jellemzők a következő csoportokba sorolhatók (Thyll, 1998):

- Organoleptikus (érzékszervi hatású) jellemzők;
- Fizikai jellemzők;
- Kémiai jellemzők;
- Biológiai jellemzők;
- Mikrobiológiai jellemzők.

Az általános vízminősítési rendszerek abból a célból alakultak ki, hogy a különböző területek kutatói, a döntéshozók, valamint a nyilvánosság egyaránt használható adatokat kapjanak mind a fennálló állapotról, mind a változásokról (Benedek et al. 1979).

A vízminősítésnek két formája terjedt el a gyakorlatban, az egyik a vízminőségi osztályokba történő besorolás, a másik az ún. vízminősítési index (WQI= Water Quality Index). Hazánkban elsősorban az előbbit alkalmazzák. Az angolszász országokban inkább a Brown és munkatársai által Amerikában kidolgozott vízminősítési indexet használják, amelynek azóta több továbbfejlesztett változata létezik (Brown et al. 1970, 1972).

A hazánkban folyó biológiai vízminősítési kutatások főbb irányvonalai a következők (Együttműködési Megállapodás, 2003):

1. A biológiai minősítéssel kapcsolatos alapozó elemzések (folytatva a 2002-ben elkezdett kutatásokat)
 - Indikátor jellemzők pontosítása élőlény-együttesenként;
 - Felszíni vizek minősítésének lehetőségei makrofita alapján;
 - Nagyobb folyóink halfaunisztikai minősítésének megalapozása;

- A fitobentonra vonatkozó minősítési rendszerek összehasonlítása és kipróbálása hazai teszterületeken;

- Álló és folyóvizek makrogerinctelen fauna alapján történő minősítésének szempontjai.

2. A Víz Keretirányelv (VKI) által igényelt biológiai minősítési rendszer megalapozása:

- A hazai minősítési rendszerek alkalmazhatóságának értékelése a VKI követelményei szempontjából;

- A VKI szerinti 5 osztályos biológiai minősítés módszerére vonatkozó javaslat kidolgozása, figyelembe véve a térbeli és időbeli változékonyságot;

- Tesztelés a munkában résztvevő kutatóknál hozzáférhető adatok alapján, és figyelembe véve a PHARE-program keretében gyűjtött adatokat is;

- Biológiai jellemzők (biológiai indikátor paraméterek) mennyiségi mutatóinak meghatározásához szükséges mérési módszerek (monitoring előírások) áttekintése, a hazai egységesítésre vonatkozó javaslat elkészítése.

Az alábbiakban részletezendő, általam is használt Magyar Makrozoobenton Család Pontrendszer (MMCP) rendszer egyik előnye, hogy vízminőségi indexek alapján végez osztályba sorolást, ezzel egyesítve a két módszert.

A biológiai vízminősítés módszerei

Közép-Európában a vízminőség indikálására elsősorban a szaprobiológiai rendszert használják, amely a XIX. sz. közepétől napjainkig folyamatosan fejlődik (Liebmann, 1951; Sladeczek, 1973; Gulyás, 1998). Az előforduló élőlények alapján hiteles szaprobítási valencia, azaz tűrési tartomány állítható elő, amely egy adott faj toleranciáját jellemzi a biológiailag lebontható szennyeződésekkel szemben. A szaprobításon alapuló vízminőségi osztályok megállapításához Moog (1991, 1995) munkája használható fel. A gyakorlatban ötfokozatú besorolást alkalmaznak a felszíni folyóvizek szaprobítási valencia alapján történő vízminősítésében (Kiss, 2001, 2003).

Magyarországon jelenleg négyféle biológiai vízminősítő rendszer használatos (Németh, 1998):

- A Felföldi-féle, négy tulajdonságsoportra (halobitás, trofitás, szaprobítás, toxicitás) épülő tízfokozatú rendszer, amely integrálja a Moog- féle besorolást is (Felföldi 1974, 1987);

- A MSZ 12749: 1996 előírásai szerinti, az oxigén, nitrogén, foszfor-háztartás jellemzőin, a mikrobiológiai és toxikológiai jellemzőkön alapuló ötfokozatú rendszer (MSZ 12749: 1996);
- A Dévai és munkatársai által kidolgozott sokváltozós ökológiai módszer, amely az egyes ökológiai jellemzőkhöz rendelt kódszámok alapján határozza meg az aktuális és globális tipológiát [Dévai 1999];
- A makrozoobenton család-taxon prezencia pontrendszer (MMCP)

A makrozoobenton család-taxon prezencia pontrendszer (MMCP)

Angliában a BMWP (Biological Monitoring Working Party) – pontrendszer jól bevált a felszíni vízfolyások vízminősítésében (NRA 1990). Ez a módszer csak Nagy – Britanniában alkalmazható, mivel az ottani vízi gerinctelenek közösségeinek vizsgálatán alapul.

Az MMCP (Magyar Makrozoobenton Család Pontrendszer) (Csányi 1998; VITUKI 1997) a BMWP adaptálása hazai viszonyokra. Segítségével elvégezhető a biológiai vízminősítés a makrozoobentonból vett reprezentatív minta faji szintű meghatározása nélkül is, amely sok esetben speciális taxonómiai ismereteket igényel. A minősítés módszere kvalitatív, a prezencia – abszencia (jelenlét-hiány) viszonyok alapján működik.

A biodiverzitás és mérése

A biológiai változatosság egyetlen számmal való leírására a biodiverzitási indexek használatosak. Ezek kifejezik a fajszámok és az egyedszámok viszonyát, függetlenek a minták számától és nincs dimenziójuk. Kifejezetten összehasonlító elemzésekre alkalmasak. A leggyakrabban alkalmazott diverzitási indexek a Shannon-féle (1. egyenlet), a Simpson-féle (2. egyenlet) és a McIntosh-féle (3. egyenlet) diverzitási index (Németh, 1998; Standovár és Primack, 2001).

A Shannon – függvény inkább a ritka fajokra érzékeny, a Simpson függvény a domináns fajok egyedszámára érzékeny.

A Shannon-féle diverzitási index (1949)

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \qquad H = -\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{X} \log_2 \frac{x_i}{X} \qquad \text{1. egyenlet}$$

p_i : az i -edik faj előfordulási gyakorisága az élőlényegyüttesben

x_i : az i -edik fajhoz tartozó egyedszám

X : a mintában megszámlált összes egyedek száma

n : a mintában előforduló fajok száma

A Simpson-féle diverzitási index (1949)

$$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n x_i(x_i - 1)}{X(X - 1)} \quad \text{2. egyenlet}$$

x_i : az i -edik fajhoz tartozó egyedszám

X : a mintában megszámlált összes egyedek száma

n : a mintában előforduló fajok száma

A McIntosh-féle diverzitási index (1967)

$$D = \frac{X - \sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2}}{X - \sqrt{X}} \quad \text{3. egyenlet}$$

x_i : az i -edik fajhoz tartozó egyedszám

X : a mintában megszámlált összes egyedek száma

n : a mintában előforduló fajok száma

A Simpson-formula egyszerűsített változata populációgenetikai értelemben a véletlenszerű párosodásból várt heterozigótáság relatív gyakoriságát adja meg (Vida, 1996).

Az élőlény-együttes adott össz-egyedszáma mellett a diverzitás számszerűen kifejezett minimum- és maximum-értéke a következő feltételek mellett teljesül (Précsényi 1981):

- Minimális a diverzitás, ha az élőlényegyüttes minden egyede egy fajhoz tartozik
- Maximális a diverzitás, ha az élőlényegyüttes minden egyede más fajhoz tartozik, illetve ha minden faj egyedszáma azonos

A taxondiverzitás módszerei csak a komponensek számát és egyenletességét (4. egyenlet) veszik figyelembe. Ezek a mértékek értéksemlegesek, azaz csak az előbbi tényezőkre érzékenyek. A természetvédelemben használt biodiverzitás fogalomba be kell vonni a szereplő taxonok természetvédelmi ill. ökológiai értékét és szerepét is, mivel az előzőek értelmében a diverzitás és a biodiverzitás nem feltétlenül szinonim fogalmak (Pielou, 1995).

Az egyenletesség (evenness=ekvitabilitás) kiszámítása

$$E = \frac{H}{H_{max}} \quad H_{max} = \log_2 n \quad \text{4. egyenlet}$$

E : egyenletesség

H : a diverzitás

H_{max} : a diverzitás adott n fajszám melletti lehetséges maximuma

n : a mintában előforduló fajok száma

A kompozíciós (florális) diverzitás a létező fajkombinációk számát és egyenletességét méri (Juhász-Nagy 1980; Juhász-Nagy és Podani 1983). Mértéke függ a térléptéktől.

A korlátok miatt több kutató szerint a diverzitás indexek önmagukban való alkalmazása nem ajánlott, más módszerekkel együtt azonban használhatóak a környezeti hatások nyomkövetésére

Az ökológiai diverzitás mérésének alapjául szolgáló csoportok kialakítása történhet pl. egy jellemző ökológiai stratégia, egy biotikus vagy abiotikus környezeti tényezővel szembeni viselkedés alapján is. Az élőhelyek (habitatok) diverzitása is vizsgálható a fentiek alapján, de ehhez szükséges egy megfelelő, egységes élőhely-osztályozási rendszer megléte is (Standovár és Primack 2001). Ez a feltétel teljesült az Általános Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer (Á-NÉR 1997) felállításával.

Mivel jelenleg még nincs sem elméleti, sem gyakorlati lehetőség adott évre a teljes fajkészlet (taxonómiai leltár) elkészítésére, biodiverzitás-indikátorokat kell alkalmazni. Biodiverzitás-indikátor minden olyan jellemző, amelynek rendszeres mérésével a biodiverzitás bizonyos elemeinek trendjeiről kapunk képet.

A potenciális biodiverzitás-indikátor sajátosságoknak három fő csoportjuk van (Noss, 1990):

- Kompozíciós (pl. faji összetételre, taxon-diverzitásra jellemző stb.) változók;
- Strukturális (pl. talaj-, vegetációszerkezetre jellemző) változók;
- Funkcionális (az anyagforgalomra, a produktivitásra jellemző) változók.

A gyakorlatban alkalmazható indikátoroknak a következő sajátosságokkal kell rendelkezniük (Standovár és Primack 2001):

- Legyen könnyen regisztrálható a nem specialista számára is;
- Legyen a megfigyelő személyétől függetlenül jól ismételtően regisztrálható;
- Alkalmazásával reális költségekért megbízható adatokhoz lehessen jutni;
- Ökológiai szempontból legyen értelmes, azaz könnyen interpretálható adatokat szolgáltatson.

Egy ideális indikátorfaj jellemzői különböző tanulmányok kritikai elemzése alapján (Hilty és Merenlender, 2000):

- Egyértelmű taxonómiai besorolás;
- Ismert biológiai és életmenet tulajdonságok;
- Ismert környezeti tűrőképesség;
- Ismert válaszok a környezet változásaira;
- Széles elterjedtség;

- Korlátozott mozgékonyság;
- Kis genetikai és ökológiai variabilitás;
- A populációs trendek jól felismerhetőek;
- Specialista faj;
- Könnyen megtalálható és mérhető;
- Jelenítsen meg más (politikai, társadalmi, gazdasági) értékeket is.

A jövőben számítani lehet arra, hogy a strukturális indikátorok alkalmazásának gyakorisága megnő a környezetminősítésben. Egy életközösség egyedeinek teljes faji szintű kvalitatív és kvantitatív azonosítása gyakorlatilag lehetetlen, speciális szakmai ismereteket, nagy anyagi és időbeli ráfordítást igényel. A strukturális indikátorok (mozaikosság, horizontális és vertikális zonalitás, ezek térbeli és időbeli változásai) viszont jól vizsgálhatóak térinformatikai ill. távérzékelési módszerekkel, és az adatok gyűjtése, valamint az adatforrások hozzáférhetősége is egyre könnyebbé válik (Á-NÉR, 1997).

3.4. A környezetállapot-értékelés jelentősége a vizes és vízi élőhelyek esetében

A környezeti problémák és fenyegetések akkor kapnak megfelelő hangsúlyt a társadalomirányítási rendszerekben, ha tényszerűen, és a döntéshozók által is érthetően meg tudjuk állapítani a környezeti károk okait és mértékét, és az ezekben rejlő veszélyeztetettséget (Konkolyné et al. 2003). Az Európai Hivatal szerint a környezeti mutatók szerepe elsősorban az adatközlést szolgálja, tehát alapvető szerepük a kommunikációban van (Smeets és Weterings, 1999).

A társadalmi irányítási rendszerek szempontjából a környezeti mutatóknak olyan könnyen interpretálható rendszerét kell létrehozni, amelyek megkönnyítik a döntéshozatalt mind a különböző rendeletalkotói, mind a végrehajtói szinteken.

Ezeket a szempontokat figyelembe véve a környezeti problémákat a következő négy szempontból érdemes megvizsgálni (Shah, 2000):

- Környezeti elem szempontú megközelítés – a föld-víz-levegő – mint fő környezeti elemek, és az épített környezet állapotának felmérése;
- Terhelés – válasz szempontú megközelítés – az antropogén tevékenységek és a környezet interakcióit és azok következményeit vizsgálja;
- Forrás felmérő megközelítés – a természeti erőforrások nyomon követése kiaknázásuktól, feldolgozásuktól és felhasználásuktól a biogeokémiai ciklusba való visszakerülésükig;

- Ökológiai megközelítés: a környezeti állapotot az élőlények, mint bioindikátorok reprezentálják, a megjelenésükben felismerhető mintázatok értékelése alapján. A könnyebb értelmezhetőség érdekében célszerű pl. az ökológiai indexek, vagy az ökológiai modellek alkalmazása.

Hazánkban többek között a Nemzeti Fejlesztési Terv (NFT), a hozzá illeszkedő Nemzeti Vidékfejlesztési Terv (NVT) és az Agrár- és Vidékfejlesztési Operatív Program az a terület, amelynek szüksége van a környezeti indikátorok felhasználására, elsősorban agrár-környezetvédelmi és agrár-környezetgazdálkodási szempontok szerint (Ángyán, 2005).

A környezeti állapot megfelelő szintű felmérésének szerepe van a Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer kiépítésében (Országos Biodiverzitás-monitorozó Szolgálat létrehozása), de alkalmazhatóak valamennyi vízminőségvédelmi, környezet- és természetvédelmi programban (VAHAVA, Víz-keretirányelv) is.

A WFD CIRCA (Communication & Information Resource Centre Administrator) a Víz Keretirányelv Közös Végrehajtási Stratégiájával kapcsolatos információcsere eszköze. Ezt a szerepét többek között azzal tölti be, hogy tartalmazza mindazokat a dokumentumokat, amelyeket a Víz Keretirányelv Közös Végrehajtási Stratégiája alapján az EU szinten létrehozott különböző szervezeti egységek – munkacsoportok, fórumok, stb. – kidolgoznak.) Ez lehetővé teszi a fenntartható földhasználat és vízkészlet-gazdálkodás ok-okozati rendszerének hatékony megértését és fejlesztését.

Célszerű, hogy olyan környezetminősítési rendszereket dolgozzunk ki, amelyek több területen is felhasználhatóak, természetesen szem előtt tartva azt, hogy a különböző tevékenységekhez speciális, az ott dolgozó szakemberek által kifejlesztett vagy kifejlesztendő metodikára is szükség van.

Erre szemléletes példa, hogy az USA valamennyi tagállama saját, egyedi környezetminősítési rendszert dolgozott ki a vizes élőhelyek állapotának felmérésére. Ez indokolt, hiszen figyelembe kell venni a különböző éghajlati és környezeti adottságokat, amelyek mennyiségileg és minőségileg is eltérő ökológiai hatásmechanizmusokkal járnak (Fennessy et al., 2004).

A vizes élőhelyek fogalma (A Ramsari Egyezmény Kézikönyve (1999) alapján:

"Wetland"-nek, azaz vizes élőhelynek nevezzük azokat a területeket, ahol a természeti környezet és az ahhoz tartozó növény- és állatvilág számára a víz az elsődleges meghatározó környezeti elem. Ahol a talajvíz szintje a felszín közelében van, vagy ahol a talaj időszakosan vagy állandóan vízréteggel borított, sokféle megtalálhatók.

Világmevetú megállapodás lévén az egyezmény meglehetősen széles megfogalmazást alkalmaz a vizes területek meghatározására, mely a következő: "mocsarak, ingoványos és tőzeges területek, vagy vízi élőhelyek, melyek lehetnek természetesek, mesterségesek, ideiglenesek, és állandóak, folyó- vagy állóvizek, édesvízúek avagy fűlsósak (brakkvíz) és sósak ide értve azon tengeri területeket, melyek mélysége nem haladja meg a hat métert apály idején." (Scott és Jones, 1995)

Ugyanakkor a vizes területek:

"magukba foglalhatják a parti, tengerparti részeket közvetlenül a vizes élőhely területe mellett, valamint szigeteket és apály idején hat méternél mélyebb tengervíz testeket is, melyek a vizes élőhely területén belül vannak. "

Nemzetközi szinten általánosan öt nagy csoportot különítenek el osztályozásuknál:

- tengeri élőhelyek (partvidéki vizes területek tengerparti lagúnákkal, továbbá sziklás partok és korallszirtek);
- deltához kapcsolódó élőhelyek (delták, árapály mocsarak, és mangrove mocsarak);
- tavi élőhelyek (tavakhoz kapcsolódó vizes területek);
- folyómenti élőhelyek (vízfolyások mentén);
- mocsári élőhelyek (mocsarak, lápok és náddal borított fertők).

További csoportot alkotnak az ember által létrehozott vizes élőhelyek, melyek közé a hal-, kagyló vagy garnélarák-nevelő tavak és tengerparti területek (akvakultúrák), mezőgazdasági tavak, öntözött mezőgazdasági területek, sólepárlók, víztározók, bányatavak, szennyvízülepítő tavak és csatornák tartoznak. (8004/2003. K. Ért. 11. KvVM, 2003)

Ugyanakkor a nemzetközi és a magyarországi gyakorlatban sok kutató a vizes élőhelyek körét lényegesen leszűkíti és elkülöníti egymástól a vizes és vízi élőhelyeket. (Cowardin et al., 1979; Lakatos et al., 2000). Amennyiben egy vízrendszeren belül egyes víztereket és víztesteket vizsgálunk, még további finomítások is szükségesek lehetnek.

Magyarország ramsari területeinek kijelölése nem tartalmazza a szűkebben vett értelmezést, tehát nem tesz különbséget az IUCN által ajánlott (Dugan, 1990) palustrin (mocsaras és lápos), lacustrin (tavi, tavakhoz kapcsolódó), és a riverin (folyóvölgyi) élőhelyek között. A víztereken és víztesteken kívül idetartoznak a vizeket kísérő élőhelyek is, akár természetes, akár mesterséges jellegűek. Ezt a költöző madarak védelmében hozott ökológikus szemléletet érdemes érvényesíteni egyéb környezet- és természetvédelmi területeken is.

A vizes élőhelyek természetvédelmi, funkcióit, értékeit, és az őket veszélyeztető antropogén tényezőket az 1., 2. és a 3. melléklet tartalmazza.

A megbízható és eredményes környezetállapot-értékeléshez a környezeti indikátoroknak a következő tulajdonságokkal kell rendelkezniük:

- Legyen kis természeti, időbeli és térbeli változatosságuk;
- Legyenek érzékenyek a környezeti körülmények változásaira;
- Világosan értelmezhetőek legyenek;
- Legyenek költséghatékonyak, és egyszerűen alkalmazhatóak;
- Legyenek alkalmazhatóak az adott régióban;
- Mint az ökoszisztéma állapot-indikátorai, hordozzanak biológiai szempontból jelentős információkat;
- Legyenek egyszerűen vagy általánosan mérhető referencia-adatok a környezeti állapot gyakori és jellemző küszöb-értékeiről, és ezek összehasonlíthatóak legyenek az egyszerű indikátorok által reprezentált mutatócsoportokkal;
- Ne legyen destruktív eleme az ökoszisztémának;
- A részeredmények összegezhetőek, és a laikusok számára is értelmezhetőek legyenek. (Kent et al., 1992; Cairns et al., 1993; Breckenridge et al., 1995; Turner et al., 1995;).

3.5. A vízfolyások revitalizációjának kérdései, ökológiai és agrár-környezetvédelmi jelentőségük

Az EU Víz Keretters (2000/60/EK) célul tűzte ki, hogy a tagországok víztereiben el kell érni a jó ökológiai állapotot az érvénybelépéstől számított 15 éven belül. Ennek elérése érdekében először minden tagországban fel kell mérni a felszíni vizek és a vízgyűjtő területek ökológiai állapotát. Ehhez kapcsolódik az Európai Nitrát Irányelv (91/676/EGK), amely többek között javasolja bizonyos mezőgazdasági területeknek a vizes élőhelyek rehabilitációjával párhuzamosan történő művelés alóli kivonását a felszíni és felszín alatti vizek érdekében.

A felszíni folyóvizek hullámterei kulcsszerepet tölthetnek be egész régiók ökológiai revitalizációjában, mivel ezek a folyórendszerekre épülő ökológiai hálózatok biológiai „generátor központjai”(de Groot et al., 1990).

Mivel a hullámtér a vízfolyások „ökológiai ütőere”, biztosítja az ökológiai sajátosságok, így a biodiverzitás fennmaradását. Az ezzel össze nem egyeztethető táj- és

földhasználati módokat meg kell szüntetni, vagy legalább minimálisra kell csökkenteni (László, 2004).

A tényleges tájhasználatot a területen gazdálkodóknak kell kialakítaniuk, minden természeti és társadalmi-gazdasági adottság figyelembevételével.

A vízi környezet védelme szempontjából természetesen csak az lehet megoldás, ha vízgyűjtő területben gondolkodva alakítjuk ki a környezettudatos vízgazdálkodási módszereket, párhuzamosan a környezetkímélő mezőgazdasági technológiák kifejlesztésével és bevezetésével. Így egyaránt kivédhetőek mind a pontszerű, mind a diffúz szennyeződések káros hatásai is (Fekete et al. 1991).

A vízminőség-szabályozás és az élőhelyek rehabilitációja vagy revitalizációja sohasem lesz könnyű feladat, és gyakran teljes mértékben nem is lehetséges. Ugyanakkor az eddigi gyakorlatból levonható az a tanulság, hogy a problémák térbeli és időbeli, egyik közegből a másikba való áthelyezése kizárja a fenntartható jövőt (Somlyódy, 2000).

A vízfolyások rendezésében a hagyományos, műszaki-gazdasági elvek kizárólagossága az ökológia és a környezettudományok fejlődésével megszűnt. A következő környezet- és természetvédelmi elvek jelentősége viszont megnőtt:

- A vízminőség, vízháztartás, talajvízháztartás megőrzése és/vagy javítása;
- A biodiverzitás, az ökológiai potenciál fejlesztése;
- Egészséges környezet;
- Tájesztétika.

A vízrendezési beavatkozások új elveivel és megoldásaival a következő célokra kell törekedni, a természetközeli és fenntartható gazdálkodás megvalósítása érdekében:

- Tájbailleszkedés, a táj esztétikai értékeinek növelése;
- Fajgazdag, természetközeli biocönózist fenntartó biotóp megőrzése, fejlesztése, vagy létrehozása;
- Változatosság;
- Természetes anyagok alkalmazása;
- Erózió és deflációvédelem;
- A tisztulóképesség javítása;
- A természetes fejlődés lehetősége a viszonylagos dinamikus egyensúly keretein belül. (Gulyás et al. 1989).

Szükséges annak tisztázása, hogy a vízterek, vizes élőhelyek esetében milyen kezelési formák lehetségesek, mivel sem a hazai, sem az angolszász szakirodalomban nincsenek pontos definíciók ebben a kérdéskörben (Kováts és Paulovits, 2001).

Göri (1996) szerint Magyarországon a következő természetvédelmi kezelések léteznek:

- Prezerváció – a természetes szukcesszió folyamatának biztosítása;
- Konzerváció – egy kedvező állapot rögzítése;
- Rehabilitáció – egy degradált rendszer helyreállítása a létező maradványok segítségével;
- Rekonstrukció – egy már eltűnt ökoszisztéma visszaállítása;
- Konstruktív – mesterséges, új vizes élőhelyek létesítése.

A revitalizáció fogalma azonban nem csak természetvédelmi célú megközelítéseket tartalmaz. Lényege, hogy egy degradálódott vízfolyásszakaszt a következő három szempontnak megfelelően alakítunk át (Bócz, 2003):

- 1) A vízi ökoszisztéma számára megfelelő, természetközeli állapotú legyen;
- 2) A környező települések árvízvédelme biztosítva legyen;
- 3) A vízfolyáshoz kapcsolódó vízhasználati igényeket kielégítse.

A vízfolyások ökológiai állapotának javítása csak vízgyűjtő területben gondolkodva oldható meg, és külön feladatot jelent a vízfolyások változatos élőhely jellegének, és a vízgazdálkodás elvárásainak összehangolása (Bardóczy et al., 2004).

Az egységes vízgyűjtő elv értelmében, amikor az optimális ökológiai feltételek megállapítására és kialakítására törekszünk, biztosítanunk kell a dinamikus szukcesszionális kapcsolatokat a víztest, a partszegély, és a távolabbi szárazföldi vizes társulások között. Ez a kapcsolatrendszer természetesen az egész vízgyűjtőre kiterjed, de a munkát a gyakorlatban csak részterületenként haladva lehet elvégezni (Ferencz és Sziebert, 2003).

A természetes és mesterséges vízfolyások az adott vízgyűjtő ökológiai és zöld folyosó hálózatában elsődleges szerepet tölthetnek be folyamatosságuk miatt. Kívánatos lenne, hogy az egész vízfolyás, kísérő társulásaival egyetemben homogén, természetes élőhelyek sorozatából álljon. Ha ez nem lehetséges, akkor jöhetnek számításba az elsődleges és másodlagos ugródeszkák (ugrókövek = stepping stones), megszakított, de hasonló, ill. megszakított, különböző élőhelyek sorozata. Az ökológiai folyosók és ugródeszkák a természetes rendszer eredeti, vagy helyreállított maradványaiból állnak, az ún. zöld folyosókat az ember alakítja ki (Gyulai, 1996).

Az árterek, holtágak, medencék víztesteiben kialakult, vagy kialakítandó természetes (vagy természetközeli) vízi társulások alapvető életfeltétele a legalább 1-2 m mély víz jelenléte, amely időszakosan átöblítődést igényel. Ezt eredetileg a tavaszi árvizek

biztosították. A növényzet (fitocönózis) reliktum, endemikus, és védett fajokban gazdag (Simon, 1996).

A vizes és vízi élőhelyek elsősorban a vízborítottság függvényében változnak. Ezért nemcsak a tengerszint feletti magasságot kell figyelembe venni, hanem az érkező teljes vízmennyiség idősorait is (Magyar és Tombácz, 2004).

Fontos tényező, hogy az ökológiailag szükséges vízmennyiség milyen medergeometriájú keresztmetszvényeken folyik le. A lassú és mély vízfolyások esetében pl. aerob zóna alakulhat ki, csökkentve az öntisztuló-képességet (Reichholf, 1988).

Természetesen biológiai és gazdasági szempontból sem mindegy, hogy ezek az élőhelyek egybefüggő foltokban vagy keskeny sávokban helyezkednek el. Lényeges az is, hogy milyen jellegű ökológiai gazdálkodás folyik a területen, pl. hullámtéri erdő-, legelő, nád-, gyepgazdálkodás, halászat stb. (Haraszthy, L. 1996; Dobrosi és Szabó 2001).

3.6. A többváltozós statisztikai módszerek alkalmazása a dolgozatban

A megfigyelési egységeink mérési értékek (fizikai, kémiai és biológiai mennyiségek), ugyanakkor valószínűségi változóknak tekintjük őket. Ennek az az oka, hogy először a többváltozós matematikai statisztika használta ezt az eljárást dimenziószám csökkentésre. Azonban a probléma leírható algebrai módszerekkel is, és így a valószínűségi megközelítés mellőzhető (Elek, 1995).

A faktoranalízis során, ha egy eredményváltozót nagyszámú változó befolyásol, akkor az ezekről nyerhető információkat néhány hipotetikus változóba sűrítethetjük. A közös faktorok száma az eredeti változók számának egyötöde, egyhatoda (Jahn és Vahle, 1974).

A főfaktor-analízis során olyan közös faktorok meghatározására redukálódik a feladat, amelyek páronként ortogonálisak, és a lehető legnagyobb mértékben járulnak hozzá az összes változó teljes kommunalitásához, azaz annak szemléltetéséhez, hogy a közös faktorok milyen mértékben határozzák meg az egyes változók szórását (Móri, 1999; Ketskemény, 2004).

A kommunalitás, egy adott eredeti változó varianciájának az a része, amely a kapott közös faktorokkal értelmezhető, vagyis az eredeti változó és a közös faktorok többszörös korrelációs együtthatójának a négyzete (R^2).

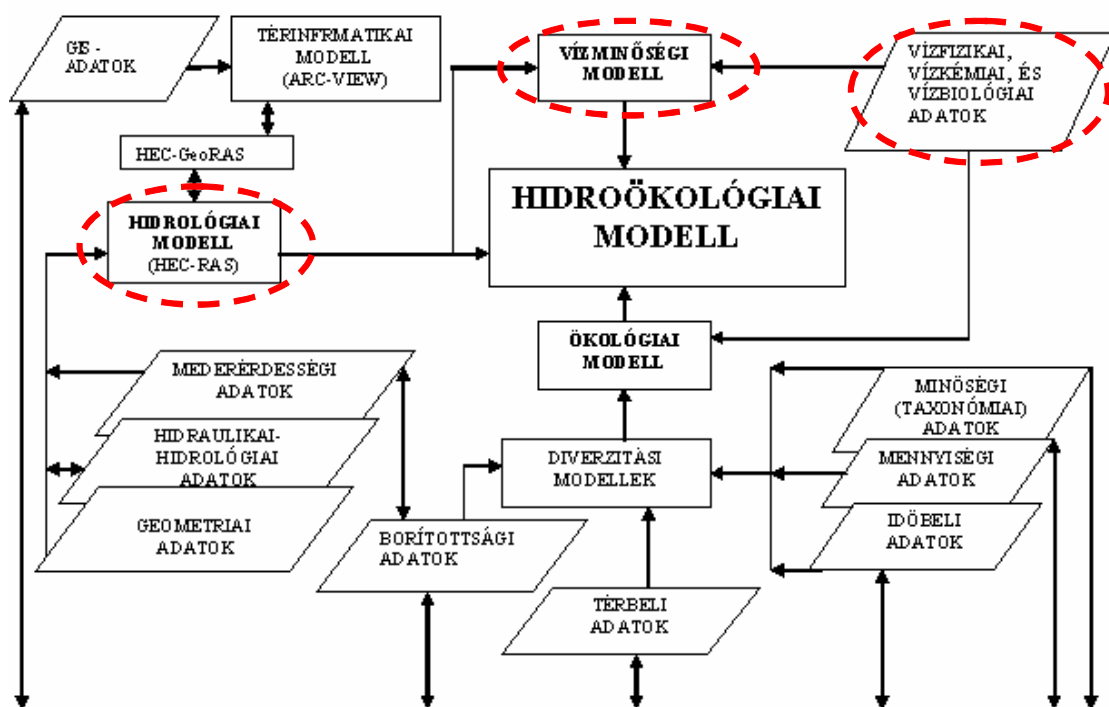
A faktoranalízis gyakorlati kivitelezésének lépései (Jahn és Vahle, 1974):

1. A kísérlet tervezése, és az elérendő célok rögzítése

2. Nagy számú paraméter mérése a lehetséges legnagyobb pontossággal. A paraméterenkénti mérések száma legalább ötvennel legyen nagyobb, mint a meglévő, eredeti paraméterek száma.
3. A korrelációs mátrix kiszámítása
4. Faktorok kiszámítása algebrai sajátérték-problémával
5. A kapott faktorstruktúra rotációjának elvégzése a az áttekinthetőség érdekében, ill. azért, hogy megkapjuk a változók rangsorát
6. Faktorok becslése a változók mátrixai részére, hogy regresszióanalízist végezhessünk.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

Az alkalmazott komplex hidroökológiai, környezeti modell lehetséges felépítését a 2. ábra szemlélteti. Jelen munkának az a célja, hogy a vízminőségi és a hidrológiai mutatók közötti összefüggéseket vizsgálja, ezért egyrészt a mederérdességi, hidraulikai és geometriai adatok, másrészt a vízfizikai, -kémiai és -biológiai adatok nyerésére és értékelésére van szükség (A vizsgált mutató-csoportok az ábrán szaggatott vonallal vannak kijelölve). A modell összetettsége miatt ezek az adatok a többi rész-modell (ökológiai és térinformatikai) felépítésében is szerepet játszanak. A modell további kiépítése a távlati célok között szerepel és a biodiverzitás hosszú távon történő monitorozása során széles körben lesz alkalmazható.



2. ábra: A hidroökológiai modell felépítése (Forrás: Pregun és Tamás, 2005)

4.1. A vizsgálati helyek és a mintavételi időpontok

A vizsgálatok első részében a Berettyó magyarországi szakaszát ökológiai és hidrológiai szempontból osztályoztam. Helyszíni bejárások, szakirodalmi adatok, a DE ATC MTK Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék adatállományában található légi fotók, térképi és digitális térinformatikai adatbank segítségével megállapítottam, hogy a folyó egyes szakaszai milyen mértékben érintettek a szabályozások, és egyéb antropogén hatások által. Az ilyen módon kiválasztott vizsgálati helyszínek a folyó magyarországi felső, középső és alsó szakaszán helyezkednek el.

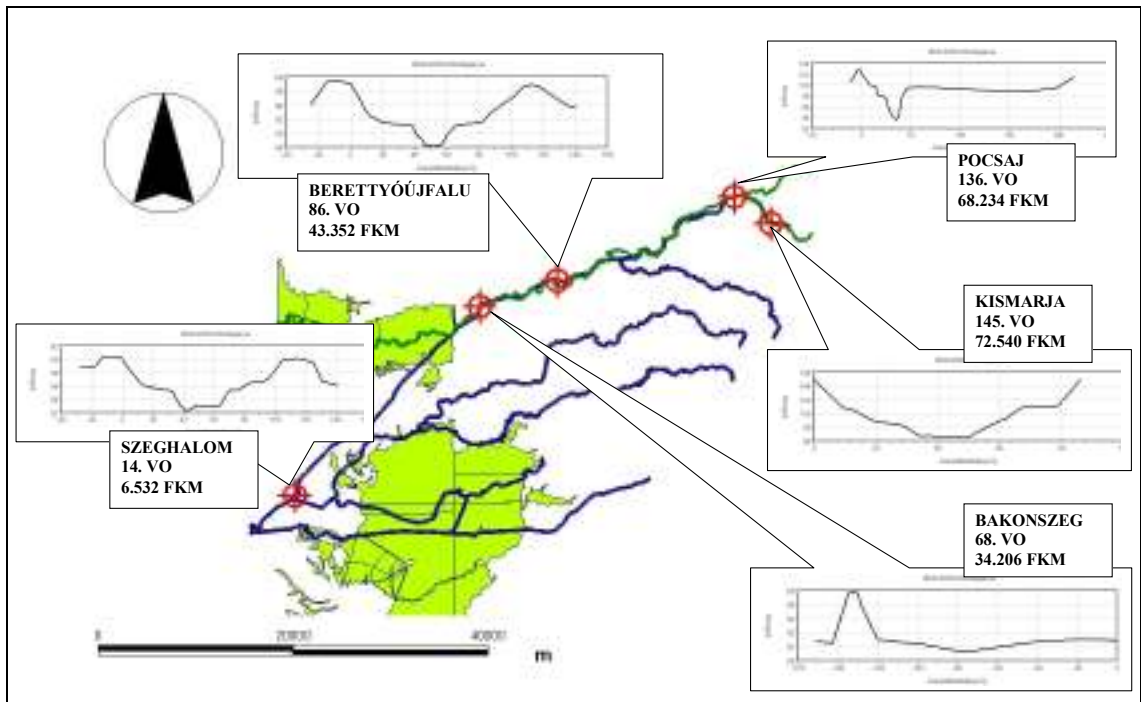
A hidrológiai elemzések céljából olyan tipikus mintatereteket (3. ábra, 1. táblázat) választottam ki, ahol képviselve van egy felső folyás jellegű folyószakasz kavicsos-homokos aljzattal (Kismarja, Pocsaj és Bakonszeg), egy középső folyás jellegű szabályozott folyószakasz homokos-iszapos aljzattal és pontszerű szennyező forrással (Berettyóújfalu), illetve egy alsó folyás jellegű folyószakasz iszapos aljzattal (Szeghalom).

1. táblázat: A vizsgált keresztshelvények topográfiai adatai

Vizsgálati hely	Vízügyi objektum (VO)	Folyó-kilométer (Fkm)	A keresztshelvények EOY-koordinátái			
			Bal part		Jobb part	
			X	Y	X	Y
Kismarja	145.	72,540	861139.77	215818.69	861158.65	215902.43
Pocsaj	136.	68,234	858023.73	218544.66	858096.65	218765.03
Berettyóújfalu	86.	43,352	838702.39	209997.46	838642.16	210140.29
Bakonszeg	68.	34,206	830823.50	206277.20	830680.70	206321.70
Szeghalom	14.	6,532	812095.63	187608.84	812010.76	187754.77

Ezeken a területeken az elsődleges adatgyűjtés során megállapítottam a fő keresztshelvényi pontok EOY koordinátáit, a statikus medergeometriai jellemzőket, valamint a dinamikus hidraulikai, és vízfizikai jellemzőket.

Vízminősítési célú mintavételezések a 14., 86., és a 145. keresztshelvénnel reprezentált vizsgálati területeken, 2003-2005 vegetációs periódusában, havonta történtek, idejük 9^{30} – 15^{30} közé esett. Nyáron ebben a napszakban a fotoszintetikus aktivitás már megközelíti a maximumot, ugyanakkor a hőmérséklet is elég magas ahhoz, hogy a vízi ökoszisztéma folyamatainak nappali intenzitási szintje kialakuljon. A mintavételi helyeken a földrajzi helymeghatározás, a vízminták vételezése és a biológiai adatok vételezése mintegy 45-60 percet vett igénybe. Az időpontok nagyobb mértékű sűrítésére a nagy vonalmenti távolság (6,45 fkm-től a 73,39 fkm-ig) miatt nem volt lehetőség



3. ábra: A vizsgálati helyek a reprezentatív keresztmetszvényekkel

4.2. Az alkalmazott statisztikai módszerek

A hidrológiai és vízminőségi adatsorok elemzését a vizsgálatokba bevont adatok nagy száma miatt több lépcsőben kell elvégezni.

Főbb lépések:

1. Az adatok bevitele, ellenőrzése
2. Adatok átalakítása (standardizálás)
3. Adatok redukciója (főkomponens- ill. főfaktor-analízis)
4. Elemzések, összehasonlítás és értékelés (variancia-analízis és regresszió-analízis)

A tényezők közötti összefüggések vizsgálatára automatikusan kínálkoznak a többszörös elemzések klasszikus módszerei (regresszió és korreláció analízis, variancia analízis) is, de az adatok nagy száma miatt először célszerű főfaktor (főkomponens)-analízist végezni. Az ilyen módon kapott redukált főkomponenseket (főfaktorokat) ugyanis már könnyebb kielemezni.

Ezzel képet kapunk arról, hogy melyek azok a változók, amelyek leginkább összefüggenek (korrelálnak) egymással, így érdemes vizsgálni a kapcsolatrendszerüket, másrészt a konkrét terepi kutatások esetében el tudjuk dönteni, hogy milyen környezeti tényezőket kell és érdemes mérni. A döntésben természetesen része van a rendelkezésre álló anyagi és időkeretnek, az időjárási körülményeknek, a műszerezettségnek stb. is.

A hidrológiai vizsgálatok esetében elsősorban a szélsőséges vízállások és vízhozamok jellemzése a legfontosabb. Környezet- és katasztrófavédelmi szempontokat is figyelembe véve, a vízminősítés során igen lényeges az átlagtól kedvezőtlen irányban eltérő fizikai-kémiai-biológiai adatok vizsgálata.

Itt sok esetben ellentétbe kerülnek egymással a formális statisztika módszerei a természettudományos tényekkel. Ennek okait az alábbiakban emelném ki.

Mivel a vízállások és vízhozamok konkrét méréseken alapulnak, nem hagyhatóak figyelmen kívül a kis és nagy vízállások, és az ezekhez kapcsolódó hidrológiai-hidraulikai paraméterek, de a vízminőségben jelentkező, gyakran ugrásszerű változások sem (szennyeződések levonulása, vízvirágzás stb.).

Statisztikai szempontból nézve viszont ezek igen gyakran szélsőségesen kiugró adatok, tehát az elemzések során elvileg nem, vagy kisebb súllyal veendőek figyelembe, mint a többi adat. Ugyanakkor éppen ezek azok a körülmények, amelyek döntő jelentőségűek mind vízgazdálkodási, mind ökológiai szempontból is. Ez azért jelenthet problémát, mert az elemző statisztika sok esetben megköveteli az adatsorok normalitását (normál eloszlását), és az adatsorok egyöntetűségét (homogenitását) is (Baráth et al. 1996).

Mivel a vizsgált változók idősoros adatai eltérő nagyságrendűek, szükséges azokat skálázni. Az alkalmazott skálázási módszer a standardizálás. Standardizálás esetében az adatmátrix elemeit zsugorítjuk és eltoljuk. Standardizált lesz a minta akkor, ha az eredeti mintaelemekből kivonjuk azok átlagát, és a különbségeket a minta empirikus szórásával osztjuk (5. egyenlet):

A standardizálás (Forrás: Baráth et. al. 1996)

$$u_i = \frac{x_i - x_{\text{átl}}}{s} \quad \text{5. egyenlet:}$$

u_i : az i -edik standardizált mintaelem
 x_i : az eredeti adatsor i -edik eleme
 $x_{\text{átl}}$: az eredeti adatsor átlaga
 s : az eredeti adatsor empirikus szórása

Matematikai és valószínűségszámítási tételekből következik:

- az eltolás és a zsugorítás pozitív számmal az adatok sorrendjét nem változtatja meg;
- a standardizált változó szórása 1;

- azok a skálázott változók, amelyek összege minden esetben konstans, pl. 0 vagy 1, „zárt” változóvá válnak, amelyek közül egy (vagy több) már nem független a többtől, azokból kiszámítható. A standardizált minta 0-közepű, szórása 1.

A nagyszámú, egymással sztochasztikusan erősen összefüggő hidrológiai változó közül azokat választottam ki, amelyek leginkább szerepet játszhatnak az adott vízfolyás hidroökológiai jellegének kialakításában. Ezek a változók redundáns információkat hordoznak, és szükségünk van rájuk a különböző hidrológiai számítások során. Ezért szükséges, hogy ezt a sokváltozós adatállományt egymással korrelálatlan, az analízis kezdetén még ismeretlen, kisszámú faktorváltozó lineáris kombinációjával jellemezzük, amelyek megmagyarázzák az eredeti változók szórásának túlnyomó részét.

Az analízisek során a következő kérdésekre kerestem a választ:

- Hogyan csökkenthető a hidrológiai és vízminőségi állapotot magyarázó faktorok száma számottevő információvesztés nélkül?
- Hogyan fejezik ki a kapott, immár korrelálatlan faktorok az eredeti változók által reprezentált hidrológiai és környezeti állapotot?
- A faktorok milyen összefüggésben állnak az eredeti változókkal?
- Hogyan rendezik csoportokba a faktorok a hidrológiai és vízminőségi állapotjelzőket?
- Hogyan lehet ezek alapján a változóinkat csoportosítani?
- Az egyes faktorok a vízfolyás milyen attribútumaiként azonosíthatóak?

