

FITOPLANKTON ADATBÁZISOK LÉTREHOZÁSA, ÉS ALKALMAZÁSUK TAVAK ÖKOLÓGIAI ÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATÁHOZ

Doktori értekezés

Készítette: HAJNAL ÉVA

Témavezető: Prof. Dr. Padisák Judit, intézetigazgató egyetemi
tanár, az MTA doktora
Pannon Egyetem, Analitikai-, Környezettudományi és Limnológiai
Intézet,
Limnológia Intézeti Tanszék, Veszprém

Pannon Egyetem, Környezettudományi Doktori Iskola
Veszprém
2008

**FITOPLANKTON ADATBÁZISOK LÉTREHOZÁSA, ÉS ALKALMAZÁSUK
TAVAK ÖKOLÓGIAI ÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATÁHOZ**

Írta:
Hajnal Éva

Készült a Pannon Egyetem Környezettudományi iskolája keretében

Témavezető: Prof. Dr. Padisák Judit

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton % -ot ért el,

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom:

Bíráló neve: igen /nem

.....
(aláírás)

Bíráló neve: igen /nem

.....
(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján% - ot ért el.

Veszprém/Keszthely,

.....
a Bíráló Bizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....

.....
Az EDT elnöke

TARTALOMJEGYZÉK

Kivonat.....	5
Abstract.....	6
Zusammenfassung	8
1. Bevezetés	10
1.1. Előzmények	10
2. Célkitűzés.....	14
3. Anyag és módszer.....	17
3.1. Adatbázis specifikáció és tervezés.....	17
3.2. Adatbázis implementáció.....	24
3.3. Programozott kezelőfelület	25
3.4. Rendszer telepítés	29
3.5. Az ALMOBAL 1.0 adatbázis kezelőfelület használata.....	30
4. Eredmények és megbeszélésük.....	44
4.1. Adatfeltöltés eredményei:	44
4.2. A Balaton ökológiai állapotának hosszú távú változásai és a Q ökológiai állapotindex használhatósága a trofitás becslésére – Esettanulmány I.....	48
4.3. A vízszintváltozás hatásai a Balaton fitoplanktonjára az ALMOBAL adatbázis adatainak elemzése alapján – Esettanulmány II.	59
4.4. A társulásszerkezeti hasonlóság vizsgálata egy mély rétegzett és egy sekély polimiktikus tóban – Esettanulmány III.....	65
5. Összefoglalás	70
6. Köszönetnyilvánítás.....	72
7. Irodalomjegyzék	72
8. Tézispontok.....	80
9. Results of the PhD thesis	82
10. Mellékletek	85

KIVONAT

FITOPLANKTON ADATBÁZISOK LÉTREHOZÁSA, ÉS ALKALMAZÁSUK TAVAK ÖKOLÓGIAI ÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATÁHOZ

A Balaton kutatásának elmúlt 80 évében tekintélyes mennyiségű fitoplankton adatsor gyűlt össze, melyet adatbázisba szervezve hasznos segédeszközt kaphatunk ökológiai, és alkalmazott kutatási kérdések megoldásához.

(1) Munkám során összegyűjtöttem, majd biomassza-egyedszám konverzióval egységesítettem a balatoni mennyiségi fitoplankton adatsorokat. Elkészítettem az ALMOBAL fitoplankton adatbázist, és a kezelését megkönnyítő programozott interface-t. Az adatbázis jelenleg 825 algafaj alapadatait, továbbá ~3000 vízminta ~80 000 adatsorát tartalmazza. Az adatbázis használhatóságát esettanulmányokkal bizonyítottam.

(2) Az ökológiai állapotindex (Q) hosszú távú térbeli és szezonális változásait értékeltem. Megállapítottam, hogy alkalmas az ökológiai állapot Víz Keretirányelv (VKI) szempontjai szerinti becslésére. Külön előnye, hogy segítségével történeti jegyzőkönyvek alapján is rekonstruálható a trofitás. A Balaton 1960-as évekbeli állapota a VKI szerinti referenciaállapotnak tekinthető.

(3) A Balaton vízszint csökkenésének hatásait elemezve megállapítottam, hogy 25-50 cm vízszint csökkenés a Q indexben szignifikáns változást valószínűleg nem okoz. A társulás összetétel kismértékű változása valószínűsíthető, a fonalas kéalgák (elsősorban a *Cylindrospermopsis raciborskii*) relatív biomasszájának növekedése várható.

(4) A rendelkezésre álló adatok, és az ALMOBAL adatbázis alapján létrehoztam az ALMOL adatbázist, amely a Stechlin-tó 1994-2006 közötti adatait, és a Fertő tó nyílt vizének 1968-1994 közötti adatait tartalmazza (összesen ~1500 vízminta ~30 000 adatsor), és felhasználtam a társulás összetétel szezonális hasonlóság változásainak összehasonlító elemzéséhez. A Balaton keleti és nyugati medencéjében, valamint a Stechlin-tónál a szimilaritás legkisebb értéke a tél végi, kora tavaszi időszakban jelentkezik, amikor a társulás fizikai kontroll alatt áll. Az általános hipotézis szerint az október-április hónapokban a fizikai körülmények kontrollja erősebb, ami a szimilaritást csökkenti, május-szeptember között a biológiai kontroll dominál, ami a szimilaritást növeli. A Stechlin-tónál a tavaszi időszakra esik a biomassza éves maximuma is, ami azt jelzi, hogy ennél a tónál, ebben az időszakban a fitoplankton fejlődése a klimatikus tényezőkkel erősebben kapcsolódik, így alkalmas a klímaváltozás hatásainak tanulmányozására.

ABSTRACT

PHYTOPLANKTON DATABASES - THEIR DEVELOPMENT, AND APPLICATION IN RESEARCH OF ECOLOGICAL STATUS OF LAKES

During the last 80 years of Balaton research, considerable amounts of phytoplankton data were accumulated. Organizing these data into a database may provide a useful tool for solving either basic or applied ecological issues.

(1) Quantitative data of phytoplankton of Lake Balaton were collected and standardized by density-biomass conversions. The ALMOBAL phytoplankton database and its user interface software were developed. At present, it contains data of 825 species and almost 80000 data records of 3000 water samples. The applicability of the database was verified by case studies.

(2) Long term and spatial changes of phytoplankton assemblage index (Q) was tested. The Q index was found to be suitable for estimating trophic status according to the Water Framework Directive (WFD). An excellent feature of the Q index is that it enables water quality reconstruction from historical archives. The status of Lake Balaton during 1960s can be regarded as reference state.

(3) Effects of water level decrease were analysed in another case study. Although the community structure varies with water level fluctuations, a 25-50 cm decrease of water level did not result in significant changes in Q index. The relative biomass of filamentous Cyanobacteria (especially *Cylindrospermopsis raciborskii*) increased.

(4) The ALMOL database was developed by using the collected data and the ALMOBAL software. It contains the phytoplankton data of Lake Stechlin (Germany) from 1994 to 2006 and the phytoplankton data of Lake Fertő from 1968 to 1994 corresponding to ~30000 data records from ~1500 water samples. The database was applied for comparing compositional similarity of phytoplankton assemblages in two basins of Lake Balaton and that of Lake Stechlin. Compositional similarity at the three sites exhibited a surprisingly similar annual pattern: relatively low values in the early months (Feb-March) were followed by a gradual increase that lasted until September when it suddenly decreased and remained at low levels. The observed pattern allows raising a generalized hypothesis: physical forcing tends to decrease and biological control tends to increase compositional similarity. In lakes (Lake Stechlin) where lowest compositional similarity overlaps with high-biomass period, phytoplankton selection is largely subjected to climate-

driven external factors and therefore these lakes are ideal ecosystems for research on biological effects of climate change.

ZUSAMMENFASSUNG

PHYTOPLANKTON DATENBANKEN – IHRE ENTWICKLUNG UND ANWENDUNG IN UNTERSUCHUNG DES ÖKOLOGISCHEN ZUSTANDS VERSCHIEDENER SEEN.

In den vergangenen 80 Jahren der Balaton-Forschung wurden bedeutsame Datenmengen gesammelt. Die Organisierung dieser Angaben zur Datenbank kann uns ein nützliches Hilfsmittel geben, die Probleme der Ökologie und auch der angewandten Forschungen zu lösen.

(1) Ich habe gesammelt und durch Biomasse-Individuum-Zahl Konversion die quantitative Phytoplankton-Angaben von Balaton standardisiert. Ich habe die Datenbank ALMOBAL und ihre Software für Benutzer-Oberfläche entwickelt. Zur Zeit enthält die Datenbank Angaben von 825 Arten und etwa 80000 Verzeichnungen von etwa 3000 Wasserproben. Die Verwendbarkeit der Datenbank habe ich durch Fallstudien bezeugt.

(2) Ich habe die langwierigen und räumlichen Änderungen des ökologischen Zustands Index (Q) bewertet. Ich habe konstatiert, dass Q für die Schätzung der Trophitätstufe entsprechend der Wasserrahmenrichtlinie (WRR) anwendbar ist. Q Index hat ein besonderer Vorteil: Wasser-Qualität kann auch auf Grund des historischen Protokolls rekonstruiert werden. Der Zustand des Balatons in den Jahren 1960 kann als Referenz entsprechend der WRR betrachtet werden.

(3) Die Wirkungen des Fallens des Wasserniveaus habe ich in einer anderen Fallstudie analysiert. Ein 25-50 cm Fallen des Wasserniveaus bewirkt keine signifikante Änderung im Q Index. Kleine Änderung ist wahrscheinlich in der Zusammensetzung: die Menge des fadenförmigen Blaualgenart (in erster Linie *Cylindrospermopsis raciborskii*) wird wachsen.

(4) Ich habe die Datenbank ALMOL auf Grund ALMOBAL und die verfügbare Angaben entwickelt. ALMOL enthält Angaben zwischen 1994-2006 von See Stechlin (Deutschland) und Angaben zwischen 1968-1994 von Neusiedlersee, insgesamt etwa 30000 Verzeichnungen von etwa 1500 Wasserproben. Ich habe Datenbank ALMOL benutzt für analysieren der Ähnlichkeitsindex in Zusammensetzung der Phytoplankton im westlichen und östlichen Becken des Balatons und im See Stechlin. In diesen Orten ist der Ähnlichkeitsindex im Februar und März niedrig, dann wächst bis September, wenn es plötzlich fällt und bleibt niedrig. Die Hypothese vermindert die physikalische Kontrolle,

und biologische Kontrolle steigert der Ähnlichkeitsindex. Im See Stechlin ist das jährliche Maximum der Biomasse auch im Frühling, so ist in dieser Periode Phytoplankton stärker mit klimatischen Faktoren gekoppelt. Auf diese Weise sind die artigen Seen ideale Ökosysteme für Untersuchungen biologischer Wirkungen der Änderungen des Klimas.

1. BEVEZETÉS

Napjainkban számos tudományterületen - így a biológiában és a limnológiában is - információrobbanásnak lehetünk tanúi. A keletkezett óriási mennyiségű adat eredetét tekintve kétféle. A különböző automatikus és félautomatikus mérőállomások hatalmas mennyiségű, időben részletes felbontású adattal látják el a kutatókat. Ezek többnyire a környezet fizikai, kémiai, esetleg könnyen mérhető biológiai (pl. klorofill-a koncentráció, fluoreszcencia) paramétereiről szolgáltatnak információt. Emellett óriási mennyiségű biológiai adat halmozódott fel a kutatók sok évtizednyi munkája nyomán, napjainkra olyan mennyiségben, hogy a feldolgozás informatikai eszközök alkalmazása nélkül nagyon körülményes. Ezen adatok felhasználása reményteljes a hosszú távú folyamatok értékelése terén. Az időléptékét tekintve rövid távú, ámde nagy mennyiségű adat kezelése sem egyszerű, de a sok évtized alatt összegyűlt adathalmaz feldolgozása - mely több ökológiai kérdésre választ adhat - további nehézségeket okoz. Az adatok idő és térbeli felbontása nem egyenletes, az alkalmazott metodikák és műszerek is különbözhetnek. Ezek eredményeképpen a mért változók sem biztosan koherensek. Az adatfeldolgozáshoz ilyen adatok esetén szükség van egy adatbázisra, amely megkönnyíti az adatok különféle szempontok szerinti csoportosítását és válogatását. Annak ellenére, hogy az adatbázis tervezési és készítési módszerek rendkívül jól dokumentáltak, az adatbázisban való tárolás önmagában is tudományos feladat. Az adatsorokat a feldolgozás előtt standardizálni kell, és az elkészült adatbázisban nemcsak az adatok épségét és helyességét kell ellenőrizni, de komoly probléma az adatok konzisztenciájának, és ezáltal a tudományos kérdésekben való használhatóságának értékelése is.

1.1. Előzmények

1.1.1. Balatoni fitoplankton kutatások

Hazánkban a balatoni fitoplankton kutatása a XIX. századra nyúlik vissza. A Balaton tudományos igényű tanulmányozásában úttörő szerepet játszott Lóczy Lajos, aki 1891-ben kezdte el kiadni a „Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei” című kötetsorozatot. Az első vizsgálatok célja a fitoplankton florisztikai felmérése volt. Több élőhely típusra kiterjedő florisztikai felmérést közölt Istvánffy (Istvánffy, 1897). Ezt módszeres florisztikai vizsgálatokkal egészítette ki Scherffel Aladár (Scherffel, 1932). A

XX. században a jelentős florisztikai munkák mellett elkezdődött a balatoni fitoplankton mennyiségi tanulmányozása. Meg kell említenünk, Kárpáti István, Kol Erzsébet (Kol, 1938), Nagy István, Hortobágyi Tibor (Hortobágyi, 1943) nevét. Az első rendszerezett, több élőlénycsoportra kiterjedő mennyiségi vizsgálat Kottász József nevéhez fűződik (Entz et al., 1937). Az 1932-1935. évek folyamán Tihanynál vett kb. kéthetenkénti gyakorisággal vízmintákat, és azokat többféle élőlénycsoportra vizsgálta. A fitoplankton vertikális eloszlását Nagy István (Nagy, 1939) tanulmányozta. A kezdeti vizsgálatok eredményeit a Balatoni Limnológiai Kutatóintézet (ill. jogelődjei) folyóiratában tették közzé táblázatos formában. Ezek a táblázatok általában egyedszám adatokat tartalmaztak. Az 1940-es évektől Sebestyén Olga és Tamás Gizella (Tamás, 1955, 1965, 1967, 1969, 1972, 1974, 1975; Sebestyén et al., 1951; Sebestyén, 1960; Herodek & Tamás, 1973, 1975) munkássága nyomán terjedt el az Utermöhl-féle módszer, és a volumetrikus alapon történő biomasszabecslés is. Sebestyén Olga nevéhez fűződik az első balatoni vízvirágzás tudományos leírása (Sebestyén, 1934). Hortobágyi Tibor (Hortobágyi, 1943, 1962) jelentős munkát végzett a florisztikai kutatásban. Emellett több vízvirágzás leírása is a nevéhez fűződik. Hortobágyi Tibor munkásságával kapcsolatban említeni kell a „*Flora et Iconographia Algarum Hungariae*” lyukkártyás adtabázis létrehozását, melyet az 1980-as évek elején elektronikus adathordozóra vittek, s melyben a Magyarországról 1985-ig publikált alga florisztikai adatok megtalálhatók (Buczko & Rajczy, 1998). Sebestyén Olga, később Hortobágyi Tibor és Kárpáti István jelezték a Balaton kezdődő eutrofizálódását is (Sebestyén, 1958a, 1958b, 1962, Hortobágyi & Kárpáti 1967). Az 1970-es évekre a legtöbb szakember számára nyilvánvalóvá vált a fokozódó eutrofizálódás (Felföldy, 1969, Kárpáti, 1975), és tervek készültek a vízminőség romlás megállítására és az eredeti vízminőség helyreállítására. Az 1980-as években intézkedéssorozat indult el az eutrofizálódás visszaszorítására. Ezzel párhuzamosan megindult a változások követése, amely munkában a VITUKI és a NYUDUVIZIG (Vízkelety 1986, 1992; Pomogyi, 1993) is részt vett. Mivel több algafaj igényét a belső foszforterhelés fedezte (Istvánovics et al., 2002), csak több év késéssel, kb. 1995-től kezdődött meg a Balaton trofitásának szignifikáns csökkenése. A fitoplankton monitorozásába az 1980-as évektől a területen illetékes Vízügyi Igazgatóságok mellett a Környezetvédelmi Felügyelőség is bekapcsolódott. Az MTA Balaton Limnológiai Kutatóintézetben is folytatódott a Balatoni fitoplankton kutatása (Vörös, 1980). Padisák Judit 1976 óta végez balatoni fitoplankton vizsgálatokat (G.Tóth & Padisák, 1978; Padisák, 1980), 1998-tól a Pannon Egyetem akkor alakult biológiai csoportja, később Limnológia Tanszéke keretében.

1.1.2. Az Európai Unió Víz Keretirányelve

A Víz Keretirányelv (továbbiakban: VKI) a fenntartható vízgazdálkodás Európai Uniói jogszabálya, melyet 2000. december 22-én fogadtak el az EC 2000/60 számú direktívájaként (EC Parliament and Council, 2000). Célja a vizek jó ökológiai állapotának elérése a vízi ökoszisztéma védelmén és az emberi vízhasználatok összehangolásán keresztül. Magyarország 2001. júniusában csatlakozott ehhez a törekvéshez és kötelezte el magát a magyar vízgazdálkodás e szempontok szerinti átgondolása mellett. Az előrejelzések szerint a víz a jövőben mind lokálisan, mind pedig globálisan a fejlődés kulcsává válhat. A talajvíz túlzott használata a talajvízszint olyan mértékű csökkenéséhez vezethet, mely ivóvíz ellátási problémákat és a vizes élőhelyek területének csökkenését okozhatja. Ezen problémák megoldása csak hatékony jogi szabályozással lehetséges, ami lehetővé teszi a víz és a vizes élőhelyek megőrzését a jövő generációi számára. Az emberi vízhasználat hosszú távú biztosításának alapvető feltétele az egészséges vízi ökoszisztéma. Az emberi hatások sokszor az élettelen környezetet érintik (folyószabályozás, kotrás stb.), de ezen keresztül módosul a biocönózis is. A felesleges vagy egyenesen káros emberi hatások megszüntetésével vagy azok helyettesítésével a vízi ökoszisztéma állapotát javíthatjuk. Az Irányelv újdonsága ebben a komplex ökológiai szemléletben rejlik. A víztestek állapotának megítélésében az ökológiai mutatók kiemelt szerepet kapnak.

A VKI kötelezi a tagállamokat, hogy a felszíni vizeiket típusok szerint különítsék el. A tipológia egyik fő eleme, hogy típus specifikus referencia feltételeket határozzon meg. Külön-külön tipológiát kell meghatározni folyóvizekre és tavakra is. A tipológia megalkotásánál kötelező és szabadon választható elemeket is figyelembe kell venni. A rendszer magában foglalja a tipológiai rögzített elemeit, vízfolyások esetén a tengerszint feletti magasságot, a vízgyűjtő méretét és a geológiai jelleget. Tavak esetén, tengerszint feletti magasság és a geológiai jelleg mellett a tó felszínét és mélységét. A típusok mögött valódi, elkülönült biológiai mintázatoknak kell lenni. A víztípusok és a biológiai mintázat összefüggését a bolygatatlan állapotokra kell értelmezni (Szilágyi et al., 2006).

Magyarországon 2005-ben került sor felszíni vizeink ökológiai alapállapot felmérésére, melynek során 339 folyóvízi- és 56 állóvízi minta begyűjtésére került sor. A mintavételi helyek mindegyikén történt bevonat és makrogerinctelen mintavétel, a makrofita állományok, a fitoplankton és a halak felmérése, valamint párhuzamos vízkémiai vizsgálatok csak ezek egy részén történtek. Az alapállapot felmérés során egyszeri mintavétel történt, a minták elemzését követően adatbázist (ECOSURV DATABASE)

hoztak létre, mely alapjául szolgál a jövő monitoring programjának. A természetes víztestek esetén a jó ökológiai állapot (a vízi ökoszisztémák szerkezetének és működésének jó minősége), míg az erősen módosított és mesterséges víztestek esetén a jó ökológiai potenciál elérése a cél (Szilágyi et al., 2006).

A funkcionális csoport koncepció alapján, a VKI iránymutatása szerinti vízminősítéshez kifejlesztettek egy fitoplankton ökológiai állapotindexet (Q), amely az egyes funkcionális csoportok relatív biomasszáját (p_i), és egy 0 – 5 közötti súlyfaktort (F_i) használ az ökológiai állapot becsléséhez (Padisák et al., 2006a).

$$Q = \sum_{i=1}^N p_i F_i$$

A módszer kipróbálása megtörtént. Kérdés, hogy a történeti adatok alátámasztják-e a rendszer használhatóságát, és ki lehet-e jelölni a birtokunkban levő adatsorok alapján a referencia állapotot. Az új módszer jelentős magyar hozzájárulást jelenthet a VKI bevezetésénél.

2. CÉLKITŰZÉS

Az emberi tevékenység, és a klíma nagyon különböző módon, más-más tér- és időléptékben hat a tavak vízminőségére. A fitoplankton – lévén a szerves tápanyagterhelés első hasznosítója – mennyiségi és minőségi jellemzőivel egyaránt gyorsan tükrözi a változásokat, és a biomassa változása mellett társulásszerkezeti változások is bekövetkeznek. Ennek ellenére a nagy időléptékű vizsgálatok világviszonylatban is ritkák, elsősorban azért, mert az egységes, hosszú távú fitoplankton adatsorok hiányoznak (Padisák, 1998). Néhány tanulmányt közöltek régóta vizsgált tavakról. Általában olyan méréseket ismertettek (pl. Secchi-átlátszóság), amelyekből a fitoplankton változásaira indirekt módon lehet következtetni (Lund, 1979; Makarewicz & Baybutt, 1981; Findlay & Kasian, 1987; Kümmerlin, 1991; Neale et al., 1991; Reynolds & Bellinger, 1992; Willén, 1992; Talling, 1993; Mineeva & Litvinov, 1998; Padisák, 1998; Padisák & Reynolds, 1998). A tavak közötti összehasonlítás további nehézségekbe ütközik, mivel a hosszú távú adatsorokban található változók nem konzisztensek. A fent idézett tanulmányokban például a következő változókat használták: a domináns fajok átlagos sejtszáma, a domináns fajok részesedése a teljes biomasszából, a domináns fitoplankton csoportok epilimnetikus biomasszája, a tavaszi és nyári biomassa minimuma, maximuma, a fitoplankton biomassa és klorofill-a mennyisége.

Manapság sok ökológus egyetért abban, hogy a fitoplankton ökológiai tanulmányok legfontosabb alapja az algafajok volumetrikusan becsült biomasszája és a társulást alkotó fajok biomasszájának összege (Kristiansen, 2003). Ez a megközelítés a tér- és időbeli mintázatok mélyebb megértéséhez vezet (Padisák et al., 1993; Descy et al., 1994; Alvarez-Cobelas et al., 1998; Reynolds et al., 2000; Naselli-Flores et al., 2003; Albay et al., 2007). A fajspecifikus adatok szükségessége a hosszú távú elemzésekhez további nehézségeket jelent. A funkcionális csoport koncepció a társulásszerkezet elemzésénél nemrégiben jelent meg (Reynolds et al., 2002), és növekvő számú vizsgálat támasztja alá használhatóságát (Crosetti & Bicudo, 2005; da Silva et al., 2005; Findlay et al., 2005; Lopes et al., 2005; Naselli-Flores & Barone, 2005; Townsend, 2005; Devercelli, 2006; Morabito et al., 2007). A balatoni fitoplankton kutatás az utóbbi 80 évben tekintélyes mennyiségű adatot halmozott fel, amely lehetőséget ad hosszú távú vízminőségi és ökológiai elemzésekre, akár faj szerinti bontásban, akár funkcionális csoportok alapján. Az 1970-es évekig Balatoni Limnológiai Kutatóintézet évkönyvében, táblázatos formában publikálta a

fitoplankton adatokat. Azóta az adattáblázatokat terjedelmi okokból nem publikálták, de azok kéziratos, vagy elektronikusan rögzített formában elérhetőek. Az e munkában analizált fitoplankton változások alapadatait a területen illetékes vízügyi hatóságok, és környezetvédelmi felügyelőség, valamint a Pannon Egyetem Limnológia Tanszéke szolgáltatta.

Célom az összegyűlt adatok alapján egy balatoni fitoplankton adatbázis kifejlesztése, amely alkalmas különféle ökológiai kérdések megválaszolására.

I) Adatbázis tervezés és fejlesztés

Olyan fitoplankton adatbázis kifejlesztése, amely i) a rendelkezésre álló fitoplankton adatokat tárolni tudja; ii) lehetőséget ad különféle tudományos kérdések megválaszolására; iii) alkalmas az adatok sokféle szempont szerinti lekérdezésére és iv) a VKI iránymutatásával összhangban levő, a fitoplankton funkcionális csoportok relatív biomasszáján alapuló állapotbecslésre. v) Kellően általános ahhoz, hogy más tavakra, esetleg más élőlénycsoportra is alkalmazható legyen. vi) Feladat továbbá elkészíteni és adatokkal feltölteni az adatbázist, vii) ellenőrizni az adatbázis konzisztenciáját, viii) létrehozni a kezelést megkönnyítő programozott felhasználói interface-t.

További célom volt az adatbázis esettanulmányok formájában történő alkalmazása alapkutatói és alkalmazott kutatói feladatok megoldására. Ez a feladat az adatbázis több tóra történő kiterjesztését is megköveteli, s ezáltal, megkönnyíti az összehasonlító ökológiai vizsgálatokat.

II) Ökológiai állapotindex értékelése

Az 1980-as évekre a Balaton eutrofizálódása felgyorsult. A helyzet javítására intézkedéseket vezettek be, melyek célja a Balaton tápanyagterhelésének csökkentése volt. A tápanyagterhelés jelentősen csökkent, és néhány év késéssel, kb. az 1990-es évek közepétől megkezdődött a vízminőség javulása.

A birtokunkban lévő hosszú távú fitoplankton adatsorok lehetővé teszik, hogy esettanulmány keretében vizsgáljam a biomassza trendjét az eutrofizálódási, és az azt követő helyreállítási időszakban, és ezzel párhuzamosan a társulásösszetétel és vízminőség változását is. Fontos kérdés, hogy az ökológiai állapotindex alkalmazható-e a trofitás szintjének ellenőrzésére. További feladat volt a VKI iránymutatása szerinti referencia állapot kijelölése.