Az adatállomány főfaktoranalízisre való alkalmasságát a KMO (Kaiser – Meyer – Olkin) mérték és a mintaalkalmassági mérték (MSA, Measure of Sampling Adequacy) alapján lehet eldönteni, ennek értéke 0 és 1 között lehet (2. táblázat). Erre szolgál a Bartlett-féle szférikus teszt is.

2. táblázat: **Adatok faktoranalízisre való alkalmassága a KMO érték szerint**

$0.9 \leq KMO$	Csodálatos (marvelous)
$0.8 \leq KMO < 0.9$	Dicséretes (meritorious)
$0.7 \leq KMO < 0.8$	Közepes (middling)
$0.6 \leq KMO < 0.7$	Mérsékelt (mediocre)
$0.5 \leq KMO < 0.6$	Szánalmas (miserable)
$KMO < 0.5$	Elfogadhatatlan (unacceptable)

Ha a KMO érték 0.5 alatt van, a változók közül ki kell hagyni azokat, amelyek a legkisebb MSA értékkel rendelkeznek addig, amíg az adatállomány alkalmassá nem válik a faktoranalízisre.

A változók függetlenségének ellenőrzését a Bartlett- féle szférikus próba végzi el, amely alkalmazásához teljesülnie kell a több dimenziós normalitásnak is. Ha a próba eredménytelen, azaz van összefüggés az adatsorok között, tovább lehet folytatni az analízist. A Bartlett próba előnye, hogy egyszerre nagyon sok adatsor szórásának összehasonlítását lehet vele elvégezni, függetlenül attól, hogy egy adatsor hány adatból áll (Sváb, 1981).

4.3. A hidrológiai modell megalapozása

4.3.1. A HEC-RAS program input adatokkal való feltöltése

A HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) egy interaktív használatra kifejlesztett integrált szoftver-rendszer, amely egy több modult felhasználó környezetben működik. A program kifejlesztője az US Army Corps of Engineers (USACE), Hydrologic Engineering Center (HEC). Egydimenziós, lineáris modell, amely a kétdimenziós keresztmetszvények geokoordináta-helyes sorba rendezésével képes pszeudo-3-D-s absztrakción alapuló kép előállítására. A hidraulikai adatok éves idősorait a HEC-Ras program alkalmazásával állíthatjuk elő. A program segítségével több száz hidrológiai adat változásait lehet nyomon követni.

Az adott időpontokra vonatkozó határfeltételeket a szeghalmi, berettyóújfalui és a pocsaji szakaszmérnökségek hiteles vízmérce-adatai alapján adtam meg.

A HEC-RAS modell input alapadat-szükséglete:

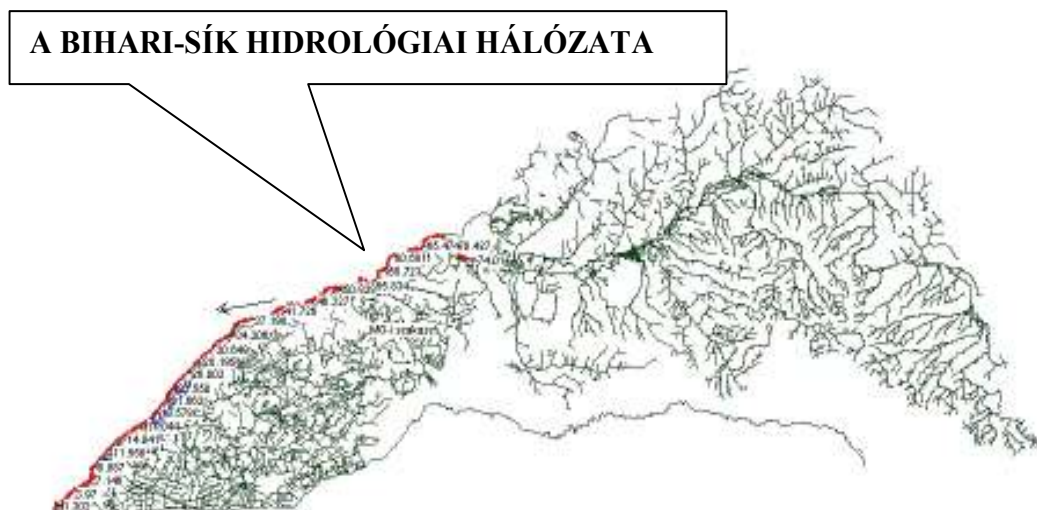
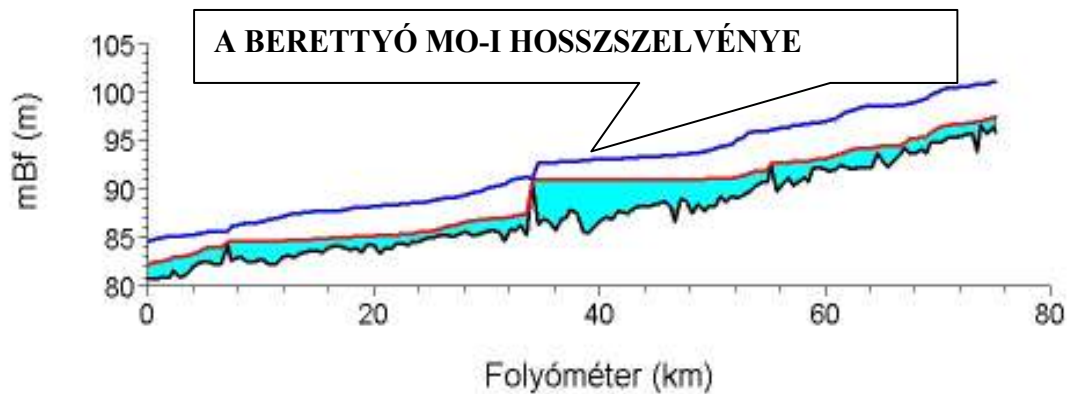
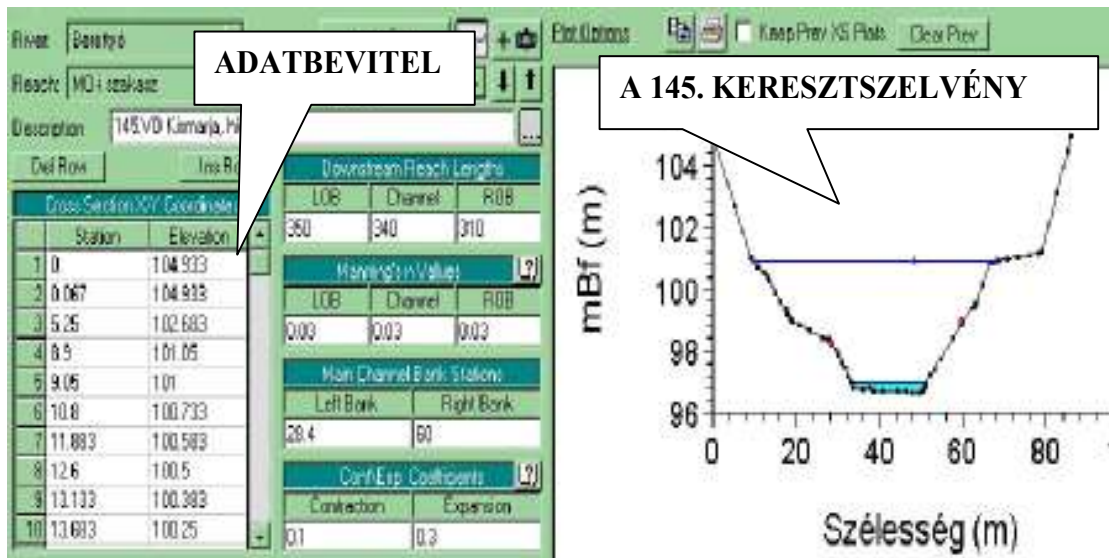
1. A meder geometriai adatai (keresztmetszvények, X-Y-Z EOY koordináták);
2. A mederérdességi tényezők (Manning – féle n - koefficiensek);
3. A kontrakciós és expanziós koefficiens megadása.

Határfeltételek megadása:

- permanens állapotra vízállás, vízhozam, vízhozam-görbe adatok,
- nem permanens állapotra észlelt és számított vízállás és vízhozam idősorok, vízhozam-görbe adatok).

A HEC-RAS amerikai katonai szoftver által szolgáltatott, alapvetően a vízfolyások műszaki szabályozására, és árvízvédelmi kezelésére vonatkozó adatok felhasználhatóak a vízminőségvédelemben, és a környezeti állapot felmérése és modellezése területén, valamint az egyéb idekapcsolódó tevékenységekben is.

Az adatbevitel első lépése a Berettyó vízrendszer vektoros modelljének elkészítése volt. A pontos adatbevitel és szemléltetés érdekében egy EOY-be transzformált ESRI ArcView shape-file adatréteget használtam.



4. ábra: A HEC-RAS program felhasználói felületének néhány jellemző megjelenítése

Így földrajzi vetület szempontjából is térhelyes képet kaptam a vízrendszerről (4. ábra). (HEC-RAS 2002).

A medergeometriai adatok nyerése és bevitele a szoftverbe a következő módon történt: A keresztshelvények pontjainak X koordinátáit a GPS alappont és végpont között vettük fel. Ezen pontok koordinátáit átranzformáltuk Egységes Országos Vetületi rendszerbe (EOV). Az Y (magassági) koordinátákat a Balti tenger feletti magasságban (mBf) adtuk meg. A hosszanti (Z) koordinátákat (a keresztshelvények egymáshoz viszonyított távolságát) a főmeder, a jobb és a bal part esetében is meghatároztuk.

Az alapadatok felvételét több terepi mérőkampány keretében szereztük be. A koordináta-meghatározásokat a mérés pontosságának növelése érdekében szimultán módon két műszerrel hajtottuk végre (TRIMBLE Explorer és egy pontra állítható, stabil antennás terepi adatgyűjtővel kombinált JAVAD Legacy DGPS pozíciógyűjtés). A legnagyobb pontosságú JAVAD jelgyűjtését 500 Kb-ig (kb. 10 perc) végezve $\pm 0,2$ m pontosság érhető el, de a bázis és a mozgó (rover) vevő alkalmazásával a mérési pontosság centiméteres nagyságrendűvé emelkedett. Az alkalmazott rendszer a WGS-84 referencia rendszert alkalmazza, így az adatoknak az általunk használt EOV koordinátarendszerbe való tranzformálását utófeldolgozással végeztük el. A mérések részletes leírása a már hivatkozott Tamás és Lénárt (1999) munkában található.

4.3.2. Az értékelte hidraulikai jellemzők

A medergeometriai adatok alapján a víztest alaktaniilag jellemezhető az adott keresztshelvény esetében, egyben a leszármaztatott hidrológiai változók meghatározásához is szükségesek. A hagyományos alapadatok a geodéziai és hidrográfiai, valamint távérzékelési és térinformatikai módszerekkel egyaránt mérhetőek és ellenőrizhetőek (3. táblázat).

A hidromorfológiai jellemzők közül ki kell emelni a hidraulikus sugár (R_{hidr}) és a hidraulikus mélység (S_{hidr}) kérdését, mivel felvilágosítást adnak a meder átlagos mélységéről. Az angolszász szakirodalom inkább a hidraulikus mélység fogalmát használja, a hazai a hidraulikus sugarat, ezért célszerű mindkét adatot bevonni az elemzésekbe. Széles vízfolyások esetében, amikor a víztükörszélesség nagyobb, mint a maximális vízmélység 15 – 20 szorosa, azonosnak vehetjük a nedvesített keresztshelvényi területet (periméter = P) a víztükörszélességgel (D), így a hidraulikus sugár megegyezik a hidraulikus mélységgel.

A pontosabb mederalaktani elemzések céljából bevezettem a medertagoltság (T) változását is. A különböző morfológiájú mederaljzat nagyobb biodiverzitás kialakulását

teszi lehetővé a vízi életközösségek esetében, amennyiben ehhez más környezeti feltételek is adottak.

3. táblázat: **Medergeometriai jellegű változók**

Hidrológiai (medergeometriai) jellemző	Jelölés ill. képlet	Szerep, jelentőség
Vízszint tengerszint feletti magassága (m)	mBf (Balti tenger feletti magasság)	Medergeometriai alapadatok
Maximális medermélység (m)	S_{max}	
Nedvesített keresztmetszeti terület (m ²)	A	
Nedvesített keresztmetszeti kerület (m)	P (Periméter)	
Víztükör-szélesség (m)	D	Az átlagos medermélységről adnak információt
Hidraulikusi sugár (m)	$R_{hydr} = \frac{A}{P}$	
Hidraulikus mélység (m)	$S_{hydr} = \frac{A}{D}$	
Tagoltság (dimenzió nélkül)	$T = \frac{P}{D}$ P: nedvesített keresztmetszeti kerület; A: víztükör-szélesség	A nedvesített keresztmetszeti kerület és a víztükör-szélesség viszonyát fejezi ki.

A vízhozamot és a vízsebességet a vízszállítással kapcsolatos változókként soroltam be a 4. táblázat szerint.

4. táblázat: **A vízszállítással kapcsolatos változók**

Hidrológiai jellemző	Jelölés ill. képlet	Szerep, jelentőség
Vízhozam (m ³ /sec)	$Q = A \times v$	Árvíz- és belvízvédalom, életközösségekre gyakorolt hatás, szennyezőanyagok hígulása
Átlagos vízsebesség (m/sec)	$v = \frac{s}{t}$	Passzív és aktív mozgások, helyhez kötött élőlények, rheobiont, rheofil, rheoxen (rheofób) fajok Hordalék, meder alakítása Oxigéntartalom

A vízhozam szerinti tipizálást a Dévai et al. (2003) által kidolgozott módszertan felhasználásával végeztem el, a 5. táblázat szerint.

5. táblázat: **A felszíni vízfolyások vízhozam szerinti felosztása**

Közepes vízhozam – KQ (m ³ /sec)	< 1	1–5	5–50	50–250	> 250
Jellemzés	Igen kis vízhozamú vízfolyás	Kis vízhozamú vízfolyás	Közepes vízhozamú vízfolyás	Nagy vízhozamú vízfolyás	Igen nagy vízhozamú vízfolyás

A nedvesített keresztzelvényben számított átlagos vízsebesség alapján történő átfogó, három osztályközös tipizálást (6. táblázat) az alföldi vízfolyások szempontjából pontosabb öt osztályközű kategóriába (7. táblázat) alakítottam át.

6. táblázat: A vízfolyások vízsebesség szerinti, átfogó osztályozása az ökotípusokkal

Sebességi határértékek (m/sec)	Víztér (víztest) típusa, ill. szinttája	A taxonok sebesség szerinti ökotípusa	Megjegyzés
0.0 – 0.3	Állóvizek, alföldi kisvízfolyások (erek), folyók alsó szakasza	Rheoxen (rheofób) fajok	Csak álló, vagy egészen lassan folyó vízben él
0.3 – 0.8	Nagyobb patakok, dombvidéki csermelyek, folyók középső szakasza	Rheofil fajok	Állóvizekben és folyóvizekben is előfordul
0.8 –	Rohanó vizek, hegyi patakok, folyók felső szakasza	Rheobiont fajok	Kizárólag folyóvízben él

Alföldi vízfolyások esetében nem tartottam indokoltnak az 1 m/s átlagsebesség felett több kategória létrehozását, ami hegyvidéki vízfolyások, azaz a pisztráng-tájon található víztestek vizsgálata esetében szükséges lenne. Létezik olyan osztály-tipológia is, amely a 0.06 m/s átlagos sebesség alatti víztesteket külön tartja nyilván (Dévai et al. 2003), ezt az alföldi természetes és mesterséges kisvízfolyások (erek, belvízelvezető és öntözőcsatornák stb.) monitorozása esetében valóban szükségesnek tartom.

7. táblázat: Javasolt sebességi osztályok az alföldi vízfolyásokra

Sebességi osztályok					
Kategóriák	1	2	3	4	5
Átlagos sebesség (m/s)	>1.00	0,75-1,00	0,50-0,75	0,25–0,50	0–0,25
Név	Gyors	Gyorsuló	Sebes	Mérsékelten sebes	Lassú

Az energetikai viszonyok elemzése is szerepel a Víz Keretirányelv ajánlásai között, szerepüket és jelentőségüket a 8. táblázat foglalja össze. Bevonásuk a többváltozós elemzésekbe mindenképp indokolt.

8. táblázat: A vízfolyás fontosabb energetikai jellemzői

Hidrológiai (energetikai) jellemző	Jelölés ill. képlet	Szerep, jelentőség
Nyírófeszültség (súrlódási feszültség)	$F = \eta A \frac{dv}{dy}; \text{ vagy } \tau = \eta D; \text{ vagy } \tau = \frac{F}{A}$ <p>F = nyíróerő (N) τ - nyírófeszültség (N/m²) η - dinamikai viszkozitás (Pa's) dv – sebességváltozás – a folyadékrétegek elmozdulási sebessége (m/s) dy – a sebesség irányára merőleges hossz – a folyadékrétegek távolsága (m) D – sebességgradiens: $D = \frac{dv}{dy}$ (s⁻¹)</p>	Passzív és aktív mozgások, helyhez kötött élőlények, rheobiont, rheofil, rheoxen (rheofób) fajok jelenléte ill. hiánya. Hordalék, meder alakítása, meanderezés
Összes energia	$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = E$	A helyzeti (geodéziai), mozgási és nyomási energiák összege a vízfolyásban. Ideális esetben konstans.
Teljesítmény	$P = \frac{E}{At} \text{ (Joule / m}^2 \text{ sec)}$	Az adott keresztszelvényen egy időegység alatt átáramló víz energiája
Az energiavonal esése	$I_e = \frac{h}{l}$ <p>h: az energiavonal két pontja közötti magasságkülönbség, l: a két pont távolságának vízszintes vetülete, ha a pontok között az energiavonal egyenes, vagy egyenessel helyettesíthető</p>	A helyzeti, a nyomási, és a mozgási energia egységnyi hosszra vonatkozó változása. A vízfolyás iránya mentén csak eshet. A vízfelszín esését reprezentálja.
Súrlódási energiaveszteség	$h_{vS} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$ <p>h_{vS}-az energiaveszteség l-ellenállási tényező v - az áramlási középsebesség [m/s] g- a nehézségi gyorsulás [9,81 m/s²] l-jellemző hossz d- átl. átmérő</p>	Hordalék, meder alakítása, meanderezés

8. táblázat (folytatás): **A vízfolyás fontosabb energetikai jellemzői**

<p>Teljes energiaveszteség – sebességmagasság csökkenése</p>	$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_v$ <p> h_v - az energiaveszteség z - a vizsgált keresztmetszet középpontjának a magassága a viszonyítási síkhoz képest [m] v - az áramlási közepsebesség [m/s] p - a keresztmetszékben uralkodó nyomás [Pa] g - a nehézségi gyorsulás [9,81 m/s²] ρ - a folyadék sűrűsége [kg/m³] </p>	<p>A súrlódási (hosszanti) és az akadályoknál fellépő (helyi) energiaveszteség összege, ha a nyomási energia változások elhanyagolhatóak</p>
---	---	--

A Froude-szám és a Reynolds-szám ismeretében megállapítható a vízfolyás típusának és áramlásának jellege, a 9. és 10. táblázat alapján.

9. táblázat: **A Froude-szám és a Reynolds-szám jelentősége**

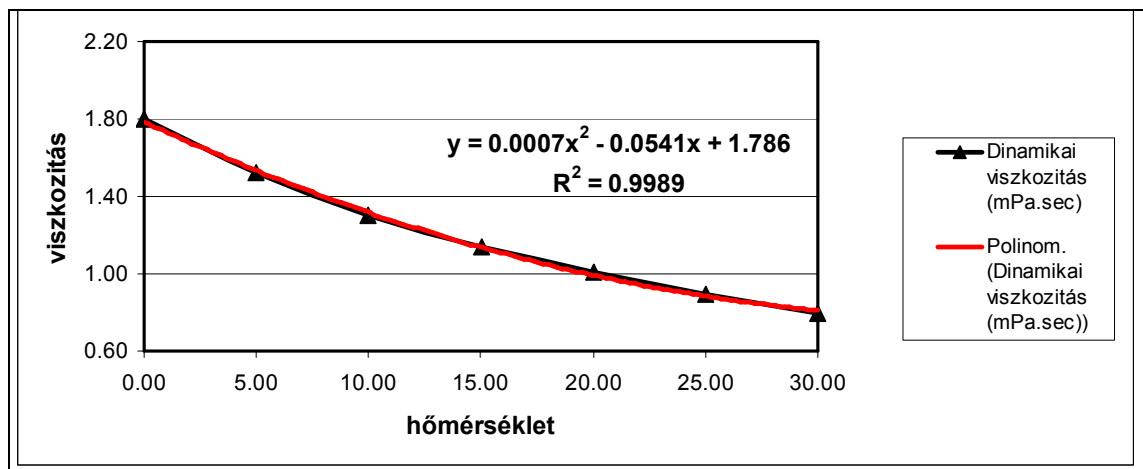
Hidrológiai jellemző	Jelölés ill. képlet	Szerep, jelentőség
<p>Froude-szám (Fr)</p>	$Fr = \frac{v^2}{gl}$ <p> v = átl. sebesség g = gravitációs állandó l = jellemző hossz </p>	<p>A hidrológiai rendszerekben lejátszódó jelenségek homológ mennyiségei közötti kapcsolatok kifejezése, a folyástípus jellegének megállapítása</p>
<p>Reynolds-szám (Re)</p>	$Re = \frac{vR_{hydr}}{\nu}$ <p> ν = kinematikai viszkozitás (m²/sec) $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ ρ - a folyadék sűrűsége [kg/m³] η - dinamikai viszkozitás (Pa's) </p>	<p> $Re_{krit} = 580$ Ha $Re > Re_{krit}$, az áramlás turbulens, ha $Re < Re_{krit}$, az áramlás lamináris </p>

10. táblázat: **A vízfolyások tipizálása a Froude-szám és a Reynolds-szám alapján** (Forrás: Dévai et al. 2003.)

Folyástípus	Froude-szám (Fr)	Áramlástípus	Reynolds-szám (Re)
Rohanó	$Fr > 1$		
Áramló	$Fr < 1$	erős turbulens	$Re > 2000$
Áramló	$Fr < 1$	gyenge turbulens	$Re: 580-2000$ közötti
Áramló	$Fr < 1$	lamináris	$Re: < 580$

Mivel a Hec-Ras program nem modellezi a Reynolds-féle számot, azt a vízhőmérséklet, a hidraulikai sugár, a dinamikai és a kinematikai viszkozitás összefüggéseiből számoltam ki, a víz sűrűségét konstansnak (1000 kg/m^3) véve (9. táblázat, 5. ábra). A trendet 0°C és 30°C között állapítottam meg, mivel a Berettyó vízhőmérséklete éves szinten e határok között mozog.

Ugyanakkor szükségesnek tartom megjegyezni, hogy kialakulhat olyan állapot, amikor a rohanó vízben akár lamináris ill. gyenge turbulens körülmények is lehetnek, ilyen helyzet alakult ki a bakonszegi 68. VO esetében.



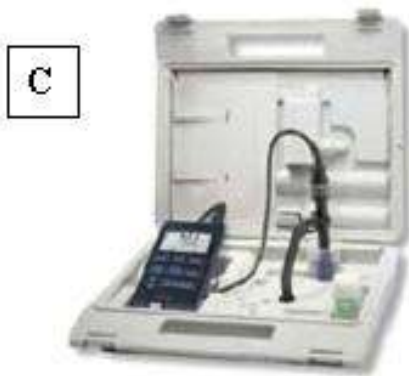
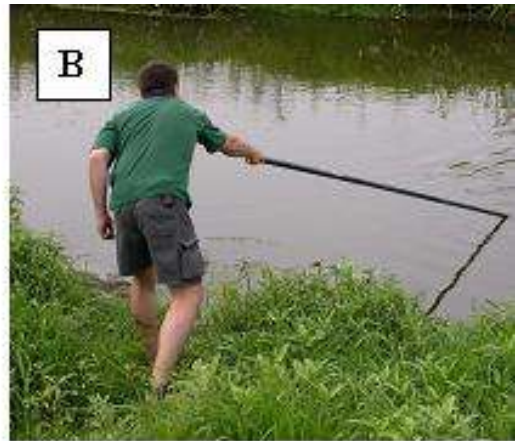
5. ábra: A dinamikai viszkozitás (η) és a hőmérséklet összefüggése

4.4. A vízminősítés

4.4.1. Fizikai, kémiai és biokémiai vízminősítési módszerek

Az általam vizsgált jellemzők a szerint csoportosíthatóak, hogy az élő környezeti tényezők, az élettelen környezeti tényezők, vagy a két tényezőcsoport együttesen határozza-e meg őket. A természetes és mesterséges, valamint a belső (autochton, endogén), ill. külső (allochton, exogén) eredet is lényeges információt jelent.

A víz vezetőképességét WTW LF 325-B/Set 1. abszolút és relatív O_2 tartalmát WTW OXI 325-B/Set 1, redoxi-potenciálját és pH-ját WTW pH 325-B/Set 1. típusú műszerrel mértük. Ezekkel kis és közepes vízállás esetén gumicsónakról ill. közvetlenül a vízben állva lehetőség nyílik „in situ” vizsgálatok elvégzésére is. Valamennyi műszer méri az aktuális hőmérsékletet is (6/A, 6/B és 6/C, ábra).



6. ábra: A kutatás során alkalmazott vizsgálati módszerek és eszközök

A BOI₅ mérését WTW Oxitop mikroprocesszoros vákuummanométerrel végeztem, amely az O₂ fogyása miatt bekövetkező nyomáscsökkenést rögzíti 5 napon keresztül, napi bontásban. A biológiai lebontás során keletkező CO₂-t granulált NaOH köti meg. A vízmintákat hűtőládában tárolása hűtőládában történt, és még azon a napon megkezdődött a mérés és az inkubálás 20°C-on. A minták folyamatos keverését elektromágneses keverőasztal biztosította (6/D ábra).

Az üledékminták vételezése Eijkelkamp-féle szondával történt. Az üledékszemcsék méret szerinti frakcionálását VIVAC-gyártmányú szitasorral végeztem el, légszáraz állapotban (6/G és 6/H. ábra).

A minták vételezését, szállítását és tartósítását a „MSZ ISO 5667 – 6 (1995) szabvány alapján végeztem el.

A Berettyó folyó bal partján (66.172 fkm) létesített automatikus vízminőség-mérő monitorállomás a Tiszántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség tulajdonában és kezelésében üzemel. Adatait referenciaként használtam fel az általam végzett mérések kiértékelésében.

A mért vízminőségi jellemzők: A hőmérséklet, pH (hidrogén-ion aktivitás), vezetőképesség, oldott oxigén-tartalom, zavarosság, TOC (összes szerves széntartalom), az ammónia, zöldalga, kékalga, kovaalga, barázdásmoszat és klorofill-a tartalom, valamint a toxicitás (11. táblázat).

11. táblázat: **A monitorállomás alap-műszerezettsége**

MS-3 Monitorállomás			
Vízminőségi paraméter	Mérték-egység	Mérési tartomány	Működési elv
Víz hőmérséklet	C°	0-50	Digitális
pH		0-14	Potenciometria
Oldott oxigén	mg/l	0-20	Voltametria
Vezetőképesség	µS/cm	0-2000	Konduktometria
Zavarosság	NTU	0-500	Fényvisszaszórás
Ammónium ion	mg/l	0-10	Fotometria
TOC	mg/l	0-20	UV gyorsított oxidáció
Klorofill-a	µg/l	0,1-től	Fluorometria
Biomonitor (toxicitás-mérő)	T-index	0-100	Daphina / Alga

(Forrás: www.rivermonitoring.hu)

Az adott időpontokra vonatkozó hidrológiai adatokat és határfeltételeket a szeghalmi, berettyóújfalui és a pocsaji szakaszmérnökségek hiteles vízmérce-adatai alapján adtam meg.

4.4.2. A vízminőség meghatározása bioindikátor szervezetek segítségével, a Magyar Makrozoobenton Család Pontrendszer (MMCP) alapján

A minták vízminősítési célú adatgyűjtése során az „A Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Program II/a. Alprojektje (Ambrus, 2002): Folyók és tavak élővilága (ÁNÉR besorolás U8, U9) Vízi makroszkopikus gerinctelenek mintavételi protokollja” iránymutatásait vettem alapul. Az adatok természetesen felhasználhatóak a távlati célú monitoringok esetében is.

A minták begyűjtése merítőhálószerűen, alacsony vízállás esetén „kick and sweep” módszerrel, iszap-mintavevővel, csipesszel, kézzel és lapáttal történt. Szemrevételezés után a mintákat szétválogattuk, és 70 %-os alkoholban, légmentesen záródó műanyag laboratóriumi folyadékflakonokban tároltam, ill. számos esetben az egyértelműen azonosított egyedeket szabadon engedtem.

Az azonosítást elsősorban az Állathatározó I-II. (Móczár et al., 1984) segítségével végeztem el, de a taxonómiai kutatások következtében azóta szükségszerűen bekövetkező változások miatt más szerzők munkáit is felhasználtam (Varga, 1999; Kiss, 2003).

A megfelelő szintű taxonómiai azonosítás (általában család, néhány esetben ettől eltérő taxonok) után megállapítottam a megfelelő vízminőségi mutatószámokat (6. melléklet), és elvégeztem a vízminősítést az alábbiak szerint:

1. A mintában legalább egy egyeddel képviselt taxonok, és azok indikációs mérőszáma alapján kiszámítottam a kumulatív MMCP összpontszámot (6. egyenlet).

Kumulatív pontszám

$$MMCP = \sum_i \sum_j q_i t_{ij} \quad 6. \text{ egyenlet}$$

2. A kumulatív összpontszám és a taxonok száma alapján megkaptam a taxononkénti átlagos pontszámot (TÁP) (7. egyenlet).

Taxononkénti átlagpontszám

$$TÁP = \frac{\sum_i \sum_j q_i t_i}{\sum_i \sum_j t_{ij}} \quad TÁP = \frac{MMCP}{\sum_i \sum_j t_{ij}} \quad 7. \text{ egyenlet}$$

Megkerestem mind az MMCP-re, mind a TÁP-ra vonatkozó vízminőségi indexet (12. táblázat).

12. táblázat: Az alkalmazott vízminőségi index az MMCP és a TÁP alapján

Összpontszám (MMCP)	Taxononkénti átlagpontszám (TÁP)	Vízminőségi index (QI)
>120	>5,0	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
24-10	2,1-3,0	2
0-9	0,0-2,0	1

Vízminőségi index (QI) átl.

$$QI_{\text{átl}} = \frac{QI_{MMCP} + QI_{TÁP}}{2} \quad \text{8. egyenlet}$$

A kétféle vízminőségi index átlagának alapján (8. egyenlet) megállapítottam a megfelelő vízminőségi osztályt (13. táblázat).

13. táblázat: Az alkalmazott vízminőségi osztályok a QI átl. alapján

QI átl.	Minősítés	Vízminőségi osztály
>6	Kiváló minőségű	I.A.
5,5		I.B.
5,0		I.C.
4,5	Jó minőségű	II.A.
4,0		II.B.
3,5	Kevésbé szennyezett	III.A.
3,0		III.B.
2,5	Közepesen szennyezett	IV.A.
2,0		IV.B.
1,5	Nagyon szennyezett	V.A.
<1,0		V.B.

A vizsgálati helyek biodiverzitásának előzetes összehasonlításához az MMCP lista adatait használtam fel. Mivel vízminősítési célú mintavételezés történt, nem a hagyományos értelemben vett faji diverzitást számoltam ki, hanem annak a valószínűségét, hogy a mintából két véletlenszerűen kiválasztott taxon különböző vízminősítési értékosztályokba fog tartozni. Így az egyes vízminősítési osztályokba tartozó taxonok alapján számított diverzitási értékek a többi állapotjellemezővel együtt felhasználhatóak az egyes vizsgálati helyek környezeti állapotának jellemzésére. A

fentiek értelmében így a Simpson-féle diverzitási indexet és az egyenletességet használtam. A mintavételek azonos módszerekkel és azonos időtartam alatt történtek.

4.5. A felhasznált vízminősítési módszerek és az alkalmazott környezeti állapotindex kapcsolata

A környezeti állapot átfogó értékeléséhez a Spencer-féle környezeti indikációs módszert alkalmaztam, amely jól bevált dél-kelet ausztráliai vizes élőhelyek, illetve módosítva magyarországi állóvizek esetében (Spencer, 1998; Kováts et al. 2002).

Ezt a viszonylag hamar elvégezhető, drága és bonyolult műszerezettséget nem igénylő ún. gyorseszteken alapuló környezeti indexet először azért kezdték el fejleszteni, hogy segítségével állapítsák meg a területhasználókra kivetett környezetvédelmi adókat Victoria-államban.

A rendszer további átdolgozásra szorult, hogy adaptálható legyen a Kárpát-medencei vízfolyásokra is, ennek megfelelően olyan áramlástani, hidrológiai és hidraulikai tényezőket is figyelembe vettem, amelyek az eredeti rendszerben nem szerepelnek (folyástípus: rohanó – áramló; és áramlástípus: turbulens – lamináris).

A környezeti állapototest elvégzése, ill. a környezeti állapot-index megállapításához a vízi környezetminősítés hazai gyakorlatában bevált állapotjelzőket, határértékeket, mérési módszereket és ezek eredményeit használtam fel.

A rendelkezésemre álló vízminőségi jellemzők értékei alapján történő vízminőségi osztályokba való besorolást az egyes osztályokhoz tartozó határértékek szerint végeztem el (MSZ 12 749).

A vízminőségi kódszámok jelentése: I. – kiváló víz, II. – jó víz, III. tűrhető víz, IV. szennyezett víz, V. erősen szennyezett víz.

A vízsebesség vízi élettársulásokra gyakorolt hatásának jellemzésére a vízbiológiában a már bemutatott 6. táblázat szerinti hármas kódolást használják. Mivel ezek a kategóriák nem teszik lehetővé az egzakt osztályozhatóságot, ezért a határértékeket a 7. táblázat szerint módosítottam. Mivel alföldi jellegű vízfolyásokról, és az ezekre jellemző társulásokról van szó, vízsebesség szempontjából az álló, és a lassan folyó vizeket tekintettem kiváló referencia-állapotúnak, a gyors folyást a síkvidéki vizes élőhelyek esetében a legrosszabbnak. A dombvidéki csermelyek, és a hegyi patakok esetében ezt a kódolást természetesen meg kell változtatni.

A MSZ 12 749 szerinti szabvány, és az általam használt módosított Spencer-féle környezeti állapotindex egyaránt 5 osztályt tartalmaz, de fordított sorrendben. Az

összehasonlíthatóság és az elemezhetőség érdekében a legjobb állapotnak az 5. kategóriát, ill. a legrosszabbnak az 1. kategóriát neveztem ki, tehát a MSZ 12 749 kódolási sorrendjét megcseréltem. Ugyanakkor a Felföldi-féle 10 fokozatú skála esetében is szükség van az ötös skálába történő átsorolásra. Az egyes osztályközök itt is megfelelnek a MSZ 12 749 szerinti kategóriáknak.

A környezeti indikátorok listáját olyan hidraulikai jellemzőkkel egészítettem ki, amelyek jelentős befolyást gyakorolnak a folyóvízi életközösségek kialakulására és változásaira (pl. vízsebesség, teljesítmény, nyírófeszültség stb.), de nehezen mérhetőek. A listába belefoglaltam a MMCP kapott pontértékeit is (13. táblázat).

Míg a MSZ 12 749 a vizsgált jellemzőket oxigénháztartás, tápanyagháztartás, toxicitás stb. valamint egyéb mutatóra osztja (6. osztály), a Felföldi és a Dévai féle tipológia négy fő mutatócsoportot különít el, a halobitás, trofitás, szaprobitás és toxicitás szerint. A környezeti állapotindex ezeket a mutatókat talaj – víz – életközösség felbontásban veszi figyelembe.

Abban az esetben, amikor hosszabb idősorok elemzésére nyílik lehetőség (pl. Pocsaj – Vízminőségi Monitoring - Állomás) a 90%-os tartósságú értékek figyelembe vételével állapítottam meg a vízminőséget.

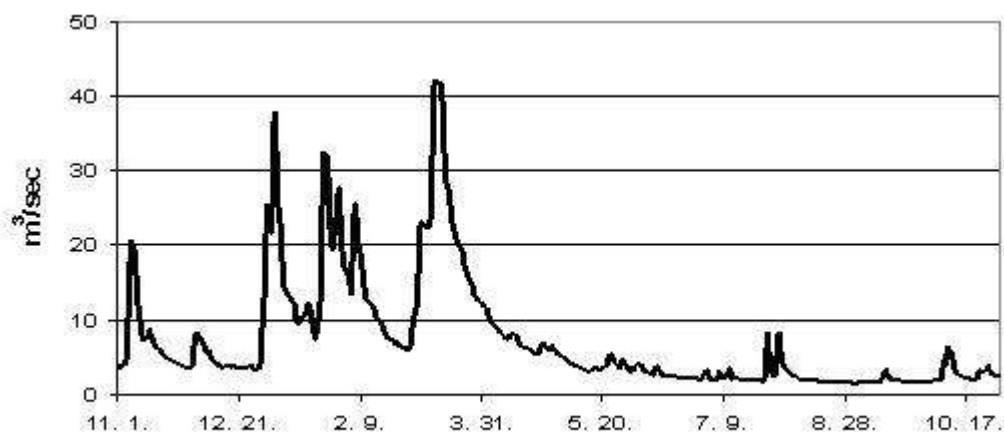
13. táblázat: **A környezeti állapotindex meghatározása** (SPENCER, 1998, módosítva)

Környezeti elem/indikátor pontértéke		1	2	3	4	5	Mértékegység
Talaj	A part stabilitása		Laza		Kötött		
	Nyírófeszültség		>50		<50		N/m ²
Víz	Áramlás		Turbulens		Lamináris		
			Rohanó		Áramló		m/s
	Átlagos sebesség	>1.00	0,75-1,00	0,50-0,75	0,25-0,50	0-0,25	m/s
	Elektromos vezetőképesség	>5.83	2.50-5.83	0.83-2.5	0.29-0.83	0-0.29	mS/cm
	Oldott oxigén	0-4.00	4.10-8.00	8.10-12.00	12.10-15.00	>15.00	mg/l
	BOI ₅	>15	10,1-15	6,1-10	4,1-6	0-4	mg/l
	pH	<4,5 ill. >9,5		4,5-6,5 ill. 8,3-9,5		6,5 – 8,3	
Vízminőségi indikátor-taxonok	MMCP	1	2	3	4	5	
	Diverzitás	<0.60	0.60-0.75	0.75-0.82	0.82-0.92	>0.92	
Vegetáció	Borítás	<5	>95	5-15 ill. 85-95	15-25 ill. 76-85	26-75	% (vízfelszín)
	Élőhelyek heterogenitása	1	2	3	4	5	Élőhelyek száma

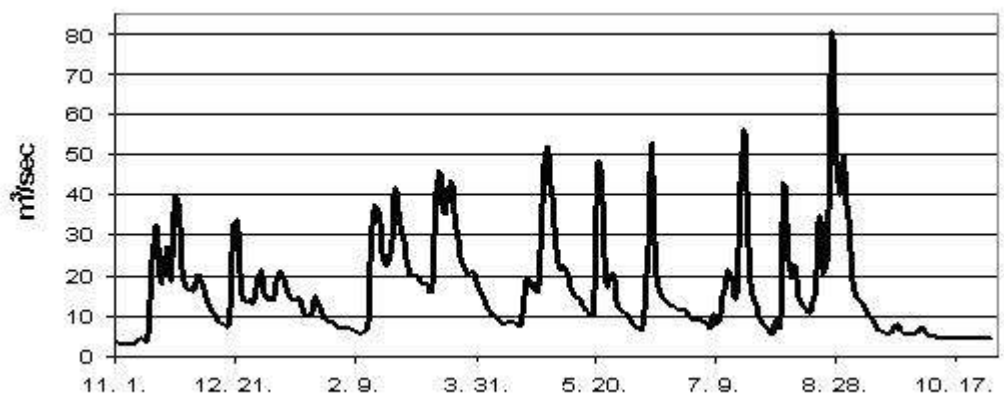
5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

5.1. A hidrológiai – hidraulikai elemzések eredményei

A Berettyó a VKI II. melléklete alapján síkvidéki, meszes hidrogeokémiai jellegű, közepes-finom mederanyagú, közepes vízgyűjtőjű (100-1000 km²) kis folyó: 18. típus. A folyószabályozások miatt erősen szabályozott felszíni víztérnek minősül. A kémhatása állandóan az enyhén lúgos tartományban marad, toxicitása sem éri el a jelentős mértéket.



7. ábra: A Berettyó Pocsajnál mért vízhozam-idősorai a 2002-2003-as hidrológiai évben (nov. 1 – okt. 31.)



8. ábra: A Berettyó Pocsajnál mért vízhozam-idősorai a 2004-2005-ös hidrológiai évben (nov. 1 – okt. 31.)

A Berettyó vízjárása ingadozó és szélsőséges. Az országhatárnál a legkisebb vízhozam 1.53 ill. 3.16 m³/sec volt a 2002-2003. ill. 2004-2005 hidrológiai évben, a legnagyobb vízhozam 42.20 ill. 80.15 m³/sec, a közepes vízhozam 7.32 ill. 12.27 m³/sec volt. A középső szakaszon a legkisebb vízhozam 1.66 ill. 3.16 m³/sec, a legnagyobb 50.10 ill. 73.98 m³/sec, az átlagos vízhozam 8.81 ill. 18.61 m³/sec volt. Az alsó szakaszon a

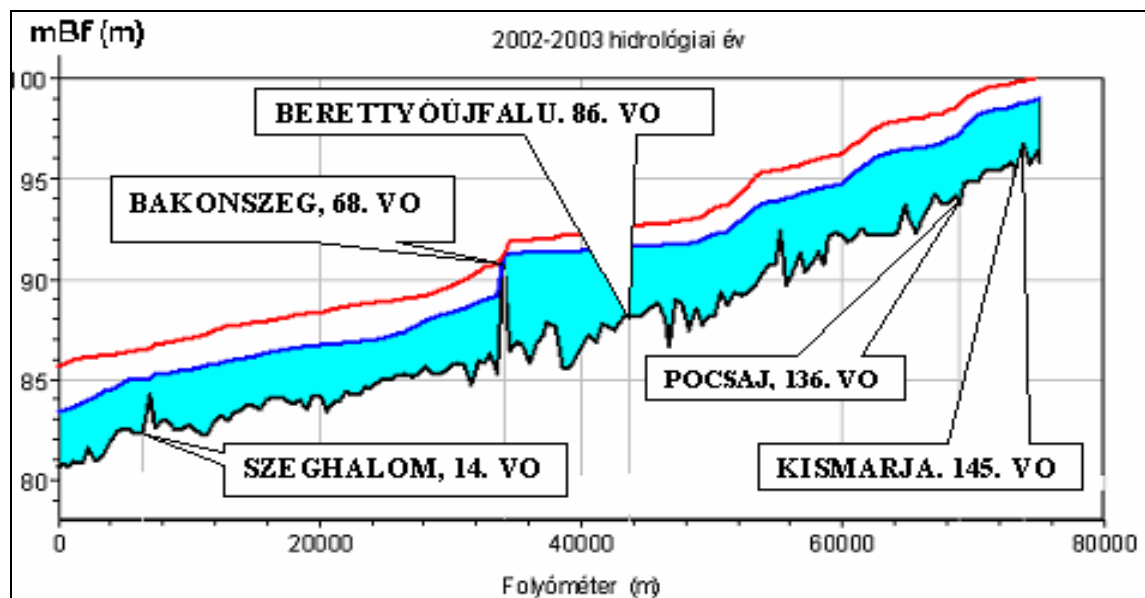
legkisebb vízhozam 4.22 ill. 6.59 m³/sec, a legnagyobb vízhozam 100.50 ill. 96.00 m³/sec, a közepes vízhozam 15.14 ill. 25.23 m³/sec volt. A legkisebb és legnagyobb vízhozamok közötti különbség tehát 20 – 25-szörös is lehet. (A részletes leíró hidrológiai statisztikai adatok a 6. mellékletben találhatóak.)

Az éves vízhozam-idősorokból (7. és 8. ábra) látszik, hogy a kialakuló, egymást követő árhullámok szélsőségesek, és viszonylag rövid ideig tartanak.

A 2002-2003-as hidrológiai év és a 2004-2005-ös hidrológiai év értékelhetően eltér egymástól. A különbség a második félévben mutatkozik meg a leglátványosabban. Ez az időszak a szakirodalmi megállapítások szerint a vízkészletek elfogyásának, apadásának a szakasza. Ennek a feltételnek a 2002-2003. hidrológiai év megfelel, ugyanakkor 2005 nyarán több jelentős árhullám is kialakult, pl. augusztus 26-án a vízhozam meghaladta a 80 m³/sec értéket. Ez indokolja az éves idősorok összehasonlító statisztikai elemzése mellett a féléves idősorok vizsgálatát is.

A fentiek értelmében a Berettyó a kis, közepes és a nagy vízhozamú kategóriába egyaránt beletartozik, viszont az éves átlagok alapján közepes vízhozamúnak tekinthető. A 90%-os tartósságok alapján ugyanez a következtetés vonható le. (7. és 8. ábra, 5. táblázat, 7. és 14. melléklet).

A Berettyó magyarországi szakaszán a hosszszelvényben több fenékküszöb is található, a legjellegzetesebb a bakonszegi 68. keresztaszelvény (9. ábra).



9. ábra: A Berettyó mo.-i szakaszának hosszszelvénye a vizsgált keresztaszelvények megjelölésével, a legalacsonyabb (2002.11.08.) és a legmagasabb (2003.03.15.) vízállásokkal, a 2002-2003-as hidrológiai évben (2002.11.01. – 2003.10.31.)

A kismarjai 145. VO átmenet a tál (trapéz és a teknő (U) keresztmetszet között. A pocsaji keresztmetszelvény a vályú (V) alakú típusba tartozik, a mállékonyabb alapkőzet miatt. Mivel a vizsgált víztér, a Berettyó magyarországi szakasza egy antropogén hatások által erősen módosított mederszakasz, a keresztmetszelvények legtöbbször trapéz (tál) keresztmetszetű, erre jó példa a berettyóújfalui (86. VO) és a szeghalmi (14. VO) mintaszelvény (10. ábra).

A legszélsőségesebb geometriai és hidraulikai viszonyokkal a bakonszegi teknő (U) keresztmetszetű szelvényben (68. VO) találkozunk.

A vizsgált keresztmetszelvényekben az átlagos sebességek, a folyástípusok, áramlástípusok nagy eltéréseket mutatnak. A sebesség-kategóriákat a 6.-7. melléklet, a vízfolyás Froude-szám által meghatározott típusát (áramló-rohanó) a 8. 9. 10. 11. melléklet, áramlásának a Reynolds-szám szerinti jellegét (lamináris-turbulens) a 12. és 13. mellékletben szereplő adatok alapján határoztam meg.

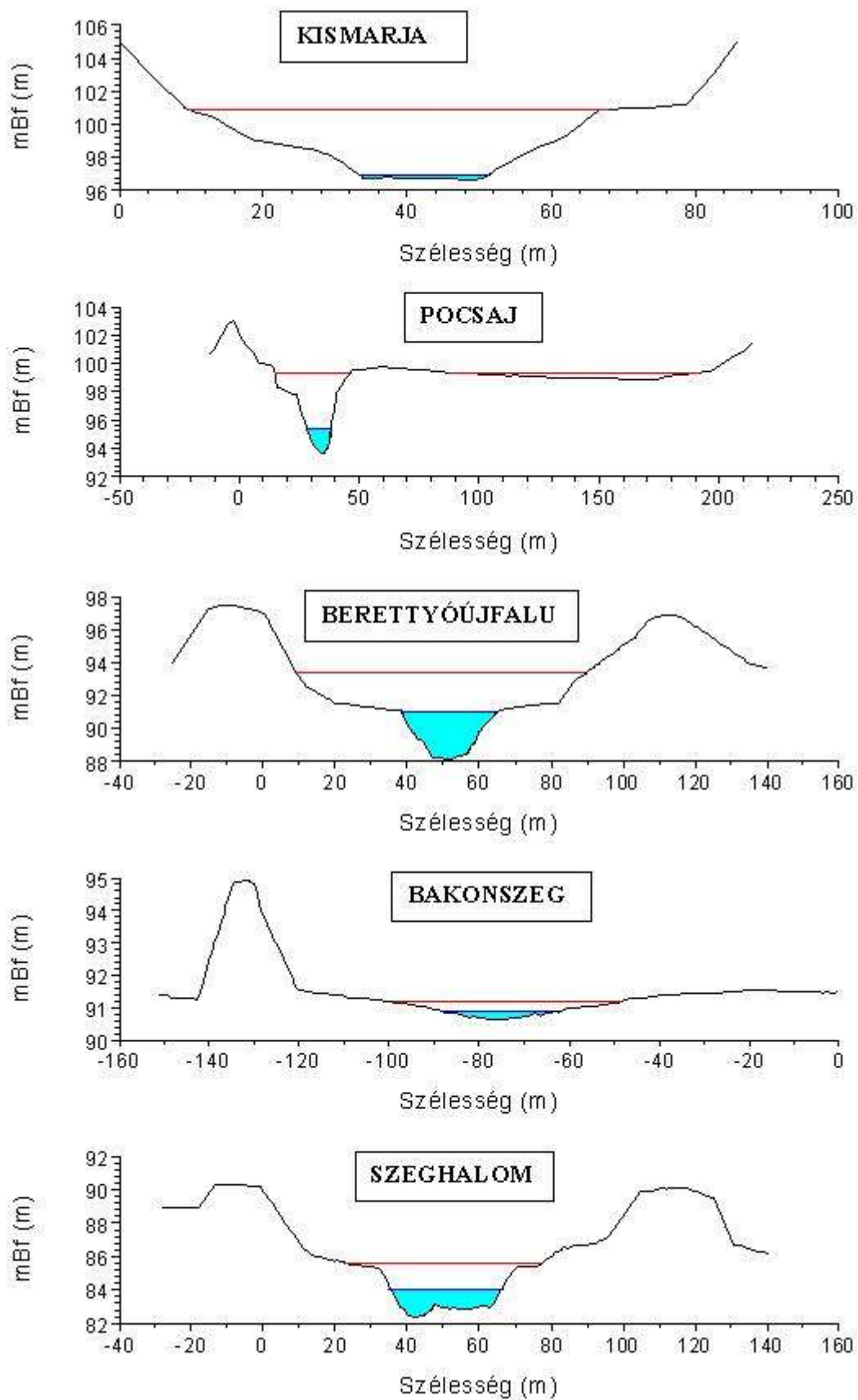
Eszerint a trapéz és V geometriájú keresztmetszelvényekben (Szeghalom, Berettyóújfalú, Pocsaj) a vízfolyás egész évben áramló típusú, a Froude-szám kisebb, mint egy, az átlagos vízsebesség és a Froude-szám viszonyát valamennyi esetben lineáris regresszió írja le.

A kismarjai trapéz-U (tál-teknő) átmeneti típusú keresztmetszelvény esetében a kisvízi periódusok során alakulnak ki olyan hidrológiai körülmények, amelyek vízugrást, vagyis az áramló-rohanó típus közötti átmenetet hoznak létre, azaz a Froude-szám ≥ 1 , és a vízsebességek is meghaladják az 1 m/sec értéket. Ebben az időszakban nem állapítható meg összefüggés a vízsebesség és a Froude-szám között.

A vizsgált szelvények között egyedül ebben figyelhető meg fordított arányosság a vízhozam, és az átlagos vízsebesség között, ugyanakkor a kapcsolatuk itt a leggyengébb. A többi keresztmetszelvényben a nagyvízi időszakban a sebességek is nagyobbak (15. táblázat).

15. táblázat: A vízhozam (Q) és az átlagos vízsebesség (v) kapcsolata a vizsgált keresztmetszelvényekben

Regresszió: $x=Q$ (m ³ /sec); $y=v$ (m/sec)				
Vizsgálati hely	Regresszió típusa	Kapcsolat jellege	Egyenlet	R ²
Kismarja	Hatvány	-	$y = 1.4396x^{-0.2969}$	0.67
Pocsaj	Logaritmikus	+	$y = 0.1582\ln(x) + 0.117$	0.99
Berettyóújfalú	Logaritmikus	+	$y = 0.0942\ln(x) - 0.0351$	0.98
Bakonszeg	Hatvány	+	$y = 0.886x^{0.2009}$	0.98
Szeghalom	Lineáris	+	$y = 0.0035x + 0.1214$	0.97



10. ábra: A vizsgált keresztmetszvények morfológiája

A Bakonszegi U (teknő) alakú keresztmetszvény esetében mindkét vizsgált évben vízúgrás körüli, ill. rohanó típusú volt a vízfolyás.

A 2002-2003-as hidrológiai évben az átlagos vízsebesség és a Froude-szám között csak $R^2 = 0,1$ erősségű összefüggés állt fenn. Ennek oka a tartós vízúgrási állapot, a Froude-szám 0.8 és 1.0 között változott, 0.02 szórással (8. és 9. melléklet). A 2004-2005. hidrológiai évben, amikor a Froude-szám 0.96 és 2.89 között ingadozott jóval nagyobb (0.3) szórással, a determinációs koefficiens értéke $R^2 = 0,9$ -re nőtt, a kialakult tartósan rohanó állapot miatt (10. és 11. melléklet).

Az áramlási állapotok minden keresztmetszvény esetében a lamináris és a gyenge turbulens kategóriába tartoztak. A vizsgált periódusokban a lamináris típus tartóssága elérte vagy meghaladta a 80 %-os tartósságot, kivéve a pocsaji 138. szelvényt, ahol az áramlás a 2002-2003-as hidrológiai év 60%-ában gyenge turbulens volt (az éves idősorok és a Reynolds-szám tartósságai a 12. és 13. mellékletben találhatóak).

A bakonszegi szelvény egyedi hidrológiai viszonyaira az ad magyarázatot, hogy a hidraulikus sugár ill. mélység relatíve kicsi, azaz a víztükörszélesség ill. a nedvesített keresztmetszvényi kerület (periméter) nagy (6. és 14. melléklet). Ez az oka annak, hogy a vízfolyás rohanó jellege ellenére az áramlás lamináris, ill. gyengén turbulens.

A vízsebesség szempontjából a vizsgált szelvények közül szintén a bakonszegi 68. VO-ban alakulnak ki extrém körülmények. A két vizsgált évben a sebességek átlaga 1.28 és 1.73 m³/sec, a legkisebb számított vízsebesség 0.96, a legnagyobb 4.98 m³/sec volt. Ebből a szempontból ez a része a Berettyónak egy felső szakasznak ill. hegyi pataknak felel meg, így áramlástanilag szempontból ökológiai barriert képez nem csak az álló, vagy igen lassú folyású vizet kedvelő rheoxen (rheofób) fajok, hanem a középső folyószakaszokra jellemző rheofil fajok számára is.

A 90%-os tartósságok, ill. az éves sebességátlagok alapján a berettyóújfalui szelvény nevezhető lassú, a szeghalmi lassú és mérsékelten sebes, a pocsaji mérsékelten sebes, a kismarjai gyorsuló, a bakonszegi gyors folyású szakasznak (6. és 7. táblázat, 7. melléklet).

A keresztmetszvények éves hidraulikai idősorainak variancia-analízise a két vizsgált hidrológiai évben a következő eredményeket hozta (ANOVA, a vizsgált változók varianciája különböző, Tamhane-f. módszer, szignifikanciaszint 0,05):

- A vízhozamok között a szeghalmi keresztmetszvény kivételével nem mutatható ki szignifikáns különbség. A Pocsaj és Berettyóújfalú között beömlő Kiskörös-csatorna nem változtatja meg jelentősen a vízjárás jellegét, mivel az azonos részvízgyűjtőn

lejátszódó hidrológiai jelenségek határozzák meg viselkedésüket. Ugyanez vonatkozik a Kutas csatornára is, amely Szeghalomnál ömlik a Berettyóba. A lényeges eltérést a Keleti-főcsatorna okozza, amelynek beömlése Bakonszeg alatt található. Mivel vízkormányzási műveletek alatt áll, amelyeket a felső-tiszai hidrológiai viszonyok is befolyásolnak, gyakorlatilag két részvízgyűjtő között létesít kapcsolatot. Ez magyarázza a szeghalmi vízhozamok varianciájának a többi vizsgált keresztzelvénytől eltérő voltát, amely minkét vizsgált időszakban kimutatható.

A reprezentatív keresztzelvényekben az alább részletezendő kivételektől eltekintve a vizsgált hidrológiai adatok varianciája különböző volt:

- A 2002-2003. hidrológiai évben, amikor a nyári, őszi eleji időszakban folyamatos kisvízi viszonyok voltak, nagyfokú hasonlóság állt fenn a két, összetett trapéz geometriájú szeghalmi és berettyóújfalui szelvény között, a hidraulikai sugár és hidraulikai mélység szempontjából. Ugyanakkor a két közel U alakú szelvény, a bakonszegi és a kismarjai az energiavonal esése és a nyírófeszültség szempontjából vonható egy csoportba, bár a nyírás esetében a $P=0.034$ érték kisebb a 0.05-os szignifikancia szintnél.
- A 2004-2005. hidrológiai évben jelentős nyári árhullámok vonultak le a Berettyón. Ennek megfelelően a varianciák is módosultak. A szeghalmi és a berettyóújfalui szelvény esetében a nedvesített keresztzelvényi terület és a tagoltság között volt hasonlóság, a hidraulikai sugár és hidraulikai mélység a szeghalmi és pocsjai szelvényben, míg a nedvesített keresztzelvényi terület és a víztükörszélesség a szeghalmi és a bakonszegi szelvényekben bizonyult szignifikánsan hasonlóknak.

5.2. A hidraulikai adatok főkomponens – analízisének eredményei

A főkomponensek adatai az egész hidrológiai évre, és az első félévre nézve nem mutatnak lényeges eltérést. A döntő különbségek a második félév (május – október) között mutatkoznak. 2003-ban ilyenkor a folyó a sokéves tapasztalatoknak megfelelő kisvízi körülmények között volt, míg 2005 tavaszán és nyarán a szélsőséges csapadékviszonyok rendkívüli árhullámokat hoztak létre.

A főkomponens-analízis során a főkomponenseket a legnagyobb faktorsúllyal szereplő valós fizikai-hidraulikai tényezőkkel azonosítottam be. Ezek a hidrológiai viszonyok alapján független változóként meghatározzák a többi tényezőt. Így elsősorban azokat az állapotjellemzőket vettem figyelembe, amelyek alapadatként szerepelnek (pl.

átlagsebesség, vízhozam stb.). Az ezekből lezármaztatható vízfizikai mennyiségek tekintendők függő változóknak.

Valamennyi keresztshelvény esetében elegendő volt két főkomponens a varianciák több mint 80 %-ának magyarázatához. A részletes eredmények a 15.-16.-17. mellékletben találhatóak, jelen helyen a főbb megállapításokat összegzem:

Kismarjai mintaterület

- Az egész éves és az első fél éves analízisek azonos jellegű összefüggéseket mutatnak. Az első főkomponensben a vízhozam szerepel nagy faktorsúllyal, mellette meghatározóak még a medergeometriai tényezők és az energiaveszteségek is, amelyek alacsony vízállások esetében egymással arányosan változnak. A 2004-2005. hidrológiai évben, amikor a magas vízállású időszakok jóval gyakoribbak voltak, a súrlódási és az összes energiaveszteség fordított arányosságot mutatott a többi változóval, jelezve, hogy a hullámtér magasabban fekvő részein a mederérdességek jóval kisebbek, mint a kisvízi mederben. A súrlódási veszteségek, és az összes energiaveszteség szoros kapcsolata arra enged következtetni, hogy a helyi, ugrásszerű energiaveszteségeknek alárendelt szerepük van a hosszanti veszteségekkel szemben.
- A második főkomponens egyértelműen az áramlással kapcsolatos tényezők, a sebesség, a nyíróerők, a teljesítmény, a Froude-szám szoros kapcsolatát mutatja. A vizsgált keresztshelvények között ez az egyetlen, amelyben az átlagos vízsebesség mindig a második főkomponensében adott nagyobb számított értéket.
- A második, a nyári időszakban egymástól jelentősen eltérő jellegű fél évek elemzése azt jelzi, hogy alacsony vízállású periódusban a Froude-szám és az E-vonal esése átkerül az első főkomponensbe, de ellentétesen változnak, az összes energiaveszteség pedig átkerült az áramlással kapcsolatos tényezők közé. A gyakori nagyvízi időszakokban az összes energiaveszteség mindkét komponensben megjelenik, de gyenge súllyal.

Pocsaji mintaterület

- A V alakúnak tekinthető shelvényben a hidrológiai tényezők csoportjainak elkülönülése nem éles. Az első főkomponensben egyedül a vízhozam az a változó, amely egyértelműen itt szerepelt.
- Nagy vízhozamok idején a hidraulikai sugár és a vele szignifikánsan együtt változó hidraulikai mélység, alacsony vízállás idején a súrlódási veszteségek, és az összes energiaveszteség alkotja a második főkomponenst.

- A többi tényező minkét komponensben előfordul a még értékelhető 0.7 körüli, vagy annál nagyobb faktorsúllyal.

Berettyóújfalui mintaterület

- A rendkívül szabályos, összetett trapéz alakú keresztaszelvényben az egész éves és az első fél éves analízisek hasonló eredményeket hoztak. Az első főkomponensbe tartozott valamennyi vizsgált állapotjellemző, kivéve a hidraulikai sugarat és mélységet, amelyek a második komponensbe alkották. Ez a víztükörszélesség és a ugrásszerű változásának tudható be.
- A 2003 nyarán bekövetkezett tartós kisvízi időszakban a súrlódási és az összes energiaveszteség egyértelműen átkerült a második komponensbe, a hidraulikai sugarat és mélységet meghatározó, velük fordított arányosságban levő nedvesített keresztaszelvényi kerület (periméter) és víztükörszélesség is inkább ide tartozott, bár esetükben az elkülönülés nem volt éles, az eredeti helyükön is az értékelhetőség határán szerepeltek.

Bakonszegi mintaterület

- Ebben a keresztaszelvényben a vízfolyástípus tartósan vízgrás körüli (2002-2003), és tartósan rohanó (2004-2005) volt. A főkomponens-analízis eredményei is ezt tükrözik.
- Vízgrás körüli állapotban, az első főkomponensben szoros összefüggés mutatható ki valamennyi változó között. Itt csak a Froude-szám válik el második főkomponensként az összes többi tényezőtől. Ide tartozik ugyan a tagoltság is, de ez ebben a szelvényben olyan kis mértékű, hogy épp csak az elemezhetőség határán mozog.
- Meg kell jegyezni, hogy nagyobb vízhozamok esetében (2002-2003 első hidraulikai fél év) a súrlódási és az összes energiaveszteség egy harmadik főkomponensbe alkotva függetlenedik a többitől, de ez a faktor a varianciáknak csak 14.5 %-át magyarázza.
- Amikor az áramlás tartósan rohanó, azaz a Froude-szám és a vízsebesség jelentősen meghaladja a határértéket ($Fr \gg 1$ és $v \gg 1$ m/sec), az adatsorok szétválása markánsabb lett. Az első főkomponens jelentősége lecsökkent, a másodiké jelentősen megnőtt. A vízsebesség, a teljesítmény és a nyírás egyértelműen átkerült a második faktort addig egyedül reprezentáló Froude-szám mellé. Mindkét komponensben megjelent a vízhozam és az összes energiaveszteség a másodikban a szignifikáns határértéket (0.73-0.76) meghaladva, míg az elsőben azt megközelítve (0.65-0.67). Az összes energia változását, valamint a teljesítményt itt elsődlegesen a sebesség és a

vízfolyás rohanó típusa dönti el, míg a súrlódási veszteségeért a szélsőséges medergeometriai viszonyok (kis hidraulikus mélység és sugár, nagy víztükörszélesség ill. nedvesített keresztmetszeti terület) a felelősek.

Szeghalmi mintaterület

- Nagyvízi időszakokban a hidrológiai viszonyokat a medergeometria és a vízhozam határozza meg, a hidraulikai sugár és mélység, valamint a tagoltsági mutató került át a viszonylag kis jelentőségű második főkomponensbe. Eszerint az egész éves, és az első féléves analízis a szintén összetett trapéz keresztmetszetű Berettyóújfalui szelvény eredményeihez hasonlít.
- Tartós kisvízi időszakban az energetikai jellegű változók egyértelműen átkerülnek a megnövekedett jelentőségű második főkomponensbe. A vízsebesség súlya az első főkomponensben lecsökken 0.78-ra, és 0.6 értékkel megjelenik a második főkomponensben is. A nyírás és a teljesítmény gyenge, de értékelhető faktorsúllyal szerepel mindkét komponensben.

Összegzés

- A kismarjai (U-trapéz átmenet), pocsaji (V) és a bakonszegi (U) keresztmetszetben az első főkomponens értéke (a varianciák %-os magyarázata) kisvízi időszakban nagy, és magasabb vízállás esetén csökken, amikor a második főkomponens értéke megnő. A berettyóújfalui és szeghalmi összetett trapéz alakú szelvényben fordított a helyzet. A víz szintjének lejtése, amelyet áramló víz esetében az energiavonal esése reprezentál, a két utóbbiban a legalacsonyabb.
- A medergeometriai adatok minden esetben az első főkomponensben szerepeltek jelentős faktorsúllyal, tehát a hidrológiai jelleg kialakításában betöltött szerepük vele együtt változik. A vízhozam is idetartozik, kivéve a bakonszegi szelvényt, ahol a tartósan rohanó állapotban a faktorsúlya minimális lesz.
- A dinamikus hidraulikai tényezők (a víz energiájával, sebességével stb. kapcsolatos változók) Kismarja, Pocsaj és Bakonszeg esetében nagyvízi időszakban átkerülnek a második főkomponensbe, növelve annak jelentőségét, az első főkomponens rovására.
- A berettyóújfalui és szeghalmi összetett trapéz alakú szelvényben kisvízi állapotban alakul ki hasonló helyzet, bár Berettyóújfalu esetében csak a súrlódási és az összes energiaveszteség függetlensége egyértelmű. Ebben az esetben a leszámított medergeometriai adatok (hidraulikai sugár és mélység, tagoltság) negatív előjellel szintén a második főkomponensbe kerülnek, és megjelenik a víztükörszélesség és a periméter is. Ez közvetve jelzi – kis vízhozam esetében – az átlagos mélység és az

energiaveszteségek közötti fordított arányosságot. Nagy vízhozamok esetében az átlagos mélység nem befolyásolja az energetikai állapotot. Szeghalom esetében az átlagos mélység mindig elég nagy ahhoz, hogy ebből a szempontból semleges legyen.

- A különböző keresztmetszélytípusokban adott vízhozamok esetén változó erősségű kapcsolatok alakulnak ki a geometriai és a dinamikus tényezők között, pl. a sebesség Bakonszegnél a rohanó, vagy vízugrási állapotban levő vízben gyakorlatilag állandóan, a kismarjai szelvény esetében pedig tartósan független a medergeometriától. A szeghalmi szelvényben kisvízi körülmények között alakul ki olyan helyzet, hogy az összefüggések jelentősen lecsökkennek.
- A fentiek értelmében, amennyiben kedvező irányban akarjuk változtatni a víz áramlási viszonyait, figyelembe kell venni a medergeometriai változtatások mellett az egyéb vízáramlást módosító megoldásokat (műtárgyak, surrantók, sarkantyúk stb.), vagy a vízhozam megváltoztatását (szükségtározók, szivattyútelepek stb.) is.

5.3. A folyó környezeti állapota

5.3.1. A pocsaji referencia-állomás adatainak elemzése a 2002-2003. hidrológiai évben

Az adatállomány alkalmasnak bizonyult a főfaktor- (főkomponens) analízisre mind a KMO (Kaiser – Meyer – Olkin) mérték és a mintaalkalmassági mérték (MSA, Measure of Sampling Adequacy), mind a Bartlett-féle szférikus teszt alapján is.

Az eredmények értékelésében a következőket vettem figyelembe:

Mindkét hidrológiai év esetében megállapítható, hogy a kapott főkomponens-változók értékelhetőek voltak statisztikai szempontból, mivel sajátértékeik 1-nél nagyobbak, és együttesen az összes variancia több mint 80 %-át megmagyarázzák.

Felleg (2002) alapján, ha a faktorsúly abszolút értéke kisebb mint 0.70, akkor a hipotetikus faktor és a változó kapcsolatát nem tekintetem szignifikánsnak. Szelényi (2002) gyakorlata szintén ezen az általam is alkalmazott szabályon alapult.

Ezt kiegészítettem azzal, hogy jelen esetben az ennél kisebb, közelítő értékekkel rendelkező állapotjelzőket is érdemes figyelembe venni az analízisek során.

Így azokban az esetekben, amikor a megfigyelt változó faktorsúlya nem érte el a 0.70 értéket, akkor annál a főkomponensnél vetem számításba, ahol a legnagyobb faktorsúllyal bírt.

A. Az egész hidrológiai év főkomponens-analízis eredményei

1. főkomponens: Az egész hidrológiai év főkomponens-analízis eredményei azt mutatják, hogy a medergeometriai adatok és a vízsebesség markáns összefüggésben állnak a vízhozammal, így a szennyeződések hígulásának mértékével is, amelyet a sótartalom csökkenése jelez. A vízhőmérséklet is az első komponensbe tartozik, a vezetőképességgel (sótartalom) együtt, de a többi tényezővel ellentétesen változik. A hőmérséklet súlya nem szignifikáns (-0.52).

2. főkomponens: A trofitási mutatókkal (algaszám, klorofilltartalom) jellemezhető. Kimutatható kapcsolat áll fenn a vezetőképességgel, ami arra utalhat, hogy a vízben oldott sók jelentős része növényi tápanyag.

16. táblázat: A hidrológiai és vízminőségi adatsorok főkomponens-analízisének eredményei a 2002-2003. hidrológiai évben

2002.11.01. – 2003.10.31.					
Főkomponens (Főfaktor)	1	2	3	4	5
Variációk %-os magyarázata	59.27	12.46	5.45	4.38	3.46
Összes magyarázat	59.27	71.73	77.18	81.56	85.02
Sajátértékek	17.19	3.61	1.58	1.27	1.00
Vízhozam	0.97				
mBf (m)	0.98				
E-vonal esés	0.93				
Sebesség	0.97				
Nedvesített keresztmetszeti terület	0.98				
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)	0.96				
Hidr-Rádiusz	0.96				
Hidr-Mélység	0.96				
Vízükörzésesség	0.95				
Froude-sz.	0.91				
Súrlódási vesz.	0.86				
E-veszt.	0.87				
Max. mélység	0.98				
Teljesítmény	0.98				
Nyírófesz.	0.98				
Tagoltság	0.92				
Hőmérséklet	-0.78				
pH			0.73		
Vezetőképesség	-0.52	0.60			
Oldott oxigén			0.74		
Zavarosság			0.60		
TOC				0.81	
Ammónia			-0.48		
Zöldalga		0.88			
Kékalga		0.75		0.41	
Kovaalga		0.92			
Barázdásmoszat					-0.89
Klorofill-a		0.96			
Toxicitás				-0.40	

3. főkomponens: A pH és az oldott oxigéntartalom szignifikáns összefüggését reprezentálja. A zavarosság velük együtt változik. Az ammónia-tartalom itt vesz részt a

legnagyobb súllyal, de ez sem jelentős, viszont a negatív érték jelzi, hogy csökkenésében szerepe van a nitrifikációnak.

4. főkomponens: Gyakorlatilag megfelel az TOC-tartalomnak. Gyenge, de kimutatható súllyal megjelenik a kékalga, és ellentétes előjellel a toxicitás, amely azonban nem volt jelentős mértékű az év során.

5. főkomponens: Sajátértéke 1, a barázdásmoszatokat jelöli, nem növeli jelentősen az analízis pontosságát. (16. táblázat)

B. A hidrológiai év első felének főkomponens-analízis eredményei

1. főkomponens: Valamennyi vizsgálatba bevont hidraulikai és medergeometriai jellemzőt tartalmazza. A vezetőképességgel kapcsolatba hozható sótartalom is részt vesz a főkomponensben (-0.88), de a többi tényezővel ellentétesen változnak.

17. táblázat: **A hidrológiai és vízminőségi adatsorok főkomponens-analízisének eredményei a 2002-2003. hidrológiai év első felében**

2002.11.01. – 2003.04.30.					
Főkomponens (Főfaktor)	1	2	3	4	5
Variációk %-os magyarázata	53.03	15.29	10.27	5.64	4.87
Összes magyarázat	53.03	68.32	78.60	84.24	89.11
Sajátértékek	14.85	4.28	2.88	1.58	1.37
Vízhozam	0.98				
mBf (m)	0.96				
E-vonal esés	0.96				
Sebesség	0.95				
Nedvesített keresztmetszeti terület	0.97				
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)	0.98				
Hidr-Rádiusz	0.86				
Hidr-Mélység	0.85				
Víztükörszélesség	0.97				
Froude-sz.	0.96				
Súrlódási vesz.	0.79				
E-veszt.	0.79				
Max. mélység	0.96				
Teljesítmény	0.98				
Nyírófesz.	0.97				
Tagoltság	0.73				
Hőmérséklet			0.75		
pH					-0.60
Vezetőképesség	-0.88				
Oldott oxigén			0.78		
TOC		0.79			
Ammónia				-0.79	
Zöldalga		0.86			
Kékalga		0.90			
Kovaaalga		0.82			
Barázdásmoszat			0.53		
Klorofill-a		0.94			
Toxicitás					0.81

2. főkomponens: Gyakorlatilag beazonosítható az összes alga (klorofill-a) tartalommal, de érdemes megfigyelni a TOC magas reprezentáltságát, ami összefüggést mutat az

összes szerves anyag tartalom, és a növényi szerves anyag tartalom között. A vezetőképesség itt is megjelenik 0.6 értékkel, ami azt jelzi, hogy a vízben oldott sók jelentős része növényi tápanyag.

3. főkomponens: Pozitív kapcsolatot mutat ki a hőmérséklet és az oldott oxigén tartalom között, ami a fotoszintézis szerepének növekedésére utal. (A légköri eredetű oxigén mennyisége a felmelegedéssel csökken, ugyanakkor az asszimilációs aktivitás fokozódik.

4. főkomponens: Gyakorlatilag megfelel az ammónia-tartalomnak, gyenge kapcsolat mutatható ki az energiaveszteségekkel.

5. főkomponens: Önmagában nem növeli jelentősen az analízis pontosságát. Jelentősebb súllyal a toxicitás és a pH szerepel benne, amelyek ellentétesen változnak, tehát a mérgezőképesség savas kémhatáshoz köthető. Maga a toxicitás az év során elhanyagolható mértékű volt, a pH állandóan a semleges, enyhén lúgos kategóriába tartozott, tehát ezek a tényezők nem jelentettek vízminőségi problémákat. (17. táblázat)

C. A hidrológiai év második felének főkomponens-analízis eredményei

1. főkomponens: A kisvízi időszakban lényeges változást jelentett, hogy a hőmérséklet jelentős factorsúllyal jelent meg a hidraulikai és medergeometriai jellemzők mellett, azokkal ellentétesen változva. A vezetőképesség is jelen van ugyan, de alacsony súlya jelzi a hígulási folyamatok jelentőségének csökkenését.

2. főkomponens: A trofitási mutatókkal ezen belül is az összes klorofill-tartalommal jellemezhető leginkább. Gyenge súllyal, de megjelenik a vezetőképesség és az oldott oxigéntartalom is, ami az algaszám, a növényi tápanyagtartalom, az oldott sótartalom és a fotoszintetikus aktivitás kapcsolatrendszerére mutat rá.

3. főkomponens: A harmadik főkomponens azt jelzi, hogy az adott periódusban egy eutrofizálódási folyamat indult meg, amelyben a fő szerepet a barázdásmoszatok játszották. Ezt jelzi a sótartalom és az oldott oxigéntartalom egyidejű csökkenése is, tehát a növényi tápanyagok jelentős része a barázdásmoszatok biomasszájába épült be. A kisvízi periódusban a súrlódási erőknek az összes energia-veszteségre gyakorolt hatása növekszik, bár a vízminőséget nem szignifikáns szinten befolyásolják .

4. főkomponens: Az ammóniatartalommal azonosítható. A súrlódási veszteségek gyenge súllyal megjelennek. Az ammóniatartalom növekedésével csökken a vezetőképesség, a toxicitás és a TOC mértéke is, viszont főkomponens-súlyuk alacsony. Ebből az a következtetés vonható le, hogy az ammónia egy része szerves anyagok

bomlásából keletkezik, de a jelenlevő TOC jelentősebb része biológiailag nem bontható. A mérgező anyagok egy része biológiailag lebontható szerves anyag, de a gyenge kapcsolatok azt jelzik, hogy a toxicitás jelentősebb részben köthető a szerves anyagokhoz, illetve a biológiailag nehezen, vagy nem degradálható szerves anyagokhoz. Az ammónia és a toxicitás fordított előjele jelzi, hogy a szerves eredetű toxicitásban az ammonifikációs folyamatok szerepe alárendelt.

18. táblázat: A hidrológiai és vízminőségi adatsorok főkomponens-analízisének eredményei a 2002-2003. hidrológiai év második felében

2003.05.01. – 2003.10.31.					
Főkomponens (Főfaktor)	1	2	3	4	5
Variációk %-os magyarázata	53.71	15.14	6.11	5.52	4.62
Összes magyarázat	53.71	68.85	74.95	80.48	85.10
Sajátértékek	15.58	4.39	1.77	1.60	1.34
Vízhozam	0.99				
mBf (m)	0.99				
E-vonal esés	0.98				
Sebesség	0.99				
Nedvesített keresztaszvénny terület	0.99				
Nedvesített keresztaszvénny terület (Periméter)	0.99				
Hidr-Rádusz	0.99				
Hidr-Mélység	0.99				
Vízüköraszvénny	0.99				
Froude-sz.	0.94				
Súrlódási vesz.	0.68		0.42	0.48	
E-veszt.	0.68		0.43	0.51	
Max. mélység	0.99				
Teljesítmény	0.98				
Nyírófesz.	0.99				
Tagoltság	0.98				
Hőmérséklet	-0.70		-0.32		
pH					0.83
Vezetőképesseg	-0.39	0.59	-0.39	-0.41	
Oldott oxigén		0.51	-0.57		
TOC				-0.37	0.64
Ammónia				0.75	
Zöldalga		0.88			
Kékalga		0.86			
Kovaalga		0.95			
Barázdásmoszat			0.77		
Klorofill-a		0.96			
Toxicitás				-0.30	

5. főkomponens: A pH jelentős, a TOC viszonylag nagy súllyal van jelen. A komponens nem növeli jelentősen a variációk magyarázatát, de érdemes megjegyezni, hogy a pH és a TOC pozitív kapcsolatban vannak, azaz összefüggés mutatható ki a lúgosodás és a szervesanyag-tartalom között. A mikroorganizmusok döntő hányada a semleges, ill. enyhén lúgos kémhatást részesíti előnyben. (18. táblázat)

5.3.2. A pocsjai referencia-állomás idősorainak elemzése a 2004-2005-ös hidrológiai évben

A. A 2004-2005-ös hidrológiai év főkomponens-analízis eredményei

A varianciák legalább 80%-os magyarázatához 5 főkomponens szükséges. A nyári időszak szélsőséges viszonyai magyarázzák azt a tényt, hogy a hidraulikai-hidrológiai tényezők megoszlanak az első két főkomponens között, melyek közel azonos mértékben határozzák meg az összvarianciát. A sebesség, teljesítmény és a nyírófeszültség az első főkomponensben szerepel, míg a geometriai alapadatok és az energiaveszteségek a másodikba kerültek.

19. táblázat: A hidrológiai és vízminőségi adatsorok főkomponens-analízisének eredményei a 2004-2005. hidrológiai évben

2004.11.01. – 2005.10.31.					
Főkomponens (Főfaktor)	1	2	3	4	5
Variációk %-os magyarázata	28.99	26.18	14.00	8.30	6.52
Összes magyarázat	28.99	55.16	69.16	77.46	83.98
Sajátértékek	8.41	7.59	4.06	2.41	1.89
Vízhozam		0.81			
mBf (m)	0.76	0.64			
E-vonal esés	0.65	0.66			
Sebesség	0.85				
Nedvesített keresztmetszeti terület		0.83			
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)		0.96			
Hidr-Rádiusz	0.98				
Hidr-Mélység	0.97				
Vízükörzélesség		0.96			
Froude-sz.	0.72	0.62			
Súrlódási vesz. E-veszt.		0.86			
Max. mélység	0.76	0.64			
Teljesítmény	0.82				
Nyírófesz.	0.87				
Tagoltság	0.87				
Hőmérséklet				0.67	0.57
pH				-0.67	
Vezetőképesség	-0.63				
Oldott oxigén					-0.79
Zavarosság					
TOC				-0.73	
Ammónia			0.80		
Zöldalga			0.95		
Kékalga			0.82		
Kovaaalga					0.66
Barázdásmoszat			0.85		
Klorofill-a			0.97		
Toxicitás				0.51	

1. főkomponens: A hidraulikai sugár és a hidraulikai mélység kapta a legnagyobb főkomponens-súlyt, de a víz átlagos sebessége, a nyírófeszültség és a tagoltság is jelentős. A vezetőképesség a küszöbérték alatt marad, és a többi hidraulikai tényezővel ellentétesen változik.

2. főkomponens: A vízhozam ide került, az energiaveszteségekkel együtt. A legnagyobb főkomponens-súllyal a geometriai alapadatok (nedvesített keresztmetszeti terület és kerület, víztükörszélesség) szerepelnek. Összességében elmondható, hogy a geometriai alapadatok, és a belőlük lezármaztatott mennyiségek külön váltak, az előbbiek a sebességgel és a nyírással, míg az utóbbiak a vízhozammal, és az energiaveszteségekkel állnak szorosabb összefüggésben.

3. főkomponens: Gyakorlatilag az algákat foglalja egybe, de nagy súllyal jelenik meg az ammónia is. A redukált nitrogénformák és az algaszám szoros összefüggéséből eutrofizációs viszonyokra lehet következtetni.

4. főkomponens: A TOC szignifikánsan megjelenik, de a hőmérséklet és a pH is jelen vannak. A hőmérséklet növekedésével csökken a pH (savasodás) és a TOC, amiből a szerves szénformák ammonifikációjára lehet következtetni. A toxicitás gyenge súllyal, de jelen van, és a hőmérséklettel együtt változik.

5. főkomponens: Éves szinten az oldott oxigéntartalommal jellemezhető. A hőmérséklet és a kovaalga alacsonyabb jelentőséggel szerepel, az oldott oxigéntartalommal ellentétesen változik. (19. táblázat)

B. A 2004-2005-ös hidrológiai év első félévének főkomponens-analízis eredményei

1. főkomponens: Hasonlóan a 2002-2003-as hidrológiai év első feléhez, a hidraulikai és a medergeometriai adatok együtt maradtak, a vezetőképesség is magas értékkel képviselteti magát, de ellentétesen változik. A két főkomponens-analízis eredményei közötti eltérések csekélyek.

2. főkomponens: Az összes alga, és az ammóniatartalom által reprezentált tényező, tehát megfelel a trofitási mutatók jellemzésére.

3. főkomponens: Egyedül az oldott oxigéntartalom jelenik meg szignifikánsan, vele ellentétes előjelű gyenge összefüggés mutatható még ki a lezármaztatott hidraulikai jellemzők (átlagos mélység, tagoltság) és a pH esetében. A 2. és a 3. főkomponens függetlensége itt is jelzi, hogy a víz oxigén-háztartásában a fotoszintetikus oxigén szerepe nem jelentős, mivel szignifikáns összefüggést az analízis nem mutatott ki közöttük.

4. főkomponens: A TOC jelenik meg szignifikáns értékkel. Erősebb összefüggésben van a pH-val, és gyengébb, ellentétes jellegű kapcsolat mutatkozik a hőmérséklettel és a toxicitással.

5. főkomponens: A zavarosság által reprezentálható mutató. A jelentősége csekély, mivel az első négy főkomponens már elegendő mértékben magyarázza a varianciákat. Az NTU értékek nem voltak olyan nagyok az év során, hogy komolyan befolyásolhassák a vízminőséget. (20. táblázat)

20. táblázat: A hidrológiai és vízminőségi adatsorok főkomponens-analízisének eredményei a 2004-2005. hidrológiai év első felében

2004.11.01. – 2005.04.30.					
Főkomponens (Főfaktor)	1	2	3	4	5
Variációk %-os magyarázata	52.97	17.96	7.35	6.65	4.60
Összes magyarázat	52.97	70.93	78.27	84.92	89.52
Sajátértékek	15.36	5.21	2.13	1.93	1.33
Vízhozam	0.98				
mBf (m)	0.98				
E-vonal esés	0.96				
Sebesség	0.98				
Nedvesített keresztmetszeti terület	0.98				
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)	0.96				
Hidr-Rádusz	0.88				
Hidr-Mélység	0.86				
Víztükörszélesség	0.94				
Froude-sz.	0.97				
Súrlódási vesz.	0.94				
E-veszt.	0.94				
Max. mélység	0.98				
Teljesítmény	0.99				
Nyírófesz.	0.99				
Tagoltság	0.74				
Hőmérséklet				-0.59	
pH				0.66	
Vezetőképeség	-0.85				
Oldott oxigén			-0.78		
Zavarosság					0.83
TOC				0.82	
Ammónia		0.84			
Zöldalga		0.98			
Kékalga		0.97			
Kovaalga		0.63			
Barázdásmoszat		0.96			
Klorofill-a		0.99			
Toxicitás			0.36	-0.54	

C. A 2004-2005-ös hidrológiai év második felének főkomponens-analízis eredményei

1. főkomponens: A hidraulikai adatok, a medergeometriai alapadatok, és ellentétes előjellel a vezetőképesség (sótartalom) szerepelnek benne jelentős értékekkel.

2. főkomponens: A leszámított geometriai adatok (átlagos mélység, tagoltság) vannak képviselve szignifikánsan, gyenge súllyal megjelenik a nyírófeszültség is, azonos tendenciával.

3. főkomponens: Az oldott O₂ tartalom jellemzi a legnagyobb (negatív) főkomponens-súllyal, de elfogadható értéket kapott a pH is azonos (negatív), és a hőmérséklet

(pozitív) előjellel. Alacsony súllyal, de ide tartozik a TOC az oxigénnel ellentétes (pozitív) , és az ammóniatartalom, az oxigénnel azonos (negatív) módon változva is.

21. táblázat: A hidrológiai és vízminőségi adatsorok főkomponens-analízisének eredményei a 2004-2005. hidrológiai év második felében

2005.05.01. – 2005.10.31.						
Főkomponens (Főfaktor)	1	2	3	4	5	6
Variációk %-os magyarázata	39.52	15.40	10.77	9.515	7.57	5.32
Összes %-os magyarázat	39.52	54.92	65.90	73.33	80.90	86.22
Sajátértékek	11.46	4.47	3.12	2.22	2.20	1.54
Vizhozam	0.96					
mBf (m)	0.90					
E-vonal esés	0.90					
Sebesség	0.82					
Nedvesített keresztaszvénny terület	0.95					
Nedvesített keresztaszvénny kerület (Periméter)	0.78					
Hidr-Rádus		0.85				
Hidr-Mélység		0.86				
Vízükörzélesség	0.76					
Froude-sz.	0.88					
Súrlódási vesz.	0.94					
E-veszt.	0.94					
Max. mélység	0.90					
Teljesítmény	0.80					
Nyírófesz.	0.75					
Tagoltság		0.92				
Hőmérséklet			0.72			
pH			-0.72			
Vezetőképesség	-0.71					
Oldott oxigén			-0.82			
Zavarosság				0.66		
TOC			0.53			
Ammónia			-0.63			
Zöldalga					0.78	
Kékalga				0.78		
Kovaaalga						-0.87
Barázdámszlat					0.67	
Klorofill-a					0.80	
Toxicitás				0.60		

4. főkomponens: A kékalgák nagy súllyal vannak reprezentálva, de a toxicitás és a zavarosság értékei is megközelítik a szignifikáns értéket. Ez egy kékalga (cianobaktérium) túlszaporodáshoz köthető eutrofizációs folyamatra, és az ennek során felszabaduló cianotoxinok jelentősebb mennyiségére utal.