III) Vízsint változás hatásai

A 2000-2003 közötti időszakban újra bekövetkezett egy száraz időszak, amelyben a Balaton vízmérlege negatívvá vált. A párolgás mennyisége meghaladta a csapadék és a hozzáfolyás mennyiségét, és a Zala vízgyűjtőjén a 4 éves kumulatív csapadékhiány megközelítette az 1000 mm-t. A vízszint 60 cm-rel zuhant a szabályozási szint alá, ami a tó 3,1 m-es átlagos mélységéhez viszonyítva igen jelentős volt. A Balaton Európa egyik népszerű turisztikai célpontja, ezért a fenti változások komoly aggodalmat váltottak ki a médiában is. Felmerült az esetleges vízpótlás lehetősége is. Ezzel párhuzamosan tudományos vizsgálat indult a vízszint csökkenés következményeinek, és az esetleges vízpótlás lehetőségeinek tanulmányozására. Ennek részeként célom volt az ALMOBAL fitoplankton adatbázis alapján a vízszintcsökkenés hatásainak elemzése. Ezek az elemzések hasznos alapot adnak a kísérletes vizsgálatokhoz, az ökológiai modellek kialakításához. A vízszintváltozás a fitoplankton összetételére, és mennyiségére is többféle hatást gyakorolhat, célom az eddigi tényleges hatásokat, a biomassza változásait, a társulás összetételének változásait, és az egyes algafajok ill. funkcionális csoportok relatív részesedésének a változásait az ALMOBAL balatoni fitoplankton adatbázis adatsorain vizsgálni.

IV) Tavak társulásösszetételének összehasonlító vizsgálata

A tavi fitoplankton mennyiségét, összetételét világszerte több-kevesebb rendszerességgel vizsgálják. Általában a nyári időszakra összpontosítanak, mert a mintavételnél ilyenkor adódik a legkevesebb technikai probléma, és gazdasági szempontból is ezek a legfontosabb hónapok. Kérdés azonban az, hogy a társulások szerkezete szempontjából melyek a leginkább informatív időszakok. Ebből a célból különböző tavak társulásainak havonkénti összetételi hasonlóságát vizsgálom az ALMOBAL és az annak alapján kifejlesztett ALMOL adatbázisok adattartalma alapján.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Adatbázis specifikáció és tervezés

Az ALMOBAL fitoplankton adatbázist úgy készítettem, hogy ne csak a szűken vett igényeket elégítse ki, hanem a későbbiekben, változatlan formában, vagy legfeljebb csekély változtatással alkalmazható legyen más rendszerekre (más élőhely, más élőlénycsoport) is. Az adatbázis tervezését reprezentatív mennyiségű és az összes típust felölelő adatsor gyűjtése (Tamás, 1967; Pannon Egyetem jegyzőkönyvei; VIZIG jegyzőkönyvei; Környezetvédelmi Felügyelőség jegyzőkönyvei) előzte meg. A rendelkezésre álló adatok alapján a következő problémák merültek fel:

- Az adatsorok hiányosak, nem ölelnek fel minden évet, ugyanakkor előfordul, hogy egyazon időpontban, ugyanazon a helyszínen több vízmintát is vettek.
- az adatok nem egységesek, léteznek florisztikai és mennyiségi adatsorok is;
- a mennyiségi adatok lehetnek egyedszám, vagy biomassza adatok, esetenként a sejttérfogat becsült értékével kiegészítve;
- a taxonómia változásai miatt szinonim nevek gyakran előfordulnak, melyeket az összehasonlításokban figyelembe kell venni. A fajnevek megváltozására a jövőben is számítani lehet.
- A mintavételi hely megadása változó, egységesítés szükséges.
- További probléma az adatbázis lehetséges inkonzisztenciája, ami a szerzők személyének változásából, és az alkalmazott metodika változásaiból adódhat, az adatbázis tesztelése tehát nem korlátozódhat az adatok és a program helyességére, hanem meg kell próbálni információt nyerni az adatbázis konzisztenciájáról is.

3.1.1. Adattárolási feladatok

Fontos feladat a fajlista készítése, amely a Balatonban megtalálható algafajok alapadatait tartalmazza: a fajneveket, az egyes fajok néhány jellemző tulajdonságát, a rendszertani besorolást, a jellemző kolóniaméretet, a jellemző sejt- vagy kolóniatérfogatot. Továbbá szerepel benne a funkcionális csoport kód az ökológiai állapotbecsléshez. Kovaalgáknál az OMNIDIA vízminősítő programhoz (Lecoite et al., 1993) szükséges kódot is tartalmazza az adatbázis. Fontos a szinonimika tisztázása és ennek kezelése az adatbázisban, fenntartva a lehetőséget a jövőbeni további fajnév változásokra.

A vízminták adatainak tárolása az adatbázis fő célja. Ennek megfelelően az tartalmazza a vízminták jellemző adatait: a mintavétel helyét, időpontját, az adatközlőre, és az adatok elérhetőségére és forrására vonatkozó információt. A mintavételi hely megadásánál gondot okozhat, hogy a különböző intézmények más-más mintavételi szabvánnyal dolgoznak. Jellemző az öt tóközepi mintavétel standard helykódokkal, a négy medence, és a Zala-folyó torkolatának a környékéről. Az utóbbi években néhány méter pontossággal, GPS koordinátákkal is megadható a mintavétel helye. A Dél-Dunántúli Környezetvédelmi felügyelőség a fontosabb balatoni strandokon is végez méréseket. A mérések helyét érdemes az adatbázisban egységesen tárolni, hogy az adatokat könnyen visszakereshessük és összehasonlíthassuk. A mintavétel helyét egy, a Balatonra felfektetett négyzetháló alapján sorszámként tároljuk. A helykódok a GPS-szel mért koordinátákkal kalibrálhatóak. A helymegadás hibája legfeljebb 10m. Ez a rendszer egyszerű szoftvermegoldásokkal kezelhető, és minden tóra alkalmazható, ha nem követelmény a nagyon nagy pontosságú helymeghatározás. Plankton esetén, mely a cm s^{-1} tartományban mozgó horizontális áramlásokkal sodródik, ez a feltétel teljesül.

Vízminta részletes mennyiségi adatainak tárolása során fontos a különböző fajokhoz tartozó biomassa ($\mu\text{g L}^{-1}$), egyedszám (ind L^{-1}), térfogat (μm^3) adatok felvétele, vagy becslése az adatbázisban. A történeti jegyzőkönyvek egyedszám adatokat közölnek, ezeket biomassa adatokká kell konvertálni az adatok összehasonlíthatósága végett, természetesen jelölve, hogy eredeti, vagy becsült adatról van-e szó.

Az adatbázis a mennyiségi és a florisztikai adatokat is kezeli, fontos a faji szinten meghatározatlan fajok biomasszájának tárolása, a pontosabb vízminőségi becslés érdekében, gyakran előfordul ugyanis, hogy a funkcionális csoportokba soroláshoz fajnál durvább rendszertani felbontású adatok is elegendőek.

3.1.2. Adatfeldolgozási feladatok

Az adatfeldolgozás során az alábbi feladatokat kellett megoldani:

- A jegyzőkönyvi adatok alapján előállított Excel táblázatból az adatokat az adatbázisba kell importálni.
- Az adatok feldolgozását lehetővé kell tenni a megfelelő jogosultságok biztosításával. A közeli jövőben fontos feladat lesz az adatbázis hálózati változatának elkészítése.

- Az adatbázis használata különböző űrlapok segítségével (Adatbevitel, módosítás, listázás, ökológiai állapot) történik.
- A szinonim fajnevek kezelése: az adatbázisba a fajok az eredeti jegyzőkönyvben vagy publikációban megtalálható néven vehetők fel, de a jelenleg érvényes fajnév alapján is visszakereshetők.
- Ha a jegyzőkönyv csak egyedszám, vagy csak biomassza adatot tartalmaz, akkor a fajokra jellemző térfogat alapján konverziót kell végezni az egyedszám és a biomassza adatok között. Rögzíteni kell az adatsorok eredetét (mért, vagy utólag becsült érték) is.
- Megoldandó a minták, florisztikai adatok, faji adatok, vízminőségi adatok kinyerése, és exportja Excel táblázatba, vagy egyszerű szöveges dokumentumba. Az exportált file-ok adataiból grafikonokat szerkeszthetünk, vagy további statisztikai elemzéseket végezhetünk.
- A lekérdezések eredményének nyomtathatónak kell lennie.
- Mivel az adatbázis lekérdezések gyakran lineáris adatsort adnak eredményül, a statisztikai programok viszont többnyire mátrixba rendezett adatokat fogadnak, az eredmény adatsorokat keresztábrává kell alakítani.
- Általános SQL (Structured Query Language) lekérdezések biztosítása gyakorlottabb felhasználók számára, hiszen a jövőben felmerülő újabb tudományos kérdések egyéni lekérdezéseket igényelnek.

3.1.3. Az adatbázis terve

3.1.3.1. Egyed-Kapcsolat-Tulajdonság modell

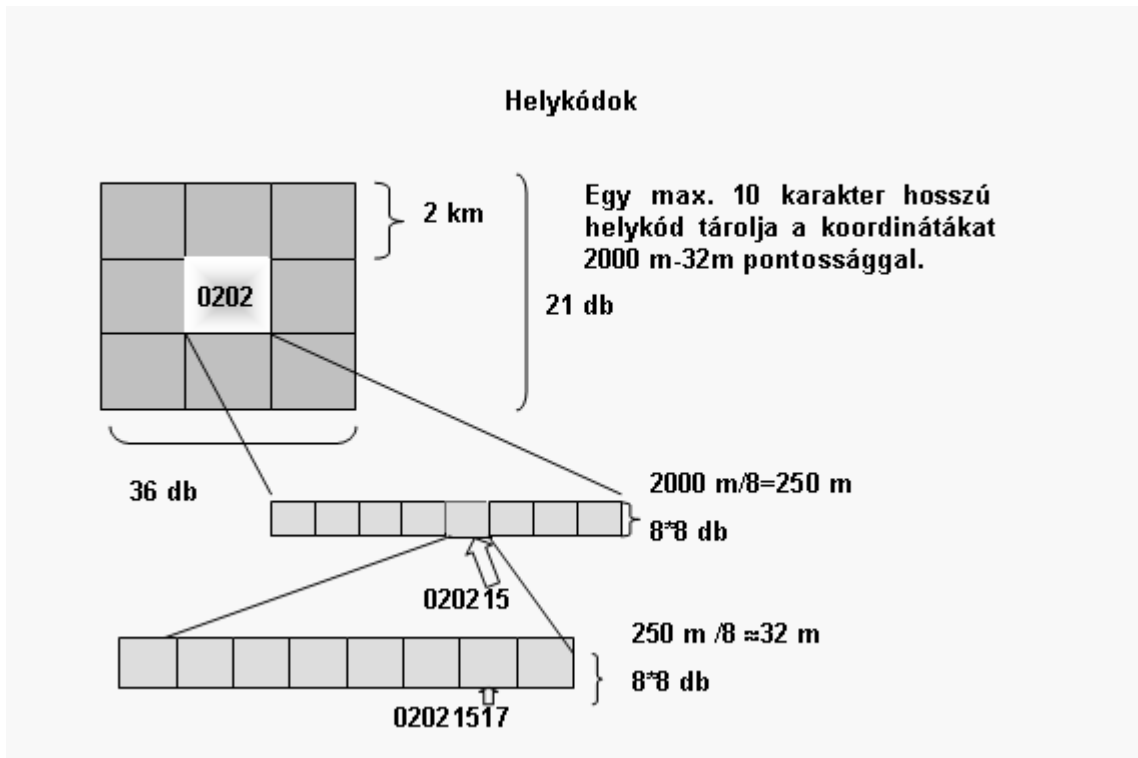
Az adattárolási és adatfeldolgozási feladatok alapján készült el standard módszerekkel, (Halassy, 2002) az adatbázis Egyed-Kapcsolat modellje (1. ábra), és relációsémája (2. ábra). Az aláhúzás az elsődleges kulcsokat, a '*' karakter az idegen kulcsokat jelöli a relációsémában.

forma, alfaj). Az alga nevezéktanban jelenleg csak egy fajon belüli taxonómiai egységet engednek, a háromféle lehetőséget a régi szinonimika használhatósága miatt alkalmaztam. A tömör szövegtárolás alkalmazásával ez az adatbázisban nem okoz fölösleges tárigeny növekedést. Az adatbázis minden fajnévhez egy automatikus kódot generál (**fkód**), amellyel fajokat a vízmintában azonosítja. Az adatbázis a szinonim fajnevek kezeléséhez két mezőt használ. A jelenleg érvényes szinonim neveket a **főfaj** logikai típusú mező 1 értékkel jelöli. Emellett még egy kódot is kap mindegyik faj (**cskód** - csoportkód). A második kód az adott faj, jelenleg érvényes szinonimájának kódja. Ezáltal a fajokat szinonimacsoportokba rendeljük. Minden szinonima csoportba újabb fajnevek vehetők fel, vagy távolíthatóak el. Ez a megoldás lehetőséget ad a különböző szerzőktől származó fajlisták összehasonlítására.

A fajlista az OMNIDIA vízminősítő programhoz szükséges kód tárolásához (**betűskód**), és a faj Reynolds-féle funkcionális (Reynolds et al. 2002) csoport kód (**faktorkód**) tárolásához szükséges mezőket is tartalmazza. A faji adatok között fontos a μm^3 -ban mért sejt-, kolónia- vagy fonaltérfogat (**térfogat**), amely a történeti egyedszám adatok biomasszává való konvertálásához illetve a biomassza adatok egyedszámmá konvertálásához szükséges. A térfogat adatok forrását (**ekód**) is jelzi egy számkódot tartalmazó mező. A **kolóniaméret** a kolóniák jellemző sejtszámát tartalmazza, kitöltése nem kötelező. Értékét az adatbázis nem használja, mert teljes kolónia- ill. fonaltérfogatot tárol. A fajok ökológiai jellemzőit is lehet tárolni (**tolerancia**) az adatbázisban, a jelenlegi verzióban ez a mező még kitöltetlen.

A **minta** táblában a következő adatokat tároljuk: A minta kódját (**mkód**), amely az adatbázis által adatbevitelkor automatikusan generált sorszám, a mintavétel idejét (**időpont**), és helyét (**helykód**). Mivel a mintavételi helyek megadása többféle lehet, az egészen pontatlan helymegadástól kezdve, a manapság nagy pontosságú GPS helymeghatározásig, érdemes az adatok mellett a pontosságot is tárolni. A mintavételi hely a Balatonra felfektetett 2 km beosztású négyzethálón két sorszámmal megadható. Pontosabb meghatározásnál egy 2 km-es négyzet további 8 ill. 8x8 részre osztható fel, így 4 sorszámmal 250 m, 6 sorszámmal 32 m pontossággal megadható a mintavételi hely. A program 10 karaktert biztosít a mintavételi hely tárolására, amivel 6 m pontosságig lehet a hely meghatározását finomítani (3. ábra). A lineáris közelítés hibája: $\sim 0,1\%$. A négyzethálót GPS koordinátákkal kalibráltam. Az ALMOL adatbázisban a helykód 10 karakter hosszú jelsorozat, amely a tó nevének szimbólumával kezdődik, és a mintavételi

hely kódjával folytatódik. A GPS analóg rendszer minden tóra alkalmazható, de ez ideig csak a Balatonra lett kalibrálva.



3. ábra. Helykódok megadása és értelmezése az adatbázisban.

A minta táblázatban megtalálható az adatközlő személy vagy szervezet kódja (**közlőkód**), az adatsor eredetére vonatkozó információ (**publikálás**), és a mintával kapcsolatos megjegyzés rovat (**megjegyzés**). Az adatbázis jelenleg a mennyiségi fitoplankton adatokat tartalmazza, de lehetőség van csak florisztikai adatok betöltésére is. Az adatsor típusát (florisztikai vagy mennyiségi adat) egy logikai típusú mező (**flore**) jelzi. A vízminta ökológiai jellemzőit lehet tárolni az **ökológiai csoportosítás** nevű, szöveges típusú mezőben. Jelenleg még nem használja az adatbázis ezt a mezőt. Az összes biomasszát (**összbiom**) egy számított mezőben tárolja az adatbázis.

Az adatbázis **képek** táblája az egyes vízmintákhoz hozzárendelhető képfájlokat tartalmazza címmel ellátva. Adatokkal a hálózati verzió esetén érdemes feltölteni. A vízmintákhoz kapcsolatosan (**mkod**) kép (**képfájl**) és a hozzá tartozó leírás (**képcím**) tárolható.

A **florisztika** tábla az adott mintában előforduló alfafajok kódját (**fkod**) tartalmazza. Ez a tábla létesít kapcsolatot a minta (**mkod** mező), a faj és a biomassza (**tkod** mező) táblák között. A tábla leválasztását a biomassza tábláról az indokolta, hogy az adatbázis

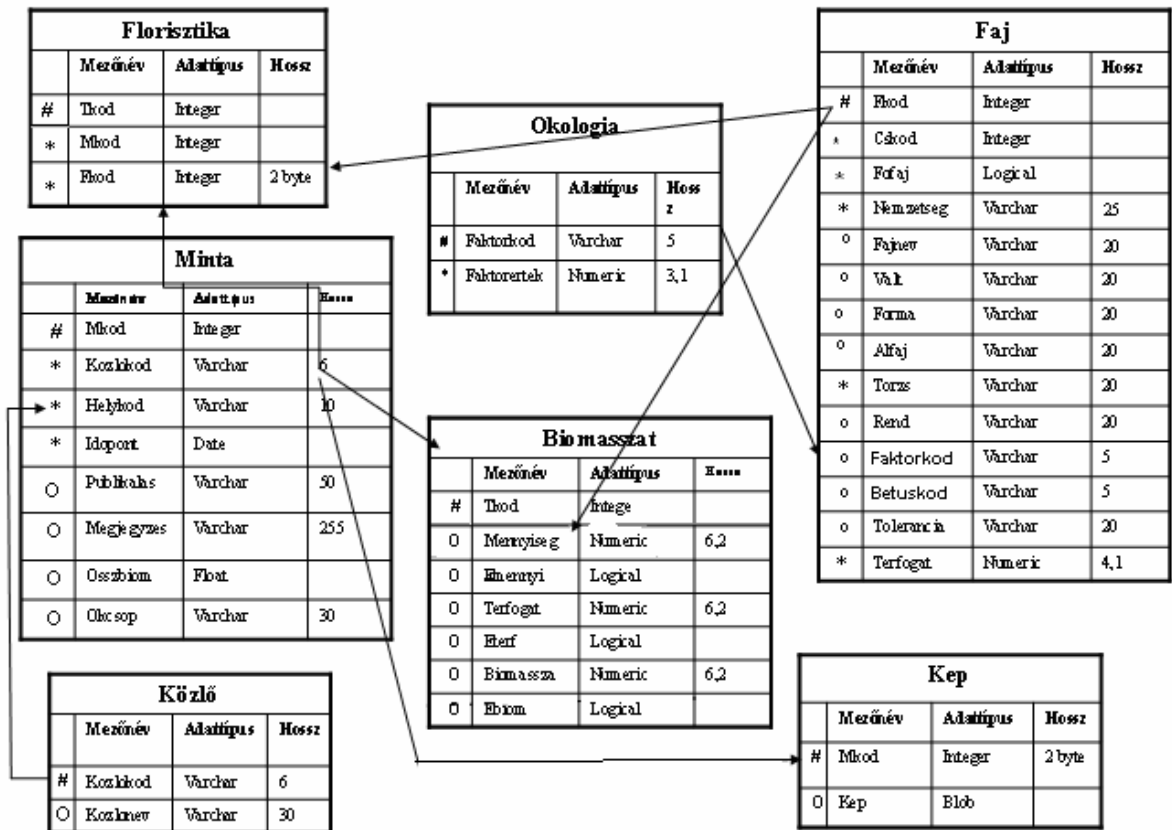
tartalmazhat florisztikai adatsorokat is, ami különben jelentős tárhely növekedést okozna. A tkod mező minden egyes adatrekordhoz automatikusan generálódó sorszámot tartalmaz.

A minták adatsorainak mennyiségi adatait a **biomassza** tábla tartalmazza. Megtalálható benne a tételkód (**tkod**) az egyedszám (**mennyiség** - $i \cdot L^{-1}$), és ennek eredetére vonatkozó logikai típusú mező (**emennyi**), a biomassza (**biomassza** - $\mu\text{g} \cdot L^{-1}$) és ennek eredetére vonatkozó mező (**ebiom**), sejt- vagy kolóniatérfogat (**térfogat** - μm^3) és ennek eredetére vonatkozó mező (**eterf**). Az eredeti (nem számolt, vagy származtatott), mért adatok esetén a megfelelő logikai mező értéke igaz (1). Adatbevitelkor az adatbázis automatikusan kiszámolja két adatból a hiányzó harmadikat. Ha csak egy mennyiségi adatot adunk meg (egyedszám, vagy biomassza) akkor a fajlistából kikeresett térfogat segítségével becsli a hiányzó mennyiségi adatot. A fajlistában megtalálható térfogat adat utólag módosítható, és az adatbázisban a becsült adatok újraszámolással javíthatók.

Az adatközlők adatait tartalmazza a **közlő** (közlőkód, **közlőnév**) tábla. A vízminőség számításához szükséges funkcionális csoportok kódját (**faktorkód**), és a hozzájuk tartozó faktorszámokat (**faktorérték**) tartalmazza az **ökológia** tábla. A besorolatlan algák adatait tartalmazza a **besorolatlan** tábla. Ide kerülnek azok az algák, amelyeknél a határozás pontossága a nemzetségnél kisebb. A rekordot a tételkód (**tkod**) azonosítja, **törzs**, **megjegyzés** és a funkcionális csoport (**faktor**) megadása lehetséges ebben a táblában.

Az adatmodell alapján elkészítettem az adatbázis fizikai tervét (4. ábra), figyelembe véve azt a tényt, hogy az adatbázist több 10^5 nagyságrendű adatrekord fogadására kell felkészíteni.

3.1.3.3. Az IB 5.0 adatbázis fizikai terve:



4. ábra. Az ALMOBAL adatbázis táblaterve adattípusokkal, és helyfoglalással. Jelölések: #- elsődleges kulcs, * - kötelezően kitöltendő mező, o - opcionálisan kitöltendő mező.

3.2. Adatbázis implementáció

Az adatbázist kliens-szerver rendszerben, SQL script segítségével készítettem el, ami kiindulás lehet a későbbi hálózatos verzió létrehozásához. Működtetését jelenleg Interbase 5.0 adatbázis motor végzi. Az adatbázis az előzőekben ismertetett nyolc adattáblát tartalmazza (FAJ, BIOMASSZA, BESOROLATLAN, FLORISZTIKA, KEP, KOZLO, MINTA OKOLOGIA), továbbá egy segédtáblát a funkcionális csoportok szerinti vízminőség számításhoz (FUNCCSOP). Létrehoztam két nézettáblát. Az egyik (FAJNEVEK) az algafajok nevének megjelenítését végzi, a másik (VFLORISZTIKA) a szinonim nevek kezelését segíti. Beállítottam négy generátort a táblakulcsok (MKOD, FKOD, TKOD, KKOD) automatikus léptetéséhez. Az adatbázisban hét tárolt eljárás segíti a lekérdezéseket és az adatarbantartást. A mintarészlet (MINTARESZLET) eljárás segítségével adott minták mennyiségi adatrekordjai listázhatók. Az adott víz minta összes biomasszájának számításához két eljárást készítettem (OSSZBIOM, OSSZEG). Fontos

megoldani az adott adatrekordnál a biomassa-egyedszám konverzió újraszámítását (RECOUNT) amely meghívható, ha a faji alapadatok táblában a térfogatot módosítjuk. Ehhez az adott algafaj térfogatát kell a fajlistából lekérdezni.

A fajlista készítésénél fontos feladat az adott fajnév lekérdezése az adatbázisból (FAJVANEFAJNEV). Az eljárás megállapítja, hogy adott nevű (nemzetség, faj, változat, forma, alfaj) faj létezik-e az adatbázisban. Ha a fajt nem találja, ennek oka lehet helyesírási hiba is. Ezek kiszűrésére is használható az eljárás.

Készítettem eljárást (VIZMINO) a képlet (11. oldal) szerinti ökológiai állapotindex kiszámítására.

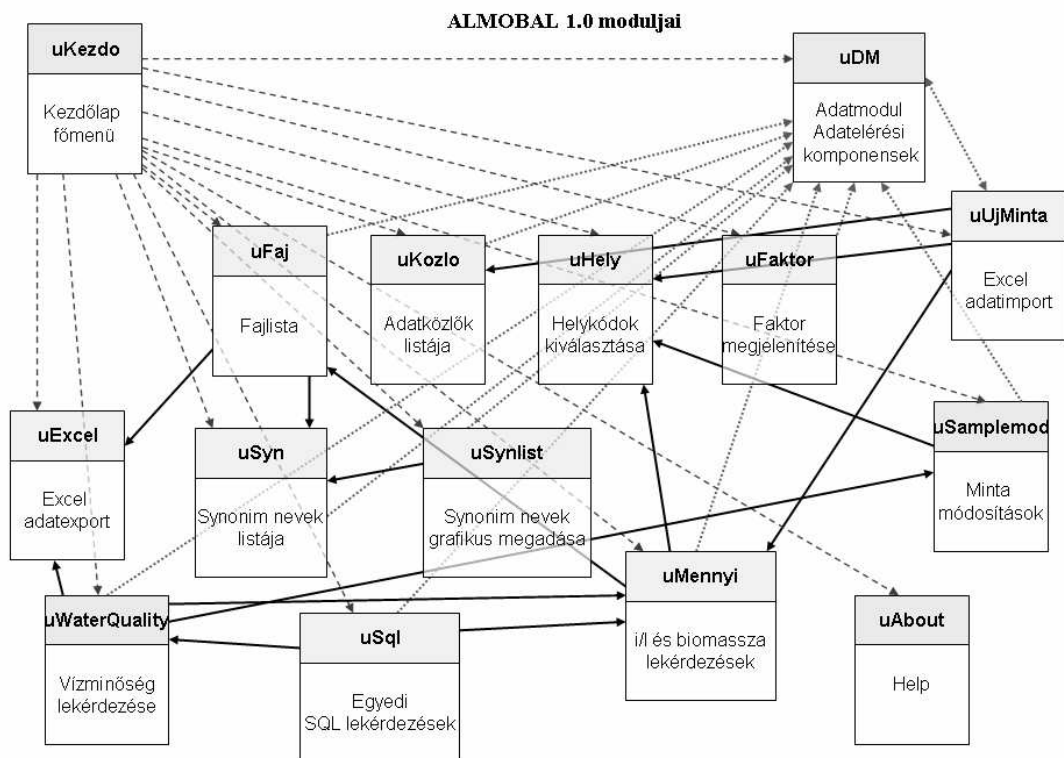
Az adatok ökológiai funkcionális csoportok szerinti lekérdezését is el lehet végezni, amelyhez az adatbázisban egy segédtáblát használtam, és egy eljárás (FUNCCSOPTOLT) felelős a segédtábla kezeléséért. Az eljárás segítségével töltöm fel a segédtáblát a biomassa, florisztika, és besorolatlan táblákból adatokkal funkcionális csoportok szerinti csoportosításban.