5. főkomponens: Az eukarióta algákat reprezentálja, a kovamoszatok kivételével. Kimutatható kapcsolatban nem állnak a többi jellemzővel, de szükségesek az analízis kivitelezéséhez, a komponens sajátértéke 1-nél nagyobb.

6. főkomponens: A kovaalgákkal jellemezhető komponens nem növeli jelentősen az analízis pontosságát, el is hagyható. Mivel ezek a moszatok az általános növényi tápanyagok (N és P formák) mellett SiO₂-ot is igényelnek, valamint kevésbé érzékenyek a szennyeződésekre, mint a többi alga, ez lehet eltérő viselkedésük magyarázata. (21. táblázat)

Összegzésként megállapítható, hogy a hidrológiai jellemzők (a vízhozam, az energetikai és medergeometriai tulajdonságok) a vízfolyás fizikai és kémiai mutatóinak befolyásolásán keresztül fejtik ki hatásukat a vízminőségre. Nagyvízi időszakban elsősorban a hígulási folyamatokat, kisvízi időszakban a hőmérsékletet befolyásolják. A hőmérséklet és a pH ellentétes kapcsolata a bomlási folyamatok hőmérséklettől való függését jelzik. A lebontó anyagcsere fokozódása is savasodással jár együtt.

Nyári, kisvízi időszakban a szerves produkció (klorofill-a tartalom) a vezetőképességgel kerül kimutatható kapcsolatba, míg a téli áradások idején a teljes szerves kötésben levő széntartalommal (TOC). Ez utalhat a felső szakasz hullámterében vagy árterületén valószínűsíthető szennyezőforrásokra.

Ezek alapján a vízminőségvédelemben és a vízfolyások rehabilitációjában érdemes fontolóra venni a medermorfológia tudatos megváltoztatását is. Ugyanakkor szükségesnek tartom a hidrológiai és vízminőségi mutatók minél szélesebb körének bevonását a további vizsgálatokba.

5.3.3. A vízminőség éves szintű változásai

A vízminőségi jellemzők éves statisztikai adatait és tartósságait részletesen bemutatom a 18.-19.-20.-21.-22. mellékletekben, illetve a vízminőségi osztályok tartósságai a 23. mellékletben találhatóak.

Ezen vízminőségi adatsorok éves tartósságai alapján a következőket lehet megállapítani:

- A protonaktivitás (pH) szempontjából a víz minikét vizsgált hidrológiai évben kiváló (semleges) ill. jó (enyhén lúgos) állapotban volt.
- A vezetőképesség (sótartalom) a 2002-2003. hidrológiai évben 67 %-ban volt kiváló ill. jó, 24 %-ban közepes, 9 %-ban gyenge. Az utóbbi állapotok kis vízhozamok esetén alakultak ki. A 2004-2005. hidrológiai évben tartósan kisvízi periódusok nem alakultak ki, a sótartalom 83 %-ban érte el a jó ill. kiváló kategóriát, és 17 %-ban volt közepes.
- Az oldott oxigéntartalom alapján az első évben 18 %-ban volt jó és kiváló, 42 %-ban közepes, 34 %-ban és 6 %-ban gyenge ill. rossz állapotban a víz, a tartósan kis vízhozamok idején. A második hidrológiai évben 93 %-ban jó és kiváló kategóriába került, 7 %-ban volt közepes.
- A teljes szerves kötésben levő széntartalom (TOC) alapján le lehet vonni azt a következtetést, hogy ebből a szempontból a legveszélyeztetettebb a Berettyó vizének

a minősége. Az első vizsgált évben 31 %-ban és 19 %-ban (összesen 50 %), a másodikban 37 %-ban és 22 %-ban volt közepes és gyenge kategóriájú, sőt ebben az évben előfordult egy 6 %-os tartósságú rossz állapot is (összesen 65 %). Az a tény hogy nagyobb vízhozamok esetén sokszor a TOC is növekszik, felhívja a figyelmet a vízminőségmérő állomás feletti folyószakasz hullámterében és árterületén található pontszerű és diffúz, potenciális szennyezőforrásokra, amelyek az áradások során válnak valódi veszéllyé.

- Az ammonifikációs folyamatok mértéke csekély volt, mintegy 10%-ban alakult ki egy közepes minőségű időszak, 2003 nyarán. A második, nagyobb vízhozamú évben alacsonyabb volt a koncentráció.
- Trofitási szempontok alapján (összes klorofill-a) a vizsgált időszakokban a víz minősége döntően kiváló és jó volt, 3 %-ban a III. (közepes) vízminőségi osztályba került.
- A víz mérgezőképessége sohasem került a II. osztály (jó) alá, viszont nagyobb vízhozamú időszakokban rosszabb minőségű volt, ez az áradások során bemosódó szennyeződésekre utal.

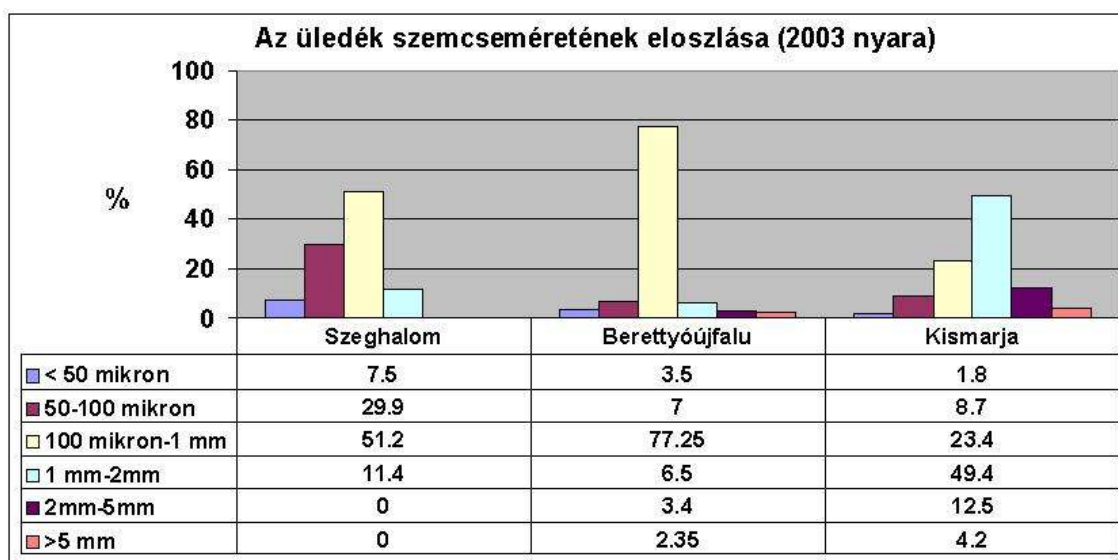
5.3.4. A Berettyó-folyó magyarországi szakaszának vízminősége a nyári, kisvízi időszakban

A vizsgálati helyekről a mederanyag-összetétel szempontjából az alábbiak állapíthatóak meg:

Az alsó, szeghalmi szakasz 0.05-0.1 mm (50-100 μ) és 0.1-1 mm finom és közepes szemcseméretű homokfrakció dominanciájú vízfolyás, ahol még megjelenik a durva homok is. Az egészen finom, 0.05 mm szemcseméretű mederanyag aránya itt a legnagyobb.

A berettyóújfalui szakaszban a közepes szemcseméretű homokfrakció (0.1-1 mm) a legjelentősebb.

A gyors folyású kismarjai keresztzelvényben a 0.1–2 mm-es, közepes és durva szemcseméretű homok a jellemző mederanyag (a durva homokfrakció a legjellemzőbb), de jelentősnek mondható a finom homok (0,05-0.1 mm) és az apró kavics (2-5 mm) aránya is. Az üledékszemcsék méreteinek részletes megoszlását a 11. ábra mutatja.



11. ábra: Az üledék szemcseméretének eloszlása a vizsgált keresztaszvályekben 2003 nyarán

A terepi mérések szerinti vízminőségi állapotok kapcsán a következőket határoztam meg:

A. A felső szakasz (Kismarja, 145. VO). A nyár folyamán a folyószakasz vízsebessége 0,68 – 1,37 m/s között volt, ez mérsékelten gyors, illetve gyors folyású vizet jelent.

A felszínközeli víz hőmérséklet a nyár folyamán 19,9 - 28°C között volt. A folyószakasz vize közepesen meleg és meleg volt.

A fajlagos elektromos vezetőképesség változásaira vonatkozó szabvány szerint közepesen változó sótartalmú magas ill. közepesen magas vezetőképességű folyószakasz (670 – 950 mikroS/cm, II.-III. osztály).

A folyószakasz vizének pH - ja 7,28 – 7,80 között volt, ez a protonaktivitás értékeire vonatkozó szabvány szerint semleges, enyhén lúgos kémhatást jelent (I-II. osztály)

A folyószakasz vizének oxigéntartalma a vizsgálati időpontokban 3,2 – 7,65 mg/l között volt 5,98 mg/l átlaggal, ez az oldott oxigén tartalomra vonatkozó szabvány szerint magas oxigéntartalomnak felel meg (II. osztály).

A víz oxigéntelítettsége 60 - 92,4 % között volt, ez közepes, és közepesen változó oxigéntelítettségnek felel meg.

A szervesanyag-tartalom (szaprobítás) mértéke 8 –12 mg/l BOI₅ között változott, így a folyószakasz döntően az alfa – mezozaprob zónába, ill. a vízminősítés szempontjából a III. (tűrhető) és a IV. (szennyezett) kategóriába tartozott (Felföldi, 1987; MSZ 12 749: 1993; Németh, 1998).

B. A középső szakasz (Berettyóújfalu, 86. VO) érintett leginkább a különböző célú vízhasználatok által, itt a legmagasabb a szervesanyag-tartalom, amelyet az itt beömlő részlegesen tisztított vegyes szennyvíz lényegesen is befolyásolhat, különösen kisvízi időszakokban.

A nyár folyamán a folyószakasz vízsebessége 0,33 – 0,34 m/s között volt, ez közepes, vagy mérsékelten sebes folyású vizet jelent.

A felszínközeli víz hőmérséklet a mérési időpontokban a nyár folyamán 22,5 – 26,3 °C volt. A folyószakasz vize közepesen meleg volt.

A fajlagos elektromos vezetőképesség változásaira vonatkozó szabvány szerint közepesen változó sótartalmú folyószakasz, magas vezetőképesség mellett (1080-1953 mikroS/cm, (III.-IV. osztály).

A folyószakasz vizének pH - ja 7,40 – 8,17 között volt, ez a protonaktivitás értékeire vonatkozó szabvány szerint enyhén lúgos kémhatást jelent (I.-II.osztály).

A folyószakasz vizének oxigéntartalma a vizsgálati időpontokban 4,76 – 7,65 mg/l között volt, ez az oldott oxigén tartalomra vonatkozó szabvány szerint közepesen magasabb oxigéntartalomnak felel meg (I.-II.-III. osztály, az átlag alapján jónak mondható).

A víz oxigéntelítettsége 71,4 – 95,5 % között volt, ez közepes, és közepesen változó oxigéntelítettségnek felel meg.

A szervesanyag-tartalom (szaprobítás) mértéke 11 – 18 mg/l BOI₅ között változott, így a folyószakasz döntően az alfa – mezoszaprób valamint a poliszaprób zónába, ill. a III. (tűrhető) és a IV. és V. (szennyezett és erősen szennyezett) kategóriába tartozott (Felföldi 1987, MSZ 12 749: 1993, Németh 1998).

C. A folyó jelenlegi alsó szakasza (Szeghalom, 14 – 15. VO) mesterséges ásott mederben folyik, amelynek alakja az egész szakaszra jellemző trapéz alakú keresztmetszvény.

A nyár folyamán a folyószakasz vízsebessége 0,13 - 0,42 m/s között volt, ez lassú és mérsékelten sebes folyású vizet jelent.

A felszínközeli víz hőmérséklet a mérési időpontokban egész nyár folyamán 23,3 – 26,1°C volt. A folyószakasz vize közepesen meleg volt.

A folyószakasz fajlagos elektromos vezetőképessége a szabvány szerint magas értékű volt (970 - 2180 mikroS/cm, átlag: 1444.60 mikroS/cm).

A víz pH - ja 7,50 – 8,08 között alig változott, amely a szabvány szerint enyhén lúgos kémhatást jelent.

Az oxigéntartalom a vizsgálati időpontokban 4,76 – 6.61 között volt, ez az oldott oxigén tartalomra vonatkozó szabvány szerint közepes ill. jó oxigéntartalomnak felel meg.

A víz oxigéntelítettsége 59,00 – 65,4% között változott, ez közepes, és közepesen változó oxigéntelítettségnek felel meg.

A szervesanyag-tartalom (szaprobitás) mértéke 7 - 11 mg/l BOI₅ között változott, így a folyószakasz döntően az alfa – mezoszaprób zónába, ill. a MSZ szerinti vízminősítés szempontjából a III. (tűrhető) és a IV. (szennyezett) kategóriába tartozott (Felföldi 1987, MSZ 12749:1993, Németh 1998).

A mintaterületek vízminőségi értékeit a 22. táblázat foglalja össze.

22. táblázat: A mintaterületeken 2003 nyarán a kisvízi időszakban mért vízminőségi mutatók leíró-statisztikai adatai

Kismarja					
	Minimum	Maximum	Átlag	Szórás	Variancia
pH	7.28	7.80	7.55	0.20	0.04
LF (µS/cm)	670.00	950.00	781.20	135.34	18317.20
Hőm. (°C)	19.90	24.80	21.34	2.05	4.18
O₂	3.20	7.65	5.98	1.78	3.15
BOI₅	8.00	13.00	10.80	1.92	3.70
Berettyóújfalu					
	Minimum	Maximum	Átlag	Szórás	Variancia
pH	7.40	8.17	7.90	0.30	0.09
LF (µS/cm)	1080.00	1953.00	1435.60	352.35	124149.30
Hőm. (°C)	22.50	26.30	24.02	1.45	2.11
O₂	4.76	7.50	6.54	1.13	1.28
BOI₅	11.00	18.00	13.40	2.79	7.80
Szeghalom					
	Minimum	Maximum	Átlag	Szórás	Variancia
pH	7.50	8.08	7.85	0.24	0.06
LF (µS/cm)	970.00	2180.00	1444.60	457.98	209745.30
Hőm. (°C)	20.50	26.10	23.72	2.11	4.46
O₂	4.76	6.61	5.38	0.75	0.56
BOI₅	7.00	11.00	8.80	2.68	7.20

Összegezve: A Berettyó nagymértékben szabályozott, trapéz keresztmetszetű folyó, kis lejtéssel, térben és időben szélsőségesen változó hidrológiai és hidraulikai jellemzőkkel.

A folyó vízgazdálkodási értelemben egy alulról szabályozott belvízi főbefogadó, ahol a legtöbb csatorna a magyarországi szakasz középső és alsó részén kapcsolódik be.

A folyó szervesanyag-tartalma nagy, a vizsgált nyári kisvízi időszakban túlnyomórészt a 4. kategóriába (szennyezett víz ; 10,1 – 15 BOI₅) esett. A közepes és nagyvízi időszakokban elérte a 2. kategóriát (jó víz). A víz a szaprobitási kategóriák szerint döntően a mezoszaprób zónába tartozott. Ezen belül kiegyensúlyozott időjárási

körülmények között a jó minőségű, béta– mezoszaprób zónába került, de szélsőséges kisvízi időszakokban alfa – oligoszaprób és poliszaprób is lehet. Ehhez a határon kívüli és a belföldi eredetű szennyeződésekén kívül a kis vízhozam és az erős felmelegedés is hozzájárul.

A folyó ill. vízgyűjtője közepesen degradált területként jellemezhető, leginkább extenzív mezőgazdasági vegyes hasznosítással, öntözővízként és belvív levezetőként, a hullámterre elsősorban kaszálóként.

A kedvezőtlen, antropogén eredetű hidrológiai és ökológiai adottságok miatt más célú hasznosítása (természetvédelmi, halászati, horgászati, sport, ivóvíz stb.) jelenleg nem lehetséges.

5.3.5. A Magyar Makrozoobenton Család Pontrendszer (MMCP) eredményei és értékelése

A vizsgálati helyeken a Magyar Makrozoobenton Család Pontrendszer (MMCP) alapján meghatározott taxon-listák alapján a Berettyó vízminősége a kiváló, illetve a jó kategóriába tartozik (23. táblázat).

23. táblázat: A Berettyó vízminősége a Magyar Makrozoobenton Család Pontrendszer szerint

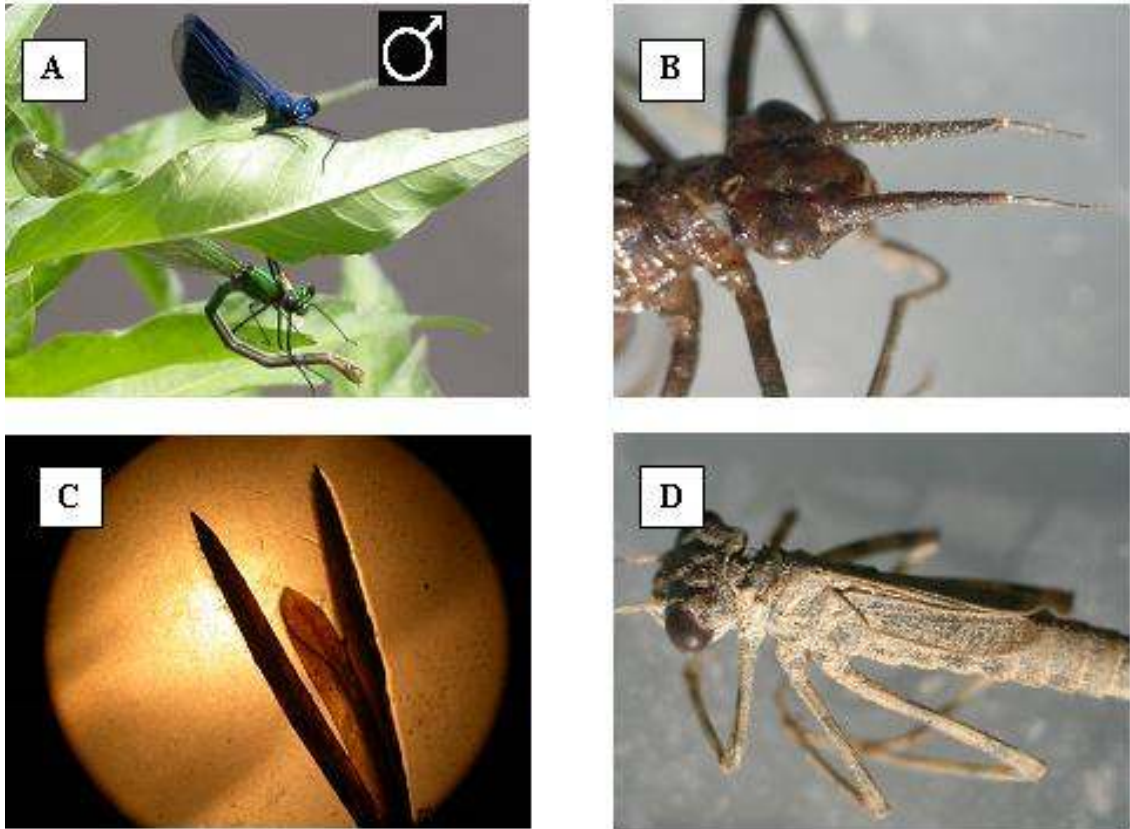
	Szeghalom	Berettyóújfalu	Kismarja
Összes taxon	24	18	17
MMCP pontszám	99	73	72
QI_{MMCP}	5	4	4
TÁP	4.125	4.05	4,23
QI_{TÁP}	5	4	5
Minősítés (QI_{MMCP}+ QI_{TÁP})/2	5 – kiváló minőség	4 – jó minőség	4,5 – jó minőségű
Vízminőségi osztály	I/C	II/B	II/A

A talált taxonok részletes felsorolását a a 24. táblázat, élőhelyek szerinti megoszlását 25. táblázat tartalmazza. Az adatok a 2003. április – augusztus közötti időszakokra vonatkoznak.

Meg kell jegyezni, hogy a 6 környezetminősítési pontszámnál magasabb értékű élőlénycsoport jelenlétét nem sikerült rögzíteni. Ez arra utal, hogy a víz minősége szempontjából igényesebb taxonok egyedszám-sűrűsége kicsi volt. A szeghalmi adatok esetében a taxononkénti átlagos pontszám (TÁP) alig haladta meg a szükséges 4.1 – es küszöbértéket, így került a kiváló kategóriába.

A sávós szitakötő (*Calopteryx splendens*) gyakori előfordulása is jelezte, hogy bár a Berettyó az alföldi vízfolyásokhoz képest sebes folyó, vize viszonylag alacsony oldott oxigéntartalmú és könnyen átmelegszik. A hőmérséklet ingadozását árnyékolással

tompító természetes fás szegélytársulások is hiányoznak. A sávos szitakötőhöz morfológiailag és életmódban is hasonló rokon faj, a kisasszony-szitakötő (*Calopteryx virgo*) jelenléte nem volt kimutatható, mivel ennek lárvája jóval nagyobb oxigénigényű, mint a sávos szitakötőé (Varga, 1999).



8. ábra: **Sávos szitakötő** (*Calopteryx splendens*, Calopterygidae – Színesszárnyú szitakötők családja, Zygoptera – Egyenlő szárnyú szitakötők alrendje)

Megjegyzés: Párzásra készülő imágók (A), a lárva feji része (B), tracheakopoltyúk (C), a tor a szárnykezdeményekkel (D)

24. táblázat: A fellelt MMCP-taxonok

A MAGYAR MAKROZOOBENTON-CSALÁD PONTRENDSZER FELLELT TAXONJAI			
	Kismarja	Berettyóújfalu	Szeghalom
QI	Család-taxon	Család -taxon	Család -taxon
6	Ephemeridae – Tarka kérészek Libellulidae –Laposhasú acsák	Leptoceridae -Vízi tegzesek Leptophlebiidae – Kérészek	Ephemeridae – Tarka kérészek Leptoceridae -Vízi tegzesek Leptophlebiidae – Kérészek
5	Haliplidae – Víztaposó bogarak Unionidae – Folyami kagylók Hydropsychidae - Szövőtegzések Limnephilidae – Mocsári tegzesek Pisidiidae – Borsókagylók	Caenidae – Zömök kérészek Dytiscidae – Csíkbogarak Haliplidae – Víztaposó bogarak Hydropsychidae - Szövőtegzések Pisidiidae – Borsókagylók	Dytiscidae – Csíkbogarak Haliplidae – Víztaposó bogarak Hydrophylidae – Csíborok Hydropsychidae - Szövőtegzések Limnephilidae – Mocsári tegzesek Pisidiidae – Borsókagylók
4	Baetidae – Teleszkópszemű kérészek Calopterygidae – Színesszárnyú szitakötők Gerridae – Molnárpóloskák Nepidae – Víziskorpiók Coenagrionidae – Légivadászok Notonectidae – Hanyattúszó póloskák	Baetidae – Teleszkópszemű kérészek Calopterygidae – Színesszárnyú szitakötők Nepidae – Víziskorpiók Gerridae – Molnárpóloskák Pleidae – Törpe vízipóloskák	Baetidae – Teleszkópszemű kérészek Calopterygidae – Színesszárnyú szitakötők Gerridae – Molnárpóloskák Nepidae – Víziskorpiók Pleidae – Törpe vízipóloskák(16)
3	Asellidae – Víziáscák Platynemididae – Széleslábú szitakötők Corixidae – Búvárpóloskák	Bithyniidae – Víziáscák Corixidae – Búvárpóloskák Lymnaeidae – Mocsárcsigák Tipulidae - Lószúnyogok	Asellidae - Víziáscák Bithyniidae – Víziáscák Corixidae – Búvárpóloskák Erpobdellidae - Nadályok Hirudidae - Piócák Lymnaeidae – Mocsárcsigák Tipulidae - Lószúnyogok
2	Culicidae - Szúnyogfélék	Culicidae - Szúnyogfélék DIPTERA – Kétszárnyúak	Culicidae - Szúnyogfélék DIPTERA – Kétszárnyúak

25. táblázat: A fellelt taxonok jellemző élőhelyek szerinti megoszlása

Álló vagy lassan folyó vizek benthikus életközösségei	A nyílt vízi életközösségek úszó (nekton) és növényzethez kötött (gyökerező és úszóhínár-társulások) állatközösségei	Gyors folyású vizek benthikus állatközösségei
Erpobdellidae - Nadályok Hirudidae - Piócák Unionidae – Folyami kagylók Pisidiidae – Borsókagylók Hydropsychidae - Szövőtegzések Bithyniidae – Vízicsigák Lymnaeidae – Mocsárcsigák Culicidae - Szúnyogfélék DIPTERA – Kétszárnyúak Limnephilidae – Mocsári tegzesek Tipulidae – Lószúnyogok Calopterygidae – Színesszárnyú szitakötők Caenidae – Zömök kérészek Libellulidae –Laposhasú acsák Leptophlebiidae – Kérészek	Gerridae – Molnárpóloskák Nepidae – Víziskorpiók Notonectidae – Hanyattúszó póloskák Corixidae – Búvárpóloskák Haliplidae – Víztaposó bogarak Dytiscidae – Csíkbogarak Hydrophilidae – Csíborok Asellidae – Víziászok Coenagrionidae – Légivadászok (Agrion, Lestes, Enallagma cyathigerum)	Limnephilidae – Mocsári tegzesek Ephemeraeidae – Tarka kérészek Hydropsychidae - Szövőtegzések Leptoceridae -Vízi tegzesek (hosszúcsápú tegzesek) Calopterygidae – Színesszárnyú szitakötők Calopteryx virgo Platycnemididae – Széleslábú szitakötők Platycnemis pennipennis Baetidae – Teleszkópszemű kérészek

Forrás: Varga, Z. (1999)

5.3.6. A környezeti állapot-index, a vizsgálati helyek környezeti állapota

A Berettyó folyó magyarországi szakaszának környezetgazdálkodási célú környezetminősítési tipológiája az 5. mellékletben található.

A környezetminősítési kategóriákat a következő ponthatárok figyelembevételével állapítottam meg (26. táblázat):

26. táblázat: Az alkalmazott környezetminősítési kategóriák

Környezetminősítési kategóriák					
Ponthatár	0-1,50	1,51-2,50	2,51-3,50	3,51-4,5	4,51-5,00
Környezetminőség	rossz	gyenge;	közepes	jó	kiváló

Az élő és élettelen környezeti mutatókat, strukturális- és taxon-diverzitási indexeket egyaránt felhasználó Spencer-féle környezetminősítés szerint a Berettyó a nyári időszakban közepes illetve jó környezeti állapotban van (27. táblázat).

Figyelemre méltó, hogy míg a magyarországi szakasz fizikai és kémiai szempontból viszonylag homogén tulajdonságokat mutat, a biológiai, különösen a vegetációra vonatkozó indexek közötti eltérések nagyobbak

Ennek oka az, hogy a hullámtéren belül történő rendszeres kaszálás miatt az eredeti növénytársulások helyén ökológiailag alacsony értékű, mesterséges gyepek alakultak ki. Ezek, és a helyenként nyomokban még meglevő természetközeli, vagy kisebb mértékben degradált élőhelyek között éles kontrasztok mutatkoznak.

27. táblázat: A vizsgálati helyek Spencer-féle (módosított) állapotindexe a 2003. év június – augusztusi időszakban

Környezeti elem/indikátor		Szeghalom	Berettyó- újfalú	Kismarja	
Talaj	A part stabilitása	4.00	4.00	4.00	
	<i>SZUBINDEX</i>	4.00	4.00	4.00	
Víz	Nyírófeszültség	4.00	4.00	2.00	
	Áramlás	turbulens – lamináris	4.00	4.00	4.00
		rohanó – áramló	4.00	4.00	4.00
	Átlagos sebesség	5.00	4.00	2.00	
	Vezetőképeség	3.00	3.00	3.00	
	Oldott oxigén	5.00	5.00	5.00	
	BOI ₅	3.00	2.00	3.00	
	pH	5.00	5.00	5.00	
	<i>SZUBINDEX</i>	4.13	3.88	3.50	
	Vízminőség- indikátor-taxonok	MMCP	5.00	4.00	4.00
Diverzitás		3.00	3.00	3.00	
<i>SZUBINDEX</i>		4.00	3.50	3.58	
Vegetáció	Borítás	3.00	1.00	4.00	
	Élőhelyek heterogenitása	4.00	3.00	4.00	
	<i>SZUBINDEX</i>	3.50	2.50	4.00	
<i>INDEX</i>		3.91- JÓ	3.47- KÖZEPES	3.77- JÓ	

Az értékelésben figyelembe kell venni, hogy a fizikai és kémiai vízminőségi mutatók mindig a mintavételkor fennálló pillanatnyi vízminőségi állapotot rögzítették. Az életközösségek ugyanakkor hosszabb fejlődési periódusokat reprezentálnak, esetükben a nagyobb időközönként végzett mintavételezés is reprezentatív lehet, mivel az adott biocönózis prezencia-abszencia viszonyai mintegy összegzik a fejlődés során végbement ökológiai hatásokat.

A különböző módszerekkel kapott környezetminősítési értékek megfelelnek egymásnak. A bioindikátorok ugyanakkor jobb környezeti állapotra utalnak, mint a fizikai-kémiai jellemzők. A hosszú távú pocsaji vízminőségi adatsorok sem tanúskodnak olyan rossz környezeti állapotról, mint amelyet a havonként történt mintavételek mutatnak (28. táblázat).

A szeghalmi szakasznál a (Keleti-főcsatorna beömlése alatt) a vízkormányzási műveletektől függően a Felső – Tisza jó minőségű vize javítja a környezeti állapotot. A

Kutas ökológiai folyosót képez a Bihari-sík és a Berettyó alsó szakasza között, ugyanakkor nem található jelentős fenékküszöb a 6.5 km-re levő Sebes-Körös és a vizsgálati hely között. Ez a kétirányú kapcsolat a folyó természetes öntisztuló képességével együtt magyarázza meg az alsó szakaszon a MMCP szerinti kiváló környezeti állapotot.

28. táblázat: A Berettyó vízminősége (2003. április - augusztus)

	SZEGHALOM	BERETTYÓÚJFALU	KISMARJA
pH	Enyhén lúgos	Enyhén lúgos	Enyhén lúgos
Halobitás - LF (mS/cm)	β -mezohalobikus	β -mezohalobikus	β -mezohalobikus
Szaprobítás - BOI ₅ (mg/l)	α -mezozaprób	α -mezozaprób	α -mezozaprób
Vízminősítés-MSZ 12749	Tűrhető III.	Szennyezett IV.	Tűrhető III.
Vízminősítés-MMCP	Kiváló I.	Jó II.	Jó II.
Simpson-index (indikátorokra)	0.82 – III.	0.82 – III.	0.79 – III.
Spencer-f. állapotindex	3.91 jó	3.47 közepes	3.77 jó

Ez a tény felértékeli a belvízi csatornahálózat természetvédelmi jelentőségét. A Berettyó magyarországi szakasza a berettyószéplaki olajfeldolgozó iparvidék által ökológiailag el van választva a felső szakasztól, a bakonszegi fenékküszöb pedig hidrológiai szempontból jelent gátat a 68. VO-tól felfelé. Ezeknek a taxonoknak az utánpótlása ill. a degradált életközösségek genetikai felfrissülése elsősorban a Bihari-sík természetközeli állapotban megmaradt belső területeiről történhet (Kutas, Kiskörös, Ér). Ezen a területen az ökológiai folyosók szerepét a belvízelvezető csatornahálózat részben pótolja. A Keleti-főcsatorna beömlése alatt a vízkormányzási műveletektől függően a folyó keveredik a Felső – Tisza jó minőségű vizével.

Mindezek alapján feltételezhető, hogy amennyiben a Körös-Berettyó rendszer eléri a jó ökológiai állapotot, és így biztosítjuk a természetes génáramlás és génkicserélődés lehetőségeit, a főbb vízfolyások természetes élővilága is helyreállhat.

6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A Berettyót és a Bihari síkot a felszíni vizeinket érő káros civilizációs hatások mindkét csoportja, a vízszennyezés és a vízszabályozási munkálatok erősen befolyásolják. A vízszennyezés jelentős mértékben határon túli eredetű, és ennek befolyásolására a közeljövőben is korlátozottak lehetőségeink.

Határainkon belül viszont mód van arra, hogy a hullámtérben megvalósítandó beavatkozásokkal kedvezően befolyásoljuk a víztérben lezajló tisztulási és megelőzési folyamatokat.

A végzett kutatások lehetőséget nyújtanak arra, hogy az antropogén eredetű környezetkárosítások hatásainak felmérését, valamint a víztér és a hozzá kapcsolódó élőhelyek revitalizációs célú kutatásait tudományosan jobban megalapozzuk.

A VKI céljainak megfelelő „jó ökológiai állapot” eléréséhez, és fenntartásához szükséges környezetminősítési vizsgálatok, és kutatások hatékony adatnyerése szempontjából a következő fejlesztéseket javaslom megvalósítani, illetve továbbfejleszteni:

- Az eddig részvízgyűjtőkön folytatott kutatások eredményeit komplex Vízgyűjtő Gazdálkodási Tervben, a határokon túlmutatóan, az egész vízgyűjtő területre kiterjedően kell integrálni.
- A pocsaji monitoring-állomás riasztási szempontból megfelelően működik. Azonban a keresztshelvény medergeometriája és így hidrológiai – áramlási viszonyai nem reprezentatívak a Berettyó magyarországi szakaszára nézve. Fontos lenne, hogy a vízhálózat minden fontos befolyási pontján, de legalább az Ér, Kiskőrös, Kálló – Keleti-főcsatorna, Kutas esetében létesüljön egy monitoring állomás.
- A monitorozás során szükséges a teljes szerves kötésben levő széntartalom (TOC) mellett a kémiai oxigénigény (KOI) és biokémiai oxigénigény (BOI₅) rendszeres mérése, hogy a természetes és mesterséges eredetű szervesanyag-tartalom egymáshoz viszonyított aránya is mérhető legyen. Ez alapján a mesterséges eredetű szennyeződések jobban indikálhatóvá válnak
- A Bihari – sík csatornahálózatának génbanki szerepe van, mivel őrzi az az eredeti életközösség reliktum-fajait. Szükséges lenne ezek környezet- és természetvédelmi szempontú részletes felmérése. Az eredmények alapján indokolt a mezőgazdasági vízkormányzás újratervezése is.
- A keresztshelvények felvételezésének kiegészítése kulcsfontosságú az ökológiai szempontokat is figyelembevevő felújítás céljából. Ez a kisvízi időszakokban könnyebben kivitelezhető. A hidrológiai, környezetvédelmi és vízgazdálkodási szempontból meghatározó folyószakaszokon sűríteni kellene a felmért keresztshelvények számát. A medermorfológiai, áramlástan, vízkormányzási szempontból releváns szakaszokon ez mindenképpen indokolt. (Az eddigi felmérések átlagosan 500 méterenként történtek.).

- A mederérdességi tényezők egzakt felmérése még nem megoldott. Ezért a hagyományos, szemrevételezésen alapuló felvételezések sűrítése mellett a távérzékeléses adatnyerés módszereinek bevezetése a jövőben mindenképp szükséges. Ez lehetővé teszi a nagy területre kiterjedő változások értékelését, és a beavatkozások optimalizálását.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásaim során a Berettyó koncepcionális modelljére alapozva kialakítottam a folyó és környezetének virtuális hidrológiai – hidraulikai modelljét. Ezzel az EU Víz Keretirányelv javaslatait is figyelembe véve megalapoztam egy dinamikus térbeli döntéstámogatási rendszert. A hidroökológiai vizsgálatok és a folyamatok modellezése egy természetközeli, önfenntartó, és környezete számára kisebb kockázatot jelentő folyókörnyezet kialakítását célozta meg.

Az így nyert alapadatok felhasználásával elemeztem a hidroökológiai szempontból jelentős tényezők közötti összefüggéseket, a VKI ajánlásainak megfelelően.

A hidraulikai elemzések során felmértem a vizsgált keresztmetszvényekre vonatkozóan a folyó morfológiai és hidrológiai jellegét, és áramlási viszonyait. Megállapítottam, hogy a bakonszegi keresztmetszvény a benne uralkodó szélsőséges hidraulikai viszonyok miatt ökológiai barrierként viselkedik.

Kimutattam, hogy átlagos körülmények között, adott vízhozam esetében a meder geometriai viszonyai összefüggenek az áramlási tényezőkkel, de kis, illetve nagyvízi viszonyok között ez a kapcsolatrendszer lényegesen meggyengül, vagy megszűnik. A hidroökológiai és vízminőségi körülmények egyaránt indokolják a vízáramlás környezetvédelmi célú szabályozását, végső esetben a mederátalakítást is.

Sokváltozós statisztikai módszerek felhasználásával elemeztem a vízminőségi mutatócsoportok összefüggéseit, kapcsolatokat kerestem az élő és élettelen környezeti tényezők, valamint az élő és élettelen környezet által együttesen meghatározott mutatók között.

A terepi mintavételezések során nyert adatok alapján elvégeztem a Berettyó és közvetlen környezetének környezet- és vízminősítését a vizsgált időszakra vonatkozóan. Megállapítottam, hogy a szennyeződések jelentős részben határon kívüli eredetűek. A folyó öntisztuló képessége ugyanakkor jelentősnek mondható, a környezeti állapot az alsóbb szakaszok felé haladva javul.

A Spencer-féle környezetminősítési gyorsteszt alapján összeállítottam egy alföldi vízfolyásokra alkalmazható, az igényeknek megfelelően bővíthető vizsgálati módszert, amely felhasználja a hazai négy vízminősítési rendszer eredményeit.

A vizsgálatok során bebizonyosodott, hogy a fizikai-kémiai-biokémiai vizsgálatok esetében nem elegendő az alkalmankénti mintavétel, hosszú távú monitoringra van szükség.

A felhasznált Magyar Makrozoobenton Család Pontrendszer (MMCP) használhatóbb volt, mint a más eseti mintavételezések eredményeit alkalmazó értékelési módszerek. Nem a mintavétel idejében fennálló környezetminőséget reprezentálja, hanem összegzi a makroszkópikus vízi gerinctelen életközösségek indikátor-fajainak addig eltelt fejlődési periódusát. Ennek alapján eredményei jobban összevethetőek a hosszú távú fizikai-kémiai adatsorokon alapuló MSZ 12 749 szerinti vízminősítéssel.

7.1. Új, illetve újszerű tudományos eredmények

A kutatás célkitűzéseinek szempontjából a következő eredmények születtek:

1. Előállítottam a Berettyó és vízgyűjtője digitális hidrológiai-hidraulikai modelljét. Ez alkalmas a környezetgazdálkodással kapcsolatos folyamatoknak a valós idejű és szimulációs (előrejelzéses) értékelésére. A modell bővíthető, alapul szolgál a részvízgyűjtő hidrológiai hálózatának széleskörű leképezéséhez.
2. Megalapoztam a Berettyó folyó magyarországi szakaszának környezetgazdálkodási célú környezetminősítési tipológiáját.
3. Igazoltam, hogy a víztér környezetminőségi állapotát a szabályozások által kedvezőtlené vált hidraulikai paraméterek is jelentősen befolyásolják.
4. Számszerű becslésekkel igazoltam, hogy a hagyományosan vizsgált vízminőségi mutatók mellett a vízhozam, a vízsebesség, valamint a vízfolyás és a vízáramlás típusa is meghatározza a víztér ökológiai állapotát.
5. Bebizonyítottam, hogy az alkalmazott hidrológiai, vízfizikai, vízkémiai és a biológiai vízminőségi jellemzők együttes, sokváltozós elemzése helyspecifikus adatokat szolgáltat a vízminőségvédelmi és vízfolyás-rehabilitációs feladatok tervezéséhez.
6. A különböző szempontú vízminősítési módszereket összevontam egy egységes környezetminősítési tesztbe, a VKI ajánlásainak megfelelően. Kibővítettem, és alkalmaztam a Spencer-féle környezeti gyorstesztet a magyarországi síkvidéki viszonyokra.

7.2. Az eredmények gyakorlati felhasználhatósága

1. A Berettyó folyóra adaptáltam a HEC-RAS hidraulikai – hidrológiai programot, amellyel a tervezési változókat pontosabban lehet becsülni.
2. A hidrológiában használatos vízhozam-tartósság mintájára bevezettem az éves tartóssági valószínűségeket az ökológiailag jelentős hidrológiai, fizikai, kémiai és biológiai együtthatókra is. Ezzel vegetációs periódusokra nézve is elemezhetőek a vízminőségi mutatók.
3. A vizsgált keresztmetszvényekben megállapítottam a vízgazdálkodási szempontból jelentős hidrológiai-hidraulikai jellemzők közötti összefüggések jellegét, szerepét és szorosságát. Ezzel a terepi körülmények között nehezen, vagy nem mérhető tényezők értékei is valószínűsíthetőek a mért adatok alapján.

8. Summary

In the course of my researches I developed the virtual hydrologic – hydraulic model of the Berettyó River and its environment, based on the Berettyó's conceptual model.

The developed conceptual model served as a basis for the establishment of a dynamic spatial decision-making support system taking into consideration the recommendations of the EU Water Framework Directive.

The objective of monitoring and modelling of hydroecological processes aimed at providing a tool, which facilitates the natural, self-supporting river-environment, which is less risky for his milieu.

I analyzed the relationship between the important hydroecological and water-quality significant factors according to the recommendations of the EU Water Framework Directive.

In the course of the hydraulic analysis I investigated the hydrological and morphological character of the river, and the conditions of the flow in the examined cross-sections. I concluded that the cross-section of Bakonszeg is an ecological barrier, because of the extreme hydraulic conditions.

I demonstrated that under normal circumstances the bed-geometrical and flow coefficients were in correlation in case of given run-off, but this relationship weakens or breaks off in extreme low-water and high-water conditions.

Both hydroecological and water-quality status give reason for the application of environmental stream regulation methods, or the bed regulation in the last resort. I analyzed the relationship of the indicator-groups of water quality with bivariate and multivariate statistical methods, and investigated connections among environmental indicator groups determined primarily by physical-chemical factors, and determined principally by biotic factors, and determined by the collective effect of abiotic and biotic factors.

I completed the environmental assessment and water qualification of the Berettyó River and its surrounding area in the examined periods.

I appointed that the water pollution origins mostly from transborder sources.

The self-purification capacity of the ecosystem of the Berettyó is significant; its environmental status improves toward the downstream.

I framed an environmental qualification method based on the Spencer environmental rapid tests, which includes some elements of the four accepted Hungarian water-qualification systems.

This method is adaptable for streams of the Hungarian Great plain, can be completed and customized for special instances.

In the course of the research it was proven that in case of physical, chemical and biochemical examinations long term monitoring is needed, the occasionally sampling is not appropriate.

The used MMCP-index (the point-system of the Hungarian macrozoobenthos family taxons) was more applicable than other short term evaluation methods, which use results of other occasionally samplings. This method summarizes and averages the environmental quality conditions for the life cycle of the macroscopic invertebrate biomes till the time of sampling.

On the basis of these results the MMCP proved to be more effectively comparable with the results of the long term physical, chemical and biochemical analysis which were achieved according to the MSZ 12749 standard.

8.1. New or novel scientific results

1. I generated the digital hydrologic-hydraulic model of the partial watershed of the Berettyó River. The model is appropriate for real time and predictive estimation of processes which are connected to environmental management. The model can

be expanded, and can serve as a basis for the realization of the comprehensive mapping of the river basin.

2. I established the environmental qualification typology of the Berettyó River with the purpose of handling environmental management issues.
3. I proved that the environmental quality status of the waterspace is influenced by hydraulic parameters, which has been adversely affected by bed regulation.
4. I proved that the ecological status of the waterspace is determined by the runoff, the average water velocity, and the type of the stream and the flow, by numeric evaluations.
5. I demonstrated that the common, multivariate analysis of the hydrologic, physical, chemical and biological factors provides site specific data for the planning of water quality protection and stream rehabilitation.
6. I contracted the different aspects of water qualification methods in a uniform environment qualification test, according the recommendations of the EU Water Framework Directive. I adapted and expanded the Spencer environmental rapid test to the conditions of the Hungarian plains.

8.2. The applicability of scientific results

1. I adapted the HEC-RAS hydrologic-hydraulic programme for the Berettyó River which allows the more accurate estimation of the planning variables.
2. I introduced the annual permanency likelihoods of ecologically relevant hydrologic, physical, chemical and biological factors, similarly to run-off permanency used in hydrology. With this method water quality factors can be analysed in any optional period.
3. I assessed the characteristics, functions, and intensity of relationships among hydrologic-hydraulic factors in the examined cross-sections. In this way the values of immeasurable or hardly measurable factors can be estimated based on calculated data.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom Prof. Dr. habil Tamás János Úrnak, az MTA doktorának kutatásaim szakmai vezetéséért és támogatásáért

Köszönöm a Debreceni Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszéke dolgozóinak a kutatásaimban való segítségnyújtást

Köszönöm családomnak a megértést, türelmet, és lelki támogatást

PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

Tudományos közlemény lektorált folyóiratban:

PREGUN CS., Burai P. (2004): A Berettyó folyó környezetgazdálkodási célú vizsgálata. Agrártudományi Közlemények DE Acta Agraria Debreceniensis. 2004/13. pp. 161 -166.

PREGUN CS., TAMÁS J. (2004): A Berettyó folyó hidrológiai és ökológiai kapcsolatrendszerének vizsgálata. XLV. Hidrobiológus Napok, Tihany. Hidrológiai Közlöny. 2004. 5 – 6. pp. 125 – 127.

PREGUN CS., TAMÁS J. (2005): Hidrológiai paraméterek hatása a Berettyó biodiverzítására. I. Agrártudományi Közlemények DE Acta Agraria Debreceniensis. 2005/16. pp. 215 – 229.

PREGUN CS., Tamás J., Takács P. (2006): HEC-RAS alapú geoadatbázis vizsgálata az EU Vízügyi Keretirányelv előírásai alapján I. Acta Agraria Kaposvariensis. Volume 10 No 1. Kaposvár. pp. 31 - 42.

Hazai lektorált konferencia előadás + kiadvány:

PREGUN CS., Tamás J.(2004): A Berettyó folyó hidroökológiai információs keretrendszerének kidolgozása. Agrárinformatikai Nyári Egyetem és Fórum, Gödöllő. CD. pp. 1-5.

PREGUN CS., Tamás J., Bíró T. (2004): A HEC-RAS vízfolyásmodell agrárkörnyezetvédelmi szempontjainak vizsgálata a Berettyó folyón. Agrárinformatikai Nyári Egyetem és Fórum, Gödöllő. CD. pp. 1-6.

Bíró T., Tamás J., **PREGUN CS.** (2004): A területi vízrendezéshez szükséges vízrajzi adatbázisok térinformatikai alapú fejlesztése. Agrárinformatikai Nyári Egyetem és Fórum, Gödöllő. CD. 1-8.

Idegen nyelvű lektorált konferencia előadás + kiadvány

E. Kovács,; A. Nagy,; N. Kovács,; **CS. PREGUN,**; J. Tamás (2006): Pilot study on the trace element content of sediment and fish from a contaminated stream in Hungary. In: Proc. International Symposium on Trace Elements in the Food Chain. Budapest. 160-165.

Hazai nem lektorált konferencia előadás + kiadvány:

Bíró T., Tamás J., **PREGUN CS.** (2004): Hidroinformatikai megoldások a sík-vidéki vízrendezésben. Új kihívások, új lehetőségek a mezőgazdaságban. XLVI. Georgikon Napok, Keszthely pp. 15-21.

PREGUN CS., Kovács E., Nagy I. (2005): A Berettyó-folyó reprezentatív élőhelyeinek jellemzése módosított Spencer-féle környezeti mutatók alapján. A Környezettudomány Elmélete és Gyakorlata Tudományos Konferencia, Szeged, 2005. március 31-április 02. pp. 1-5.

Nagy, I., Takács, P., **PREGUN, CS.** (2005): Komplex vízgazdálkodási rendszer adatfeltöltéséhez alkalmazható eszközök. A Környezettudomány Elmélete és Gyakorlata Tudományos Konferencia, Szeged, 2005. március 31-április 02. pp. 1-8.

PREGUN, CS.; Kovács, E.; Tamás, J. (2006): Alföldi kisfolyók hidrológiai viszonyainak hatása a vízminőségre. XX. Országos Környezetvédelmi Konferencia, Balatonfüred. pp. 157-168.

Poszter

Katona, Zs., **PREGUN CS.**, Tamás, J., (2003): Bolygatatlan talajminta vételezése. „A környezetállapot értékelés korszerű módszerei” tudományos konferencia, Gyöngyösorsoszi

Tamás, J.; Thyll, Sz. ; Juhász, Cs.; Bíró, T.; Lénárt, Cs.; Kovács Elza – **PREGUN, CS.**; - Burai, P.; Kovács, E.; Kovács, N.; Takács, P.; - Nagy, I.; - Nagy, A. (2006): Integrált vízgazdálkodás a szántóföldi táblától a vízgyűjtőig. A globális klímaváltozás: Hazai hatások és válaszok. KvVm – MTA „VAHAVA” Projekt. Poszterek a Projekt zárókonferenciáján.

SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

1. Környezetvédelmi Minisztérium, Természetvédelmi hivatal. (1999) A Ramsari Egyezmény Kézikönyve. Kézikönyv a vizes területekről szóló egyezményhez. Ramsar, Irán, 1971.
2. Alföldi, L. (2003): Gondolatok az éghajlatváltozás hidrológiai, vízgazdálkodási vonatkozásairól. „Agro-21” füzetek, 2003. 32. pp. 49-60.
3. Móczár, L. Szerk. (1984): Állathatózó. Tankönyvkiadó, Budapest. I – II. kötet.
4. Ambrus, A. (2002): A Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Program II/a. alprojektje: Folyók és tavak élővilága (ÁNÉR besorolás U8, U9) Vízi makroszkopikus gerinctelenek mintavételi protokollja. Kovács, T. – Juhász, P. – Kavrán, V. – valamint Oertel et al. munkáinak felhasználásával
5. Andrikovics, S.; Kriska, Gy.; Móga, J. (2001): A Berettyó vízgyűjtőjének felszínalaktani, hidrológiai és hidrobiológiai vizsgálata. In: Proc. Földrajzi Konferencia JATE, Szeged. Pp 1-12.
6. Fekete G. – Molnár Zs. – Horváth F. Szerk. (1997): Á-NÉR. A magyarországi élőhelyek leírása, határozója és a Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer. Környezetvédelmi Minisztérium Természetvédelmi Hivatala.
7. Ángyán, J. (2005): Az agrárindikátorok alkalmazásának gyakorlati lehetőségei. In: Tamás, J.; Németh T. Szerk. Agrárkörnyezetvédelmi indikátorok elmélete és gyakorlati alkalmazásai Debreceni Egyetem, Debrecen
8. Baráth, Cs.-né; Ittész, A.; Ugrósdy, Gy. (1996): Biometria. Mezőgazda Kiadó. 82-112.; 171-193.
9. Bardóczy, L.; Bardóczyné Székely, E.; Horváth Jenő (2004): Kis vízfolyások revitalizációs tervezésének kezdeti lépései Kismaros településen, a Morgó patak belterületi szakaszán. Hidrológiai Közlöny, 84. 4. 27-32.
10. Benedek, P.; Homonnai, A.; Jolánkai, G.; Literáthy, P.; Pintér, Gy. (1979): vízminőség szabályozás a környezetvédelemben. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. pp. 51-54.
11. Bíró, T., Tamás, J. (2002): Vízfolyások vízrajzi adatbázisa és hidrodinamikai modellezése. In: Proc. Informatika a Felsőoktatásban konferencia. Debrecen, 2002. augusztus 28-30. CD. 259.

12. Bíró, T.; Lénárt, Cs.; Tamás, J.; Burai, P. (2003): Belvízcsatornák hidraulikai modelljei. In Proc. II. Erdei Ferenc Tudományos Konferencia I. Kecskemét. pp. 221-227.
13. Bíró, T.; Tamás, J.; Thyll, Sz. (1999): Nitrogéntartalmú szennyezőforrások térbeli elemzése a Berettyó vízgyűjtőjén. Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei. Tom. XXXIV. Debrecen pp. 201-210.
14. Blaskó, L., Czibalmas, R., Tamás J. (2003): Anyagforgalmi folyamatok elemzése térinformatikai eszközökkel a Közép-Tisza mente kötött talajain. In Proc. III. Növénytermesztési Tudományos Napok. MTA Növénytermesztési Bizottság. Budapest. pp. 454-459.
15. Bócz, B. N. (2003): A Csömöri-patak természetbe illő szabályozása. Hidrológiai Közöny, 83. 6. pp. 322-335.
16. Bonta, I. (2004): A veszélyes időjárási jelenségek előrejelzése az OMSZ gyakorlatában. „Agro-21” Füzetek, Klímaváltozás – hatások – válaszok, 35. Akaprint, Budapest. pp. 26-32.
17. Breckenridge, R. P; Kepner , W. G.; Mouat, D. A. (1995): A process for selecting indicators for monitoring conditions of rangeland health. Environmental Monitoring and Assessment 36, 45-60.
18. Brown, R. M.; McClelland, N. I.; Deininger, R. A.; Tozer, R. G. (1970): A water quality index - dowe dare? Water and Sewage Works 117(10): 339-343.
19. Brown, R. M.; McClelland, N. I.; Deininger, R. A.; O'Connor, M. F.. (1972): A water quality index – crashing the psychological barrier. In: S. H. Jenkins (ed.) Advances in water pollution research, Proceedings of the sixth international conference. Pergamon Press, New York. pp. 787-794.
20. Cairns, J.; McCormick, P. V.; Niederlehner, B. R. (1993): A proposed framework for developing indicators of ecosystem health. Hydrobiologia 263, pp. 1-44.
21. Chow, Ven Te (1959): Open-channel Hydraulics. McGraw-Hill, New York, pp. 680-684.
22. Cowan, W.L. (1956): Estimating Hydraulic roughness Coefficients. Agricultural Engineering. Vol. 37. 7, pp. 473 – 475
23. Cowardin, L. M.; Carter, W.; Golet, F. C.; LaRoe E. T. (1979) Classification Of Wetlands And Deepwater Habitats of The United States. U.S. Department of the Interior Fish and Wildlife Service Office of Biological Services Washington, D.C. 20240

24. Csányi, B. (1998): A magyarországi folyók minősítése a makrozoobenton alapján. PhD értekezés. Kossuth Lajos Tudományegyetem, Debrecen. pp. 1 – 89.
25. Dévai, Gy.; Borics, G.; Grigorszky, I.; Kiss, B.; Müller, Z.; Nagy, S. A.; Wittner, I.; Zsuga, K. (2003): Az Európai Unió (EU) Víz Keretirányelvének (VKI) ökológiai alapozású magyarországi végrehajtásával kapcsolatos javaslatok kidolgozása felszíni vizekre. Kutatási jelentés. Debreceni Egyetem Természettudományi Kar Hidrobiológiai Tanszék. pp. 12-33.
26. Dévai, Gy.; Végvári, P.; Nagy, S.; Bancsi, I.; Müller, Z.; Csabai, Z.; Bárdosi, E.; Góri, Sz.; Grigorszki, I.; Győriné Molnár, B.; Juhász, P.; Kaszáné Kiss, M.; Kelemenné Szilágyi, E.; Kiss, B.; Kovács, P.; Macalik, K.; Móra, A.; Olajos, P.; Piskolczi, M.; Teszárné Nagy, M.; Tóth, A.; Turcsányi, I.; Zsuga, K. (1999): A Boroszló-kerti-Holt-Tisza ökológiai vízminősége. *Acta Biol. Debr. Oecol. Hung.* 10/1. Debrecen. 13 – 216.
- Dévai, Gy. szerk. (1999): *Acta Biologica Debrecina Supplementum Oecologica Hungarica Fasc. 10/1*, Debrecen, Hungaria pp. 9-216.
27. Dobrosi, D.; Szabó, G. (2001): A Tisza ártéri erdeinek változása 1990 és 2000 között. WWF füzetek 20. Budapest. pp. 3-31.
28. Dóka, K. (1997): A Körös és Berettyó vízrendszer szabályozása a 18-19. században. (Egy táj átalakulása) Gyula pp. 9 – 11.
29. Dombrádi, E. (2004): Vízhozam- és vízállás idősorok analízise a folyómeder állapotváltozásainak kimutatására. *Hidrológiai Közlöny*, 84. 4. pp. 57-60.
30. Dugan, P. J. (1990): *Wetland Conservation: A review of current issues and required action*. IUCN, Gland (Switzerland), pp. 95-96.
31. Dunka, S. (2000): Hajdú-Bihar megye vízügyi múltja. Magyar Humánökológus Társaság Tiszántúli Képviselőtestület, Debrecen. pp. 6 – 12.
32. Elek, I. (2005): Az adatbányászat osztályozási eljárásainak alkalmazása a vektoros térinformatikában. *Geodézia és Kartográfia*. Budapest. 11. pp. 12 – 17.
33. Fekete, E.; Szabó, S. A.; Tóth, Á. (1991): A vízszennyezés ökológiája. Pro Natura Kiadó. Budapest. pp. 46-48.
34. Felföldi, L. (1974): A biológiai vízminősítés. –Vízügyi hidrobiológia. VÍZDOK. Budapest. 3. pp. 1-263.
35. Felföldi, L. (1987): A biológiai vízminősítés. (4. javított és bővített kiadás) – Vízügyi hidrobiológia. 16. VGI, Budapest. pp. 1-258.
36. Felleg, L. (2002): Faktoranalízis. In: Szűcs, I. (szerk.) *Alkalmazott statisztika*. pp. 447 – 477.

37. Fennessy, M. S.; Jacobs, A. D.; Kentula, M. E. (2004): Review of Rapid Methods for Assessing Wetland Condition. United States Environmental Protection Agency, EPA/620/R-04/009. pp. 1-75.
38. Ferencz, I.; Sziebert, J. (2003): Új vizsgálati módszer a holtág rehabilitáció során a Gemencben. Hidrológiai közlöny, 83. 2. pp. 72-74.
39. Frisnyák, S. (1992): Az Alföld kultúrgeográfiai korszakai. In: Fejér L. és Kaján I. (szerk.): Mérlegen a Tisza-szabályozás. Magyar Hidrológiai Társaság és Országos Vízügyi Igazgatóság, Budapest 3 – 18.
40. Góri, Sz. (1996): Ecological-methodological issues of wetland rehabilitation. Acta Biologica Debrecina, Debrecen. pp. 89-100.
41. Groot, T. C. de; Havinga, R. J.; Heslenfeld, P. G. A.; Kok, S. P. R.; Loeffen, V.; Straathof, D. J. (1990): River Floodplains and Policy. European Approach. Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit Leiden. CML Reports 68. pp. 2-122.
42. Gulyás, P. (1998): Szaprobiológiai indikátorfajok jegyzéke. Vízi természet- és környezetvédelem. 6. kötet. KGI. pp. 1 – 96.
43. Gulyás, P.; Hajós, B.; Harkai, M.; Kaliczka, L.; Lotz, Gy.; Major, J. (1989): Vízfolyások környezetbe illeszkedő szabályozása. (Szerk.) Bognár Gy. VITUKI, Budapest. pp. 13-16.
44. Gyulai, I. (1996): Ökológiai folyosók, zöld folyosók: Tisztázatlan fogalmak a biológiai változatosság megőrzésének stratégiájában. Természet Világa, 127. II. különszám. pp. 41-43.
45. Hajós, B. (1993): VII. Tanulságok és hazai következmények. In: Csermák, B. (szerk.): A víz és a környezet. VITUKI, Budapest. pp. 171-177.
46. Haraszthy, L. (1996): A biológiai sokféleség megőrzésének lehetőségei Magyarországon. Természet Világa, 127. II. különszám. pp. 48-57.
47. Haraszthy, L. (2000): A Tisza-völgy természeti értékeinek megőrzése. WWF füzetek 17. Budapest. pp. 3-30.
48. Hilty, J.; Merenlender, A. (2000): Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. Biological Conservation, 92. pp. 185-197.
49. Hock, B. (2001): Az oxigénháztartás változásai a Tisza vízrendszer országhatárszelvényeiben 1975 és 2002 között. Hidrológiai Közölny 81. 3. 152-154.
50. Holmes, J. et Papas, J. (2004): Conceptual framework for the development of an index of wetland condition in Victoria. Department of Sustainability and Environment. Melbourne. pp. 1 – 16.

- 51.** Hum, L.; Matschullat, J. (2002): A Tisza és mellékfolyói üledékeinek nehézfém és arzéntartalma – az 1999/2000. őszi-téli állapot. Hidrológiai Közlöny 82. 1. pp. 23-30.
- 52.** Huszár, M. (1985): Vízrajzi értekezés. Huszár Mátyás leírása a Körösvidékről 1822-ben. Kósa Ferenc (Szerk.), latinból fordította Lakatos Pál. Körösvidéki Vízügyi Igazgatóság, Gyula.
- 53.** Ihrig, D. (1973): A magyar vízszabályozás története. VÍZDOK, Budapest, 398. p.
- 54.** Ijjas, I. Zs: Az EU információs rendszere a víz keretirányelv végrehajtásához. MHT XX. Vándorgyűlésén elhangzott előadások 1/1 (www.aquadocinter.hu)
- 55.** Istvánovics, V.; Somlyódy, L. (2000): Az ökológia, a természetvédelem és a vízgazdálkodás kapcsolata. Vízügyi Közlemények, 3-4. pp. 525-549.
- 56.** Jahn, W. ;Vahle, H. (1974): A faktoranalízis és alkalmazása. Mezőgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest. pp. 13-201.
- 57.** Jakucs, L. (1982): Az árvizek gyakoriságának okai és annak tényezői a Tisza vízrendszerében. Földrajzi Közlemények, 2. pp. 212-235.
- 58.** Jakucs, L. (1984): A természeti környezet átformálásának folyamata az Alföldön. Az Alföld gazdaságföldrajzi kutatásának eredményei és további feladatai I. köt. Békéscsaba. pp. 18-36.
- 59.** Jarrett, R. D. (1984): Hydraulics of high-gradient streams, Journal of Hydraulic Engineering, 110: 11. pp. 1519 – 1539.
- 60.** Jolánkai, G.; Bíró, I. (1999): Földrajzi információs rendszeren alapuló integrált vízgyűjtő modell. Vízügyi Közlemények LXXXI évf. 3. pp. 453-485.
- 61.** Jolánkai, G. (szerk.): A “Tisza Projekt” Valós-léptékű integrált vízgyűjtő modellek a víz- és környezet-gazdálkodási döntések alátámasztásához. EVK1-CT-2001-00099 (A Projekt időtartama: 2002. január 1. - 2004. december 31.)
- 62.** Juhász-Nagy, P.; Podani, J. (1983): Information theory methods for the study of spatial processes and succession. Vegetatio, 51. pp. 129-140.
- 63.** Juhász-Nagy, P. (1980): A növényzet szerkezetvizsgálata: új modellek. Botanikai Közlemények, 67 (3). pp. 185-193.
- 64.** Kent, D. M.; Reimold, R. J.; Kelly, J. M.; Tammi, C. E. (1995): Coupling wetland structure and function: Developing a condition index for wetlands monitoring. In: McKenzie, D. H. , Hyatt, D. E. and McDonald, V. J. (Eds.) Ecological Indicators, Volume 1-2. New York Elsevier Applied Science. Chapman Hall.
- 65.** Ketskeméty, L.(2004): Faktoranalízis. A faktoranalízis és a főkomponens analízis matematikai modelljei. Budapesti Műszaki Egyetem. pp. 2 – 22.

- 66.** Kiss, O. (2001): A vízminősítésben felhasználható bioindikátor tegzesek. Hidrológiai Közlöny 81. 3. pp. 173-176.
- 67.** Kiss, O. (2003): Tegzesek (Trichoptera). Akadémiai kiadó, Budapest. pp. 137-145.
- 68.** Konkolyiné Gyuró, É. (2003): Környezettervezés, környezet- és tájgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- 69.** Kováts, N.; Fülöp, T.; Kejler, A.; Linsjö, M.; Paulovits, G. (2002): A tőzegbányászat nyomán kialakult vizes élőhelyek vizsgálata a Sárréten. Hidrológiai Közlöny 82. 2. pp. 85-89.
- 70.** Kováts, N.; Paulovits, G. (2001): Ökológiai kockázatelemzés és -becslés, mint vizes élőhelyek kezelését megalapozó metodológia. A Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem Környezettudományi Intézetének tanulmányai, Budapest. 4. pp. 20-29.
- 71.** Kozák, M.; Bakonyi, P.; Rátky, I.; Horváth, L. (1981): Hidraulika vízgazdálkodási szakmérnökök részére. Tankönyvkiadó, Budapest.
- 72.** Lakatos, Gy.; Mölsä, H.; Szilágyi, F. (2000): Hidrobiológia mérnököknek. BMGE Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, Budapest. pp. 2-97.
- 73.** Láng, I. (2003): Bevezető gondolatok -A globális klímaváltozással összefüggő hazai hatások és az arra adandó válaszok. AGRO-21 Füzetek. 31. pp. 3-7.
- 74.** Láng, I. (2005) Bevezető gondolatok a klímaváltozás kockázatához. Magyar Tudomány, 2005/7. pp. 786-788.
- 75.** Láng, I., Harnos, Zs., Jolánkai, M. (2004) Alkalmazkodási stratégiák klímaváltozás esetére: nemzetközi tapasztalatok – hazai lehetőségek. „Agro-21” Füzetek, Klímaváltozás – hatások – válaszok, 35. pp. 70-77.
- 76.** László, T. (2004): A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztésének első üteméhez készült ökológiai térképezés eredményei. ÖKO – Ökológia, környezetgazdálkodás, társadalom. XII. , 3-4. pp. 101-114.
- 77.** Lénárt, Cs., Tamás, J., Bíró, T. (1997): Digitális terepmodellek (DTM-ek) használata a vízgazdálkodásban. In: Szerk. Proc. Magyar Hidrológiai Társaság XV. Vándorgyűlés. Kaposvár, pp. 872-879.
- 78.** Lénárt, Cs.; Tamás, J. (2002): A terepi informatika jelentősége a környezetmérnöki kutatásban. Informatika a felsőoktatásban . Debrecen. 258. p.
- 79.** Liebmann, H (1951): Handbuch der Frisch- und Abwasserbiologie. Oldenburg, München. 588. p.

- 80.** Limerinos, J. T. (1970): Determination of the Manning coefficient from measured bed roughness in natural channels. Water-Supply Paper 1898-B. U.S. Geological Survey.
- 81.** Magyar, E.; Tombácz, E. (2004): ÖKO – Ökológia, környezetgazdálkodás, társadalom. XII., 3-4. pp. 80-100.
- 82.** Magyarország Nemzeti Atlasza (1989) Kartográfiai Vállalat, Budapest. pp. 25-102.
- 83.** Manning, R. (1890): Flow of Water in Open Channels and Pipes. Transactions of the Institution of Civil Engineers of Ireland, Vol. 20.
- 84.** Matschullat (2000): Arsenic in the geosphere – a review. The Science of the Total Environment, 249. pp. 297-312.
- 85.** McIntosh, R. P. (1967): An index of diversity and the relation of certain concepts to diversity. Ecology. 48. pp. 392-404.
- 86.** Mike, K. (1991): Magyarország ösvízrajza és felszíni vizeinek története. Aqua Budapest. pp. 646-680.
- 87.** Molnár, G. (1992): A középkori vízrendszer összeomlása és az Alföld elmocsarasodása – In: Fejér L. és Kaján I. (szerk.) Mérlegen a Tisza-szabályozás. Magyar Hidrológiai Társaság és Országos Vízügyi Igazgatóság, Budapest, pp. 47 – 64.
- 88.** Moog, O. (1991): Biologische parameter zum Bewerten der Gewässergüte von Fliessgewässern. Landschaftswasserbau 11. Wien. pp. 235-266.
- 89.** Moog, O. (1995): Fauna Aquatica Austriaca. Wien. pp. 1-200.
- 90.** Móri, T. (1999): Főkomponens- és faktoranalízis. ELTE Valószínűségelméleti és Statisztika Tanszék, Budapest. 1-13
- 91.** Müller, G.; Yahya, A.; Gentner, P. (1993): Die Schermetallbelastung des Sedimente des Neckars und seiner Zuflüsse. Heidelberger Geowissenschaftliche Abhandlungen. 69. Heidelberg. 91. p.
- 92.** Müller, J. (1981): Die Schwermetallbelastung des Neckars und seiner wichtigsten Nebenflüsse: eine Bechstandaufnahme. Chemiker-Zeitung, 105. pp. 157-164.
- 93.** Nagy, L. (szerk.) (1971): A vízgazdálkodás fejlődése. TIT Országos Vízgazdálkodási Szakcsoport. 241. p.
- 94.** Nagy, Á. T.; Vajk, Ö.; Tóth, T.; Sztanó, O. (2005): Természetes folyófejlődés a gátak közé szorított Közép-Tiszán. Hidrológiai Közöny, 85:5. pp. 55-62.

- 95.** Nagy, Zs.; Bardóczyné Székely, E. (2005): Az EU VKI ajánlásainak megfelelő törekvések a kisvízfolyások állapotának javítására Magyarországon és Csehországban. Hidrológiai Közlöny, 85:4. pp. 23-28.
- 96.** Németh, J. (1998): A biológiai vízminősítés módszerei. Környezetgazdálkodási Intézet 1998. pp. 153-160, 178-181, 244-265.
- 97.** Noss, R. F. (1990): Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. Conservation Biology 4 (4). pp. 355 – 364.
- 98.** NRA (1990): Method for the assessment of river water quality using benthic macroinvertebrates. National Rivers Authority Anglian Region. pp. 1-19.
- 99.** Orlóci, I.; Váradi, J.; Láng, I. (2004): A folyókkal való gazdálkodás korszerűsítése. Hidrológiai Közlöny, 84:4. pp. 41-49.
- 100.** OVH (1969): Korszerű folyószabályozás. VÍZDOK.
- 101.** Pielou, E. C. (1995): Biodiversity versus old-style diversity: measuring biodiversity for concentration. In: Boyle, T. J. B.; Boontawee, B. (Eds.) Measuring and Monitoring Biodiversity in Tropical and Temperate Forests CIFOR, Bogor. pp. 5-17.
- 102.** Précsényi, J. (1981): A növénytársulások struktúrája. In: Hortobágyi, T.; Simon, T. (szerk.): Növényföldrajz, társulástan és ökológia. Tankönyvkiadó, Budapest. pp. 202 – 225.
- 103.** Pregon, Cs.; Tamás, J. (2005): Hidrológiai paraméterek hatása a Berettyó biodiverzitására. Debreceni Egyetem Agrártudományi Közlemények 16. pp. 215 – 229.
- 104.** Rakonczay, Z. (1992): Természetvédelem egy kiszáritott országban. In: Fejér, L. et Kaján, I. (szerk.) Mérlegen a Tisza-szabályozás Magyar Hidrológiai Társaság, Országos Vízügyi Főigazgatóság. pp. 71-74
- 105.** Rátky, I.; Farkas, P. (2003): A növényzet hatása a hullámtér vízszállító képességére. Vízügyi Közlemények, LXXXV. 2003/2. pp. 246-265.
- 106.** Reichholf, J. (1988): A vizek világa. Európai belvizek, patakok és mocsarak. Magyar Könyvklub, pp. 184-198.
- 107.** Reichholf-Riehm, H (1996): Rovarok és pókszabásúak. Magyar Könyvklub, pp. 7-281.
- 108.** Reszeghy, L. (1943): Reszeghy Lajos emlékiratai a Körösök és a Berettyó vidékéről. Kézirat a Hajdú-Bihar Megyei Levéltárban.
- 109.** Scott, D. A.; Jones, T. A (1995): Classification and inventory of wetlands: a global overview. Vegetatio 118, pp. 3-16.

- 110.** Shah, R. (2000): Environmental indicators. United Nations Statistical Division (UNSD) (ed.). Chapter 4 of Statistics for Environment Policy.
- 111.** Shannon, C. E.; Weaver W. (1949): The mathematical theory of communication. Univ. Of Illinois Press, Urbana. pp. 1-146.
- 112.** Simon, T. (1996): Növénytársulások, működő biológiai rendszerek megőrzése. Természet Világa. II. különszám, pp. 24-28.
- 113.** Simpson, E. H. (1949): Measurement of diversity. Nature. 163, 688. p.
- 114.** Sladeczek, V. (1973): Systems of water quality from the biological point of view. Arch. Hydrobiol. 7. pp. 1–218.
- 115.** Smeets, E., Weterings, R. (1999): Environmental indicators: typology and overview. Technical Report No. 25, European Environment Agency, 19 p.
- 116.** Somlyódi, L. (2006): A víz ökológiai szerepe, és a vízgazdálkodási beavatkozások hatása. In: Ligetvári, F. (szerk.) Felmelegedés és vizeink. Agroinform Kiadó, Budapest. 177-198. pp.
- 117.** Somlyódy, L. (2000): A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdéseinek összefoglalása. Vízügyi Közlemények, 3-4. pp. 691-725
- 118.** Somlyódy, L. (2000): A víz és a vízgazdálkodás. Vízügyi Közlemények, 2000/3-4. pp. 356-376
- 119.** Somogyi, S. (szerk.) (2000) A XIX. századi folyószabályozások és ármentesítések földrajzi és ökológiai hatásai Magyarországon. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest. 302. p.
- 120.** Spencer, C.; Robertson, A. I.; Curtis, A. (1998): Development and testing of a rapid appraisal wetland condition index in south-eastern Australia. Journal of Environmental Management, 54. pp. 143-159.
- 121.** Standovár, T.; Primack, R. (2001): A természetvédelmi biológia alapjai. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. pp. 35-57.
- 122.** Sváb, J. (1981): Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest. pp. 78-84.
- 123.** Szabados, Cs. (2003): A három Körös és Berettyó magyarországi szakaszának lebegve szállított üledékei és kapcsolatuk a vízgyűjtő terület közetösszetételével. Hidrológiai Közlöny, 82:3. pp. 147-154.
- 124.** Szabó, F., Anda, A., Ivány, K., Kovács, A. (2003): A globális felmelegedés várható következményei a legeltetésre alapozott szarvasmarhatartásban. „Agro-21” Füzetek. Az agrárgazdaság jövőképe. Akaprint, Budapest. 31. pp. 29-55.

- 125.** Szász, G. (1992): A Tisza szabályozásával kapcsolatos klimatológiai nézetek In: Fejér, L.; Kaján, I. Mérlegen a Tisza-szabályozás (szerk.:) Magyar Hidrológiai Társaság, Országos Vízügyi Főigazgatóság. pp. 19-24.
- 126.** Szelényi, L. (2002): Főkomponens analízis. In: Szűcs, I. (szerk.) Alkalmazott statisztika. pp. 409 – 446.
- 127.** Szlávik, L. (1992) A Tisza szabályozása, és árvizeinek természete. In.: Fejér, L.; Kaján, I. (szerk.) Mérlegen a Tisza-szabályozás. Magyar Hidrológiai Társaság, Országos Vízügyi Főigazgatóság. pp. 75-80.
- 128.** Tamás, J. (2005): Környezetinformatika az agrár-környezetvédelemben. Szaktudás Kiadó Ház. pp. 22-24.
- 129.** Tamás, J. (Szerk.) 2004: Vízkészlet-modellezés. Egyetemi tankönyv. Debreceni Egyetem pp. 4-6.
- 130.** Tamás, J., Lénárt, Cs. (1999): Regionális környezetinformatikai rendszer kiépítése a Tiszántúli Környezetvédelmi Felügyelőség területén. In: Proc. Harnoss, Zs. (szerk.) Informatika a Felsőoktatásban 99'. Debrecen pp. 143-148.
- 131.** Tamás, J., Bíró, T. (2001): Határvizek – különös tekintettel a Berettyó folyó vízgyűjtőjére – vízminőségi célállapota és ökológiai vízigénye meghatározásának tudományos megalapozása. KöM tudományos eredmények. pp. 1-51.
- 132.** Thyll, Sz. (1998): Vízszennyezés, vízminőségvédelem. DATE Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék. Debrecen. pp. 24-39
- 133.** Tikászné Székely, I.; Papp, L. (1998): Fúróiszap elhelyezésére potenciálisan alkalmas területek vizsgálata Hajdú-Bihar megye déli részén. Debrecen.
- 134.** Tikászné Székely I. (2000): Fúrási iszaplerakó – Csökmő Részletes Környezeti Hatástanulmány, Debrecen.
- 135.** Timár, G.; Telbisz, T. (2005): A meanderező folyók mederváltozása, és az alakváltozás sebessége. Hidrológiai Közlöny, 85:5. pp. 48-54.
- 136.** Timár, G. (2005): Az alluviális folyók alaktípusai, és a típusok kialakulásának feltételei. Hidrológiai Közlöny, 85:1. 1-10.
- 137.** Tóth, I. (2004): A Hortobágy-Berettyó rendszerének belvízi és árvízi vízelvezetése. Hidrológiai Közlöny, 84:3. 35-50.
- 138.** Turner, R. E.; Swenson, E. M.; Summers, J. K. (1995). Coastal Wetlands Indicator Study: EMAP. US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Environmental Research Laboratory, USA, Florida. 99. p.

- 139.** Varga-Haszonits, Z., Varga, Z. (2004) Az éghajlati változékonyság és természetes periódusok. „Agro-21” Füzetek, Akaprint, Budapest. 37. pp. 23-32.
- 140.** Varga, Z. (1999): A nyílt vízi élőhelyek aljzatlakó állatközösségei. In: Borhidi, A; Sánta, A. (szerk.) Vörös könyv Magyarország növénytársulásairól. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest. pp. 100-105.
- 141.** Varga, Z. (1999): A nyílt vízi élőhelyek planktonikus állatközösségei. In: Borhidi, A; Sánta, A. (szerk.) Vörös könyv Magyarország növénytársulásairól. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest. pp. 116-118.
- 142.** Varga, Z. (1999): A nyílt vízi élőhelyek úszó és növényzethez kötött állatközösségei. In: Borhidi, A; Sánta, A. (szerk.) Vörös könyv Magyarország növénytársulásairól. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest. pp. 119-122.
- 143.** Varga, Z. (1999): Gyors folyású vizek benthikus állatközösségei. In: Borhidi, A; Sánta, A. (szerk.) Vörös könyv Magyarország növénytársulásairól. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest. pp. 135-138.
- 144.** Vida, G. (1996): A biodiverzitás eredete. Természet Világa, II. különszám. pp. 2-4.
- 145.** VITUKI (1997): Hazai vízfolyások vízminősítés célú biomonitoring rendszerének bevezetése. Témajelentés, Budapest. 712/3/3945. pp. 1 – 58.
- 146.** Warner, J.; Brunner, G.; Wolfe, B.; Piper, S. (2002): User`s Manual. HEC-RAS River Analysis System Version 3.1. US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center
- 147.** Zsuffa, I.; Bogárdi, J.; Leentvaar, J. (2003): Matematikai döntéstámogató rendszer hullámterek ökológiai revitalizációjához. Hidrológiai Közlöny, 83:2. pp. 65-71.
- 148.** Zsuffa, I. J.; Bogárdi, J. (1997): Nem-permanens, kvázi-kétdimenziós, numerikus modell hullámtéri fokrendszerek hidrodinamikai szimulációjához. Hidrológiai Közlöny, 77:5. pp. 269-279.
- 149.** Zsuga, K. (2003): A Tisza vizének minősége. In: Teplán I. (szerk.) A Tisza és vízrendszere I. - Budapest. MTA Társadalomkut. Közp. pp. 151-183.
- 150.** Zsuga, K.; Szabó, A. (2005): A Tisza vízgyűjtőterületének ökológiai állapota, környezetvédelmi problémái. Hidrológiai Közlöny, 85:6. pp. 168-170.

JOGSZABÁLYOK ÉS RENDELETEK JEGYZÉKE

1. AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS TANÁCS 2000. október 23-i 2000/60/EK IRÁNYELVE a vízvédelmi politika területén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról Az Európai Közösségek Hivatalos Lapja L 327.
2. KvVM tájékoztató a „Nemzetközi jelentőségű Vadvizek Jegyzéké”-be bejegyzett hazai védett vizekről és vadvízterületekről. 8004/2003. K. Ért. 11.
3. Európai Nitrát Irányelv (91/676/EGK Az Európai Közösségek Hivatalos Lapja L 327.
4. KOP – Környezetvédelmi Operatív Program 2007– 2013. (2006) Tervezet: KOP 0.05 2006 03 10. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium
5. Kutatási projektek tematikái a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium és a Magyar Tudományos Akadémia között környezetvédelmi, természetvédelmi és vízügyi komplex kutatások elvégzésére ill. azok támogatására kötött együttműködési megállapodáshoz (2003-2005) (2003) 1-49.
6. MSZ 12749:1993 Magyar Szabvány. Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés.
7. MSZ ISO 5667–6:1995. Vízminőség. Mintavétel. 6. rész: Útmutató a folyókból és a patakokból végzett mintavételhez.

Ábrák jegyzéke

1. ábra:	A Berettyó és a Sárrétek a szabályozások előtt, és napjainkban	11
2. ábra:	A hidroökológiai modell felépítése	31
3. ábra:	A vizsgálati helyek a reprezentatív keresztshelvényekkel	33
4. ábra:	A HEC-RAS program felhasználói felülete	37
5. ábra:	A dinamikai viszkozitás (η) és a hőmérséklet összefüggése	43
6. ábra:	A kutatás során alkalmazott vizsgálati módszerek és eszközök	44
7. ábra:	A Berettyó Pocsajnál mért vízhozam-idősorai a 2002-2003-as hidrológiai évben	50
8. ábra:	A Berettyó Pocsajnál mért vízhozam-idősorai a 2004-2005-ös hidrológiai évben	50
9. ábra:	A Berettyó Mo.-i szakaszának hosszshelvénye	51
10. ábra:	A vizsgált keresztshelvények morfológiája	53
11. ábra:	Az üledék szemcseméretének eloszlása a vizsgált keresztshelvényekben	70
12. ábra:	Sávós szitakötő	74

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat:	A vizsgált keresztshelvények topográfiai adatai	32
2. táblázat:	Adatok faktoranalízisre való alkalmasága a KMO érték szerint	35
3. táblázat:	Medergeometriai jellegű változók	39
4. táblázat:	A vízszállítással kapcsolatos változók	39
5. táblázat:	A felszíni vízfolyások vízhozam szerinti felosztása	39
6. táblázat:	A vízfolyások vízsebesség szerinti, átfogó osztályozása	40
7. táblázat:	Javasolt sebességi osztályok az alföldi vízfolyásokra	40
8. táblázat:	A vízfolyás fontosabb energetikai jellemzői	41
9. táblázat:	A Froude-szám és a Reynolds-szám jelentősége	42
10. táblázat:	A vízfolyások tipizálása a Froude-szám és a Reynolds-szám alapján	42
11. táblázat:	A monitorállomás alap-műszerezettsége	45
12. táblázat:	Az alkalmazott vízminőségi index az MMCP és a TÁP alapján	47
13. táblázat:	Az alkalmazott vízminőségi osztályok a QI átl. alapján	47
14. táblázat:	A környezeti állapotindex meghatározása	49
15. táblázat:	A vízhozam (Q) és az átlagos vízsebesség (v) kapcsolata a vizsgált keresztshelvényekben	52
16. táblázat:	A hidrológiai és vízminőségi adatsorok főkomponens-analízisének eredményei a 2002-3. hidrológiai évben	60
17. táblázat:	A hidrológiai és vízminőségi adatsorok főkomponens-analízisének eredményei a 2002-3. hidrológiai év első felében	61
18. táblázat:	A hidrológiai és vízminőségi adatsorok főkomponens-analízisének eredményei a 2002-3. hidrológiai év második felében	63
19. táblázat:	A hidrológiai és vízminőségi adatsorok főkomponens-analízisének eredményei a 2004-2005. hidrológiai évben	64
20. táblázat:	A hidrológiai és vízminőségi adatsorok főkomponens-analízisének eredményei a 2004-2005. hidrológiai év első felében	66
21. táblázat:	A hidrológiai és vízminőségi adatsorok főkomponens-analízisének eredményei a 2004-2005. hidrológiai év második felében	67
22. táblázat:	A mintaterületeken 2003 nyarán a kisvízi időszakban mért vízminőségi mutatók leíró-statisztikai adatai	72
23. táblázat:	A Berettyó vízminősége a Magyar Makrozoobenton Család Pontrendszer szerint	73
24. táblázat:	A fellelt MMCP-taxonok – Kismarja	75
25. táblázat:	A fellelt taxonok jellemző élőhelyek szerinti megoszlása	76
26. táblázat:	Az alkalmazott környezetminősítési kategóriák	76
27. táblázat:	A vizsgálati helyek Spencer-féle (módosított) állapotindexe	77
28. táblázat:	A Berettyó vízminősége kisvízi időszakban (2003. április - augusztus)	78

MELLÉKLETEK

1. melléklet: **A VIZES ÉLŐHELYEK FUNKCIÓI**

	ÁLTALÁNOS FUNKCIÓK	SPECIÁLIS FUNKCIÓK
SZ	A hidrológiai folyamatok fenntartása	- A lefolyási viszonyok fenntartása - A talajvíz újrafeltöltése
SZ	Partvonal stabilizáció és eróziókontroll	- A viharok és árhullámok hatásainak mérséklése - Az eróziós folyamatok késleltetése és megelőzése a gyökérzet révén
F	Az üledék és a tápanyagok visszatartása és szabályozása	- A vízáramlás lassítása, az üledék lerakódásának fokozása - A főlegesen növényi tápanyagok felhalmozása - A főlegesen növényi tápanyagok beépítése a wetland vegetációjába, amely így leartható és felhasználható
SZ	Helyi klímaszabályozás	- A helyi időjárási viszonyok stabilizálása, főleg a csapadék és a hőmérsékleti viszonyok esetében
SZ	A klímaváltozás mérséklése	- Szerves szénformák raktározása
SZ	Víz tisztítás	- Az öntözött területekről, a beépített területekről, és a mesterséges vizes élőhelyekről származó szennyvizek befogadása, összegyűjtése és hígítása
F	A táplálkozási hálózatok fenntartása	- A tápanyagok körforgalmának biztosítása - Elsődleges bioprodukción – növényi biomassza
F	A biodiverzitás megőrzése	- Az élőlények fajai és egyéb csoportjai állománysűrűségének fenntartása - A vízi ökoszisztéma szempontjából jelentős populációs arányok fenntartása - A faji diverzitás megőrzése - Hozzájárulás a regionális diverzitáshoz - A ritka, vagy veszélyeztetett vizes élőhely típusok védelme - A különleges vizes élőhely típusok védelme - A vizes élőhelyek reprezentálják a biorégiót - Bizonyos állatfajok fejlődési ciklusában szerepet játszanak, mint élőhelyek - Fontos szerepet játszanak az állatfajok fennmaradásában, menedékként szolgálva azok sebezhető életszakaszaiban, ill. kedvezőtlen körülmények között - A veszélyeztetett fajok és életközösségek védelme
SZ: szabályozó funkció; F: fenntartó funkció		
Forrás: Holmes, J. et Papas, J. (2004): Conceptual framework for the development of an index of wetland condition in Victoria. Department of Sustainability and Environment. pp. 1 – 16.		