Az adatbázisban definiált triggerek közül a TBI_FAJ, TBI_MINTA, TBI_FLOR, TBI_KKOZL adatbevitelkor a generátorok kezelésével a megfelelő számlálómezők (fkod, mkod, tkod, kozlokod) automatikus léptetését intézik. A TBI_BIOMASSZATBECSUL, és a TBU_BIOMASSZATBECSUL az automatikus egyedszám-biomassa-térfogat konverziót végzik adatbevitelkor, és módosításkor. A florisztika, minta, biomassa és közlő tábla ezeket a triggereket hívja meg.

A programozott kezelőfelület SQL 92 típusú lekérdezésekkel kezeli az adatbázist. Néhány példát tartalmaz az eredmények fejezet. A lekérdezéseket a programozott kezelőfelület űrlapjai indítják el.

3.3. Programozott kezelőfelület

Az adatbázishoz Borland Delphi 5.0 Professional Edition segítségével készült a programfelület, amely az adatfeltöltésben és a lekérdezésekben nyújt segítséget. A kezelőfelület programkódja 15 modulból áll (5. ábra). Ezek a későbbiekben ismertetendő 14 űrlap programkódját, és a közös adatmodul programkódját tartalmazzák. Az ábrán a főmenüből hívható modulokat szaggatott nyíl köti a főmenühöz. Szintén szaggatott nyíl köti össze az adatelérési komponenseket tartalmazó közös adatmodult az adatelérési komponenseket felhasználó űrlapokkal. A modulok közötti egyedi, belső kapcsolatokat jelölik az ábrán a vastag nyilak.



5.ábra: ALMOBAL programmoduljai, és a köztük levő kapcsolatok

3.3.1. Osztálydiagram

Programozási szempontból az Excel adatbeviteli modul tervei a legérdekesebbek.

A modul felépítését szemlélteti a 6. ábra. A legfontosabb komponens ebben a modulban egy ExcelApplication komponens, amely segítségével a program az Excel táblázatkezelő alkalmazást elindítja, szükség esetén leállítja, és egy Range objektum segítségével adatot is tud cserélni vele. Az Excel táblázatból beolvasott adatokat StringGrid komponensbe tölti, ellenőrzi, és az adatmodul SQLquery komponense segítségével az adatbázisban eltárolja. Az adatbeolvasás tranzakció követéses technikával történik.

<p>Osztály :TfrmExcl</p> <p>Konstansok:</p> <p><i>Mezok, adatbazismezok:</i> a kiírt szövegeket, ill. az adatbázisbeli mezőneveket tartalmazza</p> <p>Adattagok:</p> <p><i>ExcelApplication</i></p>
--

Lcid: integer (Excel indításhoz azonosító)

Rangee: Excel97.range (Excel beolvasáshoz)

Mintaindex: vektor - (Excel táblázatban azonosítja az adatokat az állandó adattal (oszlopindex))

Fajnev: vektor, - a beolvasott adatokat tartalmazza szöveggént- innen kerülnek az adatbázisba

Sor, oszlop, tsoroszlop: integer, - a sor, oszlop számát tartalmazza, a tsoroszlop ugyanaz, de nem léptetődik, lehetőség van így az első sorra, oszlopra visszaállni

ii: integer -számláló, az adatmezőkön lépked végig, ha a fajnév egyben van 1-gyel indul, és a négyesre ugrik, ha külön mező, akkor 0-tól minden értéket felvesz

Adatvan: sorted tlistbox, - a kijelölt adatmezőket tartalmazza a pipálás sorrendjétől független, az adatbázis szerkezetéhez illeszkedő sorrendben

Metódusok:

Gridsortorles : a beolvasott stringgrid komponensben egy adott sorszámú sort töröl.

Fejlecbeolt: betölti a konstans mezőnevek vektorból a táblázat fejlécébe a kívánt adatok megnevezését.

Milyenadatvan: megállapítja, hogy milyen adatokat kell beolvasni az excel táblázatból, és az adatvan listába teszi.

Kovetkezodatsor: egy adatsor beolvasása után léptet a következőre.

Vanegridben: ellenőrzi, hogy az adott fajnév előfordult-e már.

Vanetablában: tárolt eljárást hív. Megállapítja, hogy az adatbázisban szerepel-e egy adott fajnév.

Adatgridbe: az adatokat a fajnev pufferbe olvasta az Excel táblából, innen írja be az űrlap adattáblázatába.

Dataimport: beolvassa az adatokat az Excel táblából a fajnev pufferbe, ellenőrzés után az adatbázisba tölti.

Btininsertclick: „fajnevek”, „minta” feliratú gombok eseménykezelő eljárása.

SpeedButtonIClick: Az „OK”, „Cancel”, „Permanent” feliratú gombokat kezeli (adatmezők kijelölése az Excel táblázatban).

Fajbetolt: Paraméteres SQL parancsal (insert) a faj adatokat az adatbázisba tölti.

Mintabetolt: Az új mintát hozza létre. A minta adatait SQL parancsal az adatbázisba tölti.

Mintakodvisszaker: Lekérdezi az imént létrehozott új minta adatrekord mintakódját.

Fajkodeker: kikeresi a fajkódot a fajlista táblázatból, nem létező fajra 0-t ad eredményül.

Florisztikabetolt: új rekord létrehozása, a florisztika táblába tölti az mkod, fkod, tkod értéket.

Tetelkodeker: lekérdezi a tételkódot a florisztika táblából.

Biomasszatbetolt: a biomassa adatokat a biomasszat táblába tölti.

Besorolatlanbetolt: a fajlistában nem szereplő adatok kerülnek ide, a funkcionális csoportra rákérdez.

Button2Click: az adatbázisba töltés gomb eseménykezelője, a fenti eljárásokat hívja.

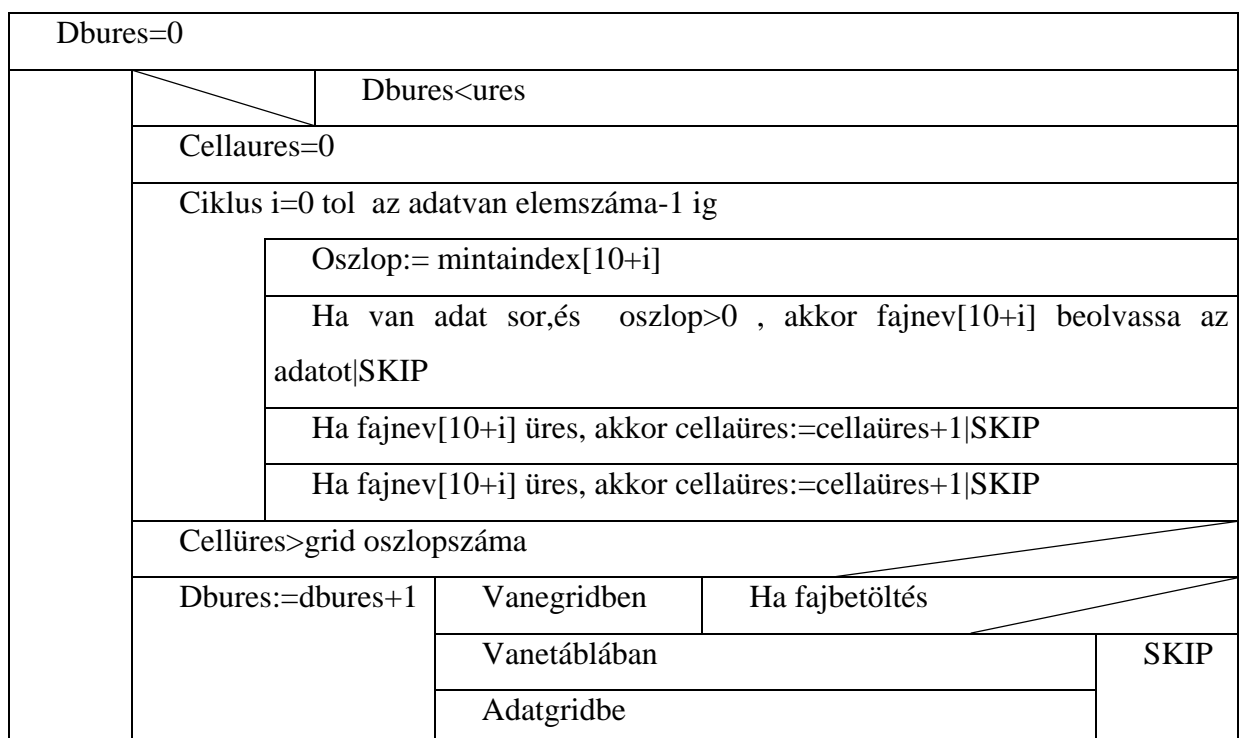
6. ábra. Az Excel import űrlap osztálydiagramja a fontosabb adatokkal és metódusokkal.

3.3.2. Struktogrammok

Az osztálydiagram bemutatja az Excel adatbeviteli modul fontosabb adattagjait, és metódusait. Az egyes metódusok feladatát is áttekinthetjük. A két legfontosabb metódus (dataimport, milyenadatvan) pszeudokódját (7. ábra) is bemutatom.

procedure dataimport(Sender:TObject;ures:integer);

var dbures,cellaures,i:integer



		Ha mintabetöltés	
		Ures mennyiség vizsgálata !	
		Adatgridbe	
		Adatgridbe	

Procedure milyenadatvan

Legfontosabb adata: adatvan - rendezett lista

Van:=false – van-e mennyiségi adat	
Adatvan törlése	
Ciklus i=0 tól az összes komponens ellenőrzése	
	Ha kipipált , látható checkbox
	Adatvanhoz listáját a checkbox.tag-gal bővítjük SKIP
	Ha a tag=22
	VANM:=true /mennyiségi adat van
	Ha tag =23 akkor vanb:=true // biomassza
	Ha tag=24 akkor VANT:=true / térfogat adat
Van:=vanB or VanM or Vant	

7. ábra. Az Excel import modul fontosabb eljárásainak struktogramja.

3.4. Rendszer telepítés

A program a CD-n található install.exe elindításával telepíthető, de működéséhez szükséges az Interbase 5.0 server program előzetes telepítése, továbbá a CD-ről a kapott adatbázis betöltése.

A kezelőfelület tárigénye 1,2 Mbyte, az adatbázis jelenlegi mérete tömörített formátumban 25 Mbyte.

A program telepítéséhez és működéséhez szükséges a Windows legalább 95-ös verziója, Interbase 5.0 adatbázis motor, és az MS Excel legalább 97-es verziója.

A rendszer karbantartását az Interbase Server Manager program segítségével lehet megoldani. Lehetőség van a teljes és különbségi archiválásra is. Az archiválási módszerem az adatfelvitelek utáni teljes mentés volt. A segédprogram segítségével lehet az adatbázis felhasználóit is felvenni, és a jogosultságokat beállítani. A jogosultságok beállítása

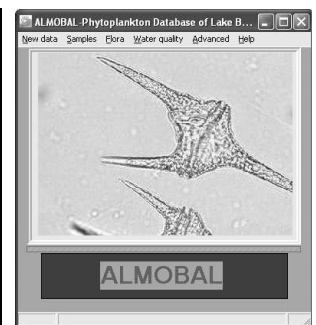
Interbase környezetben igen rugalmas, tábla, eljárás, mezőszinten lehet a felhasználók, szerepek (és Unix rendszerekben csoportok) jogait szabályozni. Mivel eddig az adatbázis nem volt széles körben használva, csak két felhasználót tartalmaz. Az egyik teljes jogkörrel rendelkezik, a másikonál az összes táblára vonatkoztatva a törlési jogot megvontam, azért, hogy a véletlen adatvesztést lehetőleg megakadályozzam.

3.5. Az ALMOBAL 1.0 adatbázis kezelőfelület használata

3.5.1. Menürendszer

A 8. ábrán a menürendszer szerkezete látható, valamint a program induló képernyője a főmenüvel, és a menüpontokkal.

New data	Samples	Flora	Water quality	Advanced	Help
Sample	Pictures	Floristica	Factor	Advanced SQL	Contents
Tableimport	Change	Biomass	Water quality		Search
Authors	Samples	i/l			About
Species					
Synonyms					
Location					
Factor					
Exit					



8. ábra: Az ALMOBAL 1.0 felhasználói felület menüje és nyitóképernyője.

3.5.2. Menüpontok és párbeszédablakok felépítése, használata

New/Sample:

CODE	L_PER_L	MIKRON_3	BIOMASS	SPECIES
92	150	10	1500000	Actinastrum hantzschii var. fo. ssp.
93	250	10	2500000	Ankistrodesmus falcatus var. fo. ssp.
94	100	10	1000000	Ankistrodesmus falcatus var. acicularis fo. ssp.
95	160	10	1600000	Ankistrodesmus falcatus var. mirabile fo. ssp.
96	0	10	0	Ankistrodesmus falcatus var. spiniformis fo. ssp.
97	210	10	2100000	Ankistrodesmus lacustris var. fo. ssp.
98	50	10	500000	Ankistrodesmus setigerus var. fo. ssp.

9. ábra. Víz minta

A vízminták adatainak megtekintésére, módosítására, törlésére használható (9.ábra). A vízminták adatait feltölteni Excel táblázatból lehet (Tableimport menüpont), ezen az űrlapon a szerzőkód (Author), dátum (Date), helykód (Location code), publikációs adatok (Publication), habitát, és jegyzetek (Notes) szerkesztése lehetséges.

Minta tulajdonságainak módosítása:

A ◀ ▶ nyilakkal megkeressük az adott mintát. A szerkesztés indítása: ▲

A gombbal kell a módosításokat érvényesíteni

A jellel a minta törölhető, ellenőrző kérdés után a mintához tartozó számolási adatsorokat kaszkádoltan törli. Az alsó „delete rows”, „insert rows” gombokkal lehet számolási adatokat a mintából eltávolítani vagy hozzáadni.

New/Tableimport:

The screenshot shows a software window titled "Data import from Excel sheets". It contains several input fields and buttons. On the left, there are "OK" and "Cancel" buttons. The main area has "Code of co-ordinates" (1616), "Code of author" (1), and "Date" (1966.08.11.). There are also "Species" and "Sample" buttons. A "Date in the grid" section has checkboxes for "Name of species", "Genus", "Taxon", "var.", "fo.", and "ssp.". Other options include "Phylum", "Taxon2", "Notes", "Functional g.", "Code for OMNIDIA", "Colony", and "Estimated cell volume". A "mikrog/L" and "mikrom3" checkbox is also present. Below these is an "Imported data" table with columns: Genus, Taxa, Var., Fo., Ssp., i/l. At the bottom are buttons for "Into database", "Delete row", "Delete grid", and "Back".

10. ábra. Adatbevitel Excel táblázatból

A fenti űrlap az adatbázis adatfelviteli modulja (10. ábra). Lehetőség van Excel táblázatból a vízminta mennyiségi adatsorainak felvitelére, vagy a fajlista bővítésére. Új Excel táblázatnál érdemes a fajbeviteli modult futtatni. Ez megvizsgálja, hogy adott faj megtalálható-e az adatbázisban. Ezáltal alkalmas a helyesírási hibák kiszűrésére, illetve az adatbázisban még valóban nem található fajokat importálhatjuk. A táblázatban a hibás fajnevek kijavíthatók, és csak a ténylegesen hiányzó fajokat kell az adatbázisba feltölteni. A fajlista javítását követi a vízminta adatsorainak felvitele. Meg kell adni a mintavételi helyet. Ebben a „code of co-ordinates” felirat melletti [...] gombra kattintva a helyválasztó űrlap segít. Kötelező megadni az adatközlő (author) kódját, és a mintavételi dátumot is. A következő három, checkboxokat tartalmazó blokkban kiválaszthatjuk, hogy milyen adatokat tartalmaz az Excel táblázat (kolóniatérfogat – μm^3 , egyedszám - ind L^{-1} , biomassza mg m^{-3}). A „Sample” gomb indítja az adatfelvitelt. Először be kell jelölni az egyes mezők helyét az Excel táblázatban. Az adott mezőt tartalmazó oszlop első adatsorát kell a táblázatban aktuálissá tenni (vastagon bekeretezve), és a „Tableimport” űrlapon az „OK”-ra kattintva érvényesíteni. Ha az összes mezőt kijelöltük, az adatok betöltődnek az űrlap alsó részén található táblázatba. Itt az adatsorok ellenőrizhetők, törölhetők, javíthatók, majd az „Into database” gombbal az adatbázisba tölthetők. Az adatbázisba

töltésnél az adatbázisban eddig nem létező fajnevek besorolatlanként tárolódnak, a későbbiekben nem lesznek láthatóak a florisztikai adatok között, de az összbiomassza és az ökológiai állapotindex számításnál figyelembe veszi ezeket is a program. Az adatbevitelnél az ismeretlen fajok funkcionális csoportja kitölthető (nem kötelezően).

A fajlista bővítése:

Válasszuk a „New/Tableimport” menüpontot.

Nyissuk meg az Excel táblázatot, amiből a fajlistát importáljuk.

Követelmény, hogy külön cellában legyenek a nemzetség, faj, változat, forma alfaj nevek - ha nincsenek külön cellában, akkor egy előzetesen már elkészített segédprogram (Cutter) segítségével ezt a helyzetet előállíthatjuk.

Az űrlapon be kell állítani, hogy milyen adatokat töltünk fel. (Csak név, vagy rendszertani kategóriák is)

„Species” gombbal választhatjuk ezt a lehetőséget.

Ezután a kéredezett rovatok első adatcellájára kell kattintani, majd az „OK” gombra

A program az Excel táblázatból azokat fajokat, amelyek az adatbázisból eddig hiányoztak, az űrlapon található táblázatba beolvassa.

A táblázat egésze, vagy bizonyos sorai ekkor még törölhetők.

Az „into database” feliratú gomb hatására az adatok a táblázatból bekerülnek az adatbázisba. A művelet, a végén az ellenőrző kérdésnél visszavonható, vagy utólag a faj űrlapon a hibás adatok törölhetők, módosíthatók.

Új minta felvitele:

Válasszuk a „New/Tableimport” menüpontot

Nyissuk meg az Excel táblázatot, amiből a vízmintát számolási adatait fel akarjuk tölteni.

Követelmény, hogy külön-külön oszlopokban legyenek a nemzetség, faj, változat, forma, egyedszám, térfogat, biomassza stb. adatok. Az űrlapon a megfelelő jelölőnégyzettel be kell állítani, hogy milyen adatokat fogunk importálni (egyedszám, biomassza, térfogat). A minta helykódját, a dátumot, és az adatközlőt kötelező megadni, üres mezőkkel nem lép tovább a program. A vízminta további adatainak megadása (publikáció, megjegyzés) nem kötelező.

Kiválasztani a „Samples” gombot.

A program rákérdez az adatok helyére. Az Excel táblázatban a megfelelő adatoszlop első sorának celláját kell kiválasztani, ezután az „OK” gombra kattintani. Az összes adathely bekérése után a megfelelő adatokat beolvassa egy rácsba, innen az „Into database” gombbal lehet az adatokat az adatbázisba feltölteni.

Az adatbeolvasás az Excel táblázatból az első üres sorig történik. Az adatrész alatt az Excel táblázatban két üres sort kell hagyni.

Az adatbázis automatikus adat kiegészítést végez! Ha a harmadik blokkban található három mennyiségi adatból kettő jelen van, akkor a harmadikat kiszámolja, sőt ha csak egyedszám vagy biomassa adatot közlünk, a fajlistában található becsült térfogat alapján is megpróbálja a hiányzó adatokat kiegészíteni. Az adatbázis rögzíti, hogy eredeti, vagy becsült adatok tárolt el. Követelmény, hogy az egyedszám (Ind L⁻¹) adat egész szám legyen.

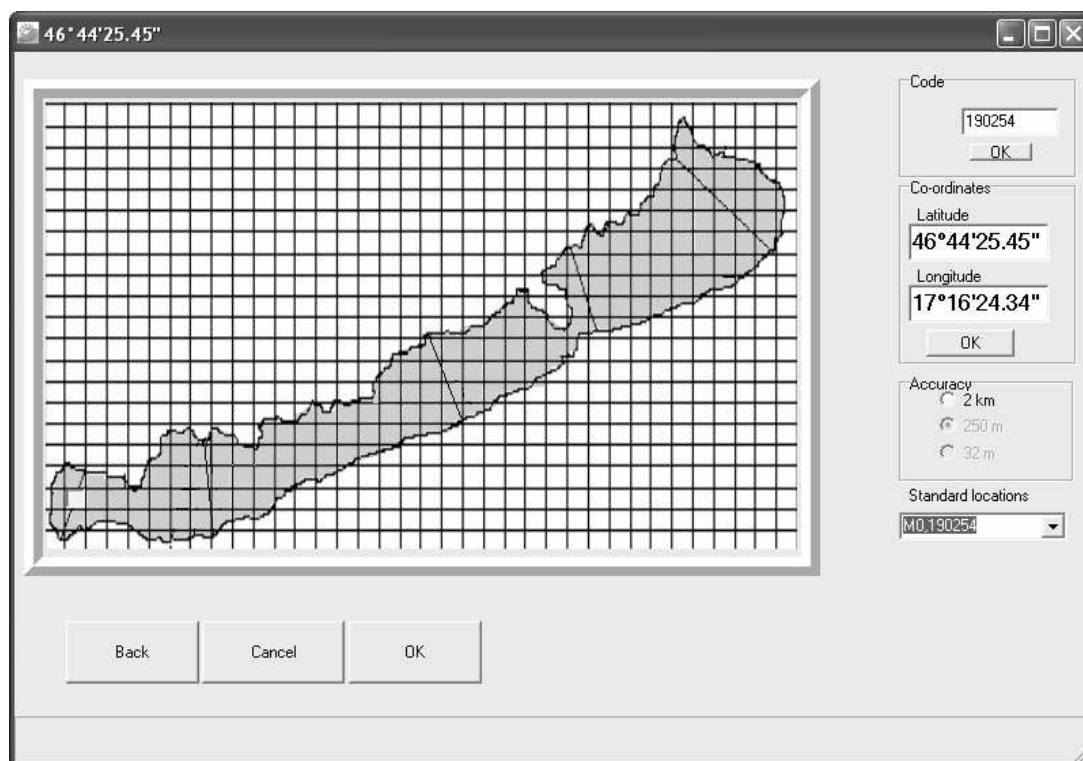
New/Species

11. ábra. Fajlista

Az űrlap (11. ábra) a fajlista áttekintésére, módosítására, bővítésére szolgál.

A fajok között a ◀ ▶ gombokkal lehet haladni, a neveket rendszertani csoportosításban, ABC rendben, vagy az eredeti felvitel sorrendjében lehet megtekinteni. Az adatok a kód kivételével átírhatók. A változást a gombbal lehet érvényesíteni, a gombbal lehet figyelmen kívül hagyni. A fajlistát nemcsak a fentiekben leírt „Tableimport” menüben, hanem ezen az űrlapon is bővíthetjük. A jellel lehet új adatsort felvinni, a jellel lehet törölni, az adatsor szerkesztését a gombbal lehet kezdeményezni. Az „Insert Synonyms” gomb megnyomására a szinonimákat grafikusán kezelő űrlap jelenik meg.

New/Location



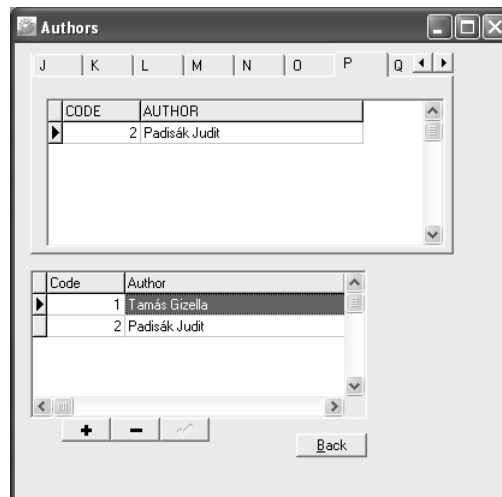
12. ábra. Mintavételi hely

Az úrlapon (12. ábra) megadható a mintavétel helye egy maximum 10 karakter hosszú helykód formájában. A helykód hossza a helymeghatározás pontosságára is utal. A négyjegyű kód 2 km-es pontosságot, a 6 jegyű 250 m pontosságot, a 8 jegyű 32 m pontosságot, a 10 jegyű pedig 6m pontosságot takar. A helykód lényegében a térképnek mátrixként a sor és oszlopindexeit tartalmazza. A hely a térképről szimpla kattintással is kiválasztható, ekkor 2 km-es pontosság érhető el. Ennél pontosabb helymeghatározás GPS koordináták megadásával lehetséges. A megfelelő rovatba felvitt koordinátát helykóddá alakítja. A standard mérőpontok egy legördülő listából kiválaszthatók. Új standard pontok feltöltése:

- A hely kiválasztása a térképről, vagy koordináta megadással, „OK”.
- A „Standard locations” beviteli mezőbe az új pont nevének beírása, enter

A standard pont a „stdlocations.txt” file-ban tárolódik. A kezelőfelületnek ez a verziója ennek módosításával még nem foglalkozik, a file megnyitás után közvetlenül szerkeszthető.

New/Authors:



13. ábra. Adatközlő

Az űrlap (13. ábra) feladata az adatszolgáltatók megtekintése és aktualizálása. Csak az adatbázisba felvett adatszolgáltatót lehet megadni minta felvitelénél. Az alsó blokk az összes szerzőt tartalmazza, a felső rész lehetőséget ad ABC szerinti keresésre.

Új adatszolgáltató felvitele:

A gombra kattintani, és az „author” mezőbe a nevet beírni. A változásokat a gombbal lehet érvényesíteni.

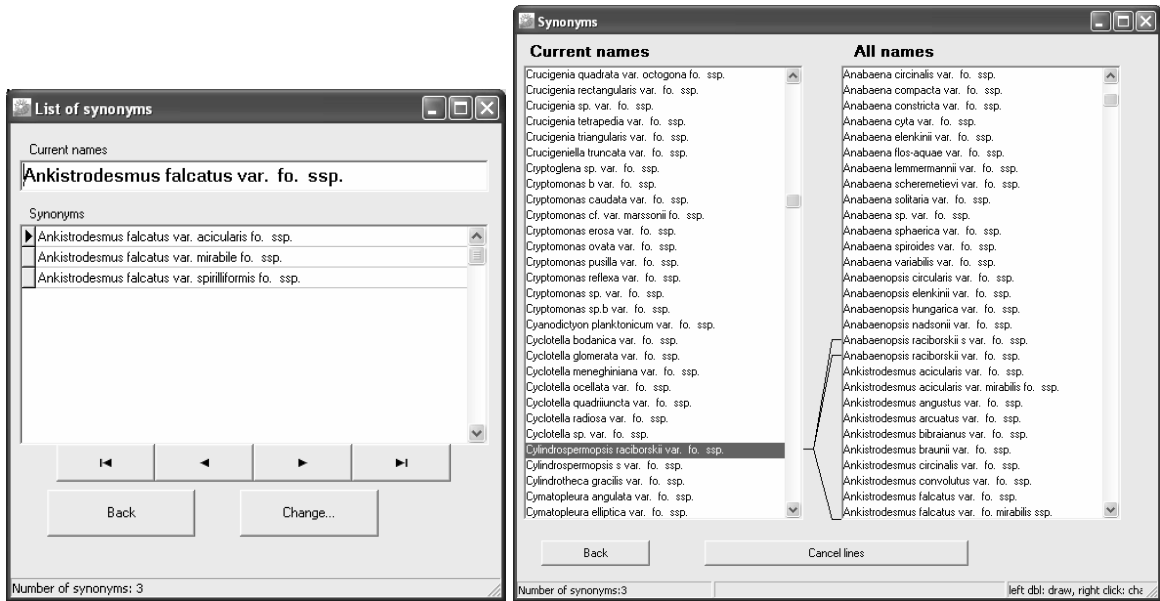
Adatszolgáltató kiválasztása:

Az alsó táblázat teljes listájából a megfelelő adat kiválasztása, vagy a felső táblázatból a megfelelő kezdőbetűű fülsorának kiválasztása után az adott név kijelölése, „Back” gombra kattintás.

Adatszolgáltató törlése:

A megfelelő rekord kiválasztása az alsó táblázatból. A gombra kattintás.



New/Synonyms:





14. ábra. A szinonim fajnevek listája és grafikus megjelenítése.

Két űrlap foglalkozik a szinonim nevek kezelésével (14. ábra). Az egyik listaszerűen jeleníti meg az egy fajnévhez tartozó szinonim neveket, a másik grafikusan mutatja be a fajlistán belüli kapcsolatokat. Az első képernyőképen a szinonimák listázása látható. Ha módosítani szeretnénk, akkor a „change” gombra kattintva tűnik fel a második űrlap. Itt egy adott faj szinonimáit megtekinthetjük a bal oldali lista bármelyik tagjára duplán kattintva.

Szinonimák listázása:

A „New/Synonyms” űrlapon a   A gombra kattintva lehet az aktuális neveket rekordonként ABC sorrendben bejárni. Alatta táblázatosan láthatók az adatbázisban levő szinonim nevek.

  A gombra kattintva névsor szerint az első, vagy az utolsó aktuális név szinonimáit láthatjuk.

Szinonimák hozzáadása az adatbázishoz:

Csak létező fajnevekhez adhatunk szinonim neveket, és csak az adatbázisban már létező nevek lehetnek szinonim nevek.

A faj hozzáadása a „New/Species” menüpontban.

„New/Synonym” menüpont kiválasztása.

„Change” gombra kattintás

A bal oldali oszlopban megkeressük azt a nevet ami az érvényes név, a jobb oldalon megkeressük a szinonim nevet, és a kettőt egérvonszolással összekötjük. Az „OK” gomb érvényesíti a változást.

Szinonimák grafikus megjelenítése:

A „New/Synonym” menüpont kiválasztása, „Change” feliratú gomb, dupla kattintás a bal oldali lista megfelelő során, és az adott fajhoz tartozó szinonim nevek grafikusan össze lesznek kötve.

A szinonimacsoport érvényes nevének megváltoztatása:

1. Jobb egérgombbal kattintás azon a jobb oldali néven, amit jelenleg érvényes névnek szeretnénk kijelölni.

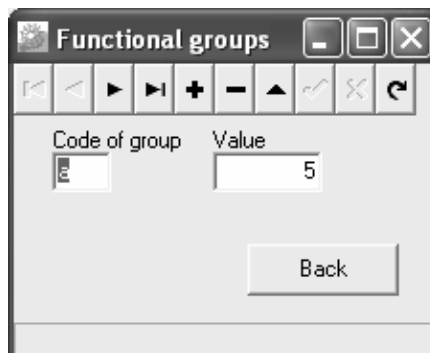
2. Az „OK” gombbal lehet érvényesíteni az érvényes név cseréjét

Törlés a szinonim nevek közül:

A jobb oldali oszlopban levő névre duplán kattintva lehet a szinonimák közül egy fajnevet kivenni. Ez természetesen nem jár a faj törlésével, és érvényesítő kérdést is feltesz a program a művelet elvégzése előtt.

New/Factor:

Ebben a menüpontban (15. ábra) lehetőségünk van áttekinteni, és megadni a funkcionális csoportokat, és a hozzájuk tartozó súlyfaktort. Az úrlapon a funkcionális csoport kódja és a hozzá tartozó súlyfaktor változtatható, aminek az ökológiai állapotindex számításban van jelentősége.



15. ábra. Funkcionális csoportok faktorértékének beállítása.

Samples/Samples:

Az adatbázisban tárolt vízminta adatokat lehet áttekinteni, ill. módosítani. Lásd New/Samples.

Samples/Change:

MKOD	KOZLOKOD	IDOPONT	HELYKOD	PUBLIKALAS
1911	1	1966.06.15	0431	Annal. Biol. Tihany
1915	1	1966.07.15	0431	Annal. Biol. Tihany
1921	1	1966.08.15	0431	Annal. Biol. Tihany
1926	1	1966.09.15	0431	Annal. Biol. Tihany
1932	1	1966.10.15	0431	Annal. Biol. Tihany
1937	1	1966.11.15	0431	Annal. Biol. Tihany
2018	1	1967.04.15	0431	Annal. Biol. Tihany
2023	1	1967.05.15	0431	Annal. Biol. Tihany
2028	1	1967.06.15	0431	Annal. Biol. Tihany
2033	1	1967.07.15	0431	Annal. Biol. Tihany
2038	1	1967.08.15	0431	Annal. Biol. Tihany
2043	1	1967.09.15	0431	Annal. Biol. Tihany
2048	1	1967.10.15	0431	Annal. Biol. Tihany
2053	1	1967.11.15	0431	Annal. Biol. Tihany
2289	1	1974.03.28	0431	Annal. Biol. Tihany 1975.
2296	1	1974.04.25	0431	Annal. Biol. Tihany 1975.

16. ábra: Vízminták listázása, módosítása

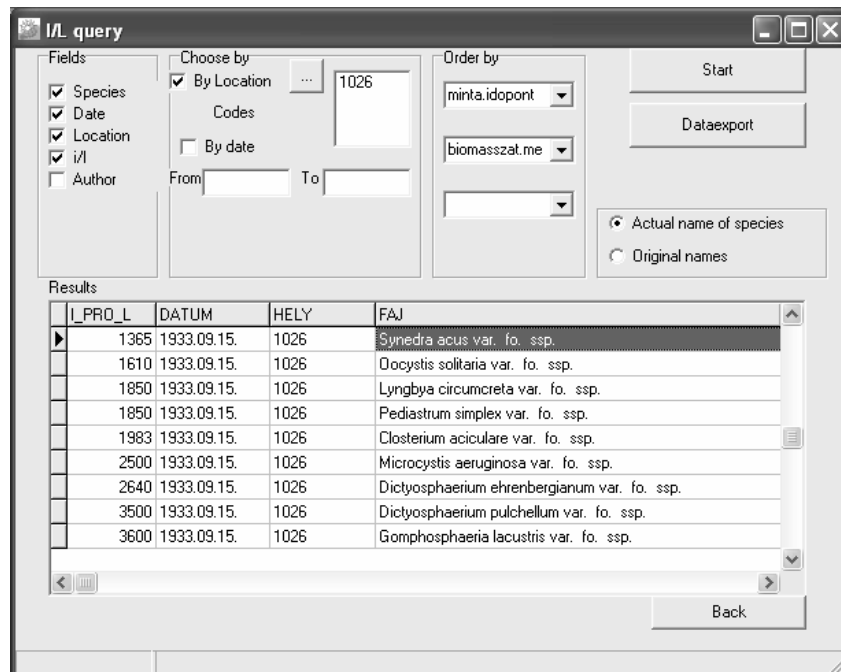
Az űrlap (16. ábra) segítséget nyújt a vízminták adatainak táblázatszerű áttekintéséhez. Kilistázhatjuk az összes adatot, de választhatunk is hely vagy időpont szerint. A kiválasztott vízminták kódja a jobb oldali listába kerül. A kiválasztott vízmintáknál a biomassa-egyedszám konverzió újra számolható, vagy az ökológiai állapotindex is lekérhető („Water quality/Quality”).

Flora/i/l:

Űrlap (17. ábra) segítségével listázhatjuk az egyedszám adatokat különböző szempontok szerinti leválogatással.

A „Fields” csoportban kijelölhetjük, hogy milyen adatok jelenjenek meg a listában, a második („choose by”) blokkban tudjuk megadni a választás szempontjait. A jelenlegi verzióban koordinátával, vagy helykóddal a mintavételi helyet, vagy dátum szerint lehet válogatni. A taxonómia szerinti lekérdezés a későbbi verziókban várható. A harmadik („order by”) blokkban kiválaszthatjuk az adatok sorba rendezésének a szempontjait. Három szempont szerint lehet rendezni az adatsorokat. Az űrlap jobb oldalán található rádiógombokkal („Actual name of species”, „Original names”) megadható, hogy a statisztikai feldolgozáshoz alkalmasabb jelenleg érvényes fajnevekkel listázunk, vagy az eredeti közleményben szereplő fajneveket szeretnénk használni. A „Start” gombra kattintva fut le a lekérdezés, és jelenik meg az űrlap alsó részén látható táblázat. A „Dataexport” feliratú gomb hatására az adatokat a program egy Excel táblázatba

exportálja. Az adatátvitel végén a táblázatot automatikusan megformázza. Ez a programrész csak akkor működik, ha a számítógépre telepítve van az legalább az Excel 97, vagy ennél frissebb verziója.



17. ábra. Mennyiségi adatok lekérdezése

Water quality/Factor: Lásd New/Factor

Water quality/Quality:

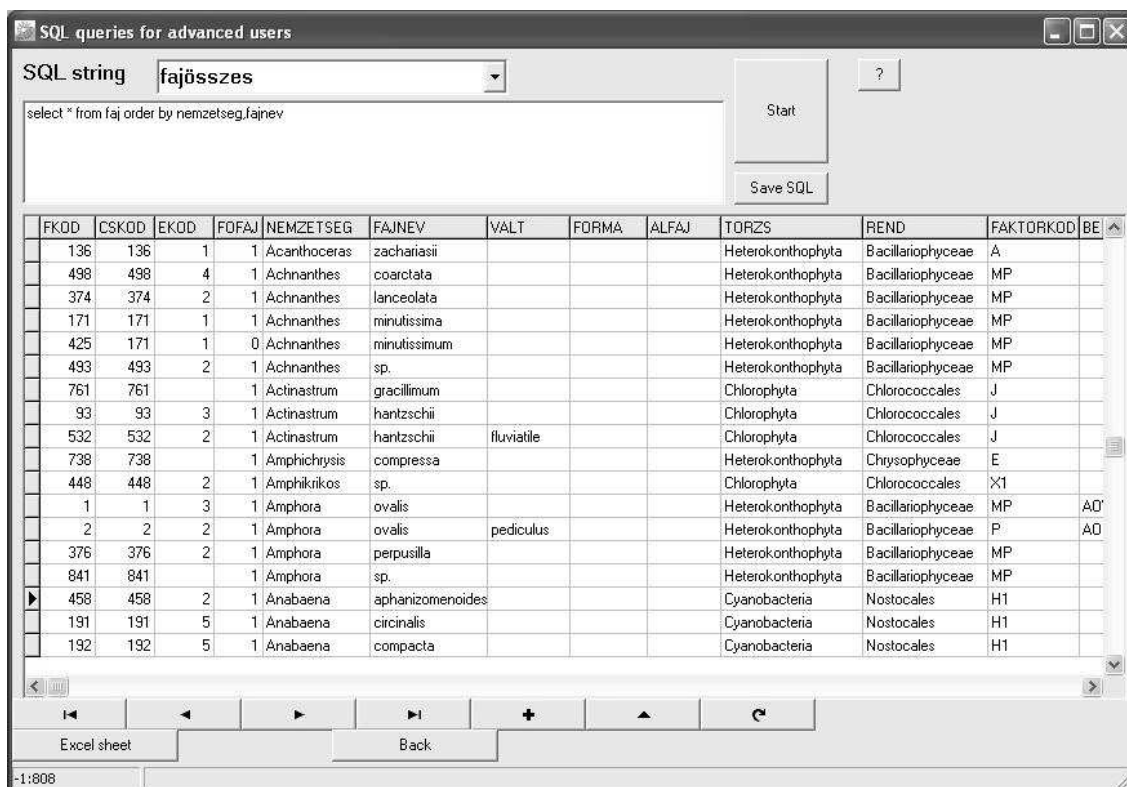
	Sample code	Location	Date	Q	RecNo
1	7	190254	1965.07.01.	4.56950235366821	34
2	12	190254	1965.08.01.	4.9732494354248	45

18. ábra. Ökológiai állapotindex

A vízminőség űrlapon (18. ábra) a kért vízmintákból számolt ökológiai állapotindexet lehet megjeleníteni. A „select samples” feliratú gomb megnyomására megjelenő űrlapon lehet a vízmintákat kijelölni, a start gomb hatására kerül az eredmény az űrlap táblázatába, ahonnan kinyomtatható, vagy Excel táblába exportálható.

Advanced /SQL

Az adatbázis tudományos igényű felhasználásához leggyakrabban felhasznált párbeszédpanel (19. ábra). Az SQL 92 lekérdező nyelv ismeretében tetszőleges szempont szerint lehet az adatokat leválogatni, módosítani, esetleg törölni. Az „SQL string” feliratú üres mezőbe írhatjuk a lekérdezés parancsát, ami a „start” gomb megnyomására hajtódik végre. A sikeres parancs elmenthető a „save SQL” gombra kattintva, és legördülő listából a mentett parancsok később újra kiválaszthatók és végrehajthatók.



19. ábra: Egyéni SQL lekérdezések

A szokásos műveleteken túl egyedi SQL lekérdezések segítségével is kezelhető az adatbázis

Vízmintha mennyiségi adatainak lekérdezése:

```
SELECT Florisztika.Fkod as Code, Biomasszat.mennyiseg as i_per_l,
Biomasszat.Terfogat as mikron_3, Biomasszat.Biomassza as Biomass,
Fajnevek.Fajnev as Species from FFlorisztika, Biomasszat, Fajnevek where
Florisztika.Tkod=Biomasszat.Tkod and Fajnevek.Fkod=Florisztika.Fkod and
Mkod=:mkod
```

Vízmintha adatainak törlése:

```
DELETE FROM BIOMASSZAT WHERE BIOMASSZAT.TKOD IN(SELECT
Florisztika.tkod From Florisztika WHERE Florisztika.Mkod=:mkod)
```

Egyedszám lekérdezés; a szinonim fajnevek közül a jelenleg használatosat listázza:

```
SELECT Biomasszat.mennyiseg as i_per_l, Fajnevek.Fajnev,
MINTA.HELYKOD,MINTA.IDOPONT from VFlorisztika, Biomasszat,Fajnevek,MINTA
where VFlorisztika.Tkod=Biomasszat.Tkod and
Fajnevek.Fkod=VFlorisztika.CSkod and MINTA.Mkod=VFLORISZTIKA.MKOD AND
MINTA.MKOD IN (....)
```

Ilyen módon történt az algafajok átlagos térfogatának lekérdezése, amely adatok szükségesek voltak a biotomassza becslésnél. Egy másik vizsgálatban a Desmidiales rendbe tartozó algafajok átlagos havonkénti biotomasszáját kérdeztük le. Az egyedi lekérdezések használhatóságát három esettanulmányban mutatom be.

Help: Magyar nyelvű segítséget, és névjegy ablakot tartalmaz.

4. EREDMÉNYEK ÉS MEGBESZÉLÉSÜK

4.1. Adatfeltöltés eredményei:

4.1.1. Adatok eredete

Az adatfeltöltést az adatgyűjtés, és digitalizálás előzte meg. Az első mennyiségi fitoplankton adatok az 1930-as évekből származnak (Entz et al., 1937), további adatsorok jelentek meg táblázatos formában, nyomtatásban az 1970-es évek végéig (Tamás, 1955, 1965, 1967, 1969, 1972, 1974, 1975; Sebestyén, 1960; Herodek & Tamás, 1973, 1975; G. –Tóth & Padisák 1978). Ezeket a nyomtatott táblázatokat Excel táblázatba digitalizáltuk. Ezekből töltöttem fel az adatbázist. A legkorábbi számolásokat előzetesen ülepített mintákon Kolkwitz-kamrához hasonló kamrában végezték. Az első mennyiségi fitoplankton vizsgálatok sejtszám meghatározásra szorítkoztak, majd kibővítették ezeket a fajra jellemző sejt-, kolónia-, vagy fonaltérfogat és a biomassza becslésével. Az Utermöhl (1936, 1958) által kidolgozott fordított mikroszkópos számolási módszerre az 1940-es évek mintáinál tértek át. Nagyjából ugyanebben az időszakban kezdődött el a volumetrikus alapon történő biomassza becslés is.

Az adatok egy része (1985-1990, 1998-2003) a Közép Dunántúli Vízügyi Igazgatóság és a Közép Dunántúli Környezetvédelmi Felügyelőség jegyzőkönyveiből származik. Ezekhez már digitalizált formában jutottam hozzá. A Limnológia Tanszék saját jegyzőkönyvi adatait is felhasználtuk (1987-2006). A mintavétel gyakorisága a napi és a havonkénti között változott. Az adatsorok a nyugati medence (Keszthely) 40 éves intervallumából 27 évet ölelnek fel, míg a tihanyi adatsorok az elmúlt 60 évből 30 év adatait tartalmazzák. A többi keresztmetszelyből nagyjából az 1990-es évek óta vannak rendszeres adatsoraink.

4.1.2. Az ALMOBAL 1.0 fitoplankton adatbázis jellemzői

Az elkészült tervek alapján létrehoztam az ALMOBAL 1.0 balatoni fitoplankton adatbázist és az adatfeltöltést is elvégeztem a Balaton 1933-2006-ig tartó időszakát reprezentáló adatsorokkal (Hajnal & Padisák, 2006a és b). A létrehozott adatbázis más tavakra is kiválóan alkalmazható. A Stechlin-tó 1994-2006 adatsoraiból, és a Fertő tó

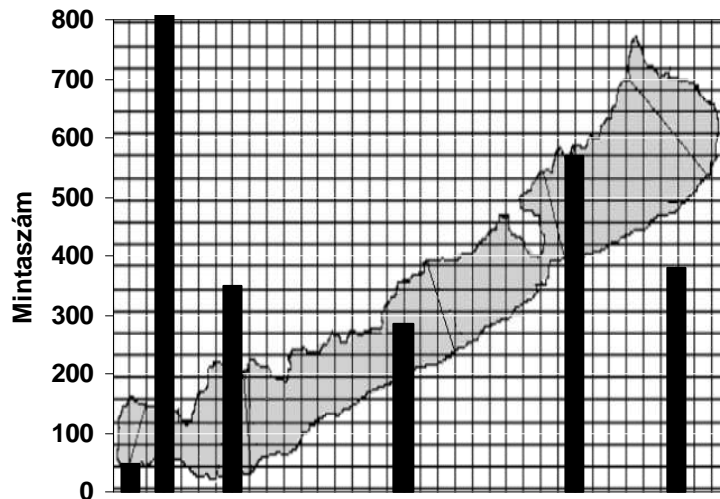
1968-1994 adatsoraiból elkészült az ALMOL adatbázis, és folyamatban van további tavakra történő bővítése.

Az adatfeltöltés eredményeképpen az adatbázis jelenleg 825 faj alapadatait (név, rendszertani besorolás, funkcionális csoport kód, szinonim nevek, átlagos térfogat, kolóniaméret stb.) tartalmazza. A rendszertani besorolást Kiss (1998) munkája alapján állapítottam meg. A rendszertani besorolás jelenleg nem egységes. Fajonként két rendszertani kategória, jellemzően a törzs ill. divízió, és rend adatai találhatóak meg benne, kivéve a Cryptophyta, Dinophyta, Euglenophyta divíziót ahol, a második rendszertani kategória üres, és a Heterokontophyta divíziót, amelynél szükséges volt az osztály megadása. A későbbi verziókban érdemes lesz a részletesebb rendszertani besorolást megoldani, mert ez lehetővé teszi a részletesebb, rendszertani alapon történő lekérdezést. A kolóniaméretet (sejtszám) a számolási jegyzőkönyvek vagy szakirodalmi adatok (Ács et al., 2004; Komárek és Fott, 1983.) alapján adtuk meg. Fonalas fajoknál ez a mező üresen maradt. A jellemző fajtérfogatok több forrásból származnak. Az adatbázisban az algaszámlálási adatokhoz hasonlóan jelöltük a térfogat adatok eredetét is. Forrásként felhasználtuk az irodalomban (Tamás, 1955) megadott térfogat adatokat, továbbá az adatbázisból is kalkuláltunk térfogat adatokat olyan módon, hogy a lekérdezhető gyakoribb fajok adatait átlagoltuk, azokból az adatrekordokból, amelyek a számoláskor becsült térfogat értékeket tartalmazták. A rendelkezésre álló térfogatadatok alapján az átlagos térfogatok 10 év alatt nem változtak meg szignifikánsan. A ritka fajok térfogatait az irodalomban fellelhető (Komárek és Fott, 1983) lineáris méretadatokról becsültük. Mivel a térfogat adatok becslése könnyen nagyságrendi hibával járhat, ezért indokolt volt ellenőrizni, hogy becsléseink mennyire tükrözik a valós helyzetet. Ehhez olyan vízmintáknak az egyedszám adatait használtam fel, amelyekre vonatkozó összbiomassza adatok a szakirodalomban megtalálhatók. (G-Tóth & Padisák 1978, Vörös 1980, Tamás 1967, 1974). A publikált adattáblázatok egyedszám adataiból biomasszát becsültem, és összbiomasszát számoltam. Ezt a közölt adatokkal összevetve ellenőriztem a becslés helyességét (2. melléklet).

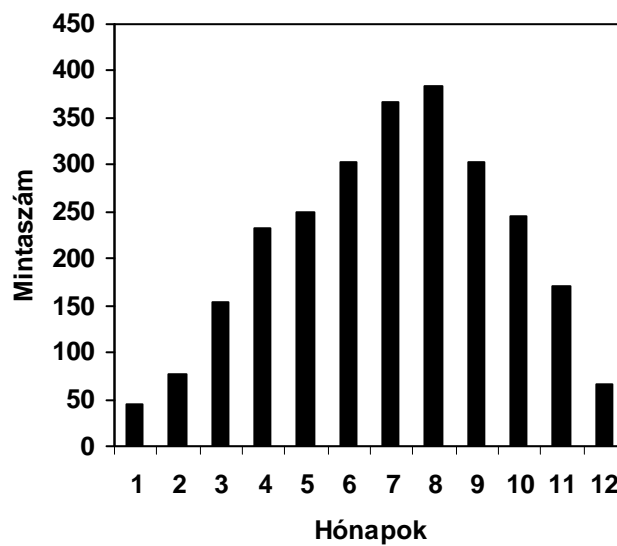
A fitoplankton minták feltöltése előtt az adatbázis helykódjait a GPS koordinátákhoz kellett kalibrálni, amihez balatoni mólók GPS koordinátáit használtam fel (<http://hajok.freeweb.hu/h0kikotok.htm>).

A tárolt vízminták száma 2788, melyek a tó 5 keresztmetszelyéből és a Zala-folyó torkolatából származnak. A vízminták megoszlása a következő: Történeti adat (1933-1970) a BLKI évkönyvei alapján 212 vízminta; a Pannon Egyetem jegyzőkönyvei (1987-2006)

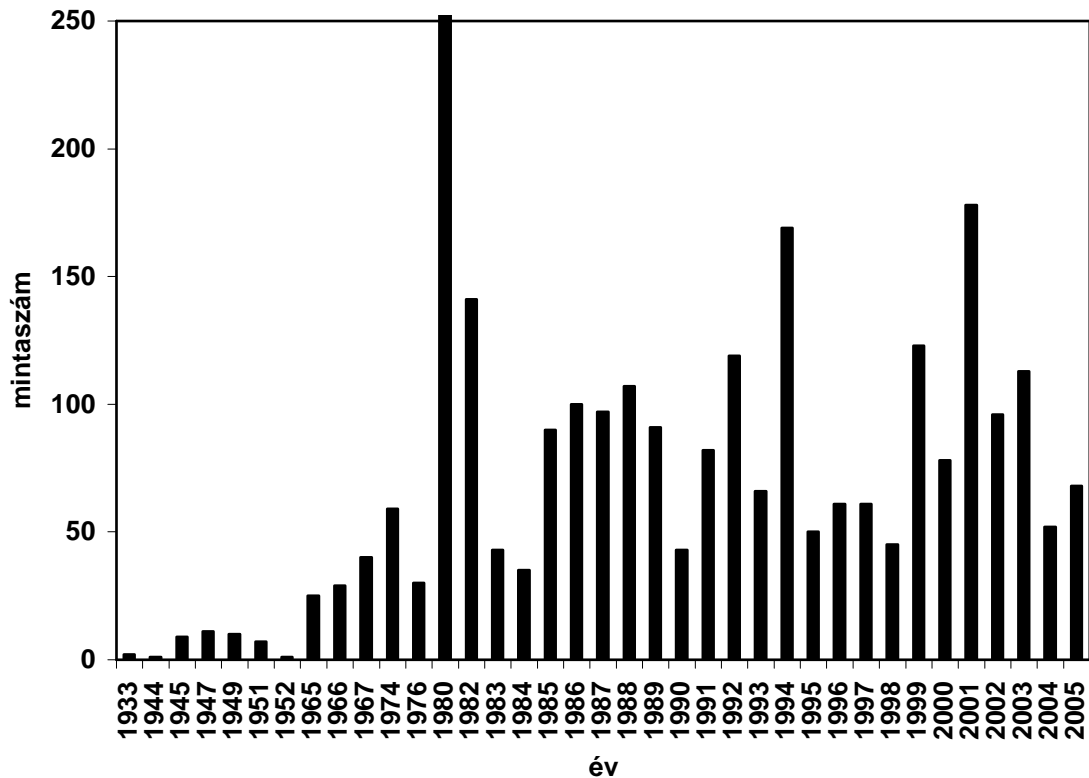
1336 vízmintát tartalmaznak; a Dunántúli Környezetvédelmi Felügyelőség 933 vízminta, és a Dunántúli Vízügyi Igazgatóság 307 vízminta jegyzőkönyvét bocsátotta a rendelkezésünkre. Az adatbázisban található vízminták idő, és térbeli eloszlását a 20., 21., 22. ábra mutatja be.