2. melléklet: A VIZES ÉLŐHELYEK ÉRTÉKEI

	ÁLTALÁNOS ÉRTÉKEK	SPECIÁLIS ÉRTÉKEK
É	A wetland termékei és javai	<ul style="list-style-type: none"> - Ivóvíz a lakosság és az állatállomány számára - Öntözővíz - Ipari vízfelhasználás - Élelemforrás (pl. halászat) - Faanyag (pl. ártéri erdők) - Állati takarmány - Vízraktározás és biztosítás a vízgazdálkodási rendszerek számára
K	Turizmus, kikapcsolódás és sport	<ul style="list-style-type: none"> - Sporthorgászat és vadászat - Vízi sportok - Turizmus (vízi és szárazföldi) - A természet megfigyelése, ökoturizmus
K	Kulturális értékek	<ul style="list-style-type: none"> - Esztétikai és művészeti értékek - Történelmi és régészeti értékek - Lelki és vallási értékek - Oktatási és tudományos értékek
SZ	Járványok és kórokozók biológiai kontrollja	<ul style="list-style-type: none"> - Mezőgazdasági kártevők természetes ellenségeinek nyújtanak élőhelyet
SZ: szabályozó funkció; K: kulturális értékek; É: élelmezési értékek		
<p>Forrás: Holmes, J. et Papas, J. (2004): Conceptual framework for the development of an index of wetland condition in Victoria. Department of Sustainability and Environment. pp. 1 – 16.</p>		

3. melléklet: A VIZES ÉLŐHELYEKET VESZÉLYEZTETŐ TÉNYEZŐK

Általános veszélyek	Speciális veszélyek
A vizes élőhely fizikai tulajdonságainak megváltoztatása, vagy átalakítása	<ul style="list-style-type: none"> - Területfeltöltés - Csatornázás - Töltések és duzzasztógátak építése - Kotrás, medermélyítés - Bányászat - Homok és kavicskitermelés - A táj átalakítása - Földművelés - A természetes vegetáció irtása - Új, tájidegen mezőgazdasági rendszerek bevezetése
Víztározás, szabályozás és vízhasználatok	<ul style="list-style-type: none"> - Víztározók létesítése és működtetése - Folyószabályozások - Hideg víz távozása a tározókból - A felszíni vizek elterelése és kitermelése - A felszín alatti vizek kitermelése
A természetes áramló vizek szabályozása	<ul style="list-style-type: none"> - Túlzásba vitt mértékű partvonalvédelem (védógátak és hullámtörők) - Az esztuáriumok mesterséges bővítése - Beavatkozás az árapályjelenségekbe - A természetes vonalvezetésű vízfolyások, és a vízgyűjtő lefolyási viszonyainak megváltoztatása vagy akadályozása
Nem megfelelően folytatott földhasználat a vízgyűjtőn	<ul style="list-style-type: none"> - A természetes vegetáció kiirtása (magnövekedett felszíni lefolyás, megemelkedett talajvízszint) - Helytelen öntözési gyakorlat (túlöntözés) - A kemikáliák és műtrágyák túlzásba vitt alkalmazása - Talajerózió
Elégtelen hulladékgazdálkodási és szennyeződés – elhárítási gyakorlat	<ul style="list-style-type: none"> - Nem megfelelő szennyvízkezelés - Elégtelen csapadékvíz – kezelés - Szabálytalan hulladéklerakás - Ipari kibocsátások - Kőolajszennyeződések és egyéb folyékony szennyezők kiömlése - Feleslegessé vált öntözővizek kibocsátása
Tájidegen fajok betelepítése, és nem megfelelő ellenőrzése	<ul style="list-style-type: none"> - Adventív fajok elterjedése - Fertőző betegségek megjelenése - Invázió fajok szétterjedése - Vízi élőlények elterjedése - Akvakultúra
A vizes élőhelyek túlzott kihasználása, rablógazdálkodás	<ul style="list-style-type: none"> - Túllegeltetés - Túlzott halászat és vadászat - Akvakultúra - A természetes vegetáció irtása
Tüzek (erdő-, nád-, avartűz)	
Szabadidős tevékenységek és sport	<ul style="list-style-type: none"> - Vízisportok - Szárazföldi sportok
Urbanizáció	<ul style="list-style-type: none"> - Magnövekedett csapadéklefolyás - Emberi tevékenységek fokozódása - Elkóborolt háziállatok
Klímaváltozás	<ul style="list-style-type: none"> - Megváltozott csapadékeloszlási viszonyok - A hőmérséklet és a széljárás változása - Az időjárási jelenségek szélsőségesé válása
<p>Forrás: Holmes, J. et Papas, J. (2004): Conceptual framework for the development of an index of wetland condition in Victoria. Department of Sustainability and Environment. pp. 1 – 16.</p>	

4. melléklet: A MAGYAR MAKROZOOBENTON CSALÁD- ÉS EGYÉB RANGÚ TAXONJAINAK ALKALMAZOTT PONTRENDSZERE

10	Beraeidae	Capniidae	Chloroperlidae	Cordulegasteridae	Goeridae	Lepidostomatidae
	Leuctridae	Molannidae	Odontoceridae	Perlidae	Perlodidae	Sericostomatidae
	Siphonuridae	Taeniopterygidae	Bithynella	Paladilhia	Sadleriana	
8	Aphelocheiridae	Palingeniidae	Philopotamidae	Phryganaeidae		
7	Nemouridae	Neritidae	Policentropodidae	Rhyacophilidae (+Glossosomatidae)		
6	Aeschnidae	Ancylidae	Astacidae	Brachycentridae	Corduliidae	Ephemerillidae
	Ephemeridae	Gomphydae	Heptageniidae	Hydroptilidae	Jaeridae	Lestidae
	Libellulidae	Leptoceridae	Leptophlebiidae	Potamanthydae		
5	Acroloxidae	Caenidae	Chrysomelidae	Corophiidae	Cordulionidae	Dryopidae
	Dytiscidae	Elmididae	Gyrinidae	Halipidae	Hydrobiidae (Potamopyrgus)	
	Hydrophylidae	Hydropsychidae	Lepidoptera (Acentropidae- Pyrilidae)	Thiaridae	Limnephilidae	Pisidiidae
	Psychomyidae (+Ecnomydae)		Scirtidae		Unionidae	
4	Baetidae	Calopterygidae	Chaoboridae	Coenagrionidae	Dendrocoelidae	Dreissenidae
	Dugesiiidae	Gammaridae	Gerridae	Glossiphoniidae	Hydrometriidae	Mesoveliidae
	Mysididae	Nepidae	Notonectidae	Piscicolidae	Planariidae	Pleidae
	Rhagionidae	TENTACULATA	Viviparidae	Rhagionidae		
3	Arguliidae	Asellidae	Bithyniidae	Corixidae	Erpobdellidae	Hirudidae
	Hydrobiidae	(Lithoglyphus, Borysthenia)		Lymnaeidae	Naucoridae	Physidae
	Planorbidae	Platycnemididae	POLYCHAETA	Sciomyzidae	Sialidae	Simuliidae
	Sphaeriidae	Tabanidae	Tipulidae	Valvatidae		
2	Ceratopogonidae	Chironomidae	Culicidae	DIPTERA	Limoniidae	Stratiomyidae
1	Oligochaeta					

5. melléklet: **A BERETTYÓ ÉS VÍZGYŰJTŐJE MAGYARORSZÁGI SZAKASZÁNAK ÉLŐHELY TIPOLOGIÁJA**

A Magyarország Nemzeti Atlasza (a továbbiakban MNA) (1989) és az ACTA BIOLOGICA DEBRECINA SUPPLEMENTUM OECOLOGICA HUNGARICA FASC. 10/1, (1999) valamint terepi mérések, vizsgálatok alapján

A VÍZTÉR TÍPUS ELKÜLÖNÍTÉSE

Víztér-tipológia

Az átfogó típus meghatározása

2 = Vízfolyások

Vízfolyások típusainak meghatározása

13 = Kisfolyó

SZTATIKUS MUTATÓK CSOPORTJA

Természetföldrajzi jellemzők

Tájegység-tipológia

MNA (1989) (p.86-87.)

1000 = TISZAI-ALFÖLD

1600 = Berettyó-Körös-vidék

1610 = Berettyó-vidék

Tájtípus-tipológia

MNA (1989) (Tájtípusok – p.90-91.)

10 = Mérsékelt kontinentális síkság, uralkodóan mezőgazdaságilag hasznosított tájtípusok (MNA, p.90-91: A)

11 = Ártéri síkság, magas talajvízállású, hidromorf talajú kultúrsztyeppes tájtípus (MNA, p.90-91: I)

12 = Folyó menti hullámtér, öntésföldekkel, liget- és láperdő-maradványokkal (MNA, p.90-91: 1)

Éghajlat-tipológia

A nagy éghajlati körzet meghatározása

MNA (1989) (Éghajlati típusok, p.88: A)

3 = meleg és száraz (A szárazföldi hatások túlsúlyban)

A napfénytartam évi összegének meghatározása

MNA (1989) (A napfénytartam évi összege, p.52: J)

4 = A napsütéses órák évi összege 2000-2050 közötti

Az évi középhőmérséklet meghatározása

MNA (1989) (Évi középhőmérséklet meghatározása, p.53: E)

7 = Az évi középhőmérséklet 10,0 – 10,5 °C közötti

A januári középhőmérséklet meghatározása

MNA (1989) (Januári középhőmérséklet, p.53: A)

4 = A januári középhőmérséklet –3,0 és –2,5 °C közötti

A júliusi középhőmérséklet meghatározása

MNA (1989) (Júliusi középhőmérséklet, p.53: C)

9 = A júliusi középhőmérséklet 21 °C, vagy annál több

A csapadék évi mennyiségének meghatározása

MNA (1989) (A csapadék évi összege, p.56: A)

3 = A csapadék évi mennyisége 550 – 600 mm közötti

A párolgás mértékének meghatározása

MNA (1989) (A tényleges párolgás évi összege, p.58: F)

3 = A tényleges párolgás évi összege 475 – 500 mm közötti

A klímazóna meghatározása

MNA (1989) (A növénytakaró klimazonális térképe, 88: D)

5 = Szemihumid- szemiarid jellegű klímával jellemezhető erdős puszták övén belül dombvidéki és erdőperemi erdős puszták

6 = Szemihumid- szemiarid jellegű klímával jellemezhető erdős puszták övén belül mérsékeltén száraz erdős puszták az Alföld szélén, rövid száraz periódussal

7 = Szemihumid- szemiarid jellegű klímával jellemezhető erdős puszták övén belül száraz erdős puszták, hosszú nyári száraz periódussal

Az éghajlati típusok meghatározása

MNA (1989) (Éghajlati típusok, p.88: A)

10 = Meleg terület (szárazföldi hatások túlsúlyban) (MNA, p.88: A térkép: A)

13 = A tenyészidőszakban elégtelen nedvességű, mérsékeltén száraz terület, a nyár forró (MNA, p.88: A térkép: A₃)

14 = A tenyészidőszakban elégtelen nedvességű, mérsékeltén száraz terület, a nyár mérsékeltén forró (MNA, p.88: A térkép: A₄)

Domborzat-tipológia

A domborzat fő típusának meghatározása

MNA (1989) (Domborzattípusok, p.26 – 27.)

1 = Alföldi jellegű terület (200 m átlagos tengerszint feletti magasságnál alacsonyabban fekvő terület)

A domborzattípusok meghatározása

MNA (1989) (Domborzattípusok, p.26 – 27.)

10 = Tökéletes síkságok

11 = Ártéri szintű síkság, ártér (MNA, p.26 – 27: 1)

13 = Alacsony, ármentes síkság (MNA, p.26 – 27: 2)

A szerkezeti-morfológiai domborzatformák meghatározása

MNA (1989) (Geomorfológia, p.30 – 31.)

10 = Ártéri síkságok

11 = Alacsony ártéri síkság, völgytalp

A relatív relief átlagos értékének meghatározása

MNA (1989) (Relatív relief, p.32.)

2 = A relatív relief értéke 2-5 m/km² közötti

Alapkőzet-tipológia

A tényleges alapkőzet meghatározása

MNA (1989) (Földtan, p.38 – 39.)

90 = Pleisztocén és holocén üledékek (MNA, p.38 - 39)

95 = Pleisztocén folyóvízi és ártéri homok, kavics, iszap, infúziós lösz (MNA, p.38 – 39: 2)

96 = Holocén folyóvízi homok, kavics, ártéri iszap, agyag, mésziszap, tőzeg és futóhomok (MNA, p.38 – 39: 1)

A negyedidőszak során képződött legfelső és legfiatalabb összletek meghatározása

MNA (1989) (Negyedidőszak, p.41: E)

- 30 = holocén üledékek (MNA, p.41., E: 1 – 4)
33 = ártéri lösz, infúziós lösz, agyag (MNA, p.41., E: 3)

Talaj-tipológia

A genetikai talajtípus meghatározása

- MNA (1989) (Genetikai talajtérkép, p.78 – 79.)
50 = Szikes talajok (MNA, p.78 – 79: 20 – 23.)
54 = Sztyeppesedő réti szolonyecek (MNA, p.78 – 79: 23)
60 = Réti talajok (MNA, p.78 – 79: 24 - 27)
61 = Szolonyeces réti talajok (MNA, p.78 – 79: 24)
62 = Réti talajok (MNA, p.78 – 79: 25)
63 = Réti öntéstalajok (MNA, p.78 – 79: 26)
64 = Lápos réti talajok (MNA, p.78 – 79: 27)

A FAO nevezéktanán alapuló talajtípus meghatározása

- MNA (1989) (FAO talajtérkép, p.80: A)
01 = Öntéstalajok (MNA, p.80., A térkép: 1)
06 = Mészlepedékes csernozjomok (MNA, p.80., A térkép: 6)
10 = Réti csernozjomok (MNA, p.80., A térkép: 10)
20 = Réti szolonyec talajok (MNA, p.80., A térkép: 20)

A talaj vízgazdálkodási típusának meghatározása

- MNA (1989) (p.82 – 83.)
05 = Jó víznyelésű és vízvezető képességű, jó vízraktározó képességű, jó víztartó talajok, az egész szelvényben viszonylag egyenletes mechanikai összetétel mellett (MNA, p.82 – 83: 05)
10 = Gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető képességű, erősen víztartó, kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok, szélsőségesen nehéz mechanikai összetétel mellett. (MNA, p.82 – 83: 10)
12 = Gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető képességű, erősen víztartó, kedvezőtlen vízgazdálkodású szikes talajok (MNA, p.82 – 83: 12)
15 = Igen gyenge víznyelésű, szélsőségesen gyenge vízvezető képességű, igen erősen víztartó, igen kedvezőtlen, extrém szélsőséges vízgazdálkodású szikes talajok (MNA, p.82 – 83: 15)

A talaj alapvető vízháztartási típusának meghatározása

- MNA (1989) (A talajok vízháztartásának alapvető típusai, p.84: B)
04 = Egyensúlyi vízmérleg típusa (MNA, p.84: B: 4)
06 = Felfelé irányuló vízmozgás típusa (MNA, p.84: B: 6)
07 = Szélsőséges vízháztartás típusa (MNA, p.84: B: 7)

Vízellátottság-tipológia

Az éghajlati vízhiány vagy víztöbblet év összegének meghatározása

- MNA (1989) (Az éghajlati vízhiány évi összege p.58: H)
20 = A terület éghajlati vízhiánnyal jellemezhető
26 = Az éghajlati vízhiány 250 – 300 mm közötti
27 = Az éghajlati vízhiány 300 – 350 mm közötti

A fajlagos lefolyás értékének meghatározása

- MNA (1989) (A Duna vízgyűjtő területének vízföldrajzi térképe, p.62 – 63.) .
2 = A fajlagos lefolyás értéke 0,5 – 1 l/s/km² közötti (16 – 32 mm/év)
3 = A fajlagos lefolyás értéke 1 – 2 l/s/km² közötti (32 – 64 mm/év)
4 = A fajlagos lefolyás értéke 2 – 3 l/s/km² közötti (64 - 96 mm/év)

Természetvédelmi és környezetgazdálkodási jellemzők

Szennyezés-érzékenységi tipológia

A geoszféra szennyezés-érzékenységeinek általános, nagytérségi értékelésére alkalmas mutató meghatározása

MNA (1989) (p.98 – 99.)

2 = Felszíni szennyeződésre erősen érzékeny porózus képződmények

A felszíni vizek vonatkozásában megállapított kiemelt vízminőség-védelmi területek meghatározása

MNA (1989) ()

60 = Nem kiemelt területek

A felszín alatti vizek vonatkozásában megállapított kiemelt vízminőség-védelmi területek meghatározása

MNA (1989) (p.97., B:VI.)

21 = Vízminőségvédelmi szempontból nem kiemelt jelentőségű terület

Társadalmi hasznosítás szerinti tipológia

A tereptapasztalatok, ill. a területileg illetékes hatóságoktól, intézményektől és szervezetektől kapott információk alapján

80 = Intenzív mezőgazdasági célú hasznosítás

84 = Öntözés

Környezettchnológiai tipológia

A terepi tapasztalatok

3 = Az ember műszaki-technikai tevékenysége által befolyásolt és/vagy szabályozott területek

Degradáció- tipológia

A tereptapasztalatok alapján

3 = Közepes mértékben degradált területek

Medermorfológiai és mederanyag-minőségi jellemzők

A vízfelület szélességeinek meghatározása

4 = A közepes vízállás szerinti vízfelület-szélesség 5-20 m közötti

5 = A közepes vízállás szerinti vízfelület-szélesség 20-80 m közötti

Mederalkat-tipológia

A meder alakjának meghatározása

1 = A meder hosszan elnyújtott alakú és többnyire jellegzetesen kanyargós futású, legnagyobb hosszúságának és átlagos szélességének hányadosa nagyobb, mint 100

2 = A meder hosszan elnyújtott alakú és többé-kevésbé egyenes futású, legnagyobb hosszúságának és átlagos szélességének hányadosa nagyobb, mint 100

A medret határoló partok futásának meghatározása

1 = A víztérnek két partja van, amelyek nagyjából párhuzamosak , nem záródnak, és többé-kevésbé egyenes futásúak

2 = A víztérnek két partja van, amelyek nagyjából párhuzamosak , nem záródnak, és ívesen vagy többszörösen ívesen görbülő futásúak

A vízfolyás esésviszonyainak meghatározása a meder hosszszetszeti képe alapján

2 = A meder esése a vizsgált szakaszon többé-kevésbé folytonos és igen lassú ütemű (az átlagos változás mértéke 0,001 – 0,01 % közötti)

4 = A meder esése a vizsgált szakaszon többé-kevésbé folytonos és mérsékelt ütemű (az átlagos változás mértéke 0,07 – 0,35 % közötti)

A fenékszint egyenletességének, ill. változatosságának, továbbá a kimutatható különbségek formájának és mértékének meghatározása vízfolyásoknál

1 = A meder a vizsgált szakaszon többé-kevésbé azonos mélységű, a fenékszint egyenletlenségei is elhanyagolhatóak

7 = A meder a vizsgált szakaszon változó mélységű, számottevő különbségekkel

A meder keresztmetszeti képeinek meghatározása

5 = A meder keresztmetszeti képe a keresztmetszvények többsége alapján tál alakú – trapézszelvény – de kifejezetten aszimmetrikus felépítésű, azaz a meder legmélyebb pontja egyértelműen közelebb van valamelyik parthoz, mint a meder közepéhez

6 = A meder keresztmetszeti képe a keresztmetszvények többsége alapján tál alakú – trapézszelvény – és többé-kevésbé egyenletes fenékszintű (a szűkebb értelemben vett fenékszinten a legsekélyebb és legmélyebb helyek közötti különbség kisebb, mint az átlagos vízmélység egynegyede)

Makrovegetáció-tipológia

A borítottság mértékének meghatározása

5 = A víztérnek (ill. víztestnek) kevesebb, mint 5%-ában található makrovegetáció (hínár és/vagy mocsári növényzet), de a partszegélynek legalább kétharmadát, vagy annál nagyobb részét szegélyezi növényzet (magaskórós növényzet vagy bokorfüzes)

8 = A víztérnek (ill. víztestnek) 50 – 75%-ában található makrovegetáció

9 = A víztérnek (ill. víztestnek) több mint 75%-ában található makrovegetáció

A makrovegetáció fő típusának meghatározása

2 = Felszínen kiterülő (úszó és/vagy gyökerező) hínárnövényzettel jellemezhető vizek

3 = Alámerült hínárnövényzettel jellemezhető vizek

8 = Partszegélyi magaskórós – növényzettel jellemezhető vizek

9 = Partszegélyi bokorfüzes növényzettel jellemezhető vizek

Mederanyag-minőségi tipológia

A fő aljzattípus meghatározása

Az üledékminták laboratóriumi elemzése alapján

3 = A mederre kavicsra, murvára gömbölyített kőzetanyag jellemző

4 = A mederre homokra aprózódott kőzetanyag jellemző

5 = A mederre kőzetlisztre, iszapra aprózódott kőzetanyag jellemző

A fő aljzattípus homogén vagy heterogén felépítésének meghatározása

Az üledékminták laboratóriumi elemzése alapján

2 = A fő aljzattípushoz elsősorban szervesetlen üledékek (görgeteg, kőzettörmelék, kavics, homok, agyag) keverednek

3 = A fő aljzattípushoz elsősorban szerves üledékek (detritusz és szapropél) keverednek

5 = A fő aljzattípushoz szervesetlen és szerves üledékek keverednek

A szervesetlen üledékfrakciók szemcseméretének meghatározása

Az üledékminták laboratóriumi elemzése alapján

2 = A fizikailag aprózódott szervesetlen üledéket túlnyomórészt a kavicsos/murvás frakció jellemzi

3 = A fizikailag aprózódott szervesetlen üledéket túlnyomórészt a murvás/homokos frakció jellemzi

4 = A fizikailag aprózódott szervesetlen üledéket túlnyomórészt a homokos/iszapos frakció jellemzi

6. melléklet: **HIDROLÓGIAI STATISZTIKAI ADATOK A 2002-2003-AS ÉS A 2004-2005-ÖS HIDROLÓGIAI ÉVBEN**

Kismarja										
Hidrologiai év	Min.		Max.		Átlag		Szórás		Variancia	
	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005
Vízhozam (m ³ /s)	1.53	3.16	42.20	80.15	7.32	16.74	7.74	12.27	59.95	150.50
Vízszint (mBf) (m)	96.82	96.96	99.49	100.94	97.24	98.44	0.61	0.89	0.37	0.79
Energiavonal lejtése (‰)	0.020	0.004	05.660	0.41	2.940	0.023	2.320	0.048	0.050	0.00
Átlagsebesség (m/s)	0.49	0.32	1.37	0.78	0.94	0.39	0.27	0.07	0.07	0.00
Nedv. keresztshelv. terület (m ²)	1.59	4.03	80.83	155.62	11.09	44.54	15.57	30.91	242.40	955.26
Nedv. keresztshelv. kerület (m)	17.29	18.21	46.57	61.74	20.88	33.04	6.04	10.53	36.49	110.93
Hidraulikai sugár (m)	0.09	0.22	1.74	2.57	0.42	1.20	0.42	0.49	0.17	0.24
Hidraulikai mélység (m)	0.09	0.22	1.76	2.61	0.42	1.21	0.42	0.50	0.18	0.25
Vízükörshelvesség (m)	17.27	18.14	45.95	60.73	20.73	32.61	5.90	10.35	34.79	107.13
Froude-szám	0.13	0.08	1.03	0.53	0.69	0.13	0.37	0.07	0.14	0.00
Súrlódási veszteség (m)	0.01	0.03	0.06	0.05	0.02	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00
Összes energia-veszteség (m)	0.02	0.03	0.06	0.05	0.04	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00
Max. medermélység (m)	0.15	0.29	2.82	4.27	0.58	1.78	0.61	0.89	0.37	0.79
Teljesítmény (Joule/m ² s)	1.99	0.21	110.45	7.04	46.47	0.63	34.91	0.82	1218.97	0.68
Nyírófeszültség (N/m ²)	4.06	0.66	80.47	8.98	42.04	1.41	26.15	1.13	683.88	1.27
Tagoltság	1.00	1.00	1.01	1.02	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00

Pocsaj										
Hidrologiai év	Min.		Max.		Átlag		Szórás		Variancia	
	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005
Vízhozam (m ³ /s)	1.53	3.16	42.20	80.15	7.32	16.74	7.74	12.27	59.95	150.50
Vízszint (mBf) (m)	94.97	95.42	98.33	99.44	95.74	96.78	0.77	0.89	0.60	0.79
Energiavonal lejtése (‰)	0.005	0.07	0.021	0.21	0.009	0.12	0.003	0.03	0.000	0.00
Átlagsebesség (m/s)	0.20	0.26	0.75	0.78	0.37	0.50	0.14	0.12	0.02	0.01
Nedv. keresztshelv. terület (m ²)	7.51	11.95	56.23	125.46	16.32	30.33	10.03	15.19	100.60	230.74
Nedv. keresztshelv. kerület (m)	9.52	11.36	28.84	144.96	12.51	17.52	3.17	10.57	10.08	111.67
Hidraulikai sugár (m)	0.79	0.85	2.27	2.28	1.21	1.70	0.39	0.34	0.15	0.12
Hidraulikai mélység (m)	0.84	0.87	2.62	2.63	1.33	1.90	0.47	0.41	0.22	0.17
Vízükörshelvesség (m)	8.96	10.52	26.07	141.61	11.44	15.74	2.66	10.22	7.07	104.43
Froude-szám	0.07	0.08	0.16	0.16	0.10	0.11	0.02	0.02	0.00	0.00
Súrlódási veszteség (m)	0.02	0.06	0.05	0.18	0.03	0.09	0.01	0.01	0.00	0.00
Összes energia-veszteség (m)	0.02	0.06	0.05	0.18	0.03	0.09	0.01	0.01	0.00	0.00
Max. medermélység (m)	1.29	1.75	4.66	5.77	2.07	3.10	0.77	0.89	0.60	0.79
Teljesítmény (Joule/m ² s)	0.08	1.78	2.99	35.21	0.55	11.45	0.57	7.34	0.33	53.87
Nyírófeszültség (N/m ²)	0.40	6.74	3.98	45.31	1.21	20.99	0.78	8.61	0.61	74.07
Tagoltság	1.06	1.02	1.15	1.16	1.09	1.12	0.02	0.02	0.00	0.00

Berettyóújfalu										
Hidrologiai év	Min.		Max.		Átlag		Szórás		Variancia	
	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005
Vízhozam (m ³ /s)	1.66	3.55	50.10	73.98	8.81	18.61	9.60	13.48	92.19	181.70
Vízszint (mBf) (m)	90.87	90.97	92.58	93.38	91.18	91.57	0.37	0.49	0.14	0.24
Energiavonal lejtése (‰)	0.00	0.00	0.004	0.003	0.001	0.002	0.001	0.001	0.00	0.00
Átlagsebesség (m/s)	0.04	0.07	0.35	0.36	0.13	0.22	0.09	0.08	0.01	0.01
Nedv. keresztshelv. terület (m ²)	45.07	47.79	141.48	203.13	57.27	76.34	18.94	29.91	358.54	894.47
Nedv. keresztshelv. kerület (m)	26.78	27.48	75.00	82.23	36.76	51.35	15.16	17.70	229.83	313.31
Hidraulikai sugár (m)	1.12	1.12	1.89	2.47	1.62	1.51	0.20	0.27	0.04	0.07
Hidraulikai mélység (m)	1.14	1.14	1.92	2.52	1.67	1.55	0.21	0.28	0.04	0.08
Vízükörshelvesség (m)	25.84	26.50	73.72	80.76	35.75	50.27	15.10	17.63	228.08	310.81
Froude-szám	0.01	0.02	0.08	0.07	0.03	0.05	0.02	0.02	0.00	0.00
Súrlódási veszteség (m)	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Összes energia-veszteség (m)	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Max. medermélység (m)	2.69	2.79	4.41	5.21	3.00	3.39	0.37	0.49	0.14	0.24
Teljesítmény (Joule/m ² s)	0.00	0.00	0.23	0.26	0.03	0.07	0.04	0.06	0.00	0.00
Nyírófeszültség (N/m ²)	0.01	0.04	0.66	0.70	0.13	0.27	0.14	0.16	0.02	0.03
Tagoltság	1.02	1.02	1.04	1.04	1.03	1.03	0.01	0.01	0.00	0.00

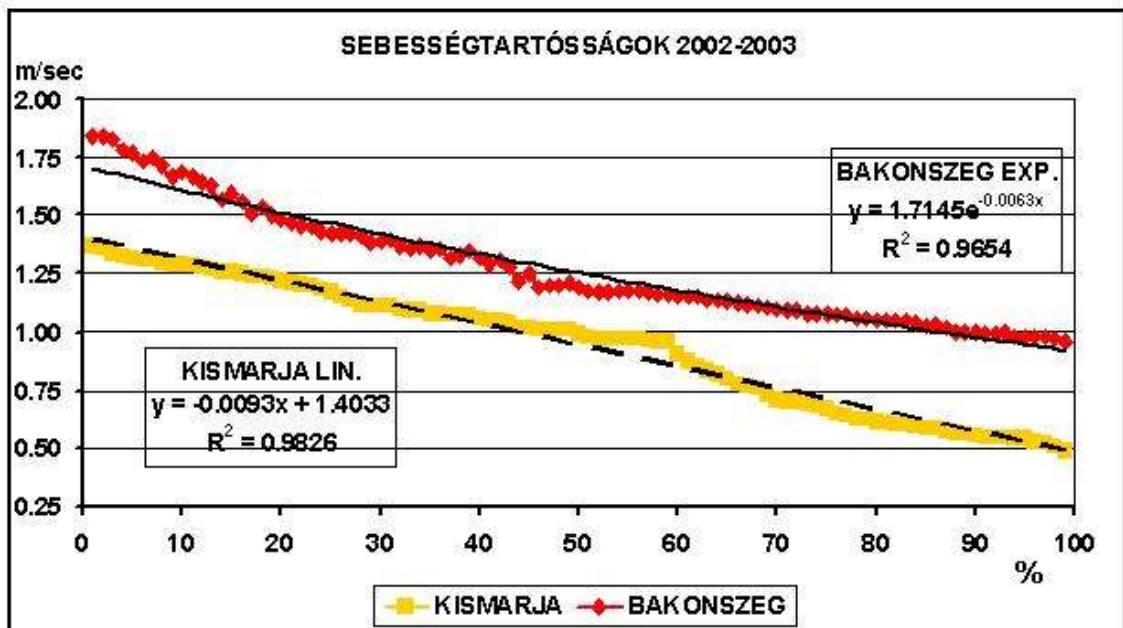
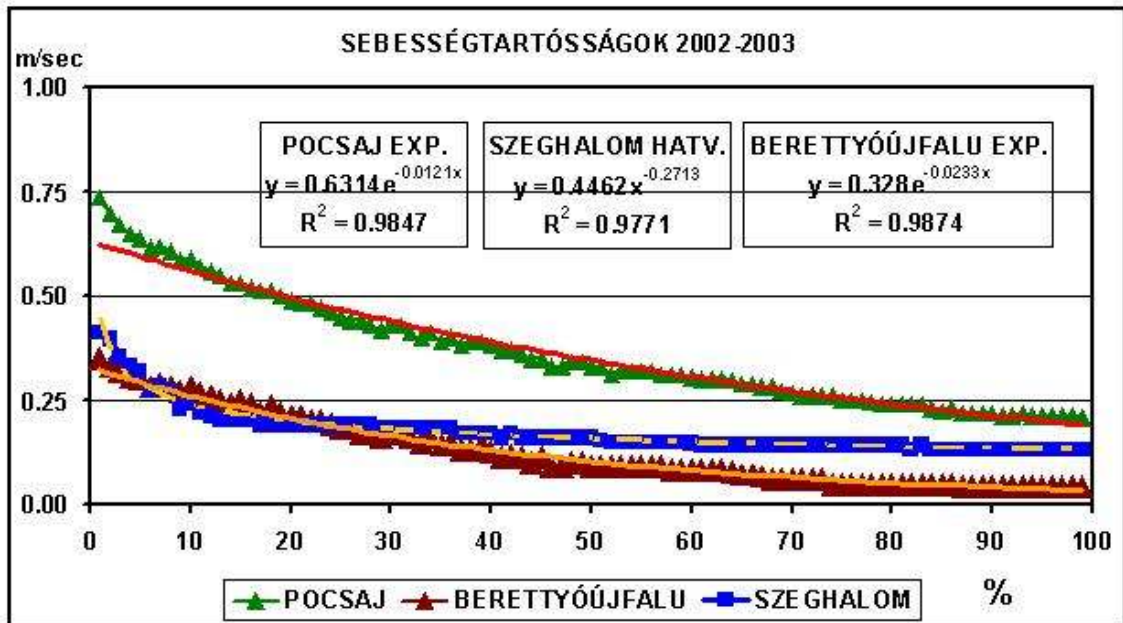
6. melléklet (Folytatás): **HIDROLÓGIAI STATISZTIKAI ADATOK A 2002-2003-AS ÉS A 2004-2005-ÖS HIDROLÓGIAI ÉVBEN**

Bakonszeg										
Hidrologiai év	Min.		Max.		Átlag		Szórás		Variancia	
	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005
Vízhozam (m ³ /s)	1.66	3.55	50.10	73.98	8.81	18.61	9.60	13.48	92.19	181.70
Vízszint (mBf) (m)	90.81	90.88	91.46	91.19	90.95	91.07	0.14	0.10	0.02	0.01
Energiavonal lejtése (‰)	0.90	1668.00	3.66	14797.00	2.98	2650.00	0.43	1583.00	0.002	52.00
Átlagsebesség (m/s)	0.96	1.13	1.86	4.98	1.28	1.73	0.24	0.63	0.06	0.39
Nedv. keresztshelv. terület (m ²)	1.73	3.14	33.94	14.85	6.00	9.71	5.32	4.04	28.30	16.29
Nedv. keresztshelv. kerület (m)	18.49	24.61	100.31	51.03	30.80	40.38	12.97	8.89	168.15	79.08
Hidraulikai sugár (m)	0.09	0.13	0.35	0.29	0.17	0.23	0.07	0.05	0.00	0.00
Hidraulikai mélység (m)	0.09	0.13	0.35	0.29	0.17	0.23	0.07	0.05	0.00	0.00
Víztükörszélesség (m)	18.48	24.60	100.16	51.00	30.78	40.36	12.95	8.89	167.83	78.99
Froude-szám	0.80	0.96	1.04	2.89	1.01	1.14	0.02	0.30	0.00	0.09
Súrlódási veszteség (m)	0.20	0.20	0.41	0.45	0.29	0.30	0.05	0.04	0.00	0.00
Összes energia-veszteség (m)	0.21	0.22	0.46	0.82	0.31	0.34	0.06	0.07	0.00	0.00
Max. medermélység (m)	0.18	0.25	0.83	0.56	0.32	0.44	0.14	0.10	0.02	0.01
Teljesítmény (Joule/m ² s)	30.48	3.4E+04	129.45	2.1E+06	61.74	1.4E+05	26.81	2E+05	718.74	4.5E+10
Nyírófeszültség (N/m ²)	29.95	3.0E+04	70.54	4.2E+05	46.37	6.2E+04	11.00	5E+04	120.93	2.5E+09
Tagoltság	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00

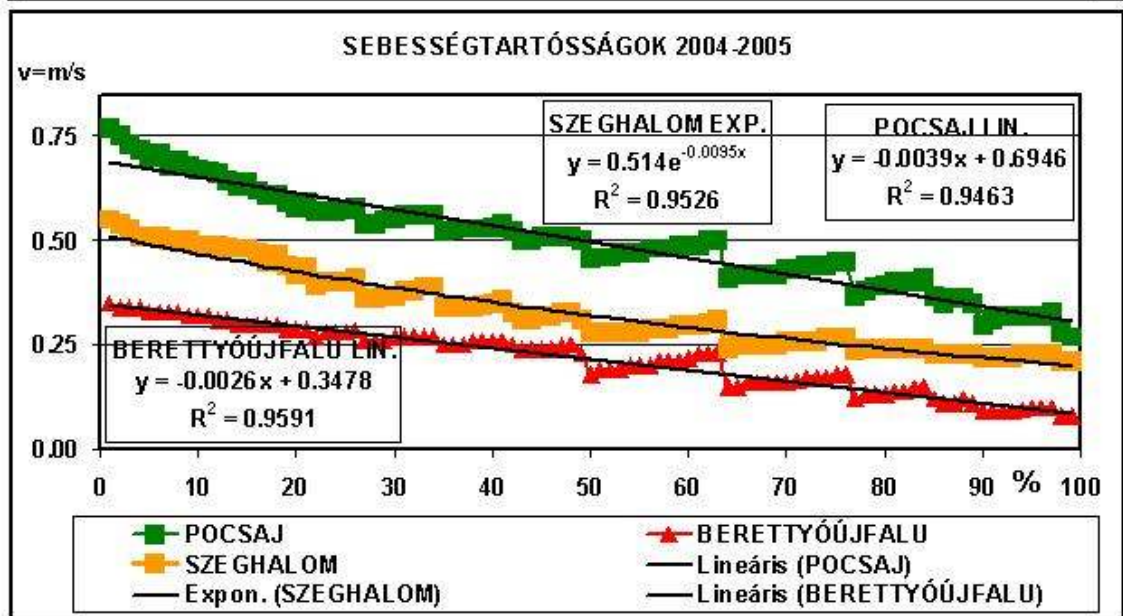
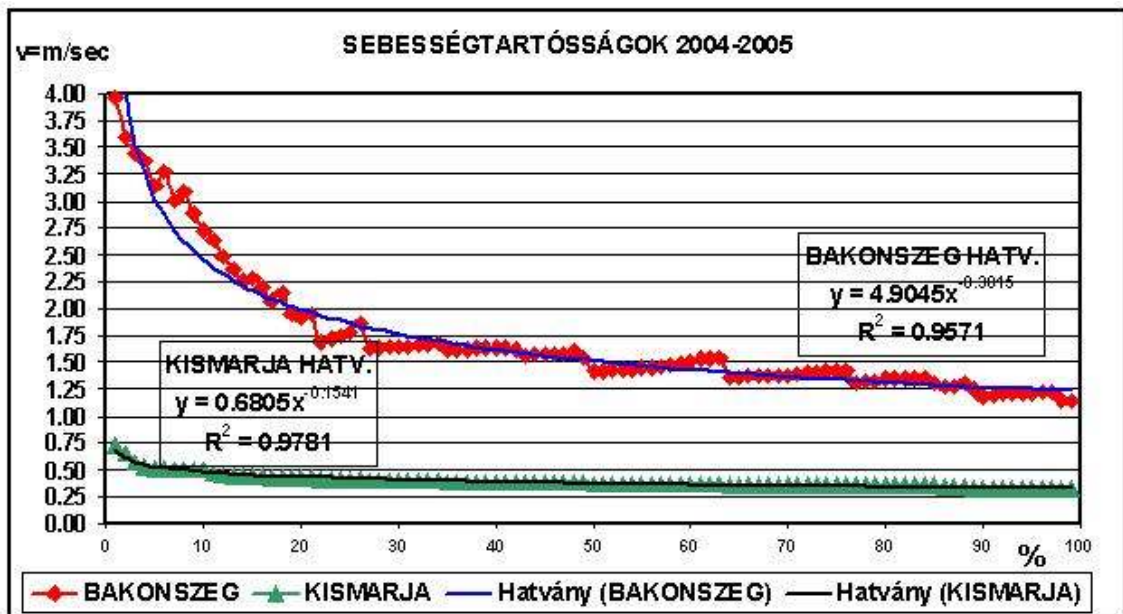
Szeghalom										
Hidrologiai év	Min.		Max.		Átlag		Szórás		Variancia	
	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005	2002 – 2003	2004 – 2005
Vízhozam (m ³ /s)	4.22	6.59	100.50	96.00	15.14	25.23	16.21	16.16	262.69	261.02
Vízszint (mBf) (m)	84.01	84.01	87.39	86.74	85.08	85.06	0.75	0.52	0.57	0.27
Energiavonal lejtése (‰)	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Átlagsebesség (m/s)	0.13	0.20	0.43	0.56	0.17	0.33	0.06	0.10	0.00	0.01
Nedv. keresztshelv. terület (m ²)	32.49	32.47	232.31	170.54	74.47	69.74	39.97	22.84	1597.7	521.49
Nedv. keresztshelv. kerület (m)	31.25	31.24	102.78	92.37	44.50	41.33	18.03	10.99	324.92	120.88
Hidraulikai sugár (m)	1.04	1.04	2.26	1.92	1.62	1.67	0.24	0.23	0.06	0.05
Hidraulikai mélység (m)	1.06	1.06	2.33	1.98	1.66	1.72	0.25	0.24	0.06	0.06
Víztükörszélesség (m)	30.62	30.61	99.81	90.33	43.38	40.26	17.67	10.85	312.16	117.75
Froude-szám	0.03	0.06	0.09	0.11	0.04	0.08	0.01	0.02	0.00	0.00
Súrlódási veszteség (m)	0.01	0.01	0.04	0.05	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
Összes energia-veszteség (m)	0.01	0.01	0.04	0.05	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
Max. medermélység (m)	1.65	1.65	5.03	4.39	2.72	2.70	0.75	0.52	0.57	0.27
Teljesítmény (Joule/m ² s)	0.05	7.0E-02	0.94	7.7E-01	0.11	2.9E-01	0.13	2E-01	0.02	3.9E-02
Nyírófeszültség (N/m ²)	0.37	3.60E-01	2.16	1.4E+00	0.56	7.7E-01	0.27	3.2E-01	0.08	1.0E-01
Tagoltság	1.02	1.02	1.03	1.03	1.03	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00