20. ábra: A Balaton standard mintavételi helyeiről származó vízminták száma



21. ábra: A vízminták számának havonkénti megoszlása



22. ábra: A vízminták évek szerinti megoszlása

Az ALMOBAL adatbázisban található mennyiségi adatsorok száma jelenleg 77 179.

4.1.3. Az ALMOL adatbázis jellemzői

A balatoni adatbázis szoftver megoldásait alkalmazva készítettem el az ALMOL adatbázist, amely több európai tó fitoplankton adatait tartalmazza. A fajlistát az ALMOBAL adatbázisból vettem át, utólag módosítottam, bővítettem. A Stechlin-tó 416 vízmintájának 15 985 adatsora az 1993-2006 évekből és a Fertő tó nyílt vizének 1479 vízmintájából az 1968-1993 közötti időszakból 28 097 adatsora van a PE Limnológia Tanszékének birtokában. Az adatbázis jelenleg ezeket tartalmazza, de a továbbfejlesztésnél a szicíliai Arancio víztározó, a svédországi Erken-tó, az ausztriai Alte Donau és Mondsee-tó, az észtországi Vörtsjärv-tó és az izraeli Genázareti-tó adataival is bővítem. Az ilyen módon több tóra kiterjesztett adatbázis lehetőséget ad a tavak közötti összehasonlító ökológiai tanulmányok készítésére (lásd. Esettanulmány III.).

4.2. A Balaton ökológiai állapotának hosszú távú változásai és a Q ökológiai állapotindex használhatósága a trofitás becslésére – Esettanulmány I

4.2.1. Bevezetés

A tavak vízgyűjtőiről származó tápanyagok eutrofizálódáshoz vezetnek, és megfordítva, a tápanyagterhelés csökkentése előbb vagy utóbb a tó trofitásának csökkenését vonja maga után. Ez a jelenség a Balatonnál is bekövetkezett. Sebestyén (Sebestyén, 1958a, 1958b, 1962) már az 1960-as évektől kezdve jelezte a fokozódó eutrofizálódást, ami a 70-es évekre minden szakember számára nyilvánvalóvá vált. Ennek során a Balaton összes foszfor (TP) terhelése jelentősen növekedett. A nyugati medence átlagos TP terhelése $2,47 \text{ g m}^{-2} \text{ év}^{-1}$, a keleti medencéjé $0,31 \text{ g m}^{-2} \text{ év}^{-1}$ volt az 1975-1981 közötti időszakban (Somlyódi & Jolánkai, 1986). Az 1980-as évek kezdetén nagyszabású intézkedéscsomagot vezettek be az eutrofizálódás visszaszorítására. Ez magában foglalta a pontszerű szennyezések csökkentését, a Kis-Balaton vízvédelmi rendszer első ütemének beindítását, a szennyvíztisztítás hatékonyságának növelését, a keleti medence terhelésének csökkentését. Az intézkedések hatására a külső TP terhelés jelentősen (~45%-kal), a N terhelés ennél kisebb mértékben csökkent (Pomogyi, 1993). A Balaton megváltozott tápanyagterhelése a fitoplankton jelentős mennyiségi és minőségi változását idézte elő. A csökkenő külső terhelés hatására végül az 1990-es évek második felétől valóban jelentősen csökkent a tó trofitása. A Balaton eutrofizálódásának és rekonstrukciójának részletes vizsgálata mind alapkutatási mind alkalmazott kutatási szempontból igen fontos. A VKI szerint a fitoplankton az egyik élőlény csoport, amely a tó ökológiai állapotát jelzi. Az ökológiai állapotindex (Q, Padisák et al., 2006a) egy olyan jellemző, amely alkalmas lehet a tó trofitási szintjének becslésére. Kérdés, hogy az állapotindex a történeti fitoplankton adatok alapján milyen értéket vett fel. Továbbá fontos elemezni, hogy alkalmas-e ez az index a VKI szempontjai szerinti állapotbecslésre, és ki lehet-e jelölni ezen index szempontjából egy referencia állapotot. Ezekre a kérdésekre a választ a hosszú távú fitoplankton adatsorok elemzése (ökológiai állapotindex, összbiomassza, társulásösszetétel szerint) adja meg.

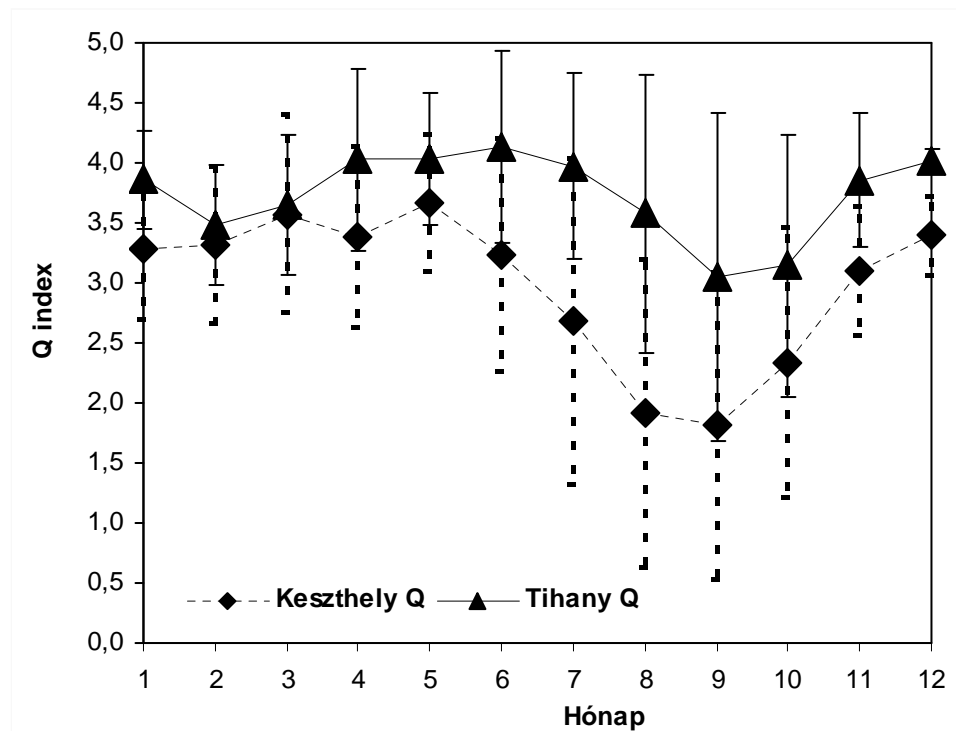
4.2.2. Anyag és módszer

A fajspecifikus biomassa adatokat funkcionális csoportok szerint csoportosítottam (Reynolds et al., 2002; Padisák et al., 2003a, 2006a). Az elemzésben két régióra összpontosítottam, az egyik a Balaton nyugati medencéje (továbbiakban Keszthely), a másik a keleti medence (továbbiakban Tihany) standard mintavételi helye. A tanulmányhoz mindegyik mintavételi ponton az egyes funkcionális csoportok havonkénti átlagos biomasszáját számoltam ki, ezáltal lehetett csökkenteni a hosszú távú elemzéseknél az évenkénti mintaszám szórásából származó bizonytalanságot. A klaszter analízishez az egyes funkcionális csoportok átlagos augusztusi és szeptemberi biomasszáját használtam fel. Az elemzést a SynTax III programcsomag segítségével (Podani, 1988) végeztem, euklideszi távolságot számoltam és a klaszterezéshez UPGMA algoritmust alkalmaztam.

4.2.3. Eredmények és megbeszélésük

4.2.3.1. Társulás szerkezet évszakos változásai

A balatoni Q index havi átlagai (23. ábra) a következőket tükrözik: a keleti medence ökológiai állapota átlagosan 0,5-1 egységgel jobb, mint a nyugati medencéé. Ez a tápanyagterhelés különbségeivel magyarázható. A két medence közötti Q index különbség a hidegebb téli hónapokban átlagosan kisebb. A részletesebb elemzés azt mutatta, hogy van társulás szerkezeti különbség a két medence fitoplanktonja között a téli hónapokban is, de a funkcionális csoportok hasonló faktor értékei elfedik a különbséget. A téli fitoplanktonban nagyjából egységesen a kisméretű ostoros alakok a dominánsak, ahogy ezt már más tavakban is megfigyelték (Salmaso & Padisák, 2007). A téli mintavételek ritkasága, ami többnyire az instabil jégborítás következménye, a téli adatsorok elemzéséből levont következtetések megbízhatóságát csökkenti.



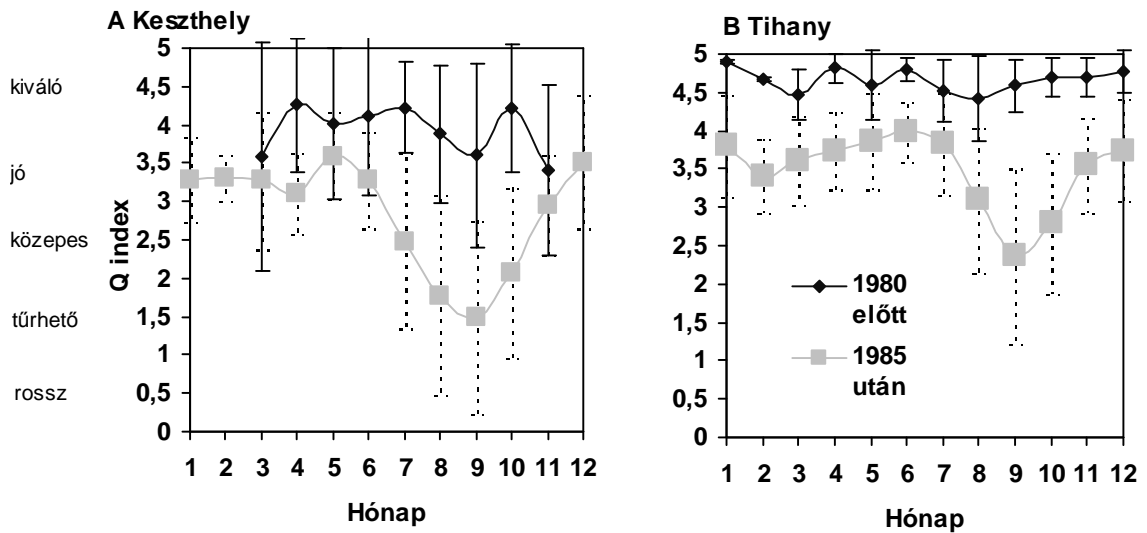
23. ábra: Az ökológiai állapotindex (Q) havonkénti megoszlása a Balaton keleti, és nyugati medencéjében az ALMOBAL adatbázis teljes adatsora alapján.

A nagyobb relatív különbség a két helyszín között áprilisban jelentkezik, amelynek oka a tavasszal jelentkező diatóma biomassza maximum (domináns fajai: *Cyclotella* spp. az alacsony trofitású időszakokban, és *Synedra* spp. vagy kivételesen *Stephanodiscus* spp. a magasabb trofitású időszakokban). Mivel azonban a rövid tavaszi diatóma maximum ideje erősen függ a jégolvadás idejétől, ezért ilyen durva felbontásban ennek időbeli megjelenését nem minden évben lehet világosan érzékelni. Júniusban, a tavaszi diatóma maximum után jelentkezik a "tisztavizes" fázis, ekkor általában a kisméretű ostorosok dominálnak kisebb arányban zöldalgák részvételével (Padisák & G.-Tóth, 1991).

A legalacsonyabb Q index érték és ezzel együtt a legnagyobb szórás augusztus-szeptemberben jelentkezik mindkét mintavételi helyen. Ez egybevágg azzal az általános megfigyeléssel, hogy az eutrofizálódással kapcsolatos jelenségek nyáron a legsúlyosabbak, és ez a legkritikusabb periódus a trofitás változásának észlelése szempontjából (Padisák et al., 2006a).

A pre- és post-management időszak adatait szétválasztottam (24. ábra), mivel az időszakok Q indexe és a Q index szórása is nagy különbséget mutat. Az eredmények alapján ki lehet jelölni azokat a hónapokat, amelyek társulásait az eutrofizálódás és a helyreállítás a leginkább érinti. Ezek az időszakok a tavaszi (2-4. hónap) és nyári (8-9. hónap) évszakokra esnek, ezekben a hónapokban érdemes a VKI szerinti monitorozást

elvégezni. Míg a legtöbb tudományos vizsgálatban az átlag körüli szűk szórásstartomány jelent megbízható adatokat, ebben az esetben az eredményeket másképp kell értékelni. A nagy átlagbeli különbségek és a nagy és átfedő szórásstartományok a külső hatásoknak (esetünkben ez az eutrofizálódás) leginkább kitett periódusokat jelzik, ennek következtében éppen ezeknek van a legnagyobb indikátor értékük.



24. ábra: Az ökológiai állapotindex a két medencében a történeti adatok és az 1985 utáni adatok alapján.

A tó ökológiai állapota a nyugati medencében augusztus-szeptemberben, a keleti medencében szeptember-októberben éri el minimumát. Az e szempontból kritikus időszak a keleti medencében körülbelül két héttel követi a nyugati medence ugyanilyen időszakát. Ennek valószínű oka a mélyebb keleti medence vízének lassabb felmelegedése, ami a heterocitás kéalgák szaporodását késlelteti.

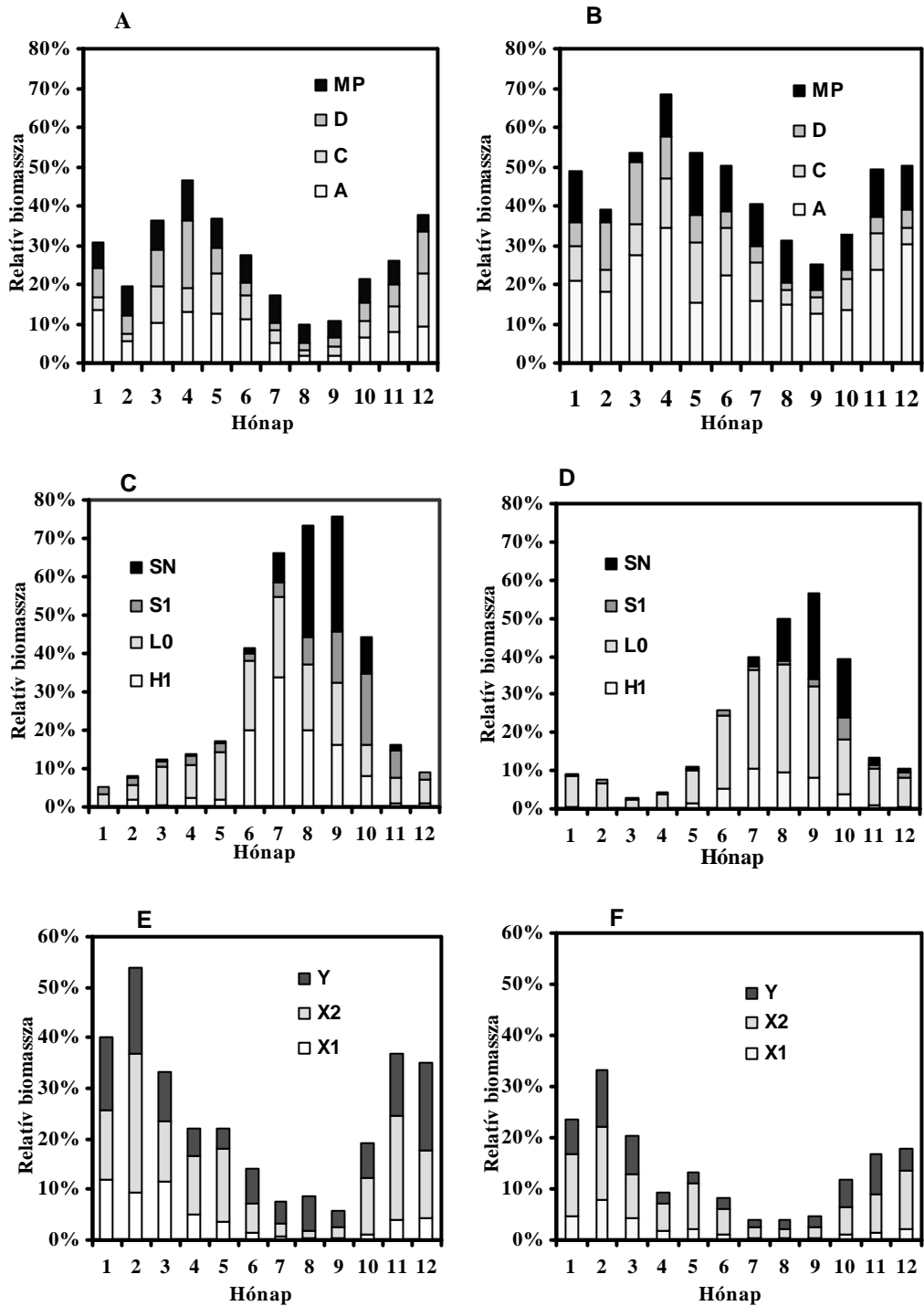
A funkcionális csoportok minőségi és mennyiségi vizsgálatok a következőket tapasztaltuk. A Balatonban a 33 funkcionális csoportból értékelhető mennyiségben (>1%) 19 jelent meg. Legfontosabb fajait mutatja be az 1. táblázat. A csoportok mennyiségi eloszlását a 25. ábra illusztrálja.

Funkcionális csoport	Legfontosabbfajok	
	Tihany	Keszthely
A	<i>Cyclotella comta</i>	<i>Cyclotella comta</i>
B	<i>Centrales</i> spp. $\varnothing > 20 \mu\text{m}$	<i>Centrales</i> spp. $\varnothing > 20 \mu\text{m}$
C	<i>Centrales</i> spp. $\varnothing 5-20 \mu\text{m}$	<i>Centrales</i> spp. $\varnothing 5-20 \mu\text{m}$
D	<i>Nitzschia sigmoidea</i>	<i>Synedra acus</i>
E	<i>Dinobryon sociale</i> (egyedi esemény), kisméretű chrysoflagelláták	<i>Dinobryon sociale</i> kisméretű chrysoflagelláták
F	<i>Botryococcus braunii</i>	<i>Coelastrum microporum</i>
H1	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>
L ₀	<i>Aphanizomenon klebahnii</i> , <i>Snowella lacustris</i> , <i>Ceratium hirundinella</i>	<i>Planktolyngbya limnetica</i> , <i>Ceratium hirundinella</i> , <i>Peridinium</i> spp.
M	<i>Microcystis aeruginosa</i>	
MP	<i>Aulacoseira granulata</i>	<i>Aulacoseira granulata</i>
P	<i>Navicula</i> spp.	<i>Navicula</i> spp.
S1	<i>Planktothrix agardhii</i>	<i>Planktothrix agardhii</i>
S _N	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
W1	<i>Euglena</i> spp.	<i>Euglena oxyuris</i>
X1	<i>Ankistrodesmus</i> spp.	<i>Ankistrodesmus</i> spp.
X2	<i>Rhodomonas minuta</i>	<i>Rhodomonas minuta</i>
X3	<i>Chrysococcus</i> spp.	Chlorelloid sejtek
X _{PH}	<i>Phacotus lenticularis</i>	<i>Phacotus lenticularis</i>
Y	<i>Gymnodinium</i> spp., <i>Cryptomonas erosa</i>	<i>Cryptomonas erosa</i> , <i>C. reflexa</i>

1. táblázat: A Balaton keleti és nyugati medencéjében előforduló legfontosabb funkcionális csoportok, és jellemző fajaik

Az **A**, **C** és **D** funkcionális csoportba tartozó különböző méretű és tulajdonságú diatóma fajok átlagos havonkénti megoszlásában egy kisebb téli és egy markánsabb tavaszi maximumot tapasztaltam a nyugati, és a keleti medencében is. Az **A** funkcionális csoport (jellemzően relatíve nagyméretű Centrales fajok alkotják) megjelenése tipikus az alacsonyabb trofitású keleti medencében (~30%). A nagyobb trofitású nyugati medencében a **D** csoport fajai dominálnak. Ezek a fajok általában is a sekély, zavaros vizekre jellemzőek (Reynolds et al., 2002). Összességében a relatív biomassza tekintetében a keleti

medencében a diatóma csúcs sokkal kifejezettebb (a teljes biomassza 70%-át is elérheti) mint a nyugati medencében (~55%).



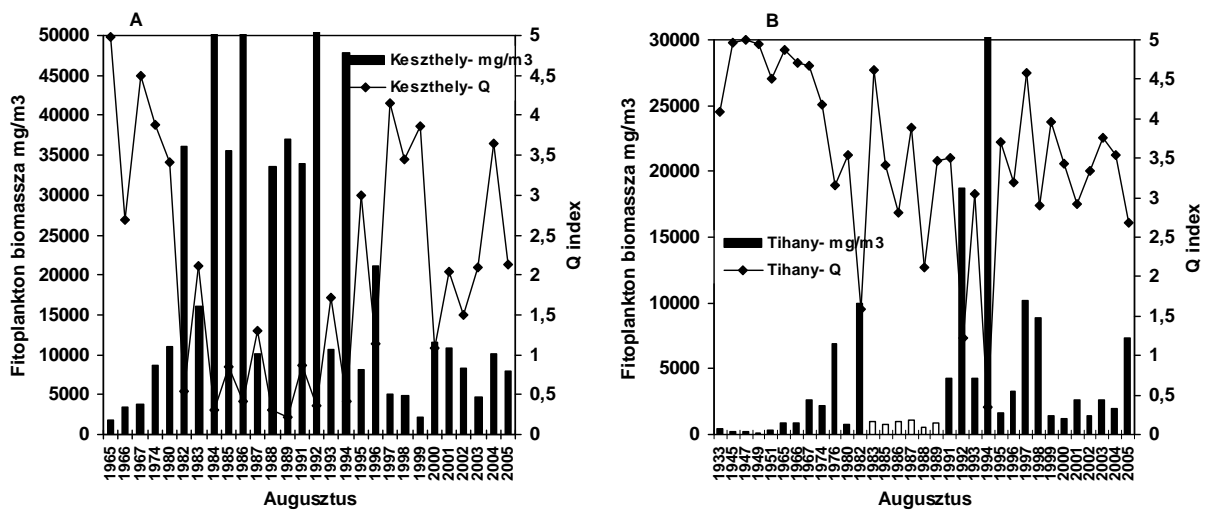
25. ábra: A legfontosabb funkcionális csoportok biomassza részesedése a Balaton nyugati (A, C, E), és keleti (B, D, F) medencéjében.

Az **L₀** funkcionális csoport a Balaton eredeti flóraelemeit tartalmazza (*Ceratium*, *Snowella* stb.). Az ebbe a csoportba tartozó fajok valamelyike minden hónapban jelen van, de a tavaszi diatóma fázis után a részvételük erősödik. A keleti medencében az **L₀** maximum (átlagosan 30% biomasszával) augusztusban észlelhető, a nyugati medencében pedig júliusban (<20%). A nyári társulások biomasszájának fontos része a nitrogénfixáló Cyanobacteria (**H₁**, **S_N**). A **H₁** csoport maximális relatív biomasszája a nyugati medencében átlagosan 20% (július), a keleti medencében 30% (augusztus). Az **S_N** csoport relatív biomasszája a nyugati medencében augusztusban, vagy szeptemberben tetőzik, mennyisége átlagosan 30%, míg a keleti medencében szeptemberben, és ekkor átlagos mennyisége ~20%. Az **S₁** csoport biomassa maximuma a nyugati medencében tipikusan októberben jelentkezik kb. 15%-os biomassa aránnyal, míg a keleti medencében ez az arány csak 5%.

A különböző flagellátákat tartalmazó funkcionális csoportok a következő jellegzetességeket mutatják. A téli hónapokban, különösen a nyugati medencében az **Y** (potenciálisan mixotróf ostorosok alkotják) volt a legjellemzőbb csoport; átlagos relatív biomasszája egyes években meghaladhatja a 20%-ot. A potenciálisan mixotróf fajok nagyobb dominanciája a nyugati medencében, a Kis-Balaton vízvédelmi rendszerből érkező, megnövekedett szerves anyag mennyiséggel (Padisák & Koncsos, 2002) magyarázható. Az **X₁** funkcionális csoport fajai a sekély, eutróf vizeket kedvelik, az **X₂** csoport a tiszta, hideg, sekély vizek indikátora (Reynolds et al., 2002). Előbbi csoportok dominanciája a nyugati medencében erőteljesebb (Keszthely: **X₁** ~10%, **X₂** ~30%, Tihany: **X₁** ~5%, **X₂** ~15%).

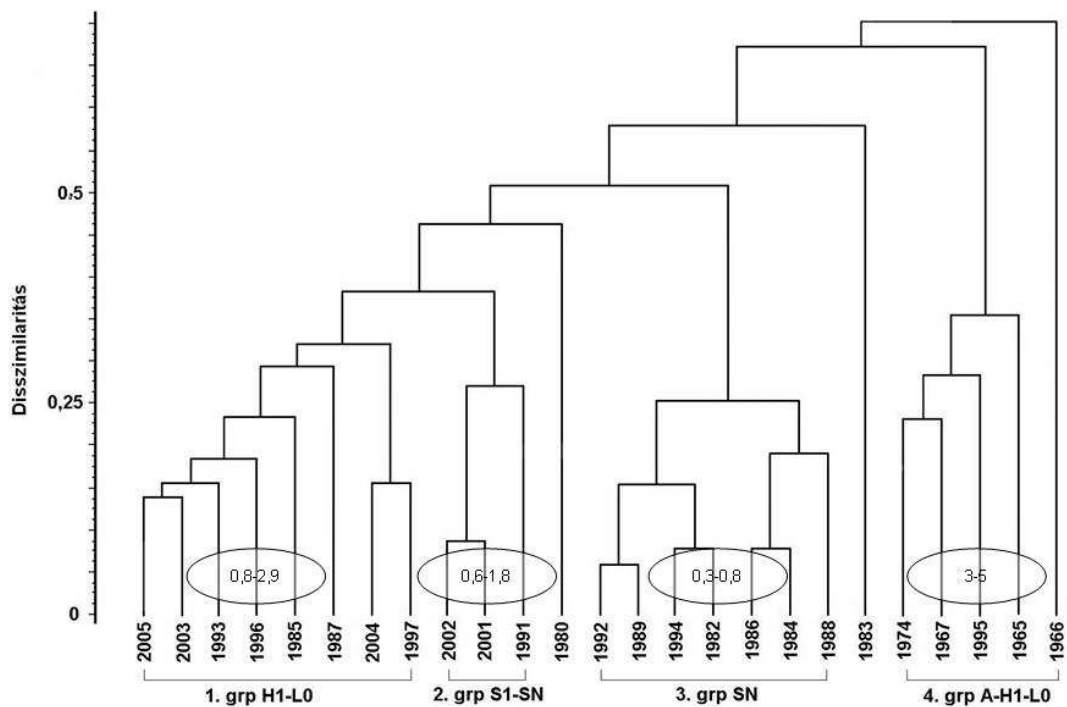
4.2.3.2. A biomassa és a társulás szerkezet hosszú távú trendje

A szakértők véleménye és a statisztikai elemzések (nevezetesen az ökológiai állapotindex, és a funkcionális csoport összetétel alapján számolható disszimilitási index) alapján is a trofitás változásának legjobb indikátorai a nyári hónapok algatársulásai. Ennek következtében a további vizsgálatokat augusztus és szeptember hónapokra összpontosítottam. A teljes biomassa augusztusi és szeptemberi trendje a két medencében hasonló.



26. ábra: A teljes átlagos augusztusi biomasza és ökológiai állapotindex a Balaton nyugati (A), és keleti medencéjében (B). A fehér oszlopok valószínűleg hibás mennyiségi adatsorokat jelentenek.

A nagy biomaszájú időszakok Q indexe általában alacsony. Mivel a Q index a funkcionális csoportok relatív biomaszáján alapul, a nagy biomasza csak akkor jelent rossz vízminőséget, ha a társulást alkotó csoportok súlyfaktora alacsony. Mindemellett a meglévő adataink alapján a keleti medence biomaszája az 1980-1990 időszakban irreálisan alacsony volt. Továbbá, az eutrofizálódás kezdetét (1966) világosan jelzi, hogy az egyik első biomasza emelkedésnél, a biomasza a későbbiekhez képest még igen alacsony volt, de a Q index már a gyenge-közepes tartományba esett vissza. Ez az eltérés jelzi, hogy a florisztikai változások gyakran megelőzik a biomasza emelkedését, ahogy azt a Sas (1989) által kidolgozott eutrofizálódási modell előrejelzi, és szintén ezt állapította meg Padisák és Kovács (1997) valamint Padisák és Reynolds (1998) a helyreállítás kezdeti időszakának tanulmányozásakor. A 2000-es évektől kezdődően a teljes biomasza maximuma sem volt magas, de a Q index alacsony értékei még jelzik az idegen és káros Cyanobacteria fajok (*Cylindrospermopsis raciborskii*, több, de nem az összes *Anabaena* és *Aphanizomenon* faj) nagy arányát a nyári társulásokban (Padisák et al., 2004, 2005). Másik kiváló tulajdonsága a Q indexnek az, hogy lehetővé teszi a víz trofitás értékének rekonstrukcióját részben hiányos, régi jegyzőkönyvekből is, ahol a határozás jó, de sok lényeges adat (pl. az ülepítő kamra térfogata, vagy a leszámolt mezők/transzektok száma, vagy az alkalmazott nagyítás) hiányzik, amint azt már tapasztalták (Padisák et al., 1998).



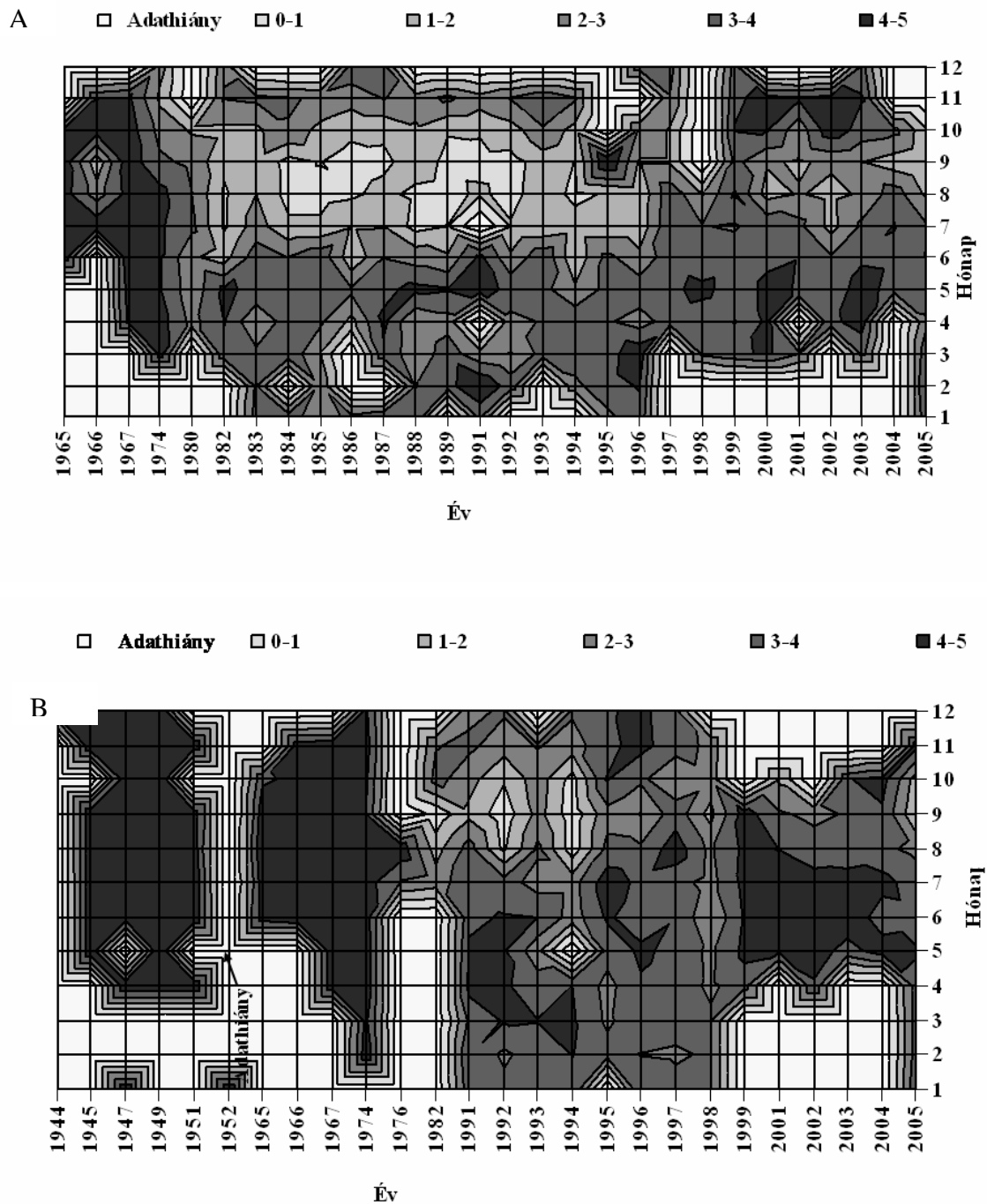
27. ábra: A Balaton nyugati medencéjének augusztusi átlagos funkcionális csoportösszetétel klaszter analízise. A nagyobb csoportok jellemző funkcionális csoportjai, és Q indexe.

A nyugati medencében a fontosabb funkcionális csoportok augusztusi aránya alapján készített dendrogramon négy időszak-csoportot lehet 0,5 disszimilitás mellett megkülönböztetni. A Q index az első csoportban 0,8-2,9 között (rossz-közepes) változik, és a domináns funkcionális csoportja a **H1** és az **L₀**. A második csoport Q index értéke 0,6 és 1,8 (rossz-gyenge) közötti. Ebben a csoportban az **S1** fajok (>10% aránya) az **S_N** fajokkal együtt fordulnak elő. A harmadik csoporthoz 0,3-0,8 közötti Q vízminőségi index rendelhető, jellemző faja az **S_N** csoportba tartozó *Cylindrospermopsis raciborskii* 50% fölötti részesedéssel. A dendrogram negyedik csoportja jó és kiváló vízminőséget jelez (Q index: 3-5), az **L₀** (>40%), **A** és **H1** fajok dominanciájával. Ez a csoport az eutrofizálódás kezdeti éveit tartalmazza, továbbá az 1995-ös évet, ezzel is tükrözve az eutrofizálódás utáni visszaállást. Az előbbieken ellentétben az utóbbi néhány évben az átlagos Q index rendre 3 alá esett az idegen elemek még mindig magas relatív aránya következtében. Az 1980 és 1983-as év egyik csoporthoz sem illeszkedik. Az 1980-as évben komoly társulás szerkezeti változás előzte meg az első *Cylindrospermopsis raciborskii* vízvirágzást. Ezt úgy is értelmezhetjük, mint a rendszer instabilitásának jelét, más szóval ez volt az a pont,

ahonnan nincs visszaút (a modellezésben jól ismert „point of no-return”; Bleckner 2008). A keleti medencében a vizsgált évek három csoportba koncentrálódnak. A keleti medencében nem lehet a vízminőség szerint a csoportokat megkülönböztetni, mivel a társulások a vizsgált években különböző típusú, de hasonló faktorértékű funkcionális csoportokból tevődnek össze.

4.2.3.3. Az ökológiai állapot hosszú távú és évszakos változása

A két medence Q index értékeinek évenkénti és havonkénti változását szintvonalas térkép segítségével szemléltettem (28. ábra). Ez alapján a nyugati medencében, az 1960-as években, az egész évben kiváló volt a vízminőség. A Q index első csökkenése 1966. augusztus hónapban jelentkezett. Az 1975-ös évtől a vízminőség romlása láthatóvá vált és az egész évre kiterjedt. Az 1980-as évektől egy jellegzetes nyár végi vízminőség esés alakult ki. Ez a gyenge vízminőségű periódus az 1990-es években hosszabbodott. Néhány évvel a vízminőséget javító intézkedések bevezetése után a vízminőség javulását észlelhetjük. A nyár végi rossz vízminőségű periódus rövidült, és 2000 után az ökológiai állapot az egyes években már nem esett vissza olyan mértékben, mint azt a 90-es években tapasztaltuk. A tavaszi és az őszi hónapokban már kiváló vízminőségű időszakok is megjelentek. A keleti medencében hasonló mintázatot figyelhetünk meg.



28. ábra: Az ökológiai állapotindex változásai a Balaton nyugati (A), és keleti medencéjében (B).

4.2.4. Következtetések

A Balaton keleti és nyugati medencéjében az elmúlt 60 évben a fitoplankton társulások változásai azt mutatják, hogy mind a társulásszerkezet, mind pedig a biomassa a tápanyag bevitelt csökkentő intézkedések bevezetése után néhány év késéssel változott meg. Padisák

et al. (2006a) véleményével egyetértésben az eutrofizálódás monitorozása szempontjából leginkább reprezentatív hónap az augusztus/szeptember. A Q ökológiai állapotindex, amely a biomassza értékeket és az egyes fitoplankton csoportok indikátor értékét egyesíti, a leggyengébb vízminőséget a tavaszi és a késő nyári hónapokban jelzi. Ez a jellegzetesség az eutrofizálódást megelőző időszakban nem jelentkezik. A Q index által mutatott értékek alapján az 1960-as évek fitoplankton társulásait a VKI szerinti referencia állapotúnak tekinthetjük.

4.3. A vízszintváltozás hatásai a Balaton fitoplanktonjára az ALMOBAL adatbázis adatainak elemzése alapján – Esettanulmány II.

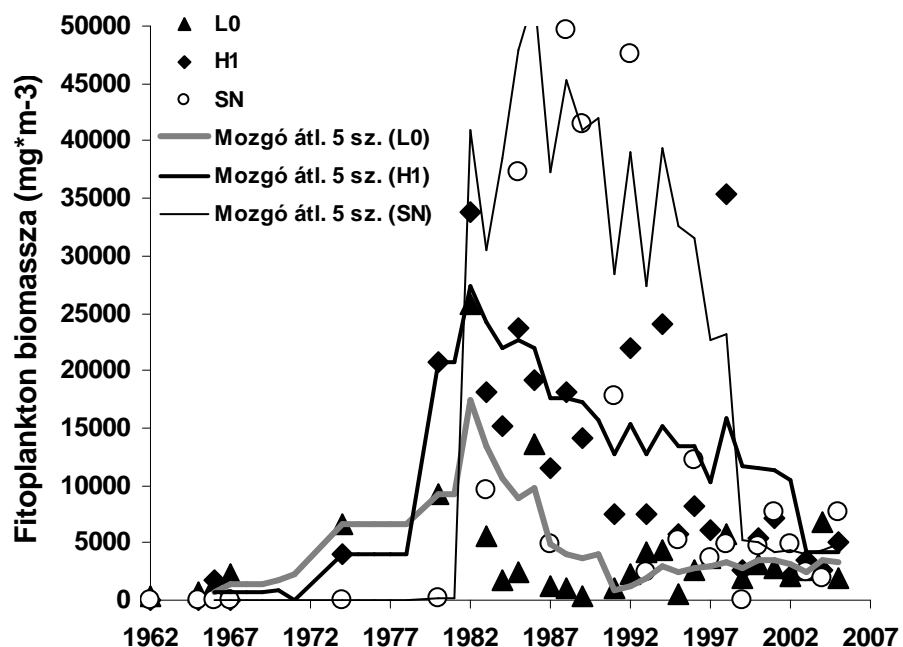
4.3.1. Bevezetés

A klíma változásának többféle modelljét vizsgálták. A legtöbb forgatókönyvből a hőmérséklet emelkedése és emellett a csapadékmennyiség csökkenése várható. Ez előrevetíti, hogy a jövőben megismétlődhet a több ízben tapasztalt jelenség (Sebestyén et al. 1951, Padisák et al., 2006b), a Balaton vízszintjének drasztikus csökkenése. A vízszint csökkenése részben a csapadék mennyiségének csökkenéséből, részben a magasabb hőmérséklet által kiváltott fokozott párolgásból adódik. Mindkét hatás csökkenti a befolyók vízhozamát is, amely a tápanyag bemosódás csökkenése miatt a fitoplankton biomasszát csökkentheti. A magasabb hőmérséklet több tényezőn keresztül is a fitoplankton biomassza növekedését eredményezheti. A csökkent vízszint ugyanakkor hatással van a víz fényellátására is. A bentosz fényellátása növekedhet alacsonyabb vízállásnál, ha az nem jár együtt az aljzat felkeveredésével. A sokféle, egymással ellentétes hatás különféleképpen hathat a Balaton fitoplanktonjára. A vízszintcsökkenés hatásait a Vörtsjärv tónál elemezve a fény és tápanyag változását találták döntő tényezőnek. A vízszint csökkenéssel a teljes biomassza növekedése járt együtt, ezen belül a N₂ kötő *Aphanizomenon* fajok részaránya növekedett (Nöges et al., 2003). A Balatonban 1949-ben szintén alacsony volt a vízállás, de az ezzel kapcsolatos megfigyelések között a fitoplanktonra gyakorolt hatást részletesen nem tárgyalták (Sebestyén et al., 1951).

A hatások vizsgálatának lehetséges módja, az adatbázisban található fitoplankton adatok elemzése, és a különféle környezeti paraméterekkel való korrelációk kimutatása.

4.3.2. Anyag és módszer

A vizsgálathoz a Keszthelyi-öböl tóközepi mintáit és a rendelkezésre álló tihanyi fitoplankton adatokat használtam fel. Az adatbázisból az egyes funkcionális csoportok havonkénti átlagos biomasszáját, és a havonkénti összbiomasszáját kérdeztem le. Vizsgálatainkhoz az ALMOBAL 1.0 adatbázis 1995-2006 közötti tihanyi és keszthelyi adatsorait használtam fel. Korábban, az 1980-as években a fitoplankton jelentős, az eutrofizálódással ill. a helyreállítással összefüggő (29. ábra) változásokat mutatott. Ezekhez a hatásokhoz képest a vízállás hatása elhanyagolható, ezért ezeket az 1995 előtti adatsorokat ebben a vizsgálatban nem használhattam fel.



29. ábra: Néhány funkcionális csoport maximális biomasszájának trendje Keszthelynél

Az adatbázisból fajok szerint és funkcionális csoportok szerint is lekérdeztem az átlagos havi biomasszáját. A cluster analízishez a havonkénti Q indexet is kiszámoltam. Ezt használtam fel a statisztikai számításokhoz. A statisztikai elemzést SynTax III (Podani, 1988) programcsomag segítségével végeztem. A disszimilitás számításához Bray-Curtis indexet használtam, a cluster analízisnél UPGMA algoritmust alkalmaztam.

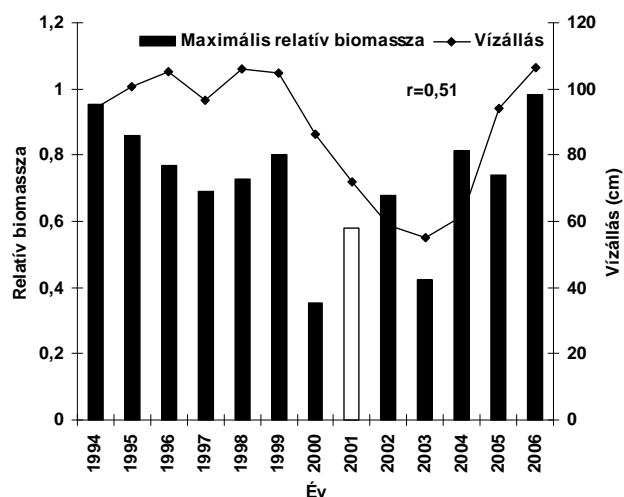
4.3.3. Eredmények és megbeszélésük

A funkcionális csoportok megjelenését és arányát, és az egyes csoportok biomasszájának vízszinttől való függését vizsgálva a következőket tapasztaltam. Keszthelynél a teljes biomassza maximum értéke és az éves átlagos vízszint korrelációja 0,302, ami azt valószínűsíti, hogy az egymással ellentétes hatások eredője változó, és ennek következtében a biomassza csak nagyon gyengén korrelál a vízállással. Havonkénti bontásban a havi összes biomassza és az azonos ill. az előző havi átlagos vízszint korrelációját vizsgáltam a 4-9 hónapban (2. táblázat). Mind az azonos, mind az előző havi vízszinttel tapasztalt legnagyobb korreláció a 4. hónapra esett, ez indokolta a kovamoszatok ill. a kovamoszat fajokat tartalmazó funkcionális csoportok mennyiségének és összetételének részletesebb vizsgálatát (30. ábra). A legkisebb korreláció a 8. hónapé, vagyis a nyár végi fitoplankton biomassza maximum idejére esik. A maximális biomassza tehát sem az éves átlagos vízszinttel, sem az előző ill. az azonos havi átlagos vízszinttel nem mutat összefüggést. A vízszint változása az egyéb tendenciák mellett legfeljebb kis hatásként jelentkezik.

hónap	Korreláció az azonos hónap vízszintjével	Korreláció az előző hónap vízszintjével
	r	r
4	0,42 ^{ns}	0,43 ^{ns}
5	0,27 ^{ns}	0,19 ^{ns}
6	0,39 ^{ns}	0,39 ^{ns}
7	0,29 ^{ns}	0,32 ^{ns}
8	0,13 ^{ns}	0,16 ^{ns}
9	0,22 ^{ns}	0,20 ^{ns}

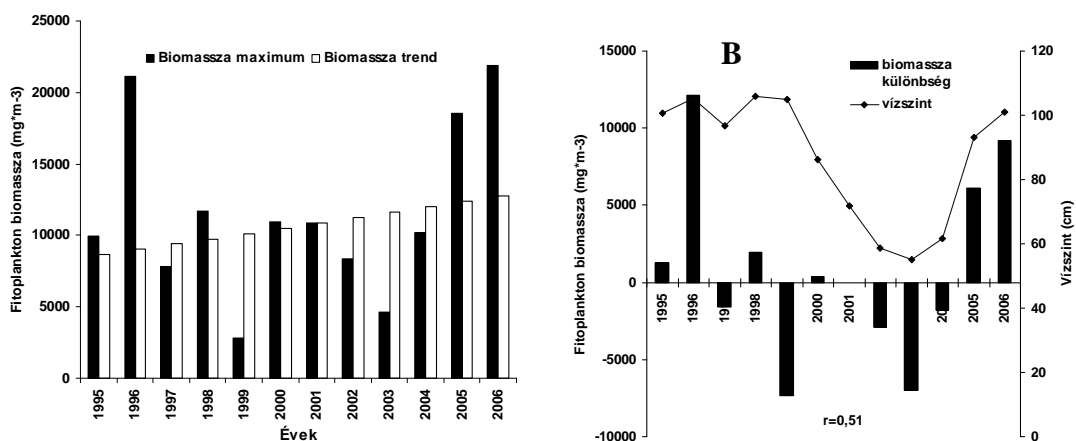
2. táblázat: A hónap átlagos összbiomasszája, és a vízszint korrelációja Keszthelynél (ns: az összefüggés nem szignifikáns [P>10%])

A tavaszi biomassza maximum időpontjának vízszinttől való függését is vizsgáltam. Elképzelhető, hogy a tavaszi maximum később következik be magasabb vízállásnál, ami a magasabb vízállással együtt járó általában alacsonyabb hőmérsékletű időjárással függ össze ill. a nagyobb víztömeg lassabb melegedésével (a két hatás összeadódhat). Az adatbázis vizsgálata alapján azonban ilyen összefüggést nem tapasztaltam.



30. ábra: A kovamoszatok relatív biomasszája és a vízszint változása Keszthelynél a 1994 és 2006 közötti tavasi biomassa maximum adatai alapján.

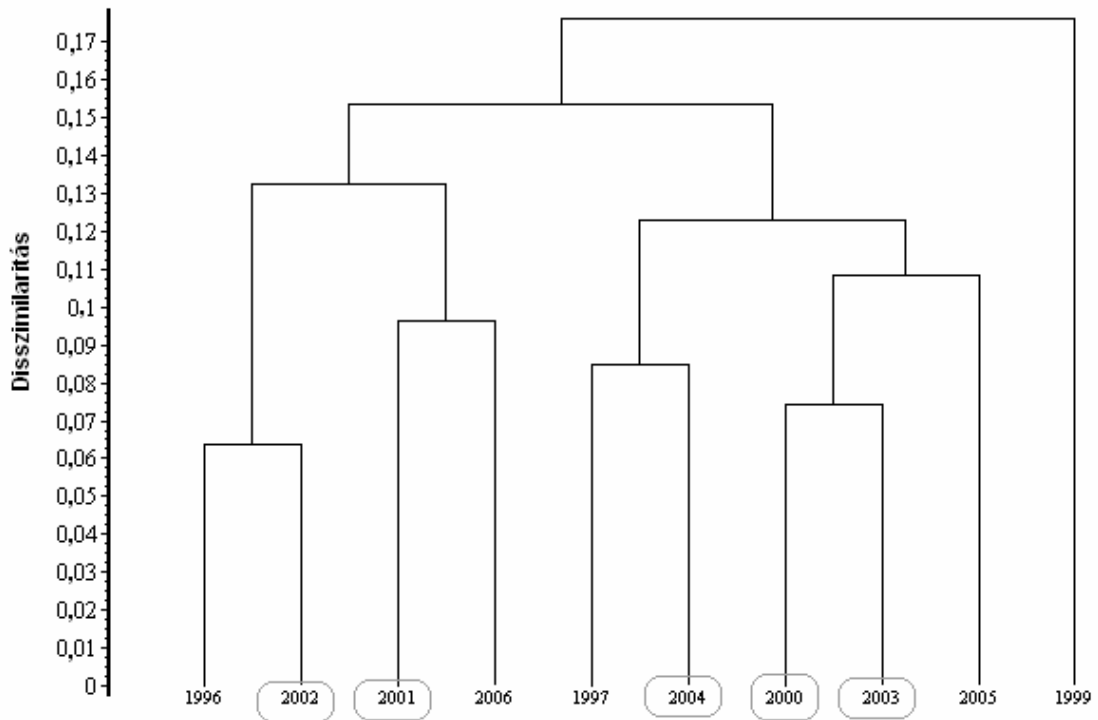
A következőkben azt vizsgáltam, hogy az éves maximális biomassa összefügg-e az éves átlagos vízszinttel. A trendet lineáris regresszióval enyhén emelkedőnek találtam. Az emelkedés $0,372 \text{ mg L}^{-1} \text{ év}^{-1}$. Ennek alapján számoltam ki az elméletileg várható maximális biomasszát, és vizsgáltam a korrelációt az elméletileg számolt és a mért biomassa maximum különbsége és az átlagos éves vízszint között (31. ábra). A számított korreláció 0,509. Nagyobb, 0,574 korrelációt kapunk, ha a vízszint változásához képest vizsgáljuk a teljes biomassa maximum változását. Az eredmény a száraz években a tápanyag bemosódás csökkenése által a mintegy a felére csökkent összes foszfor terheléssel (Istvánovics et al., 2007) magyarázható.



31. ábra: A maximális biomassa trendje (A) és a trendtől való eltérés és vízszintcsökkenés közötti összefüggés (B).

Vizsgáltam a vízszint csökkenés hatását az éves szezonális szukcesszióra. Az egyes funkcionális csoportok havonkénti átlagos biomassa részesedéséből számoltam ki a

Padisák et al. (2006a) által kifejlesztett ökológiai állapotindexet. Az 1995-2005 közötti éveket hasonlítottam össze. Az összehasonlításhoz a havonkénti Q indexek hierarchikus cluster elemzését végeztem el, euklideszi távolságot számoltam, és UPGMA algoritmust alkalmaztam (32. ábra). A száraz, alacsony vízállású évek nem válnak szét a magasabb vízállású évektől.



32. ábra: Hierarchikus cluster analízis a Q index havonkénti átlagai alapján (az alacsony vízállású évek karikával jelöltek).

Planktothrix agardhii biomassza részesedését azért vizsgáltam, mert ez általában a terhelési N/P aránnyal mutat összefüggést (Padisák & Istvánovics, 1997), továbbá vizsgáltam az összes Cyanobacteria relatív biomasszáját, de a vízzinttel egyik változót sem tudtam összefüggésbe hozni.

A vízzint változás hatása a fitoplankton összetételére

Az egyes funkcionális csoportok éves részesedése az összbiomasszából és az évi átlagos vízzint közötti korrelációt vizsgáltam. A százalékos részesedések havonkénti átlagait az évben összeadtam, így az időbeli trendektől függetlenül a teljes szukcesszióról kaptam képet. A vízzint változással Keszthelynél (3. táblázat) az **L₀, D, T, X₂, F, S_N** funkcionális csoportok mutattak összefüggést, míg Tihanynál (4. táblázat) az **X₁, J, T, Y, P, X₂** csoportok.