* Megjegyzés: 11.01. – 10.31. között

7. melléklet: **SEBESSÉGTARTÓSSÁGOK A BERETTYÓ VIZSGÁLT KERESZTSZELVÉNYEIBEN**

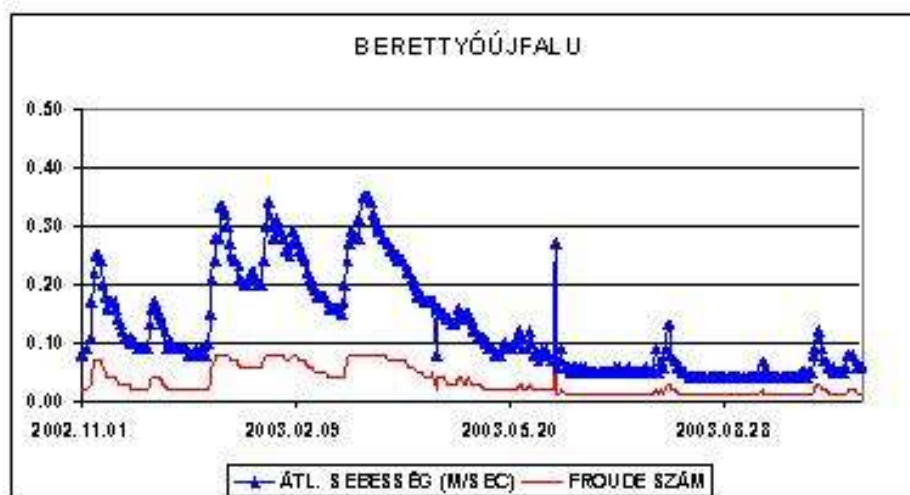
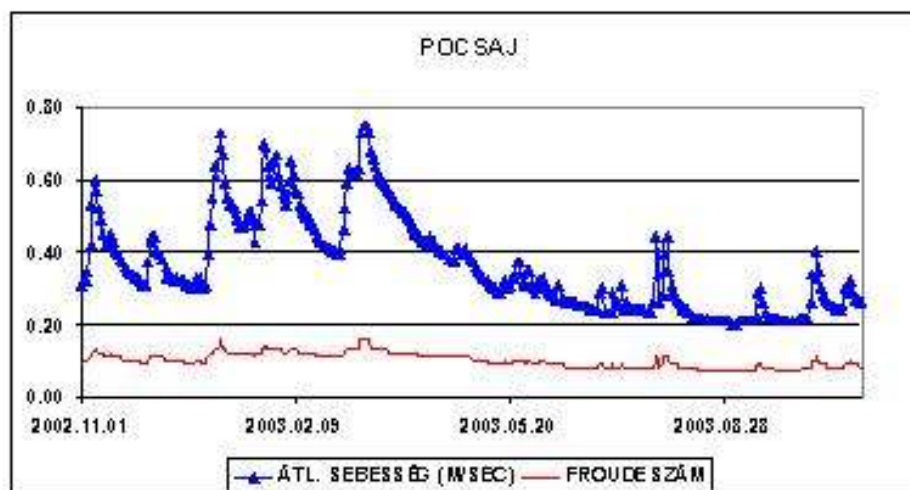
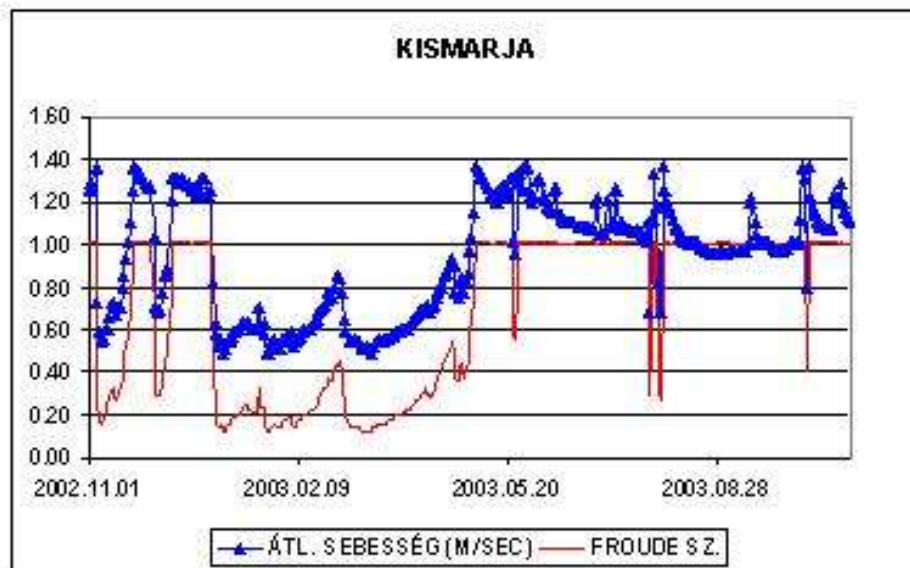


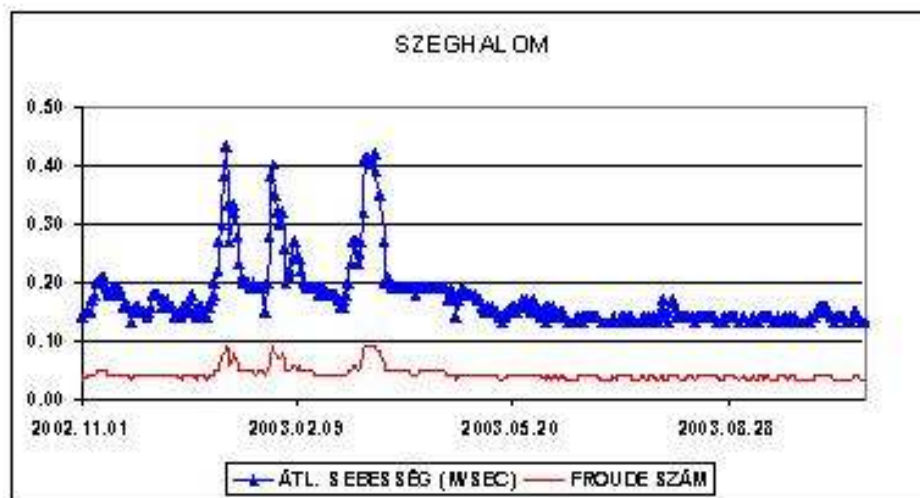
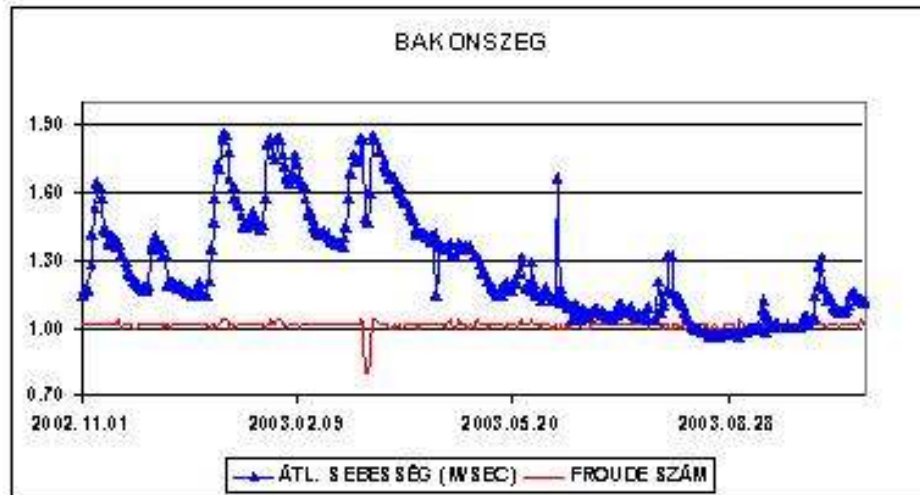
Sebességi osztályok					
Kategóriák	1	2	3	4	5
Átlagos sebesség (m/s)	>1.00	0,75-1,00	0,50-0,75	0,25-0,50	0-0,25
Név	Gyors	Gyorsuló	Sebes	Mérsékelten sebes	Lassú



Sebességi osztályok					
Kategóriák	1	2	3	4	5
Átlagos sebesség (m/s)	>1.00	0,75-1,00	0,50-0,75	0,25-0,50	0-0,25
Név	Gyors	Gyorsuló	Sebes	Mérsékelten sebes	Lassú

8. melléklet: A FROUDE-SZÁM ÉS A VÍZSEBESSÉG ÉVES VÁLTOZÁSAI A BERETTYÓN A 2002-2003. HIDROLÓGIAI ÉVBEN

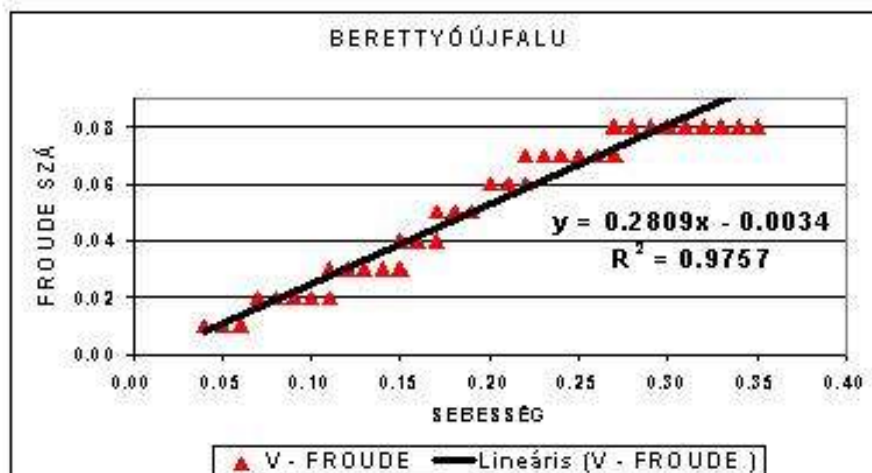
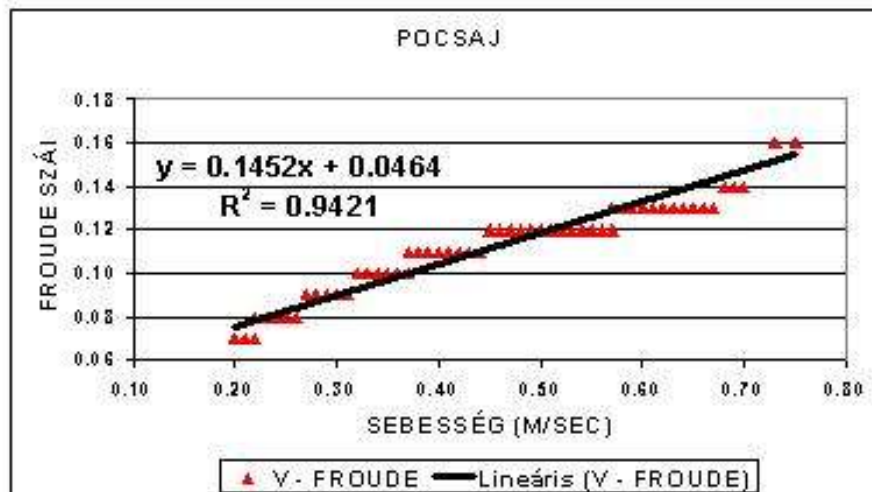
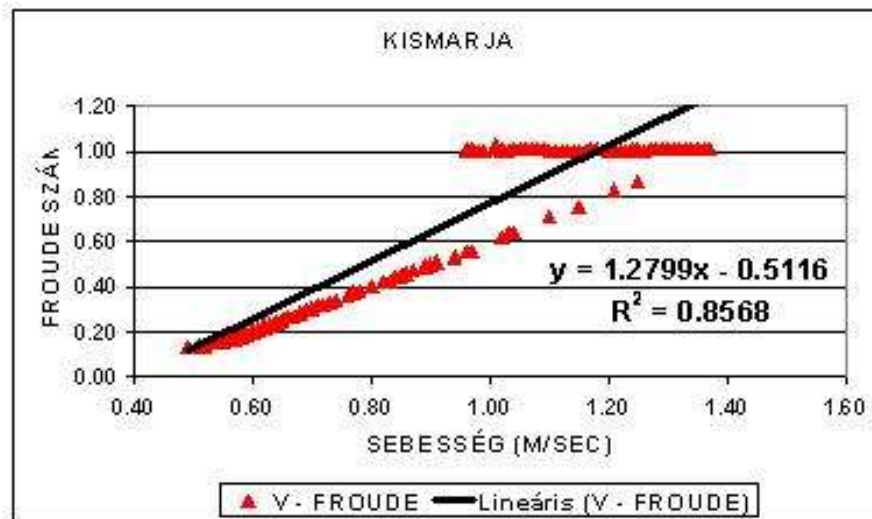


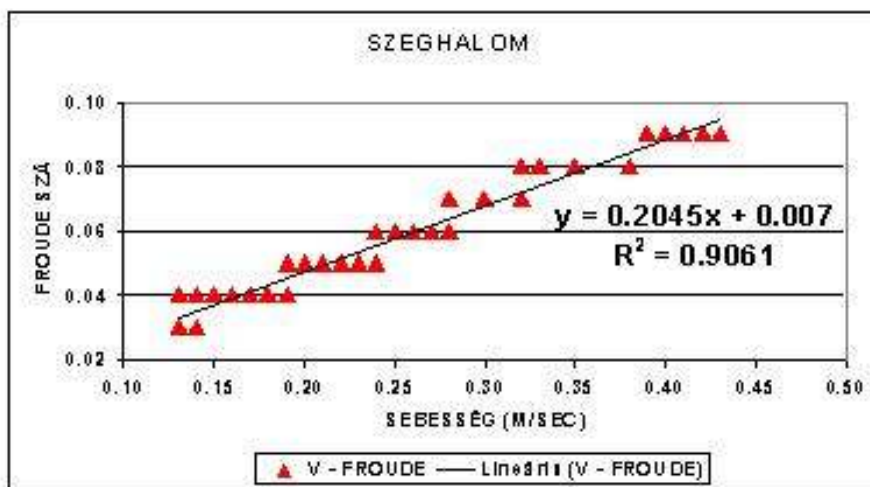
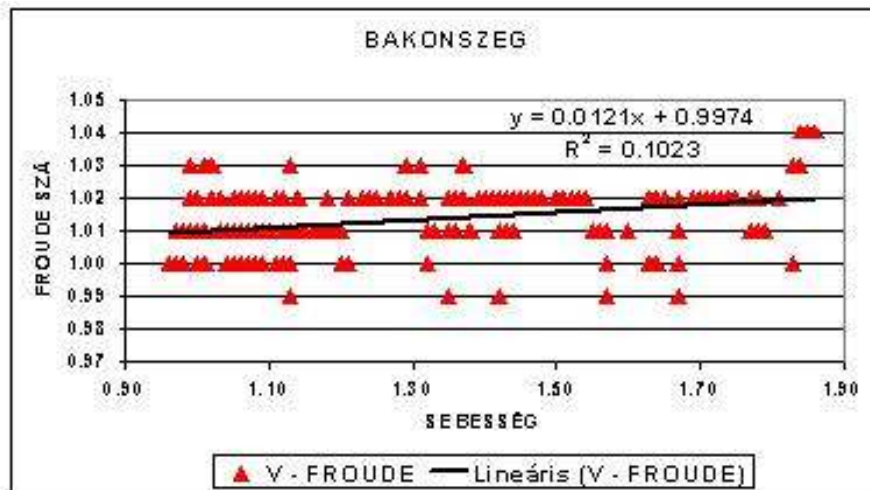


Megjegyzés:

- Ha a Froude-szám (Fr) < 1 áramló, ha $Fr > 1$ rohanó vízáramlásról, ha $Fr \sim 1$ akkor vízgrásról beszélünk.
- Hidrológiai év: 11.01. – 10.31.

9. melléklet: A FROUDE-SZÁM ÉS A VÍZSEBESSÉG ÉVES IDŐSORAINAK ÖSSZEFÜGGÉSEI A BERETTYÓN A 2002-2003. HIDROLÓGIAI ÉVBEN

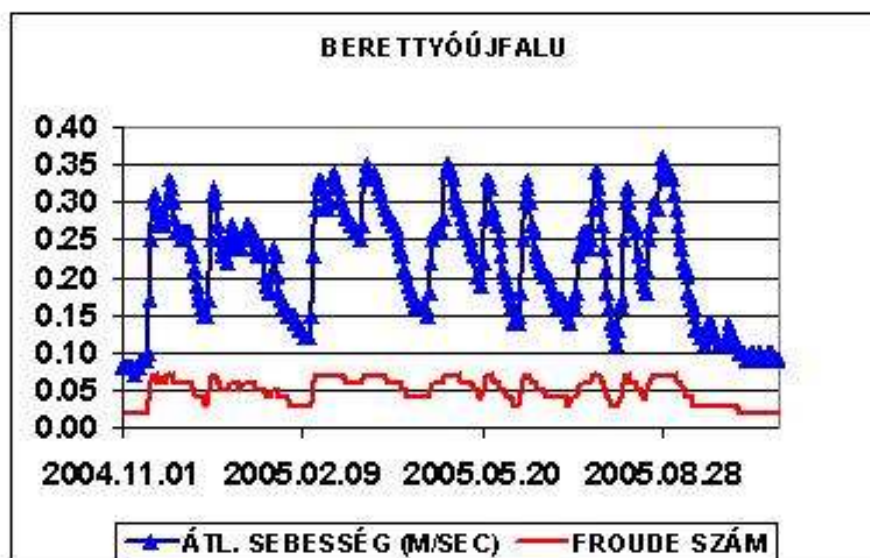
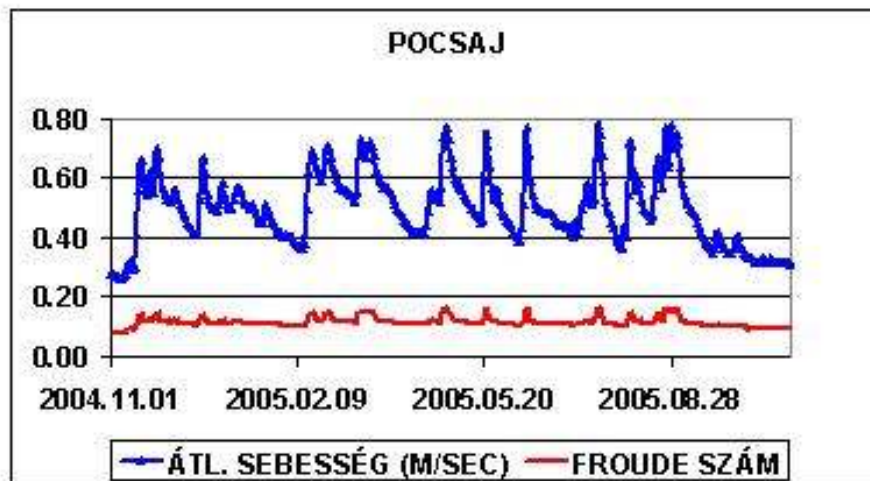
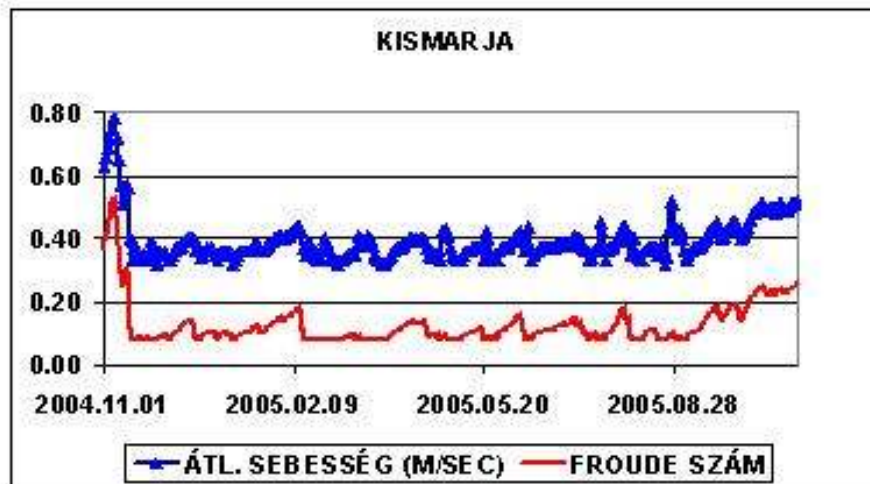


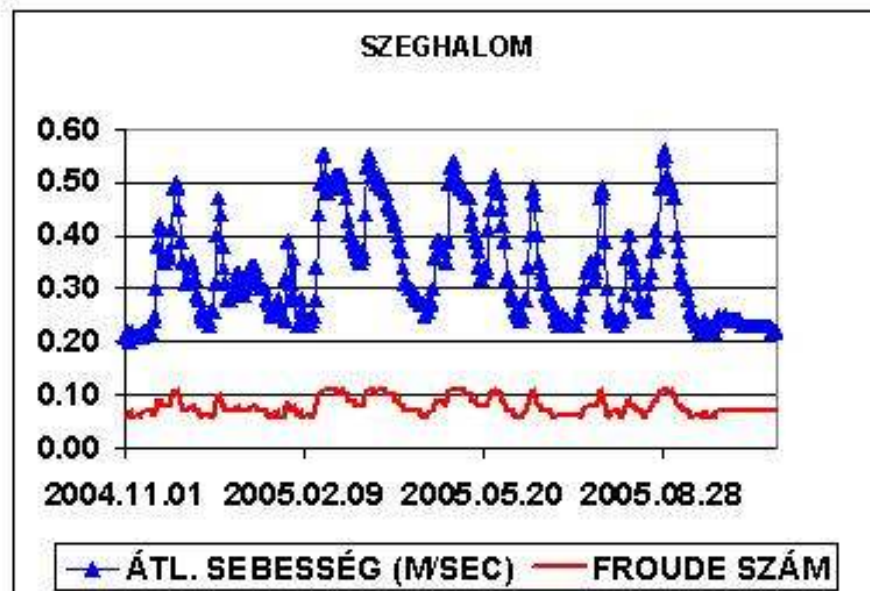
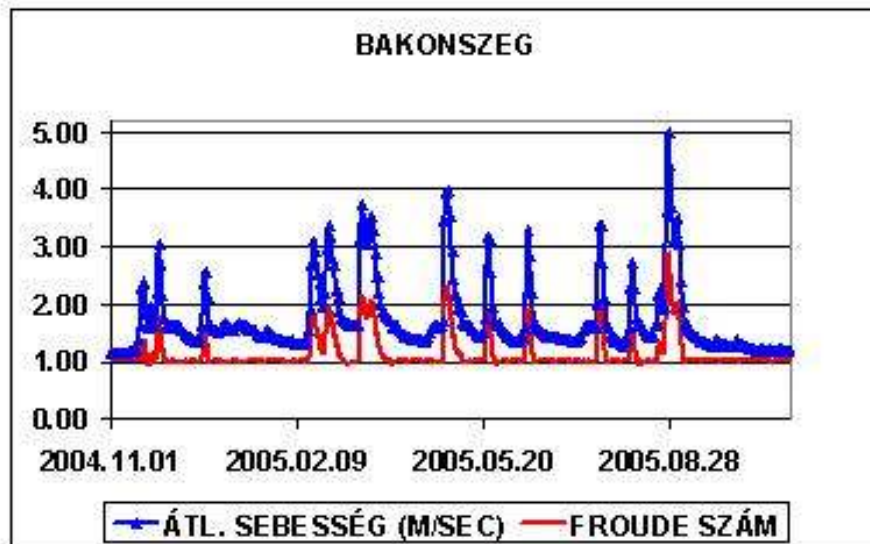


Megjegyzés:

- A bakonszegi keresztaszelvényben a tartósan vízgrás-közeli állapot miatt ($Fr \sim 1$) nem mutatható ki értékelhető regresszió.
- Hidrológiai év: 11.01. – 10.31.

10. melléklet: A FROUDE-SZÁM ÉS A VÍZSEBESSÉG ÉVES VÁLTOZÁSAI A BERETTYÓN A 2004-2005. HIDROLÓGIAI ÉVBEN

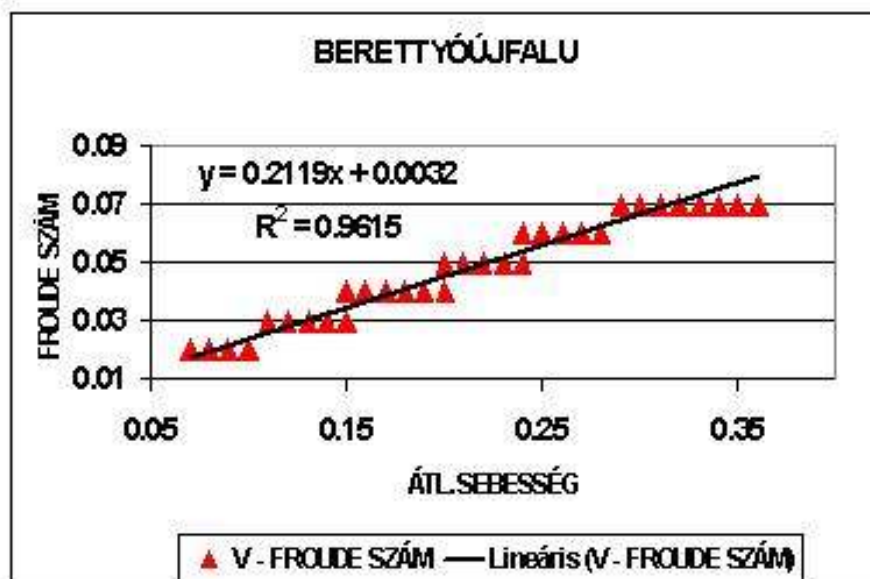
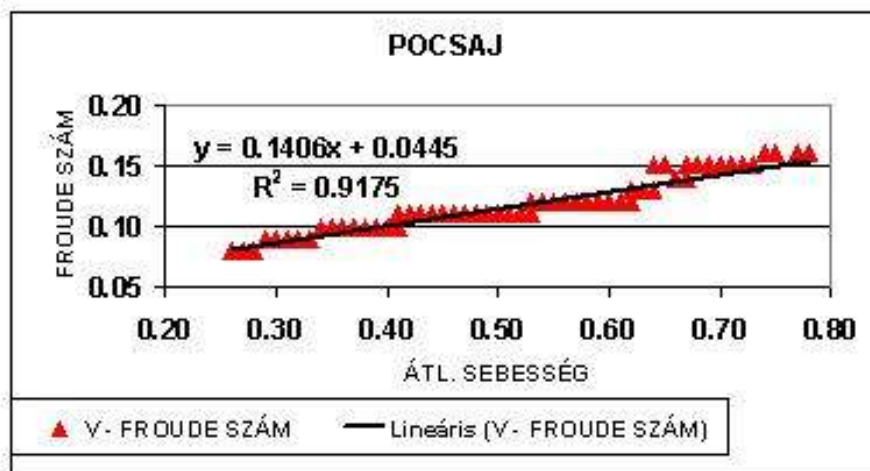
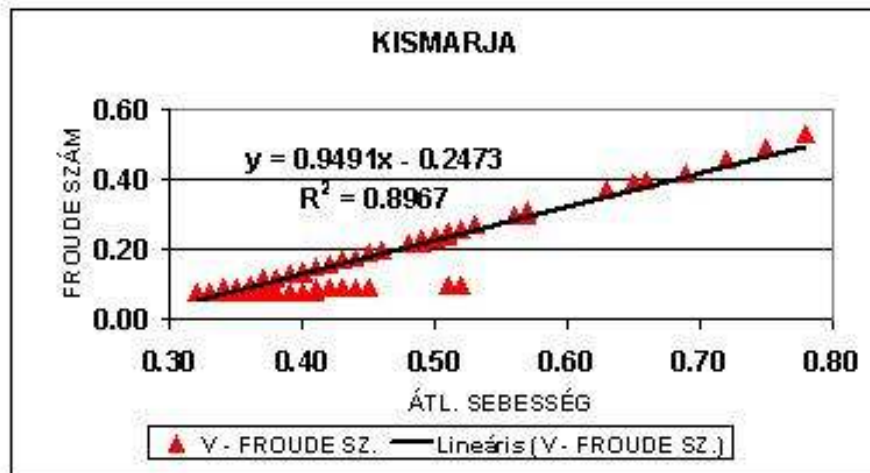


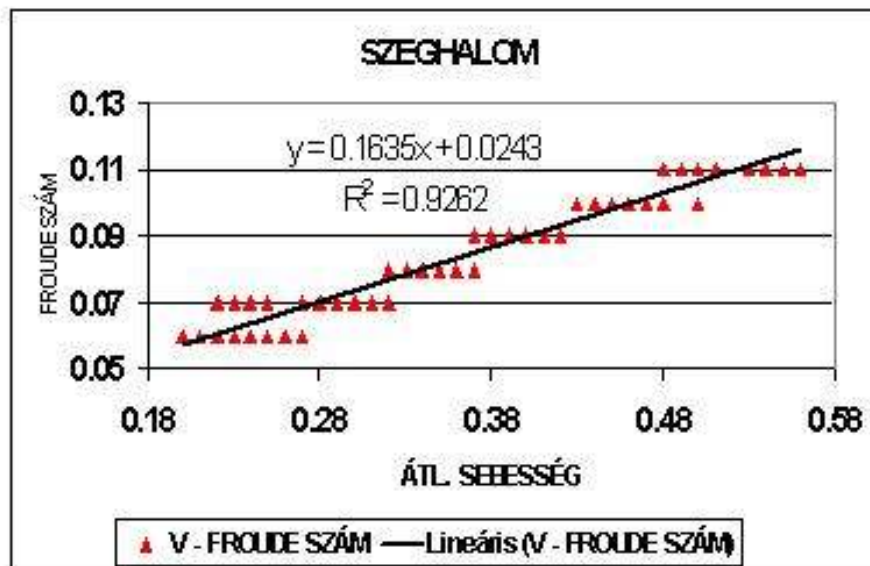
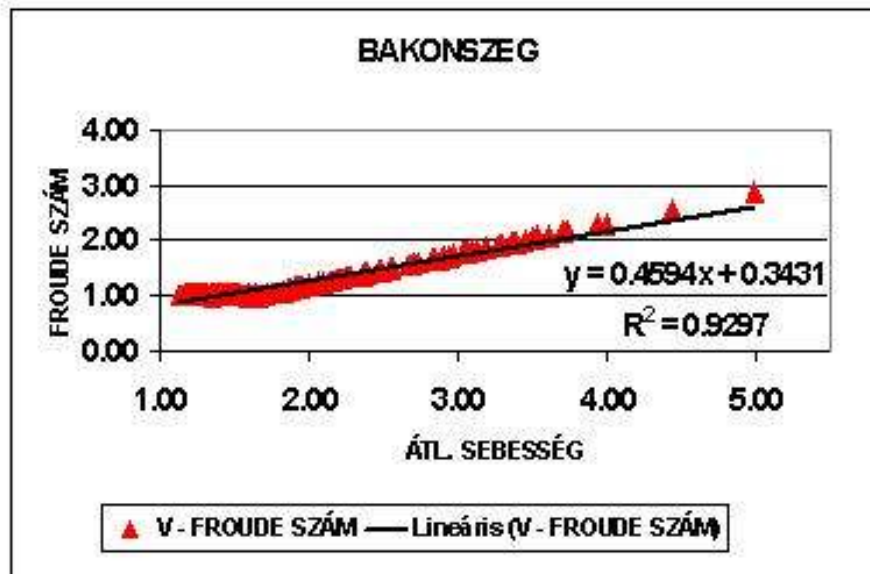


Megjegyzés:

- Ha a Froude-szám (Fr) < 1 áramló, ha $Fr > 1$ rohanó vízáramlásról,
ha $Fr \sim 1$ akkor vízugrásról beszélünk.
- Hidrológiai év: 11.01. – 10.31.

11. melléklet: A FROUDE-SZÁM ÉS A VÍZSEBESSÉG ÉVES IDŐSORAINAK ÖSSZEFÜGGÉSEI A BERETTYÓN A 2004-2005. HIDROLÓGIAI ÉVBEN





Megjegyzés:

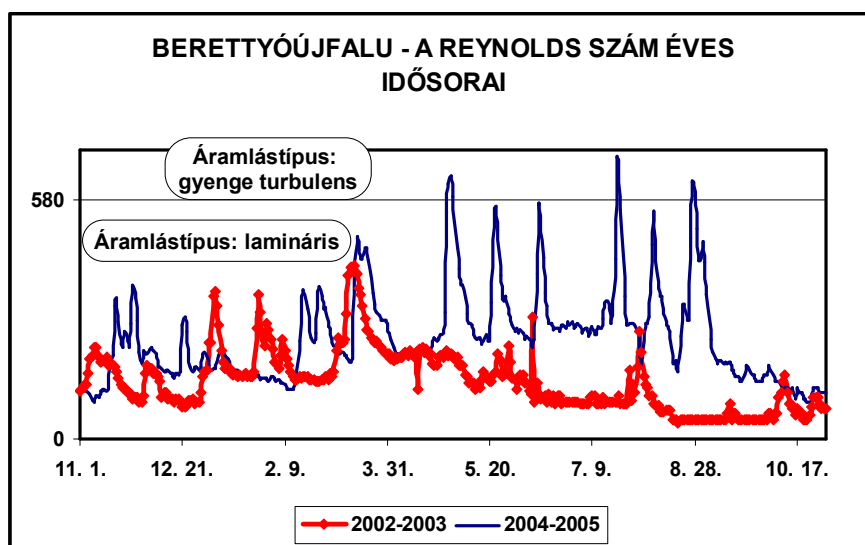
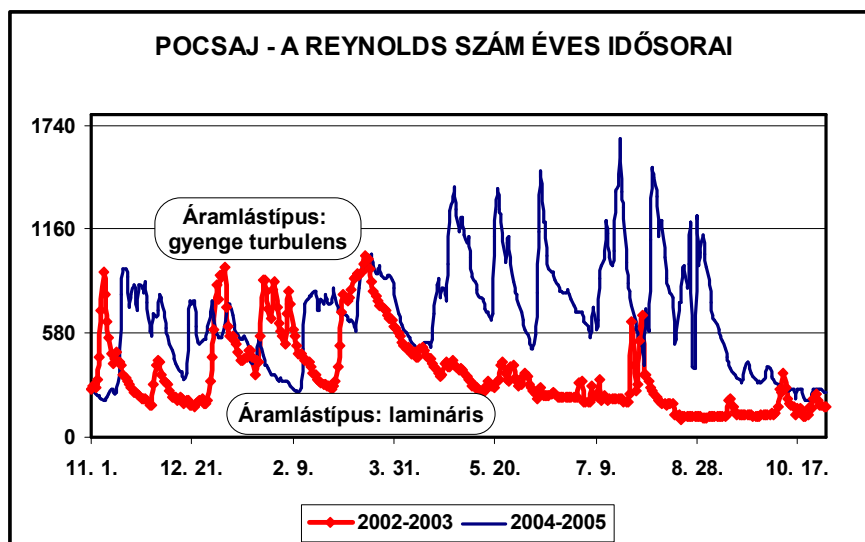
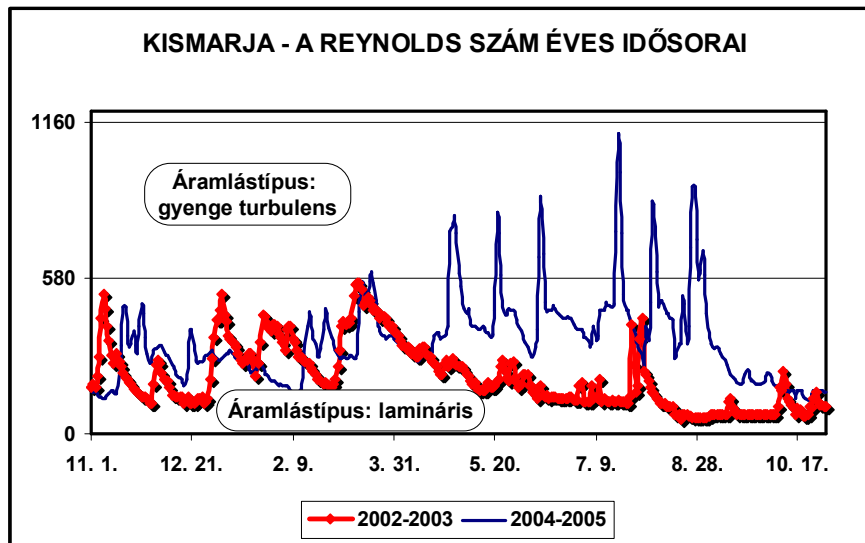
- A bakonszegi keresztmetszvényben a vízgrás feletti, tartósan rohanó jellegű állapotban szoros összefüggés mutatható ki az átlagebesség, és a Froude – szám között.
- Hidrológiai év: 11.01. – 10.31.

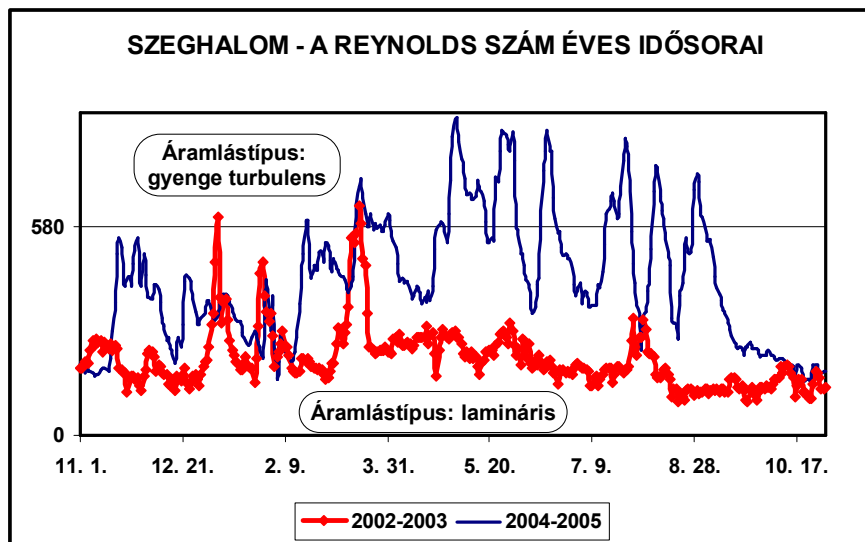
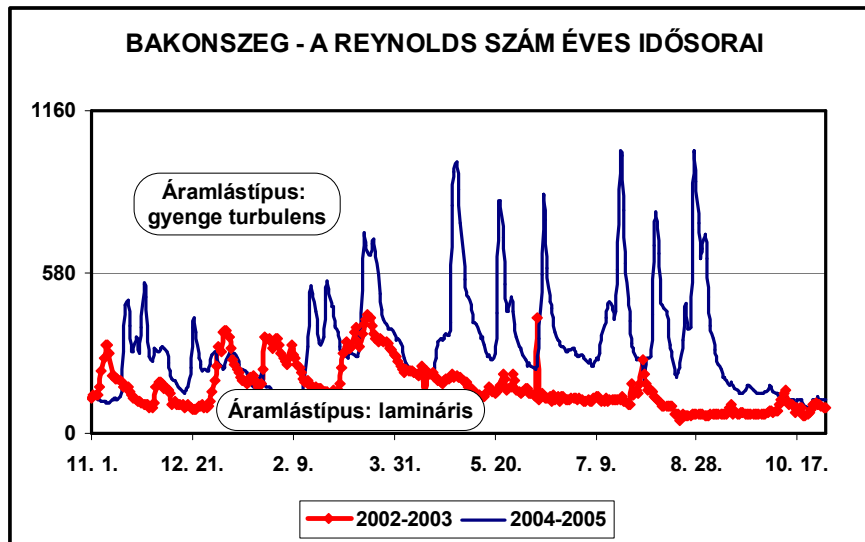
12. melléklet: **A REYNOLDS SZÁMOK VÁLTOZÁSAI A VIZSGÁLT KERESZTSZELVÉNYEKBE**

	MIN.	MAX.	ÁTL.	Re=580 ALATTI TARTÓSSÁG	R ²	REGRESSZIÓS EGYENLET
2002 – 2003 KISMARJA	54.87	563.52	213.51	100%	0.99	EXP. $y = 499.74e^{-0.0203x}$
2004 – 2005 KISMARJA	125.64	1112.43	346.37	92%	0.97	LOG. $y = -161.89\ln(x) + 931.77$
2002 – 2003 POCSAJ	95.24	1012.41	355.81	84%	0.98	EXP. $y = 815.25e^{-0.02x}$
2004 - 2005 POCSAJ	207.84	1666.55	671.91	40%	0.96	LIN. $y = -10.028x + 1171.6$
2002 – 2003 BERETTYÓ- ÚJFALU	37.63	418.63	141.15	100%	0.96	LOG. $y = -76.62\ln(x) + 418.37$
2004 - 2005 BERETTYÓ- ÚJFALU	89.19	684.89	247.02	98%	0.98	LOG. $y = -118.06\ln(x) + 674.12$
2002 – 2003 BAKONSZEG	48.38	428.08	166.17	100%	0.99	EXP. $y = 339.62e^{-0.0167x}$
2004 - 2005 BAKONSZEG	94.06	1014.78	318.20	90%	0.98	LOG. $y = -194.03\ln(x) + 1020.2$
2002 – 2003 SZEGHALOM	94.06	638.43	213.17	100%	0.95	LOG. $y = -84.637\ln(x) + 519.07$
2004 - 2005 SZEGHALOM	150.67	885.59	433.21	78%	0.98	EXP. $y = 839.75e^{-0.0151x}$

Megjegyzés: Re=580 alatt a vízfolyás lamináris, felette turbulens

13. melléklet: **ÁRAMLÁS-TÍPUSOK ÉVES ADATSORAI A VIZSGÁLT KERESZTSZELVÉNYEKBEN (2002-2003, ÉS 2004-2005-ÖS HIDROLÓGIAI ÉV)**





Megjegyzés:

- Ha a $Re < 580$, az áramlás típusa lamináris, ha a $Re 580-2000$ közötti, akkor gyenge turbulens, ha a $Re > 2000$, akkor erős turbulens.
- Hidrológiai év: 11.01. – 10.31.