Funkcionális csoport	Korreláció	Habitát	Érzékenység	Főbb fajok
L₀	0,68		Tartós vagy mély átkeveredés	<i>Ceratium</i> , <i>Planktolyngbya</i>
D	0,58	sekély, tápanyagban gazdag, zavaros víz	Tápanyagforrás kimerülése	<i>Synedra</i> , <i>Nitzschia</i>
T	0,53	mély, jól átkevert epilimnion	Tápanyag hiány	<i>Planktonema</i> , <i>Closterium</i> sp.
X₂	-0,52	sekély, tiszta kevert rétegek	keveredés, szűrő szervezetek	<i>Rhodomonas minuta</i>
F	-0,52	tiszta epilimnion, zavarosság tűrés	CO ₂ hiány	<i>Botryococcus</i>
S_N	-0,65	Meleg, kevert rétegek	áramlás	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>

3. táblázat: A vízszint változásával korrelációt mutató fontosabb funkcionális csoportok Keszthelynél.

Funkcionális csoport	Korreláció	Habitát	Érzékenység	Főbb fajok
X₁	0,66	Sekély tápanyagban gazdag víz, kevert rétegek	Rétegződés	<i>Ankistrodesmus spp.</i>
J	0,62	Sekély tápanyagban gazdag tó	Ülepedés a fényszegény zónába	<i>Crucigenia quadrata</i>
T	0,58	Mély, átkevert epilimnion	Tápanyaghiány	<i>Planktonema Closteium</i> sp.
Y	0,57	Rendszerint kicsi, tápanyagban gazdag tavak	Szűrő szervezetek, fagotrófok	<i>Gymnodinium</i> sp. <i>Cryptomonas erosa</i>
P	0,56	Eutróf epilimnion	Rétegződés	<i>Aulacoseira granulata</i>
X₂	0,55	Sekély, átlátszó víz, kevert rétegek	Keveredés, szűrő szervezetek	<i>Rhodomonas minuta</i>

4. táblázat: A vízszint változásával korrelációt mutató fontosabb funkcionális csoportok Tihanyánál.

4.3.4. Következtetés

A vízszint (25-115 cm) nincs jelentős hatással a nyíltvíz fitoplanktonjára. A vízszint csökkenése a tavaszi biomassza maximum kismértékű csökkenését, és azon belül a kovamoszatok arányának csökkenését okozhatja. A nyári biomassza esetében kismértékű, a trendhez viszonyított csökkenésre lehet számítani. A vízszint csökkenése a *Cylindrospermopsis raciborskii* faj relatív biomasszájának növekedését, az eredeti flóraelemek biomasszájának relatív csökkenését okozhatja (Keszthely), a Q trofitást jelző VKI-vel összhangban levő vízminőségi index értékében nem okoz szignifikáns változást.

4.4. A társulásszerkezeti hasonlóság vizsgálata egy mély rétegzett és egy sekély polimiktikus tóban – Esettanulmány III

4.4.1. Bevezetés

A fitoplanktont világszerte monitorozzák, különösen azokban a tavakban, amelyek valamilyen szempontból „fontosak”. A monitorozási gyakorlatban általában a vegetációs periódusra koncentrálnak, a többi évszakban a mintavételek ritkák, vagy hiányoznak. Az algavirágzások, különösen a veszélyes Cyanobacteria virágzások általában nyár végén jelentkeznek, ezek is a nyári mintavételeket teszik fontossá. A téli mintavételek más tekintetben is körülményesek, a jégborítás jellege sokszor nehézséget okoz, ráadásul a közfigyelem sem a tavakra fókuszál. Általános vélekedés, hogy izotermális körülmények között „nem sok érdekes” történik. Ezt feltételezi a széles körben elfogadott PEG modell is (Sommer et al. 1986). A monitorozási logisztika egyik legfontosabb döntése a mintavételi időpontok kiválasztása. Célunk volt a két tó kompozíciós hasonlóságának, és a biomassza trendjének elemzése havonkénti bontásban. A két tó a Stechlin-tó és a Balaton. Az előbbi egy mély, rétegzett, oligo-mezotróf tó, míg a Balaton sekély és polimiktikus, mezo-eutróf. Kiinduló hipotézisünk az volt, hogy azok az időszakok tükrözik az ökoszisztéma változékonyságát leginkább, amikor a társulás összetétel szimilaritása a legnagyobb változatosságot mutatja, és ez együtt jár a fitoplankton társulások biomasszájának maximális variációjával.

4.4.2. Anyag és módszer

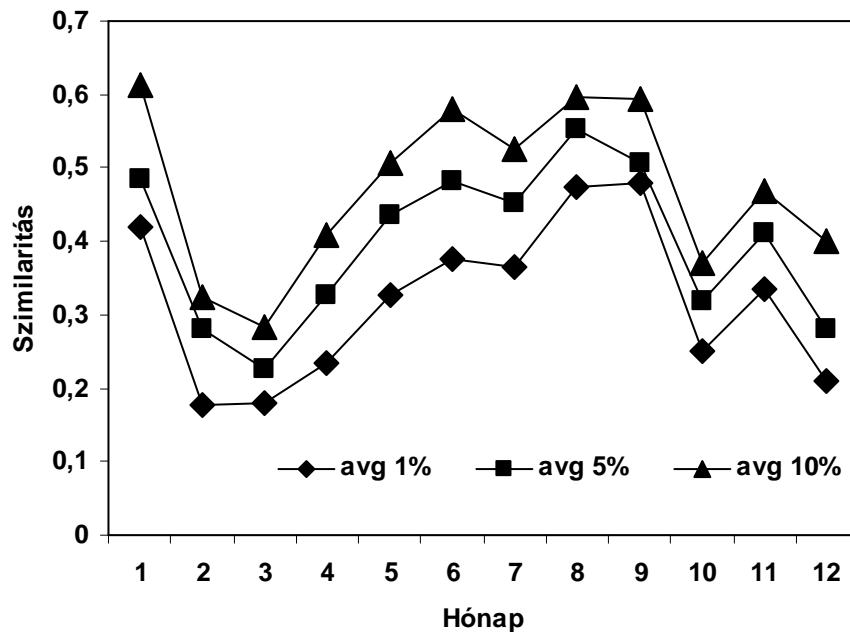
A Stechlin-tó (Németország) 4,25 km² területű, mély ($Z_{\text{át}}: 26 \text{ m}$; $z_{\text{max}}: 67 \text{ m}$) tó, az északi szélesség 53°-án. A Balaton a tanulmányozott időszakban (1994-2006) Keszthelynél eutróf, Tihanynál mezotróf állapotú volt, a Stechlin-tó oligo-mezotróf állapotú volt. A trofitási különbségek ellenére, mindkét tónál azt tapasztalták, hogy az oldott reaktív foszfor értékek ritkán haladták meg a molibdenátos analitikai módszer érzékelési küszöbértékét. A tanulmányhoz felhasznált fitoplankton adatsorok az 1994-2006 közti időszakból származnak. A mintavételi módszer következtében a balatoni adatok a teljes vízoszlopot (0-3 m) reprezentálják, a Stechlin tónál az eufotikus réteget (0-25m). A mintavételek gyakorisága heti és havonkénti között változó. A Balatonnál néhány évben a téli adatsorok hiányoznak. A tanulmányhoz az egyes minták havonkénti biomassza átlagait számoltam mindkét tóra az ALMOBAL, és az ALMOL adatbázis segítségével. A társulás összetétel hasonlóságát a Bray-Curtis index segítségével értékeltem, a 13 éves időtartamra hónapok szerint csoportosítva.

4.4.3. Eredmények és megbeszélésük

A fitoplankton társulások hasonlósága nagymértékben függ a taxonómiai felbontástól, hiszen sok faj olyan kis gyakorisággal fordul elő a vízmintában, hogy a leszámolt egyedek közé nem kerülhet be, ennél fogva az ilyen fajok előfordulását szórványosnak értékeljük (Padisák 1992; Padisák et al. 2003b). Ezért a vizsgálathoz a fajokat háromféleképpen csoportosítottam relatív biomasszájuk alapján. Az 1%, 5% és 10% alatti biomasszájukat egy egyéb kategóriába soroltam, és a fajok biomasszája alapján a szimilaritást mindhárom esetre kiszámoltam (33. ábra). Az adatsorok szimilaritása a növekvő egyéb kategóriával növekszik, de a trend nem változik. Ez az eredmény eltérő taxonómiai felbontású adatsorok alkalmazását teszi lehetővé (bár az adott esetben ez a körülmény nem állt fenn).

Következésképpen a szimilaritás trendjét a fő társulásalkotó fajok határozzák meg. Az összetétel hasonlósága a három mintavételi helyen meglepően hasonló szezonális mintázatot mutat (34. ábra). A korai hónapok (február-március) alacsony értékeit egy növekedés követi, amely nagyjából szeptemberig tart, ekkor egy hirtelen visszaesés után nagyjából alacsony szinten marad. A vizsgálatot elvégeztem funkcionális csoportok szerinti felbontásban is, de nem tapasztaltam lényegesen más mintázatot. Az átlagos havi biomassza változásának mintázata különböző a két tónál (35. ábra). A Stechlin-tó nagy

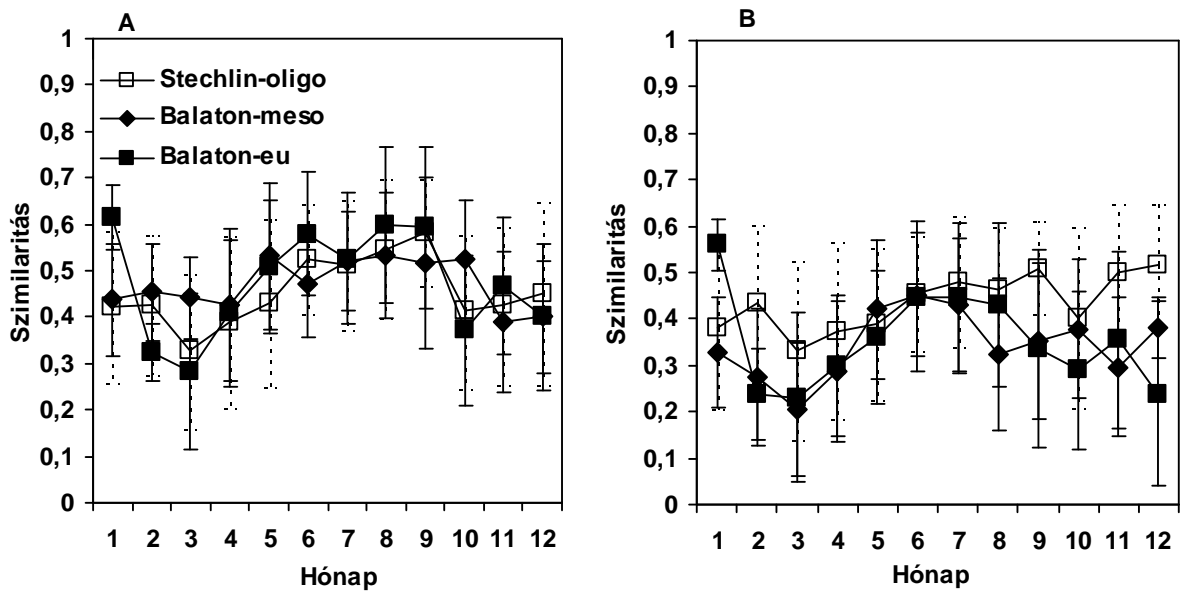
biomasszája, nagy társulásösszetéti változatossággal párosulva a rétegződés beállta előtti időszakban, február-márciusban jelentkeznek. Ezután a fitoplankton biomassa, és ennek szórása is fokozatosan csökken. A Balaton mindkét mintavételi helyén a legnagyobb biomassa nagy szórással a nyár végi hónapokban, július-szeptemberben jelentkeznek, és az év többi részében alacsonyabb szinten marad.



33. ábra: A Bray-Curtis szimilitási index pontossága a Balaton Keszthelyi adatai alapján. Az értékelésnél az 1%, 5%, 10%-nál kisebb relatív biomasszájú fajok biomasszáit összevontam.

A fitoplankton biomassa mintázat különbségét könnyű magyarázni. Az 1994-2006 közötti időszakban a Balatonban egy lassú helyreállítási folyamat indult meg, ennek során a tó (nyugati medencéje) a hipertróf állapotból mezo-eutróf állapotúvá változott. A nyári alga társulás kifejlődését (különösen a kékmoszatok biomassa maximumát) a nyári folyamán az üledékből felszabaduló belső foszforterhelés látta el tápanyaggal (Honti et al. 2007, Istvánovics et al. 2007) és a nyári fitoplankton a biotikus kölcsönhatások, vagy zavarások által determinált. A zavarás lehet például az üledék időjárás által okozott ismétlődő reszuszpenziója. Az oligo-mezotróf Stechlin-tóban a fitoplankton növekedését csaknem az egész év folyamán a tápanyaghiány limitálja. Ez alól egy rövid időszak képez kivételt, az őszi átkeveredés után, amikor a hipolimnionból való felkeveredés miatt a növényi tápanyagok mennyisége magasabb. Következésképpen a fitoplankton növekedése decemberben indul, és addig tart, amíg a zooplankton szűrése vagy az ülepedés nem kezdi

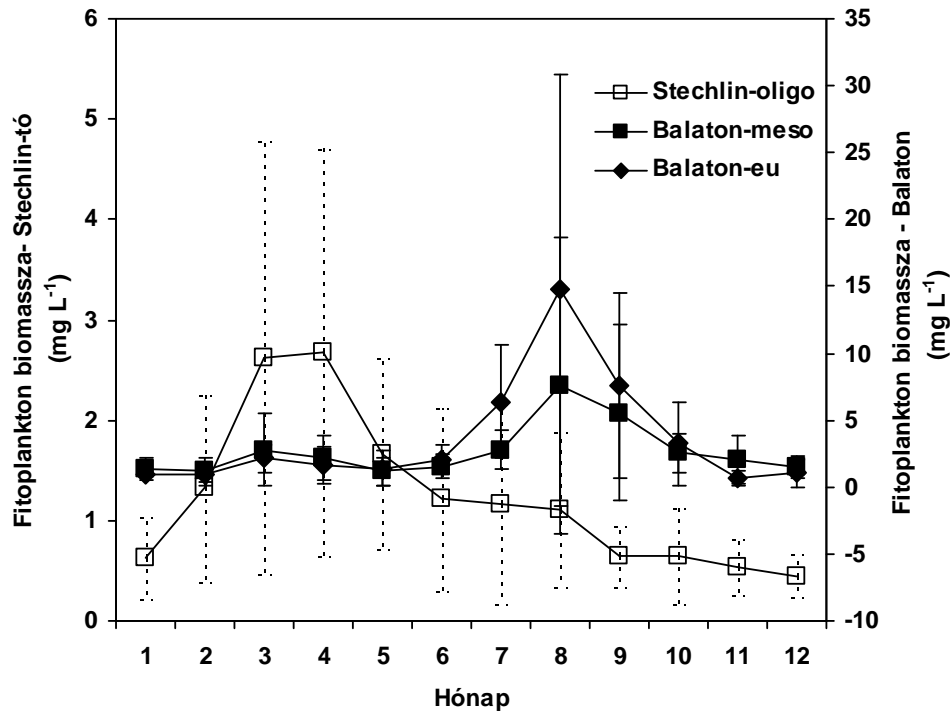
el csökkenteni az állományt (Padisák et al. 2003b). A termoklin beállása véget vet ennek a nagy biomassájú állapotnak, mivel a diatómák lesüllyednek a hipolimnionba (Padisák et al. 2003b,c). Esetenként a kékmoszatok (*Cyanobium* és/vagy *Planktothrix rubescens*) is kialakíthatnak maximumot (Padisák et al. 2003d). A fitoplankton nyári fejlődését erősen limitálja a tápanyag, és a szűrő zooplankton, továbbá az ülepedés is csökkenti az állományt.



34. ábra: A szimilitási index a fajlista (A) és funkcionális csoportok alapján (B).

A meglepően hasonló társulásösszetétel szimilitási mintázat úgy tűnik, hogy független a tó trofitásától és rétegzett vagy polimiktikus jellegétől. Az előzőek alapján komoly okunk van feltételezni, hogy valamilyen közös jelenség alakítja ki ezt szimilitási mintázatot. Ezen a szélességen az október-április közötti időszak a leghűvösebb (rétegzett tavak izotermálisak) és a legsötétebb, ezért a fitoplankton kifejlődése erős fizikai kontroll alatt áll (Sommer et al. 1986). A fajok szelekciója a lehetőségek közül a stressztűrés által nagymértékben meghatározott, továbbá determinálja a tápanyagok megszerzéséért a fajok között folytatott versengés, és a növekedési képesség. A téli időjárás nagyfokú változékonysága miatt (jégborítás megléte/hiánya, stb.) a legmegfelelőbb faj telente igen különböző lehet, mely nagy évek közti változatossághoz vezet. Ezt az alacsony társulás összetételi szimilitás tükrözi, a tó típusától és trofitásától függetlenül. A megfigyelt mintázat egy általános hipotézist enged feltételezni: a fizikai körülmények kontrollja tendenciájában csökkenti, a biológiai kontroll pedig tendenciáját tekintve növeli a

társulásösszetéltel szimilitást. A későbbiekben, szélesebb körben is szükséges lesz ezt a hipotézist tesztelni.



35. ábra: Az átlagos havonkénti biomassza az 1994-2006 időszakban.

4.4.4. Következtetések

Az alkalmazott fitoplankton ökológiában a fentieknek a következő jelentősége lehet. Azoknál a tavaknál, ahol a legnagyobb társulás összetéltel szimilitás átfed a fitoplankton biomassza maximummal, érdemes az ökológiai állapotbecslést a magas biomasszájú időszakra alapozni. Azoknál a tavaknál, ahol a legnagyobb biomassza a legnagyobb összetéltel változatossággal (alacsony szimilitás) párosul, a fitoplankton összetéltel nagymértékben függ a klíma által meghatározott külső tényezőktől (jég beállás, olvadás, jégborítottság hossza, stb.), ennek következtében ezek a tavak ideális ökoszisztémák a klímaváltozás biológiai hatásainak tanulmányozásához. Újabb elemzések (Dokulil et al., in press) azt mutatják, hogy a tavak fizikai tulajdonságai (hőmérséklet, jég-viszonyok) nagyobb regionális koherenciát mutatnak, mint a kémiai jellemzők, és a biológiai jellemzők ezekhez képest még kevésbé kifejezőek. Az eredményeink lehetővé teszik olyan ökoszisztémák kiválasztását, ahol a fizikai hatások és az erre adott biológiai válaszok szorosabban csatoltak.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A Balaton fitoplankton kutatása során nagyszámú kvantitatív, és florisztikai adat gyűlt össze. A manapság a biológiai tudományokban is teret hódító adatbázis technika lehetőséget ad az eddig összegyűjtött adatok rendezésére, egységes tárolására, és ezáltal megkönnyíti az információhoz való hozzáférést. Az 1933-2006 közötti fitoplankton adatok tárolására terveztem meg és fejlesztettem ki az ALMOBAL balatoni fitoplankton adatbázist, és a kezelését megkönnyítő programozott interface-t. Az adatbázis alapadatainak és az elkészült szoftvernek a felhasználásával készítettem el az ALMOL adatbázist, mely több tó adatait képes tárolni. Az adatbázist a Stechlin-tó, és a Fertő adataival töltöttem fel. Az elkészült adatbázisok nemcsak az információ rendezett tárolását könnyítik meg, de a sokféle szempontú lekérdezések segítségével olyan információhoz juthatunk, amelyhez más módszerrel csak nagy nehézségek árán tudnánk. Lehetővé teszik a tavak közötti összehasonlító statisztikai számításokat. Ezáltal lesznek az adatbázisok alapvető segédeszközei az ökológiai kutatásnak. Az adatbázisok tudományos felhasználását három esettanulmányon mutattam be.

A VKI bevezetése megerősíti a tavak minősítésében az ökológiai szemlélet fontosságát. Az egyik indikátor élőlénycsoport a fitoplankton, amely a tó trofitásának hatékony jelzője. Az állapotminősítéshez kifejlesztett index térbeli és időbeli változását vizsgáltam abból a célból, hogy a vízminősítésben való használhatóságát értékeljem. Megállapítottam, hogy a hagyományos összbiomasszán alapuló, OECD szabvány szerinti minősítéshez képest érzékenyen jellemzi a tó állapotát. A mintavételre az előzetesen feltételezett nyár végi időpont alkalmas. Az indexet használva az 1960-as évek fitoplanktonja referencia állapotnak tekinthető. Az index felhasználható olyan történeti jegyzőkönyvek értékelésére is, amelyeknél a határozás jó, néhány adat (pl. alkalmazott nagyítás, transzektek száma stb.) hiányzik, vagy olvashatatlan.

A 2000-2003 közötti száraz években a Balaton vízmérlege tartósan negatív volt, amelynek következtében a vízállás drasztikusan csökkent. A jövőben ez a jelenség várhatóan megismétlődik, kérdés tehát, hogy a vízállás csökkenés milyen hatással van a tó élővilágára, ezen belül is a fitoplankton mennyiségére, és minőségére. Az adatbázis összbiomassza és funkcionális csoportok szerinti biomassza adatait elemezve megállapítottam, hogy az alacsonyabb vízállás az összes biomasszára és a Q ökológiai

állapotindexre jelentős hatással nincs. Valószínűleg a csökkent tápanyag bemosódás miatt a biomassza maximuma a vízszint csökkenésével kismértékben csökken. A nyár végén a N₂-kötő *Cylindrospermopsis raciborskii* biomassza részaránya növekszik.

Tavak közötti összehasonlító vizsgálatot végeztem az ALMOBAL és az ALMOL adatbázisok alapján. A társulás összetétel szimilaritási indexét számoltam ki. A kérdés az volt, hogy a társulás összetétele mikor a legváltozatosabb, és együtt jár-e a nagyobb változatosság a biomassza maximumával. A Balaton keleti, nyugati medencéjében és a Stechlin-tóban is a társulások szimilaritási indexe tél végén, tavasz elején a legkisebb. Ebben az időszakban a fitoplankton mindhárom helyszínen erős fizikai kontroll alatt áll. Az egyes algafajok mennyiségét a jégborítottság, és a jég olvadása határozza meg. A Stechlin-tónál ilyenkor jelentkezik az éves biomassza maximum is, ami arra enged következtetni, hogy itt fizikai hatások és a stressztűrő fajok szelekciója szorosabban kapcsol. Az általános hipotézis szerint a társulás kialakulása során a fizikai tényezők kontrollja csökkenti, a biológiai tényezők kontrollja növeli a kompozíciós szimilaritást.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm témavezetőmnek, Prof. Dr. Padisák Juditnak több éves emberi, szakmai segítségét, törődését, és belém vetett bizalmát. Szeretnék köszönetet mondani Zámbóné Doma Zsuzsa asszisztensnek az adatbevitelben nyújtott segítségével, továbbá Kiss Gábornak, Kóbor Istvánnak, Takács Erzsébetnek a KÖDU-KÖVIZIG munkatársainak az adatbázishoz szolgáltatott adatsorokért. Hálás vagyok Stenger-Kovács Csillának szakmai, és baráti segítségével. Köszönöm családom megértését, türelmét, és támogatását.

A munka a BALÖKO (NKFP 3B/022/2004) pályázat támogatását élvezte.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- Ács, É., Barreto, S., Beszterci, B., Borics, G., Fehér, G., Grigorszky, I., Kiss, K. T., Makk, J., Pelyhe, T., Schmidt, A., Szabó, K. & L. Vörös, 2004. Algológiai praktikum. Szerk.: Ács, É. & Kiss, K. T. ELTE Eötvös Kiadó, Bp.
- Albay, M., Naselli Flores, L. & J., Padisák, 2007. Morphological Plasticity of Phytoplankton under Different Environmental Constraints. *Hydrobiologia* 578: pp. 161.
- Alvarez-Cobelas, M., Reynolds, C. S., Sanchez-Castillo, P. & J. Kristiansen, 1998. Phytoplankton and Trophic Gradients. *Developments in Hydrobiology* 129. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, pp. 372.
- Blenckner, T., 2008. Models as tools to understand past, recent and future changes of large lakes. *Hydrobiologia* 599: 177-182.
- Buczkó, K. & M. Rajczy, 1998. "Flora et Iconographia Algarum Hungariae", 1997. Az algakatalógus múltja és jövője. *Hidrológiai Közlöny* 78: 381-382.
- Crosetti, L. O. & C. E. D. Bicudo, 2005. Structural and functional phytoplankton responses to nutrient impoverishment in mesocosms placed in a shallow eutrophic reservoir (Garças Pond), São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia* 541: 71-85.
- da Silva, C. A., Train, S. & L. C. Rodrigues, 2005. Phytoplankton assemblages in a Brazilian subtropical cascading reservoir system. *Hydrobiologia* 537: 99-109.
- Descy, J.-P., Reynolds, C. S. & J. Padisák, 1994. Phytoplankton in Turbid Environments. Rivers and Shallow Lakes. *Developments in Hydrobiology* 100. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, pp. 214.
- Devercelli, M., 2006. Phytoplankton of the Middle Paraná River during an anomalous hydrological period: A Morphological and Functional Approach. *Hydrobiologia* 563: 465-478.

- Dokulil, M., Teubner, K., Jagsch, A., Nickus, U., Adrian, R., Straile, D., Jankowski, T., Herzig, A. & J. Padisák, in press: The impact of climate change on lakes in Central Europe. In D. G. George (ed.): The Impact of Climate Change on European Lakes. Series: Aquatic Ecology. Springer.
- EC Parliament and Council, 2000. Directive of the European Parliament and of the Council 2000/60/EC establishing a framework for community action in the field of water policy. European Commission PE-CONS 3639/1/100 Rev 1, Luxembourg.
- Entz, G., Kottász, J. & O. Sebestyén, 1937. Quantitatív tanulmányok a Balaton biosztesztionján. . Annal. Biol. Tihany 9: 1-144.
- Felföldy L., 1969. Felszíni vizeink eutrofizálódásáról. Vízügyi Közl. 1969, 3: 352-362.
- Findlay, D. L. & S. E. M. Kasian, 1987. Phytoplankton community responses to nutrient addition in Lake 226, Experimental Lakes Area, Northwestern Ontario. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 44: 35-46.
- Findlay, D. L., Paterson, J. J., Hendzel, L. L. & H. J. Kling, 2005. Factors influencing *Gonyostomum semen* blooms in a small boreal reservoir lake. Hydrobiologia 533: 243-252.
- G.-Tóth, L. & J. Padisák, 1978. Short term investigations on the phytoplankton of Lake Balaton at Tihany. Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae 24: 187-204.
- Halassy, B., 2002. Adatmodellezés. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó
- Hajnal, É. & J. Padisák, 2006a. Balatoni fitoplankton adatbázis (ALMOBAL) létrehozása és alkalmazhatósága vízminőségi monitorozásra. [The ALMOBAL DataBase for water quality monitoring of Lake Balaton]. Hidrológiai Közlemény 86: 149-150. [in Hungarian with English summary]
- Hajnal, É. & J. Padisák, 2006b. Elaboration Phytoplankton Database (ALMOBAL) of Lake Balaton for Monitoring Water Quality. Kandó Conference, Budapest ISBN 9637154426: 11.
- Herodek, S. & G. Tamás, 1973. The primary production of phytoplankton in Lake Balaton April-September 1972. Annal. Biol. Tihany 40: 207-218.
- Herodek, S. & G. Tamás, 1975. The primary production of phytoplankton in the Keszthely Basin of Lake Balaton in 1973-74. Annal. Biol. Tihany 42: 175-190.
- Honti, M., Istvánovics, V. & A. Osztóics, 2007: Stability and change of phytoplankton communities in a highly dynamic environment – the case of large shallow Lake Balaton (Hungary). Hydrobiologia 581: 225-240.
- Hortobágyi, T., 1943. Adatok a Balaton boglári sestonjában, psammonjában és lasionjában élő moszatok ismeretéhez. Annal. Biol. Tihany 15: 75-127.
- Hortobágyi, T., 1962. Két vízvirágzás a Balatonon. Botanikai Közl. 49: 233-237.
- Hortobágyi, T. & I. Kárpáti, 1967: Nagyméretű vízvirágzás a Balaton délnyugati részén. Bot. Közl. 54: 137-142
- Istvánffy, Gy., 1897. A Balaton moszatflórája. A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei II. 2/1:1-141.
- Istvánovics, V., Somlyódy, L. & A. Clement, 2002. Cyanobacteria-mediated internal eutrophication in shallow Lake Balaton after load reduction. Water Research 36: 3314-3322.