14. melléklet: A HIDRAULIKAI ADATOK TARTÓSSÁGA ÉS MINTASTATISZTIKAI ÁLLOMÁNYA

KISMARJA 2002-2003						
	MIN.	MAX.	ÁTL.	90% TART.	R ²	REGRESSZIÓS EGYENLET
VÍZHOZAM (m ³ /sec)	1.53	42.20	7.32	1.74	0.97	LOG. $y = -7.8769\ln(x) + 35.76$
VÍZSZINT (MBF) (m)	96.82	99.49	97.24	96.83	0.96	LOG. $y = -0.6304\ln(x) + 99.52$
ENERGIAVONAL LEJTÉSE	2.48E-04	0.06	0.03	6.21E-04	0.85	LIN. $y = -0.0007x + 0.07$
ÁTLAGSEBESSÉG (m/sec)	0.49	1.37	0.94	0.56	0.98	LIN. $y = -0.0093x + 1.40$
NEDVESÍTETT KERESZTSZELVÉNYI TERÜLET (m ²)	1.59	80.83	11.09	1.72	0.94	LOG. $y = -15.6\ln(x) + 67.41$
NEDVESÍTETT KERESZTSZELVÉNYI KERÜLET (m)	17.29	46.57	20.88	17.35	0.96	HATV. $y = 47.832x^{-0.2378}$
HIDRAULIKAI SUGÁR (m)	0.09	1.74	0.42	0.10	0.95	LOG. $y = -0.4298\ln(x) + 1.97$
VÍZTÜKÖRSZÉLESSÉG (m)	17.27	45.95	20.73	17.32	0.96	HATV. $y = 46.798x^{-0.2333}$
FROUDE-SZÁM	0.13	1.03	0.69	0.16	0.81	LIN. $y = -0.0117x + 1.28$
SÚRLÓDÁSI VESZTESÉG (m)	0.01	0.06	0.02	0.01	0.93	LOG. $y = -0.0152\ln(x) + 0.08$
ÖSSZES ENERGIA-VEZTESÉG (m)	0.02	0.06	0.04	0.02	0.90	EXP. $y = 0.057e^{-0.0103x}$
TELJESÍTMÉNY (JOULE/m ² sec)	1.99	110.45	46.47	3.99	0.97	LIN. $y = -1.1933x + 106.05$
NYÍRÓFESZÜLTSG (N/m ²)	4.06	80.47	42.04	7.16	0.95	LIN. $y = -0.8869x + 86.38$
TAGOLTSÁG	1.0012	1.0149	1.0058	1.0017	0.86	LIN. $y = -0.0001x + 1.01$

POCSAJ 2002-2003						
	MIN.	MAX.	ÁTL.	90% TART.	R ²	REGRESSZIÓS EGYENLET
VÍZHOZAM (m ³ /sec)	1.53	42.20	7.32	1.74	0.97	LOG. y = -7.8769Ln(x) + 35.76
VÍZSZINT (MBF) (m)	94.97	98.33	95.74	95.00	0.99	LOG. y = -0.812Ln(x) + 98.68
ENERGIAVONAL LEJTÉSE	5.1E-05	2.1E-04	9.3E-05	5.6E-05	0.98	EXP. y = 0.0002e ^{-0.0107x}
ÁTLAGSEBESSÉG (m/sec)	0.20	0.75	0.37	0.22	0.98	EXP. y = 0.6316e ^{-0.0121x}
NEDVESÍTETT KERESZTSZELVÉNYI TERÜLET (m ²)	7.51	56.23	16.32	8.00	0.99	LOG. y = -10.42Ln(x) + 53.98
NEDVESÍTETT KERESZTSZELVÉNYI KERÜLET (m)	9.52	28.84	12.51	9.76	0.98	HATV. y = 27.128x ^{-0.2212}
HIDRAULIKAI SUGÁR (m)	0.79	2.27	1.21	0.82	0.96	LOG. y = -0.4107Ln(x) + 2.7018
VÍZTÜKÖRSZÉLESSÉG (m)	8.96	26.07	11.44	9.16	0.98	HATV. y = 22.991x ^{-0.1992}
FROUDE-SZÁM	0.07	0.16	0.10	0.07	0.97	EXP. y = 0.1376e-0.0069x
SÚRLÓDÁSI VESZTESÉG (m)	0.02	0.05	0.03	0.02	0.81	LIN. y = -0.0002x + 0.0432
ÖSSZES ENERGIA-VEZTESÉG (m)	0.02	0.05	0.03	0.02	0.81	LIN. y = -0.0002x + 0.0433
TELJESÍTMÉNY (JOULE/m ² sec)	0.08	2.99	0.55	0.10	0.99	LOG. y = -0.5902Ln(x) + 2.6814
NYÍRÓFESZÜLTSG (N/m ²)	0.40	3.98	1.21	0.45	0.98	LOG. y = -0.815Ln(x) + 4.16
TAGOLTSÁG	1.06	1.15	1.09	1.07	0.97	LOG. y = -0.0249Ln(x) + 1.1798

BERETTYÓÚJFALU 2002-2003						
	MIN.	MAX.	ÁTL.	90% TART.	R ²	REGRESSZIÓS EGYENLET
VÍZHOZAM (m ³ /sec)	1.66	50.10	8.81	1.89	0.97	LOG. y = -9.9565Ln(x) + 44.81
VÍZSZINT (MBF) (m)	90.87	92.58	91.18	90.88	0.98	LOG. y = -0.3914Ln(x) + 92.60
ENERGIAVONAL LEJTÉSE	1.0E-06	3.6E-05	8.7E-06	1.0E-06	0.97	EXP. y = 4E-05e ^{-0.0423x}
ÁTLAGSEBESSÉG (m/sec)	0.04	0.35	0.13	0.04	0.95	LOG. y = -0.09Ln(x) + 0.46
NEDVESÍTETT KERESZTSZELVÉNYI TERÜLET (m ²)	45.07	141.48	57.27	45.45	0.96	EXP. y = 146.33x ^{-0.27}
NEDVESÍTETT KERESZTSZELVÉNYI KERÜLET (m)	26.78	75.00	36.76	26.88	0.87	LOG. y = -15.17Ln(x) + 91.69
HIDRAULIKAI SUGÁR (m)	1.12	1.89	1.62	1.27	0.78	LIN. y = -0.006x + 1.915
VÍZTÜKÖRSZÉLESSÉG (m)	25.84	1.89	35.75	25.93	0.87	LOG. y = -15.10Ln(x) + 90.44
FROUDE-SZÁM	0.01	1.89	0.03	0.01	0.94	LOG. y = -0.0458Ln(x) + 0.19
SÚRLÓDÁSI VESZTESÉG (m)	0.00	1.89	0.00	0.00 (64%)	0.79	LOG. y = -0.0056Ln(x) + 0.029
ÖSSZES ENERGIA-VEZTESÉG (m)	0.00	1.89	0.00	0.00 (64%)	0.86	LOG. y = -0.0074Ln(x) + 0.031
TELJESÍTMÉNY (JOULE/m ² sec)	0.00	1.89	0.03	0.00 (44%)	0.94 51	LOG. y = -0.0458Ln(x) + 0.19
NYÍRÓFESZÜLTÉS (N/m ²)	0.01	1.89	0.13	0.01	0.99	LOG. y = -0.1468Ln(x) + 0.66
TAGOLTSÁG	1.02	1.89	1.03	1.02	0.72	LIN. y = -0.0002x + 1.04

BAKONSZEG 2002-2003						
	MIN.	MAX.	ÁTL.	90% TART.	R ²	REGRESSZIÓS EGYENLET
VÍZHOZAM (m ³ /sec)	1.66	50.10	8.81	1.89	0.97	LOG. $y = -9.9565\ln(x) + 44.811$
VÍZSZINT (MBF) (m)	90.81	91.46	90.95	90.82	0.98	LOG. $y = -0.1428\ln(x) + 91.47$
ENERGIAVONAL LEJTÉSE	9.0E-03	3.7E-02	3.0E-02	2.4E-2	0.81	EXP. $y = 0.0374e^{-0.0048x}$
ÁTLAGSEBESSÉG (m/sec)	0.96	1.86	1.28	1.00	0.97	EXP. $y = 1.7148e^{-0.0063x}$
NEDVESÍTETT KERESZTSZELVÉNYI TERÜLET (m ²)	1.73	33.94	6.00	1.90	0.98	LOG. $y = -5.3973\ln(x) + 25.492$
NEDVESÍTETT KERESZTSZELVÉNYI KERÜLET (m)	18.49	100.31	30.80	19.25	0.99	LOG. $y = -13.14\ln(x) + 78.26$
HIDRAULIKAI SUGÁR (m)	0.09	0.35	0.17	0.10	0.96	EXP. $y = 0.2919e^{-0.0124x}$
VÍZTÜKÖRSZÉLESSÉG (m)	18.48	100.16	30.78	19.24	0.99	LOG. $y = -13.13\ln(x) + 78.21$
FROUDE-SZÁM	0.80	1.04	1.01	1.00	0.67	EXP. $y = 1.0282e^{-0.0003x}$
SÚRLÓDÁSI VESZTESÉG (m)	0.20	0.41	0.29	0.21	0.99	LIN. $y = -0.0017x + 0.3723$
ÖSSZES ENERGIA-VEZTESÉG (m)	0.21	0.46	0.31	0.23	0.98	LIN. $y = -0.0019x + 0.41$
TELJESÍTMÉNY (JOULE/m ² sec)	30.48	129.45	61.74	33.84	0.97	EXP. $y = 114.07e^{-0.014x}$
NYÍRÓFESZÜLTSG (N/m ²)	29.95	70.54	46.37	33.86	0.98	EXP. $y = 66.906e^{-0.0079x}$
TAGOLTSÁG	1.0003	1.0016	1.0006	1.0004	0.94	LOG. $y = -0.0002\ln(x) + 1.0012$

SZEGHALOM 2002-2003						
	MIN.	MAX.	ÁTL.	90% TART.	R ²	REGRESSZIÓS EGYENLET
VÍZHOZAM (m ³ /sec)	4.22	100.50	15.14	5.64	0.98	HATV. $y = 151.82x^{-0.7202}$
VÍZSZINT (MBF) (m)	84.01	87.39	85.08	84.27	0.97	LOG. $y = -0.7901\ln(x) + 87.941$
ENERGIAVONAL LEJTÉSE	2.5E-05	9.8E-05	3.5E-05	2.6E-05	0.93	EXP. $y = 8E-05x^{-0.2536}$
ÁTLAGSEBESSÉG (m/sec)	0.13	0.43	0.17	0.13	0.98	HATV. $y = 0.4464x^{-0.2715}$
NEDVESÍTETT KERESZTSZELVÉNYI TERÜLET (m ²)	32.49	232.31	74.47	40.78	0.97	LOG. $y = -41.381\ln(x) + 224.1$
NEDVESÍTETT KERESZTSZELVÉNYI KERÜLET (m)	31.25	102.78	44.50	33.10	0.91	LOG. $y = -18.3\ln(x) + 110.7$
HIDRAULIKAI SUGÁR (m)	1.04	2.26	1.62	1.23	0.93	LIN. $y = -0.0079x + 2.01$
VÍZTÜKÖRSZÉLESSÉG (m)	30.62	99.81	43.38	32.34	0.91	LOG. $y = -17.918\ln(x) + 108.19$
FROUDE-SZÁM	0.03	0.09	0.04	0.03	0.89	LOG. $y = -0.0122\ln(x) + 0.0868$
SÚRLÓDÁSI VESZTESÉG (m)	0.01	0.04	0.02	0.01	0.78	EXP. $y = 0.0272e^{-0.0117x}$
ÖSSZES ENERGIA-VEZTESÉG (m)	0.01	0.04	0.02	0.01	0.78	EXP. $y = 0.0275e^{-0.0119x}$
TELJESÍTMÉNY (JOULE/m ² sec)	0.05	0.94	0.11	0.05	0.96	HATV. $y = 0.7784x^{-0.6027}$
NYÍRÓFESZÜLTSG (N/m ²)	0.37	2.16	0.56	0.38	0.97	HATV. $y = 1.8085x^{-0.3418}$
TAGOLTSÁG	1.02	1.03	1.03	1.02	0.91	LIN. $y = -0.0001x + 1.0328$

15. melléklet: **AZ EGÉSZ HIDROLÓGIAI ÉVEKRE KITERJEDŐ FŐKOMPONENS-ANALÍZIS EREDMÉNYEI**

Vizsgálati hely Kismarja				
Hidrológiai év	2002-2003		2004-2005	
Időszak	Egész év (11.01.-10.31.)		Egész év (11.01.-10.31.)	
Főkomponens	1.	2.	1.	2.
Variációk %-os magyarázata	51	44	58	33
Vízhozam	0.88		0.97	
mBf (m)	0.85		0.95	
E-vonal esés		-0.83		0.95
Sebesség		-0.91		0.94
Nedvesített keresztmetszeti terület	0.88		0.98	
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)	0.88		0.95	
Hidr-Rádiusz	0.79		0.93	
Hidr-Mélység	0.79		0.93	
Vízükörzélesség	0.89		0.95	
Froude-sz.		-0.86		0.88
Súrlódási veszteség	0.76		-0.76	
E-vesztés	0.84		-0.80	
Max. mélység	0.85		0.95	
Teljesítmény		-0.96		0.96
Nyírófesz.		-0.94		0.94
Tagoltság		0.76		
Vizsgálati hely: Pocsaj				
Hidrológiai év	2002-2003		2004-2005	
Időszak	Egész év (11.01.-10.31.)		Egész év (11.01.-10.31.)	
Főkomponens	1.	2.	1.	2.
Variációk %-os magyarázata	58	36	51	43
Vízhozam	0.90		0.85	
mBf (m)	0.83		0.70	0.71
E-vonal esés	0.69	0.69	0.77	
Sebesség	0.76			0.79
Nedvesített keresztmetszeti terület	0.87		0.86	
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)	0.85		0.93	
Hidr-Rádiusz	0.76	0.61		0.97
Hidr-Mélység	0.77	0.60		0.97
Vízükörzélesség	0.85		0.93	
Froude-sz.	0.66	0.71	0.72	
Súrlódási veszteség		0.88	0.92	
E-vesztés		0.89	0.92	
Max. mélység	0.83		0.70	0.71
Teljesítmény	0.88			0.74
Nyírófesz.	0.82			0.80
Tagoltság	0.70			0.90

15. melléklet (folytatás): **AZ EGÉSZ HIDROLÓGIAI ÉVEKRE KITERJEDŐ FŐKOMPONENS-ANALÍZIS EREDMÉNYEI**

Vizsgálati hely: Berettyóújfalu				
Hidrologiai év	2002-2003		2004-2005	
Időszak	Egész év (11.01.-10.31.)		Egész év (11.01.-10.31.)	
Főkomponens	1.	2.	1.	2.
Variációk %-os magyarázata	69	29	78	19
Vízhozam	0.96		0.99	
mBf (m)	0.95		1.00	
E-vonal esés	0.88		0.94	
Sebesség	0.85		0.96	
Nedvesített keresztmetszeti terület	0.97		0.98	
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)	0.82		0.93	
Hidr-Rádiusz		-0.97		1.00
Hidr-Mélység		-0.97		1.00
Víztekörzélesség	0.82		0.93	
Froude-sz.	0.79		0.92	
Súrlódási vesz.	0.85		0.91	
E-veszt.	0.86		0.92	
Max. mélység	0.95		1.00	
Teljesítmény	0.97		0.99	
Nyírófesz.	0.95		0.99	
Tagoltság	-0.72	-0.69	-0.76	0.61
Vizsgálati hely: Bakonszeg				
Hidrologiai év	2002-2003		2004-2005	
Időszak	Egész év (11.01.-10.31.)		Egész év (11.01.-10.31.)	
Főkomponens	1.	2.	1.	2.
Variációk %-os magyarázata	76	14	56	41
Vízhozam	0.89		0.67	0.73
mBf (m)	0.96		0.96	
E-vonal esés	-0.92			0.99
Sebesség	1.00			0.88
Nedvesített keresztmetszeti terület	0.89		0.94	
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)	0.91		0.95	
Hidr-Rádiusz	0.98		0.96	
Hidr-Mélység	0.98		0.96	
Víztekörzélesség	0.91		0.95	
Froude-sz.		-0.89		0.97
Súrlódási vesz.	0.82		0.84	
E-veszt.	0.88			0.72
Max. mélység	0.96		0.96	
Teljesítmény	0.97			0.96
Nyírófesz.	0.95			0.95
Tagoltság		0.70		

15. melléklet (folytatás): **AZ EGÉSZ HIDROLÓGIAI ÉVEKRE KITERJEDŐ FŐKOMPONENS-ANALÍZIS EREDMÉNYEI**

Vizsgálati hely: Szeghalom				
Hidrológiai év	2002-2003		2004-2005	
Időszak	Egész év (11.01.-10.31.)		(11.01.-10.31.)	
Főkomponens	1.	2.	1.	2.
Variációk %-os magyarázata	68.5	21	73	21
Vízhozam	0.92		0.95	
mBf (m)	0.83		0.86	
E-vonal esés	0.91		0.96	
Sebesség	0.92		0.96	
Nedvesített keresztmetszeti terület	0.90		0.89	
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)	0.93		0.94	
Hidr-Rádiusz		0.894		0.95
Hidr-Mélység		0.903		0.96
Víztekörzélesség	0.93		0.94	
Froude-sz.	0.95		0.96	
Súrlódási vesz.	0.86		0.93	
E-veszt.	0.88		0.96	
Max. mélység	0.83		0.86	
Teljesítmény	0.86		0.97	
Nyírófesz.	0.86		0.92	
Tagoltság		0.676		0.79

16. melléklet: **AZ ELSŐ HIDROLÓGIAI FÉLÉVEKRE KITERJEDŐ FŐKOMPONENS-ANALÍZIS EREDMÉNYEI**

Vizsgálati hely: Kismarja				
Hidrológiai év	2002-2003		2004-2005	
Időszak	I. félév (11.01.-04.30.)		I. félév (11.01.-04.30.)	
Főkomponens	1.	2.	1.	2.
Variációk %-os magyarázata	54	42	57	36.5
Vízhozam	0.92		0.96	
mBf (m)	0.90		0.94	
E-vonal esés		0.97		0.97
Sebesség		0.91		0.93
Nedvesített keresztmetszeti terület	0.92		0.97	
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)	0.93		0.95	
Hidr-Rádiusz	0.84		0.90	
Hidr-Mélység	0.84		0.90	
Vízükörszélesség	0.93		0.95	
Froude-sz.		0.93		0.91
Súrlódási vesz.	0.80		-0.80	
E-veszt.	0.87		-0.83	
Max. mélység	0.90		0.94	
Teljesítmény		0.97		0.97
Nyírófesz.		0.95		0.94
Tagoltság		-0.78		-0.52
Vizsgálati hely: Pocsaj				
Hidrológiai év	2002-2003		2004-2005	
Időszak	I. félév (11.01.-04.30.)		I. félév (11.01.-04.30.)	
Főkomponens	1.	2.	1.	2.
Variációk %-os magyarázata	52	43	68	30
Vízhozam	0.74		0.90	
mBf (m)	0.68	0.73	0.81	
E-vonal esés	0.89		0.96	
Sebesség	0.68	0.74	0.79	
Nedvesített keresztmetszeti terület	0.72	0.68	0.87	
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)	0.85		0.96	
Hidr-Rádiusz		0.87		0.88
Hidr-Mélység		0.88		0.90
Vízükörszélesség	0.87		0.97	
Froude-sz.	0.78		0.90	
Súrlódási vesz.	0.81		0.93	
E-veszt.	0.81		0.93	
Max. mélység	0.68	0.73	0.81	
Teljesítmény	0.75		0.91	
Nyírófesz.	0.73	0.68	0.87	
Tagoltság		0.93		0.99

16. melléklet (folytatás): **AZ ELSŐ HIDROLÓGIAI FÉLÉVEKRE KITERJEDŐ FŐKOMPONENS-ANALÍZIS EREDMÉNYEI**

Vizsgálati hely: Berettyóújfalu					
Hidrologiai év	2002-2003			2004-2005	
Időszak	I. félév (11.01.-04.30.)			I. félév (11.01.-04.30.)	
Főkomponens	1.	2.		1.	2.
Variációk %-os magyarázata	72.5	22.5		79	18
Vízhozam	0.99			0.98	
mBf (m)	0.98			0.99	
E-vonal esés	0.91			0.95	
Sebesség	0.89			0.97	
Nedvesített keresztmetszeti terület	0.99			0.97	
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)	0.84			0.94	
Hidr-Rádiusz		-1.00			1.00
Hidr-Mélység		-0.99			1.00
Vízükörzéesség	0.84			0.94	
Froude-sz.	0.79			0.93	
Súrlódási vesz.	0.88			0.92	
E-veszt.	0.88			0.93	
Max. mélység	0.98			0.99	
Teljesítmény	0.99			0.98	
Nyírófesz.	0.98			0.99	
Tagoltság	-0.72	-0.69		-0.77	0.58
Vizsgálati hely: Bakonszeg					
Hidrologiai év	2002-2003			2004-2005	
Időszak	I. félév (11.01.-04.30.)			I. félév (11.01.-04.30.)	
Főkomponens	1.	2.	3.	1.	2.
Variációk %-os magyarázata	64.5	16.5	14.5	56	41
Vízhozam	0.94			0.65	0.75
mBf (m)	0.96			0.96	
E-vonal esés	-0.88				1.00
Sebesség	0.95				0.89
Nedvesített keresztmetszeti terület	0.92			0.94	
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)	0.89			0.95	
Hidr-Rádiusz	0.98			0.96	
Hidr-Mélység	0.98			0.96	
Vízükörzéesség	0.89			0.95	
Froude-sz.		-0.91			0.98
Súrlódási vesz.			0.98	0.87	
E-veszt.			0.92	0.69	0.67
Max. mélység	0.96			0.95	
Teljesítmény	0.88				0.96
Nyírófesz.	0.75				0.95
Tagoltság		0.73			

16. melléklet (folytatás): **AZ ELSŐ HIDROLÓGIAI FÉLÉVEKRE KITERJEDŐ FŐKOMPONENS-ANALÍZIS EREDMÉNYEI**

Vizsgálati hely	Szeghalom, I. félév			
	2002-2003		2004-2005	
Hidrologiai év	2002-2003		2004-2005	
Időszak	I. félév (11.01.- 04.30.)		I. félév (11.01.- 04.30.)	
Főkomponens	1.	2.	1.	2.
Variációk %-os magyarázata	47	47	75	19
Vízhozam	0.70	0.69	0.97	
mBf (m)		0.87	0.89	
E-vonal esés	0.82		0.95	
Sebesség	0.72	0.68	0.97	
Nedvesített keresztmetszeti terület		0.82	0.92	
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)		0.90	0.95	
Hidr-Rádiusz	0.93			0.96
Hidr-Mélység	0.94			0.97
Vízükörszélesség		0.91	0.95	
Froude-sz.	0.58	0.78	0.96	
Súrlódási vesz.	0.71		0.93	
E-veszt.	0.76		0.95	
Max. mélység		0.87	0.89	
Teljesítmény	0.83		0.97	
Nyírófesz.	0.87		0.92	
Tagoltság		-0.90		0.78

17. melléklet: A MÁSODIK HIDROLÓGIAI FÉLÉVEKRE KITERJEDŐ
FŐKOMPONENS-ANALÍZISEK EREDMÉNYEI

Vizsgálati hely: Kismarja				
Hidrológiai év	2002-2003		2004-2005	
Időszak	II. félév (05.01.-10.31.)		II. félév (05.01.-10.31.)	
Főkomponens	1.	2.	1.	2.
Variációk %-os magyarázata	72	25	54	40
Vízhozam	0.94		0.97	
mBf (m)	0.99		0.88	
E-vonal esés	-0.96			0.90
Sebesség		0.99		0.99
Nedvesített keresztmetszeti terület	0.99		0.94	
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)	0.99		0.88	
Hidr-Rádiusz	1.00		0.86	
Hidr-Mélység	1.00		0.86	
Vízükörszélesség	0.99		0.88	
Froude-sz.	-0.89			0.89
Súrlódási vesz. E-veszt.	0.80		-0.74	
		0.78	-0.63	0.69
Max. mélység	0.99		0.88	
Teljesítmény		0.99		0.95
Nyírófesz.		0.96		0.93
Vizsgálati hely: Pocsaj				
Hidrológiai év	2002-2003		2004-2005	
Időszak	II. félév (05.01.-10.31.)		II. félév (05.01.-10.31.)	
Főkomponens	1.	2.	1.	2.
Variációk %-os magyarázata	76	23	51.5	43.5
Vízhozam	0.94		0.88	
mBf (m)	0.93		0.72	0.68
E-vonal esés	0.90		0.74	
Sebesség	0.91			0.80
Nedvesített keresztmetszeti terület	0.93		0.89	
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)	0.92		0.94	
Hidr-Rádiusz	0.92			0.98
Hidr-Mélység	0.92			0.98
Vízükörszélesség	0.92		0.94	
Froude-sz.	0.85		0.71	0.67
Súrlódási vesz. E-veszt.		0.93	0.93	
		0.93	0.94	
Max. mélység	0.93		0.72	0.68
Teljesítmény	0.95			0.79
Nyírófesz.	0.93			0.85
Tagoltság	0.91			0.87

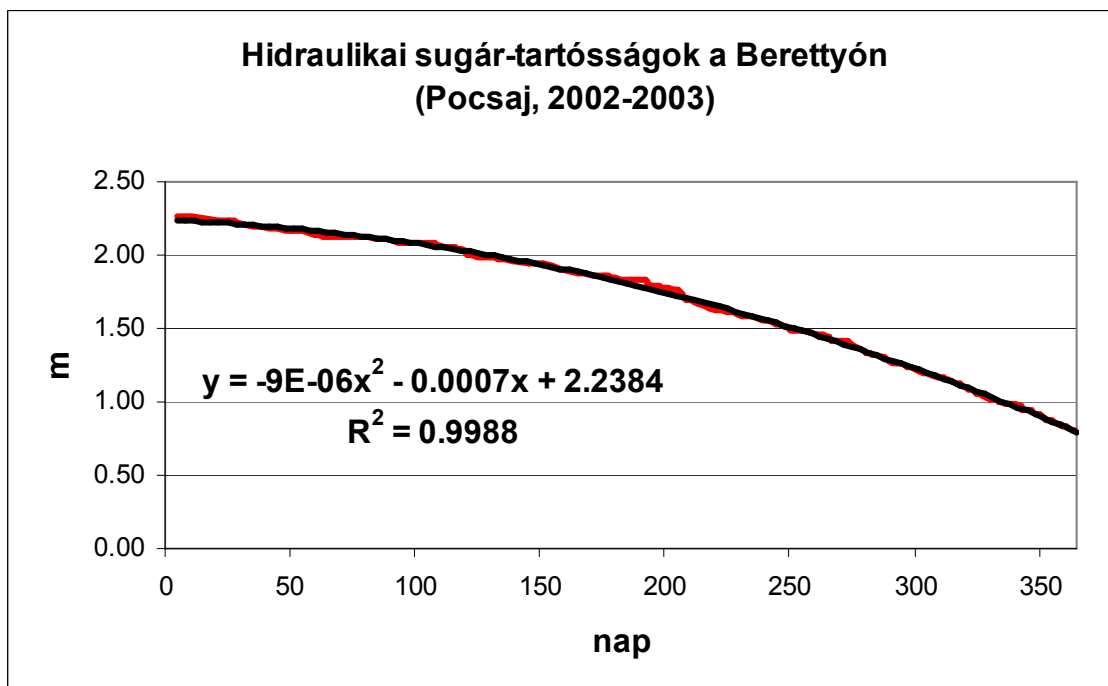
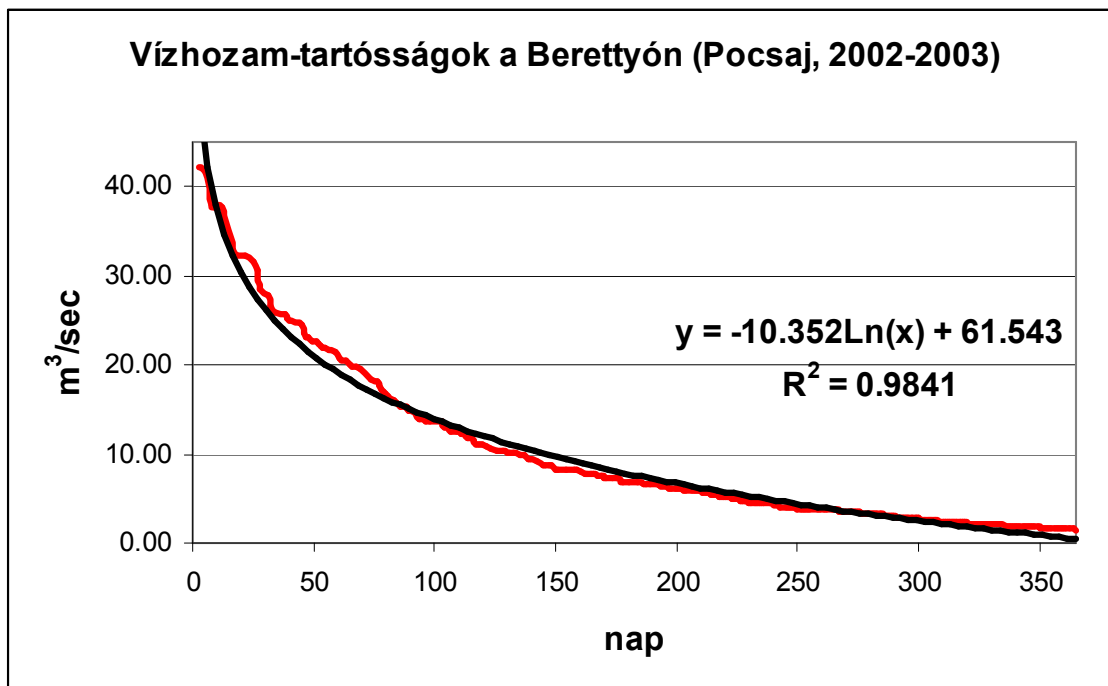
17. melléklet (folytatás): A MÁSODIK HIDROLÓGIAI FÉLÉVEKRE KITERJEDŐ FŐKOMPONENS-ANALÍZISEK EREDMÉNYEI

Vizsgálati hely: Berettyóújfalu				
Hidrológiai év	2002-2003		2004-2005	
Időszak	II. félév (05.01.-10.31.)		II. félév (05.01.-10.31.)	
Főkomponens	1.	2.	1.	2.
Variációk %-os magyarázata	62.5	36.5	78	19
Vízhozam	0.97		0.99	
mBf (m)	0.98		1.00	
E-vonal esés	0.95		0.94	
Sebesség	1.00		0.96	
Nedvesített keresztmetszeti terület	0.91		0.98	
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)	0.68	0.73	0.94	
Hidr-Rádiusz		-0.98		1.00
Hidr-Mélység		-0.98		1.00
Vízükörzélesség	0.67	0.74	0.94	
Froude-sz.	0.97		0.91	
Súrlódási vesz.		0.83	0.91	
E-veszt.		0.83	0.92	
Max. mélység	0.98		1.00	
Teljesítmény	0.85		0.99	
Nyírófesz.	0.99		0.99	
Tagoltság		-0.88	-0.76	
Vizsgálati hely: Bakonszeg				
Hidrológiai év	2002-2003		2004-2005	
Időszak	II. félév (05.01.-10.31.)		II. félév (05.01.-10.31.)	
Főkomponens	1.	2.	1.	2.
Variációk %-os magyarázata	82.6	7.3	55.5	41.5
Vízhozam	0.93		0.67	0.73
mBf (m)	0.99		0.96	
E-vonal esés	-0.93			0.99
Sebesség	0.99			0.87
Nedvesített keresztmetszeti terület	0.97		0.94	
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)	0.97		0.96	
Hidr-Rádiusz	0.99		0.95	
Hidr-Mélység	0.99		0.95	
Vízükörzélesség	0.97		0.96	
Froude-sz.		0.93		0.96
Súrlódási vesz.	0.94		0.82	
E-veszt.	0.95			0.76
Max. mélység	0.99		0.96	
Teljesítmény	0.99			0.96
Nyírófesz.	0.99			0.95
Tagoltság				

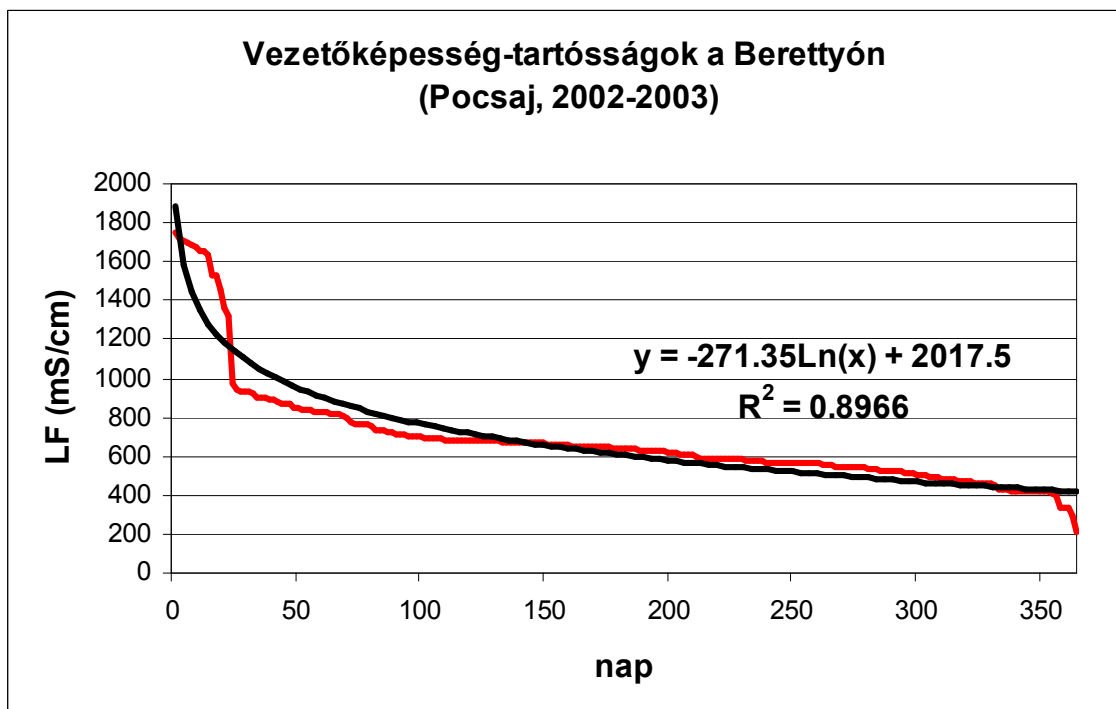
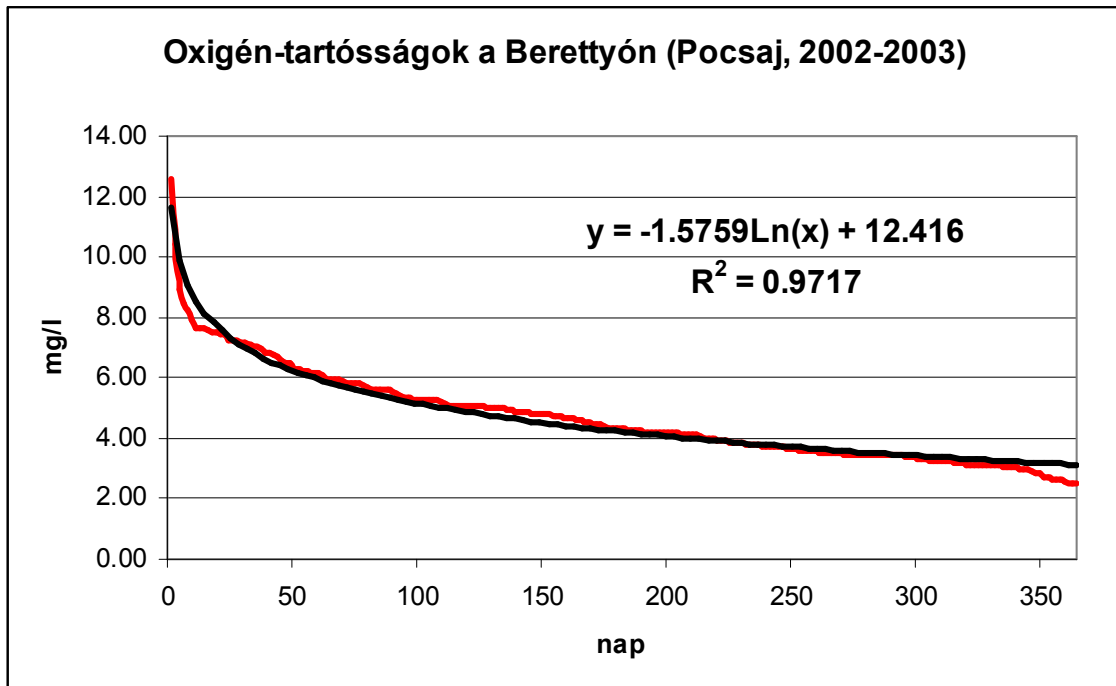
17. melléklet (folytatás): A MÁSODIK HIDROLÓGIAI FÉLÉVEKRE
KITERJEDŐ FŐKOMPONENS-ANALÍZISEK EREDMÉNYEI

Vizsgálati hely: Szeghalom				
Hidrologiai év	2002-2003		2004-2005	
Időszak	II. félév (05.01.-10.31.)		II. félév (05.01.-10.31.)	
Főkomponens	1.	2.	1.	2.
Variációk %-os magyarázata	66	29	72	22
Vízhozam	0.99		0.93	
mBf (m)	0.99		0.82	
E-vonal esés		0.89	0.96	
Sebesség	0.78		0.95	
Nedvesített keresztmetszeti terület	0.99		0.85	
Nedvesített keresztmetszeti terület (Periméter)	1.00		0.93	
Hidr-Rádiusz	0.98			0.95
Hidr-Mélység	0.98			0.95
Vízűkörzélesség	1.00		0.93	
Froude-sz.		0.84	0.97	
Súrlódási vesz.		0.88	0.93	
E-veszt.		0.88	0.97	
Max. mélység	0.99		0.82	
Teljesítmény	0.73		0.96	
Nyírófesz.		0.75	0.91	
Tagoltság	0.90			0.77

18. melléklet: **JELLEMZŐ HIDROLÓGIAI ADATOK TARTÓSSÁGA A BERETTYÓ POCSAJI KERESZTSZELVÉNYÉBEN**



19. melléklet: **JELLEMZŐ VÍZMINŐSÉGI ADATOK TARTÓSSÁGA A BERETTYÓ POCSAJI KERESZTSZELVÉNYÉBEN**



20. melléklet: A POCSAJI VÍZMINŐSÉGI IDŐSOROK STATISZTIKAI ADATAI

Pocsaj – Vízminőségi adatok – (2002.11.01. – 2003.10.31.)					
	Min.	Max.	Átlag	Szórás	Variancia
Hőmérséklet[°C]	1.10	29.70	13.04	9.98	99.67
pH	7.15	8.20	7.89	0.14	0.02
Vezetőképesség [µS/cm]	213.00	1745.27	708.81	290.58	84436.17
Oldott oxigén [mg/l]	2.48	12.58	4.68	1.58	2.48
Zavarosság [NTU]	31.06	34.81	33.52	0.76	0.57
TOC [mg/l]	0.07	23.20	6.71	6.36	40.46
Ammónia [mg/l]	0.00	1.08	0.17	0.19	0.04
Zöldalga [µg/l]	0.00	10.52	0.83	1.61	2.59
Kékalga [µg/l]	0.00	1.85	0.23	0.41	0.17
Kovaalga [µg/l]	0.00	13.87	1.49	2.33	5.43
Barázdásmoszat [µg/l]	0.00	1.22	0.13	0.25	0.06
Klorofill-a [µg/l]	0.00	23.64	3.11	4.45	19.84
Toxicitás [%]	0.00	0.94	0.01	0.07	0.01
Pocsaj – Vízminőségi adatok – (2004.11.01. – 2005.10.31.)					
	Min.	Max.	Átlag	Szórás	Variancia
Hőmérséklet[°C]	0.88	23.45	12.27	6.96	48.40
pH	7.10	8.16	7.70	0.25	0.06
Vezetőképesség [µS/cm]	299.96	864.88	592.74	117.99	13921.18
Oldott oxigén [mg/l]	4.87	24.42	8.85	2.75	7.59
Zavarosság [NTU]	28.88	900.67	91.03	110.88	12294.04
TOC [mg/l]	0.07	28.34	10.06	8.31	69.12
Ammónia [mg/l]	0.00	0.41	0.04	0.09	0.01
Zöldalga [µg/l]	0.00	32.42	1.00	3.86	14.88
Kékalga [µg/l]	0.00	5.01	0.58	0.91	0.83
Kovaalga [µg/l]	0.00	5.66	1.30	0.79	0.63
Barázdásmoszat [µg/l]	0.00	3.67	0.44	0.51	0.27
Klorofill-a [µg/l]	0.05	42.63	3.31	5.11	26.07
Toxicitás [%]	0.00	49.57	3.62	6.84	46.82

21. melléklet: VÍZMINŐSÉGI ADATOK TARTÓSSÁGA ÉS JELLEGE
POCSAJNÁL (2002-2003)

	MIN.	MAX.	ÁTL.	R ²	TARTÓSSÁGI EGYENLET
Hőmérséklet (°C)	1.10	29.70	13.04	0.95	LIN. $y = -0.3388x + 29.965$
pH	7.15	8.20	7.89	0.97	LIN. $y = -0.0046x + 8.12$
Vezetőképesség (µS/cm)	213.00	1745.27	708.81	0.89	LOG. $y = -299.56\ln(x) + 1788$
Oldott oxigén (mg/l)	2.48	12.58	4.68	0.98	LOG. $y = -1.6036\ln(x) + 10.48$
Zavarosság (NTU)	31.06	34.81	33.52	0.87	EXP. $y = 37.635e^{-0.0017x}$
TOC (mg/l)	0.07	23.20	6.71	0.94	LOG. $y = -6.5973\ln(x) + 30.61$
Ammónia (mg/l)	0.00	1.08	0.17	0.98	LOG. $y = -0.2\ln(x) + 0.89$
Zöldalga (µg/l)	0.00	10.52	0.83	0.93	LOG. $y = -1.9025\ln(x) + 7.32$
Kékalga (µg/l)	0.00	1.85	0.23	0.96	LOG. $y = -0.5028\ln(x) + 1.95$
Kovaalga (µg/l)	0.00	13.87	1.49	0.94	LOG. $y = -2.5704\ln(x) + 10.53$
Barázdásmoszat (µg/l)	0.00	1.22	0.13	0.96	LOG. $y = -0.3135\ln(x) + 1.1799$
Klorofill-a (µg/l)	0.00	23.64	3.11	0.96	LOG. $y = -4.5946\ln(x) + 19.74$
Toxicitás	0.00	0.94	0.01		KEVÉS ÉRTÉKELHETŐ ADAT

22. melléklet: **VÍZMINŐSÉGI ADATOK TARTÓSSÁGA ÉS JELLEGE**
POCSAJNÁL (2004-2005)

	MIN.	MAX.	ÁTL.	R ²	TARTÓSSÁGI EGYENLET
Hőmérséklet (°C)	0.88	23.45	12.27	0.98	LIN. $y = -0.239x + 24.23$
pH	7.10	8.16	7.70	0.93	EXP. $y = 8.1257e^{-0.0011x}$
Vezetőképesség (µS/cm)	299.96	864.88	592.74	0.97	LIN. $y = -3.9921x + 792.49$
Oldott oxigén (mg/l)	4.87	24.42	8.85	0.95	LOG. $y = -2.744\ln(x) + 18.76$
Zavarosság (NTU)	28.88	900.67	91.03	0.95	HATV. $y = 661.45x^{-0.6274}$
TOC (mg/l)	0.07	28.34	10.06	0.92	LOG. $y = -8.5727\ln(x) + 41.1$
Ammónia (mg/l)	0.00	0.41	0.04	0.97	LOG. $y = -0.1265\ln(x) + 0.44$
Zöldalga (µg/l)	0.00	32.42	1.00	0.88	HATV. $y = 94.701x^{-1.84}$
Kékalga (µg/l)	0.00	5.01	0.58	0.98	EXP. $y = 4.691e^{-0.0741x}$
Kovaalga (µg/l)	0.00	5.66	1.30	0.96	LIN. $y = -0.0255x + 2.56$
Barázdásmoszat (µg/l)	0.00	3.67	0.44	0.92	LOG. $y = -0.4972\ln(x) + 2.23$
Klorofill-a (µg/l)	0.05	42.63	3.31	0.76	HATV. $y = 40.74x^{-0.8121}$
Toxicitás	0.00	49.57	3.62	0.91	LOG. $y = -6.4986\ln(x) + 27.04$

23. melléklet: A VÍZMINŐSÉGI OSZTÁLYOK TARTÓSSÁGAI A BERETTYÓN

VÍZMINŐSÉGI JELLEMZŐK		I.o = 5 S _{im}		II.o = 4 S _{im}		III.o = 3 S _{im}		IV.o = 2 S _{im}		V.o = 1 S _{im}	
pH	Határértékek	6.50 – 8.00		8.00 – 8.50		6.00 – 6.50 8.50 – 9.00		5.50 – 6.00 9.00 – 9.50		< 5.50 > 9.50	
	Hidrológiai év	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	Tartósságok (%)	77	86	23	14	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Vezetőképesség	Határértékek (µS/cm)	<500		700		1000		2000		> 2000	
	Hidrológiai év	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	Tartósságok (%)	15	21	52	62	24	17	9	NA	NA	NA
Oldott oxigén	Határértékek (mg/l)	>7.00		6.00		4.00		3.00		< 3.00	
	Hidrológiai év	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	Tartósságok (%)	10	83	7	10	41	7	35	NA	NA	NA
TOC	Határértékek (mg/l)	< 3.00		5.00		10.00		20.00		> 20.00	
	Hidrológiai év	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	Tartósságok (%)	26	19	24	7	31	37	19	22	NA	15
Ammónia	Határértékek (mg/l)	< 0.20		0.50		1.00		2.00		> 2.00	
	Hidrológiai év	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	Tartósságok (%)	69	94	20	6	11	NA	NA	NA	NA	NA
KlorofillNa	Határértékek (µg/l)	<10.00		25.00		75.00		250.00		> 250.00	
	Hidrológiai év	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	Tartósságok (%)	91	88	9	9	NA	3	NA	NA	NA	NA
Toxicitás	Határértékek (%)	0		<25		40		>40		NA	
	Hidrológiai év	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	Tartósságok (%)	97	32	3	68	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Megjegyzés: A: 2002-2003; B: 2004-2005 hidrológiai év, 11. 01. – 10. 31. között.

NA: az észlelési határ alatt.

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Karán a Interdiszciplináris Agrár- és Természettudományok Doktori Iskola keretében készítettem el a Debreceni Egyetem ATC MTK doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2007. szeptember 21.

.....
a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy **Pregun Csaba Zsolt** doktorjelölt 2002 - 2005 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal – irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom – javasoljuk.

Debrecen, 2007. szeptember 21.

.....
a témavezető(k) aláírása)