- Istvánovics, V., Clement, A., Somlyódy, L., Specziár, A., G.-Tóth, L. & J. Padisák, 2007: Updating water quality targets for shallow Lake Balaton (Hungary), recovering from eutrophication. *Hydrobiologia* 581: 305-318.
- Kárpáti, I., 1975. A Balaton alga- és hínárvegetációjának kapcsolata az eutrofizálódással. In: *A környezetvédelem biológiai alapjai* (szerk. Kovács M.) Bp. 2. kiad 133-144.
- Kiss, K. T., 1998. Bevezetés az algológiába. ELTE Eötvös Kiadó Bp.
- Kol, E., 1938. Die Algenvegetation des Balatonsees. *Ann. Biol. Tihany* 11:154-160.
- Komárek, J. & B. Fott, 1983. Chlorophyceae (Grünalgen). Ordnung: Chlorococcales. In: Huber-Pestalozzi, G. (ed.) *Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie* 7/1. Schweitzerbart'sche Verlagbuchhandlung, Stuttgart, pp. 1044.
- Kristiansen, J., 2003. From IAP to IAP. *Hydrobiologia* 502: 1-2.
- Kümmerlin, R. E., 1991. Long-term development of phytoplankton in Lake Constance. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 24: 826-830.
- Lecointe, C., Coste, M., Prygiel, J. 1993. "OMNIDIA" software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia* 269/270 : 509-513.
- Lopes, M. R. M., Bicudo, C. E. D M. & M. C. Ferragut, 2005. Short term spatial and temporal variation of phytoplankton in a shallow tropical oligotrophic reservoir, southeast Brazil. *Hydrobiologia* 542: 235-247.
- Lund, J. W. G., 1979. Changes in the phytoplankton of an English lake, 1945-1977. *Freshwater Biological Association Publications* 1306.
- Makarewicz, J. C. & R. I. Baybutt, 1981. Long-term (1927-1978) changes in the phytoplankton community of Lake Michigan at Chicago. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 108: 240-254.
- Mineeva, N. M. & A. S. Litvinov, 1998. Long-term variation of chlorophyll content in Rybinsk Reservoir (Russia) in relation to its hydrological regime. In George, D. G., Jones, J. G, Puncochar, P., Reynolds, C. S. & D. W. Sutcliffe (eds.), *Management of lakes and reservoirs during global change: 111-125*, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, Boston. London.
- Morabito, G., Oggioni, A., Caravati, E. & P. Panzani, 2007. Seasonal morphological plasticity of phytoplankton in Lago Maggiore (N. Italy). *Hydrobiologia* 578: 47-57.
- Nagy, I., 1939. A Balaton phytoplanktonjának kvantitatív vizsgálata. A Balaton phytoplanktonja vertikális eloszlása Tihanyban 1938. VIII. 16-20-ig. *Annal. Biol. Tihany* 11: 251-256.
- Naselli-Flores, L., Padisák, J. & M. Dokulil, 2003. Phytoplankton and Equilibrium Concept: The Ecology of Steady-State Assemblages. *Developments in Hydrobiology* 172. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, pp. 403.
- Naselli-Flores, L. & R. Barone, 2005. Water-level fluctuations in Mediterranean reservoirs: Setting a dewatering threshold as a management tool to improve water quality. *Hydrobiologia* 548: 85-99.
- Neale, P., Talling, J. F., Heaney, S. I., Reynolds, C. S. & J. W. G. Lund, 1991. Long time series from the English Lake District: Irradiance-dependent phytoplankton dynamics

- during spring maximum. *Limnology & Oceanography* 36: 751-760.
- Nõges, T., Nõges, P. & R. Laugaste, 2003. Water level as mediator between climate change and phytoplankton composition in a large shallow temperate lake. *Hydrobiologia* 506-509: 257-263.
- Padisák, J., 1980. Short-term studies on the phytoplankton of Lake Balaton in the summers of 1976, 1977 and 1978. *Acta Bot. Acad. Sci. Hung.* 26:397-416.
- Padisák, J. & L. G.-Tóth, 1991. Some aspects of the ecology of the subdominant green algae in a large nutrient limited shallow lake (Balaton, Hungary). *Archiv für Protistenkunde* 139: 225-242.
- Padisák, J. 1992: Seasonal succession of phytoplankton in a large shallow lake (Balaton, Hungary) - a dynamic approach to ecological memory, its possible role and mechanisms. *Journal of Ecology* 80: 217-230.
- Padisák, J., Reynolds, C. S. & U. Sommer, 1993. Intermediate Disturbance Hypothesis in Phytoplankton Ecology. *Developments in Hydrobiology* 81. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, pp. 200.
- Padisák, J. & V. Istvánovics, 1997. Differential response of blue-green algal groups to phosphorus load reduction in a large shallow lake: Balaton, Hungary. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 574-580.
- Padisák, J. & A. Kovács, 1997. *Anabaena compacta* (Nygaard) Hickel - új kékalga faj a Balaton üledékében és planktonjában. *Hidrológiai Közlöny* 77: 29-32.
- Padisák, J., Krienitz, L., Scheffler, W., Koschel, R., Kristiansen, J. & I. Grigorszky, 1998. Phytoplankton succession in the oligotrophic Lake Stechlin (Germany) in 1994 and 1995. *Hydrobiologia* 369/370: 179-197.
- Padisák, J. & C. S. Reynolds, 1998. Selection of phytoplankton associations in Lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to cyanoprokaryotes. *Hydrobiologia* 384: 41-53.
- Padisák, J., 1998. Sudden and gradual responses of phytoplankton to global climate change: case studies from two large, shallow lakes (Balaton, Hungary and the Neusiedlersee Austria/Hungary). In D. G. George, J. G. Jones, P. Puncochar, C. S. Reynolds and D. W. Sutcliffe (eds.), *Management of lakes and reservoirs during global change*: 111-125, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, Boston. London.
- Padisák, J. & L. Koncsos, 2002. Trend and noise: long term changes of phytoplankton in the Keszthely Basin of Lake Balaton, Hungary. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* Vol. 28: 194-203.
- Padisák, J., Borics, G., Fehér, G., Grigorszky, I., Oldal, I., Schmidt A. & Z. Zámbóné-Doma, 2003a. Dominant species and frequency of equilibrium phases in late summer phytoplankton assemblages in Hungarian small shallow lakes. *Hydrobiologia* 502: 157-168.
- Padisák, J., Scheffler, W., Kasprzak, P.; Koschel, R. & L. Krienitz, 2003b: Interannual changes (1994-2000) of phytoplankton of Lake Stechlin. *Archiv für Hydrobiologie/Advances in Limnology* 58: 101-133.
- Padisák, J., Scheffler, W., Sípos, C., Kasprzak, P., Koschel R. & L. Krienitz, 2003c: Spatial and temporal pattern of development and decline of the spring diatom populations in Lake Stechlin in 1999. *Archiv für Hydrobiologie/Advances in*

Limnology 58: 135-155

- Padisák, J., Barbosa, F. A. R., Koschel, R. & L. Krienitz, 2003d: Deep layer cyanoprokaryota maxima are constitutional features of lakes: examples from temperate and tropical regions. *Archiv für Hydrobiologie/Advances in Limnology* 58: 175-199.
- Padisák, J., Soróczki-Pintér, É., Hajnal, É. & Zs. Zámóné-Doma, 2004. A balatoni fitoplankton tér- és időbeli mintázata 2003-ban. In: Mahunka, S. & J. Banczerowski (eds.), *A Balaton kutatásának 2003. évi eredményei: 16-26*, MTA-Amulett'98, Budapest.
- Padisák, J., Soróczki-Pintér, É., Hajnal, É. & Zs. Zámóné-Doma, 2005. A balatoni fitoplankton tér- és időbeli mintázata 2004-ben. In: Mahunka, S. & J. Banczerowski (eds.), *A Balaton kutatásának 2004. évi eredményei: 16-26*, MTA-Amulett'98, Budapest.
- Padisák, J., Borics, G., Grigorszky, I. & É. Soróczki-Pintér, 2006a. Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index. *Hydrobiologia* 553:1-14.
- Padisák, J., Molnár, G., Soróczki-Pintér, É., Hajnal, É., & D. G. Jones, 2006b. Four consecutive dry years in Lake Balaton (Hungary): Consequences for phytoplankton biomass and composition. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 29: 1153-1159.
- Podani, J., 1988. Syn-Tax III. User's manual. *Abstracta Botanica* 12: 1-183.
- Pomogyi, P., 1993. Nutrient retention by the Kis-Balaton Water Protection System. *Hydrobiologia* 251: 309-320.
- Reynolds, C. S. & E. G. Bellinger, 1992. Patterns of abundance and dominance of the phytoplankton on Rostherne Mere, England: evidence from a 18-year data set. *Aquatic Sciences* 54: 10-36.
- Reynolds, C. S., Dokulil, M. T. & J. Padisák, 2000. *The Trophic Spectrum Revisited. Developments in Hydrobiology* 150. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, pp. 152.
- Reynolds, C. S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L. & S. Melo, 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24: 417-428.
- Salmaso, N. & J. Padisák, 2007. Morpho-functional groups and phytoplankton development in two deep lakes (Lake Garda, Italy and Lake Stechlin, Germany). *Hydrobiologia* 578: 97-112.
- Scherffel, A., 1932. Néhány adat a Balatonvidék moszatainak ismeretéhez. *Math. Term. Tud. Ért.* 48: 431-442.
- Sas, H., 1989. *Lake Restoration and Reduction of Nutrient Loading: Expectations, Experiences, Extrapolations.* Academia Verlag Richarz, St Augustin.
- Sebestyén, O., 1934. „Vízvirágzás” a Balatonon? *M. Biol. Int. Munk.* 7:205-208
- Sebestyén, O., Entz, B., Felföldy, L., 1951. Alacsony vízállással kapcsolatos biológiai jelenségek a Balatonon 1949 őszén. *Annal. Biol. Tihany* 20: 127-160.
- Sebestyén, O., 1958a. Quantitative and qualitative changes in the plankton of Lake Balaton. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 13: 331-338.

- Sebestyén, O., 1958b. A Balaton-kutatás harminc éve Tihanyban.- *Annal. Biol. Tihany* 25: 9-27.
- Sebestyén, O., 1960. Állományokról, különös tekintettel a tavi planktonra (Balatoni tanulmányok alapján). *Annal. Biol. Tihany* 27: 93-113.
- Sebestyén, O., 1962: Az utóbbi tizenöt év Balaton-kutatásának eredményei 1946-1960. *Annal. Biol. Tihany* 29: 165-216.
- Somlyódi, L. & G. Jolánkai, 1986. Nutrient loads. In L. Somlyódi & G. van Straaten (eds), *Modelling and managing shallow lake eutrophication*, Springer Verlag, Berlin: 125-156.
- Sommer, U., Gliwicz, Z. M., Lampert, W. & A. Duncan, 1986. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in freshwaters. *Archiv für Hydrobiologie* 106: 433-471.
- Szilágyi, F., Ács, É., Borics, G., Halasi Kovács, B., Juhász, P., Kiss, B., Kovács, C., Kovács, T., Lakatos, Gy., Müller, Z., Padisák, J., Pomogyi, P., Szalma, E. & B. Tóthmérész, 2006. A fenntartható vízgazdálkodás tudományos megalapozása az EU Víz Keretirányelv hazai végrehajtásának elősegítésére I: Az ökológiai minősítés kérdései. Jelentés. BMGE Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, Budapest.
- Talling, J. F., 1993. Comparative seasonal changes, and inter-annual variability and stability in a 26-year record of total phytoplankton biomass in four English lake basins. *Hydrobiologia* 268: 65-98.
- Tamás, G., 1955. Mennyiségi planktontanulmányok a Balatonon VI. A negyvenes évek fitoplanktonjának biomasszája. *Annal. Biol. Tihany* 23: 95-110.
- Tamás, G., 1965. Horizontale Plankton-Untersuchungen im Balaton VI. über das Phytoplankton im südwestlichen Teil des Sees auf Grund von Schöpf- und Netzfilterproben vom July 1962. *Annal. Biol. Tihany* 32: 229-245.
- Tamás, G., 1967. Horizontale Plankton-Untersuchungen im Balaton V. Über das Phytoplankton des Sees auf Grund der im Jahre 1965 geschöpften und Netzfilterproben. *Annal. Biol. Tihany* 34: 191-231.
- Tamás, G., 1969. Horizontal plankton investigations in Lake Balaton VII. on the phytoplankton of Lake Balaton, based on scooped samples and filtrates taken in 1966. *Annal. Biol. Tihany* 36: 257-292.
- Tamás, G., 1972. Horizontal phytoplankton studies in Lake Balaton based on scooped samples and filtrates taken in 1967. *Annal. Biol. Tihany* 39: 151-188.
- Tamás, G., 1974. The biomass changes of phytoplankton in Lake Balaton during the 1960s. *Annal. Biol. Tihany* 41: 323-342
- Tamás, G., 1975. Horizontally occurring quantitative phytoplankton investigations in Lake Balaton, 1974. *Annal. Biol. Tihany* 42: 219-280.
- Townsend, S. A., 2005. Hydraulic Phases, Persistent Stratification, and Phytoplankton in a Tropical Floodplain Lake (Mary River, Northern Australia). *Hydrobiologia* 556: 163-179.
- Utermöhl, H., 1936. Quantitative Methoden Untersuchung des Nannoplankton in Adderheldens. *Handbuch der Biologische Arbeitsmethoden, Abteilung IX* (1).
- Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik.

- Mitteilungen der internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie 5: 567-596.
- Vízkelety, É., 1986. Adatok a Keszthelyi-öböl algológiai és trofitás viszonyaihoz. Bot. Közlem. 74-75: 153-192.
- Vízkelety, É., 1992. Phytoplankton studies in the Keszthely Bay (Lake Balaton, Hungary, 1983-1987). Acta Botanica Hungarica 37: 119-150.
- Vörös, L., 1980. A Balaton fitoplanktonjának tömege, összetétele és diverzitása 1976-ban. Botanikai Közlemények 67: 25-33.
- Willén, E., 1992. Long-term changes in the phytoplankton of large lakes in response to changes in nutrient loading. Nordic Journal of Botany 12: 577-587.

A disszertáció alapját a következő publikációk jelentették:

- Padisák, J., Soróczki-Pintér, É., **Hajnal, É.** & Zs. Zámbóné-Doma, 2004. A balatoni fitoplankton tér- és időbeli mintázata 2003-ban In: Mahunka, S. & J. Banczerowski (eds.), A Balaton kutatásának 2003. évi eredményei: 16-26, MTA-Amulett'98, Budapest.
- Padisák, J., Soróczki-Pintér, É., **Hajnal, É.** & Zs. Zámbóné-Doma, 2005. A balatoni fitoplankton tér- és időbeli mintázata 2004-ben In: Mahunka, S. & J. Banczerowski (eds.), A Balaton kutatásának 2004. évi eredményei: 16-26, MTA-Amulett'98, Budapest.
- Hajnal, É.** & J. Padisák, 2006a. Balatoni fitoplankton adatbázis (ALMOBAL) létrehozása és alkalmazhatósága vízminőségi monitorozásra. *Hidrológiai Közlöny* 86: 149-150.
- Hajnal, É.** & J. Padisák, 2006b. Elaboration Phytoplankton Database (ALMOBAL) of Lake Balaton for Monitoring Water Quality. *Kandó Conference, Budapest* ISBN 9637154426: 11.
- Hajnal, É.** & Padisák, J. 2008. Analysis of long-term ecological status of Lake Balaton based on the ALMOBAL phytoplankton database. *Hydrobiologia* 599:227-237. **IF: 1.045.**
- Padisák, J., **Hajnal, É.**, Koschel, R. & Krienitz, L. (in press): The importance of winter phytoplankton composition in contrasting lakes: a deep stratifying and a shallow polymictic. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 30.

Egyéb publikációk

- Padisák J., Molnár G., Soróczki-Pintér É., **Hajnal É.**, & D. G. Jones, 2006. Four Consecutive Dry Years in Lake Balaton (Hungary): Consequences for Phytoplankton Biomass And Composition.. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 29: 1153-1159.
- Stenger-Kovács, C., Padisák, J., **Hajnal, É.**, Buczkó, K. 2007. Epiphytic, littoral diatoms as bioindicators of shallow lake trophic status: Trophic Diatom Index for Lakes (TDIL) developed in Hungary. *Hydrobiologia*. 589:141-154. **IF: 1.045**
- van Dam, H., Stenger-Kovács, C., Ács, É., Borics, G., Buczkó, K., **Hajnal, É.**, Soróczki-Pintér, É., Várbíró, G., Tóthmérész, B., Padisák, J., 2007. Implementation of the European Water Framework Directive: Development of a system for water quality assessment of Hungarian running waters with diatoms. *Large Rivers* 17 339-364. **IF: 1.362**
- Souza, M.B. G., Barros, C. F. A., Barbosa, F. A. R., **Hajnal, É.** & J. Padisák (in press): The role of atelomixis in phytoplankton assemblages' replacement in Dom Helvécio Lake, South-East Brazil. *Hydrobiologia*. **IF: 1.045.**

8. TÉZISPONTOK

1. Adatmodellezés, adatbázis fejlesztés

1.1 Az összegyűjtött fitoplankton adatok felhasználásával kifejlesztettem az ALMOBAL adatbázist, amely 825 algafaj alapadatait, ~3000 balatoni vízminta ~77000 adatrekordját tartalmazza, továbbá az ALMOL adatbázist, amely a Stechlin-tó és a Fertő tó fitoplankton adatait tartalmazza (~1800 vízminta ~44000 adatrekord).

2. Az ökológiai állapotindex vizsgálata

2.1 A Balaton keleti és nyugati medencéjét az ökológiai állapotindex értékei alapján összehasonlítva sikerült megerősíteni azt az álláspontot, hogy a nyár végi mintavétel lehet alkalmas a VKI szempontjai szerinti állapotbecslésre.

2.2 A hierarchikus cluster analízis összefüggést mutat a nyugati medencében az augusztusi és szeptemberi társulások funkcionális csoportok szerinti összetétele, és az ökológiai állapotindex között.

2.3 A Q index és az éves biomassza maximum trendje a Balaton keleti és nyugati medencéjében hasonló. A Q index a trofitásban elkezdődő változásokat már akkor érzékenyen tükrözte, amikor a biomassza maximuma még csak kismértékben emelkedett. A rekonstrukció idején, az 1990-es évek második felétől napjainkig a biomassza trendszerűen csökkent, de a Q index még jelzi az eutróf társulásösszetételt.

2.4 Az ökológiai állapotindex felhasználható olyan történeti jegyzőkönyvek alapján történő állapotbecslésre, ahol néhány adat (pl. az alkalmazott nagyítás, leszámolt transzektek száma) nem olvasható, vagy hiányzik.

2.5 Az ökológiai állapotindex értékei alapján az 1960-as évek a VKI szempontjai szerint referenciaállapotnak tekinthetők.

3. A vízszint változás hatásai

3.1 A maximális összbiomassza korrelációja a vízszinttel 0,302. A havonkénti átlagos összbiomassza korrelációja a nyugati medencében 0,13-0,42 között változik. A legnagyobb korreláció a 4. hónapban tapasztalható.

3.2 A vízszint változásának és teljes biomassza trendtől való eltérésének korrelációja nagyobb, 0,574, ami a csökkent tápanyag bemosódással függ össze.

3.3 A vízszint csökkenését az ökológiai állapotindex értéke (Q) nem tükrözi.

3.4 A fitoplankton funkcionális csoport összetétele kismértékben változik a vízállással. Keszthelynél az **L₀**, **D**, **T** csoportok pozitív, az **X₂**, **F**, **S_N** csoportok maximális relatív biomasszája negatívan korrelál a vízszinttel. Tihanynál az **X₁**, **J**, **T**, **Y**, **P**, **X₂** csoportok relatív biomasszája a vízszinttel pozitív korrelációt mutat.

4. Tavak társulás összetételének összehasonlító vizsgálata

4.1 A társulásösszetétel szimilaritása a taxonómiai felbontással csökken, de a havonkénti trend nem változik. A trendet a fő társulás alkotó fajok határozzák meg.

4.2 A vizsgált tavaknál a társulásösszetételi szimilartás - akár faji, akár funkcionális csoport alapon vizsgáljuk - hasonló trendet mutat. Értéke a kora tavaszi (február-március) hónapokban a legalacsonyabb, a nyár végi (augusztus-szeptember) hónapokban a legmagasabb.

4.3 Mivel az október-április közötti időszakban a fitoplankton kifejlődése erős fizikai kontroll alatt áll, a május-szeptemberi időszakban pedig a biotikus kontroll dominál, az az általános hipotézis merült fel, hogy a fizikai körülmények kontrollja tendenciájában csökkenti, a biológiai kontroll növeli a társulás összetételi szimilaritást.

4.4 A Stechlin-tó éves biomassza maximuma éppen a legalacsonyabb szimilaritású időszakra esik, ezért ez a tó, ebben az időszakban valószínűleg ideális a klímaváltozás hatásainak tanulmányozásához. A módszer általánosítható, segítségével kijelölhetők azok a tavak, amelyek ilyen vizsgálatokra használhatóak.

9. RESULTS OF THE PHD THESIS

1. Data modelling, database development

1.1. The ALMOBAL database was developed on basis of all the available phytoplankton records of Lake Balaton. It consists of basic data of 825 species and 77000 data records of 3000 water samples. The ALMOL database, which was developed by using the ALMOBAL software, contains the data records of Lake Stechlin and Lake Fertő (~1800 water samples ~44000 phytoplankton data).

2. Analysis of assemblage index (Q)

2.1. Comparing the assemblage indices of the western and eastern basins of Lake Balaton, the general experience was strengthened, that the symptoms of eutrophication are most severe in late summer. Therefore this period could be applicable for water quality assessment according to the WFD.

2.2. By the hierarchical cluster analysis of the communities of the western basin, the functional assemblages of the communities are connected to the assemblage indices in August and September.

2.3. The long term dynamics of total biomass and Q index values were similar both in the western and in the eastern basins of Lake Balaton. Q index sensitively reflects the changes in the trophic state. At the beginning of eutrophication there was a slight increase in biomass, but serious decrease in the Q index. From 2000s onwards, the total biomass was not high, but low Q index indicated rather high percentages of alien species of Cyanobacteria.

2.4. The assemblage index enables to reconstruct the water quality from historical archives in which identifications are correct, but some essential data (such as volume of the sedimentation chamber, number of counted transects, magnification) are missing from the counting protocols.

2.5. In view of the Q index values, the 1960s were considered to represent the reference status of phytoplankton assemblages according to the WFD.

3. Effects of water level decrease

- 3.1. The correlation between maximum total biomass and water level is 0.302. The correlations of the monthly total biomasses and water levels in the western basin of Lake Balaton are between 0.13 and 0.42. However the largest value in the 4th month is also insignificant.
- 3.2. Correlation between the water level changes and the difference of the total actual biomass and its linear trend is more considerable, 0.574. It reflects the effect of the nutrient load reduction from the catchment.
- 3.3. The assemblage index values (Q) do not reflect the water level changes.
- 3.4. Phytoplankton assemblage structure indicates water level changes. There are positive correlations between the water level and the relative biomass of **L₀**, **D**, **T** functional groups, and negative correlation with **X₂**, **F**, **S_N** functional groups in the western basin. In the eastern basin there are positive correlations between the water level and the relative biomass of the **X₁**, **J**, **T**, **Y**, **P**, **X₂** functional groups.

4. Compositional similarity patterns of phytoplankton communities

- 4.1. Compositional similarity indices of phytoplankton communities decrease with the higher taxonomical resolution, but their trends don't change. Therefore similarity patterns are determined by only few dominant species.
- 4.2. Compositional similarity at all the examined sites exhibited a surprisingly similar annual pattern: relatively low values in the early month (Feb-March) were followed by gradual increase that lasted until September. Repeated analysis with pooling species into functional assemblages did not result in different patterns.
- 4.3. In the period October- April the phytoplankton development is under strong physical control, after this period (May-September), as physical constraints diminish, the floating abilities, and different interspecific interactions become important. The observed pattern allows raising a generalized hypothesis: physical forcing tends to decrease and biological control tends to increase compositional similarity.
- 4.4. In lakes (Lake Stechlin) where lowest compositional similarity overlaps with high-biomass period, phytoplankton selection is largely subjected to climate-driven

external factors and therefore these lakes are ideal ecosystems for research on biological effects of climate change.

10. MELLÉKLETEK

1. melléklet: Funkcionális csoportok, és legfontosabb jellemzőik (Reynolds et al. 2002, Padisák et al. 2003a, Padisák et al.2005)

Codon	Habitát	Tipikus képviselő	Tolerancia	Szenzitivitás
A	Tiszta, gyakran jól-keveredő, bázikus tápanyagszegény tó	<i>Urosolenia</i> <i>Cyclotella comensis</i>	Tápanyag hiány	pH emelkedés
B	Mélységében kevert, mezotróf, kis-közepes méretű tó	<i>Aulacoseira subarctica</i> <i>Aulacoseira islandica</i>	Fényhiány	pH emelkedés Si forrás kimerülése Rétegződés
C	Kevert, eutróf kis-közepes tavak	<i>Aterionella formosa</i> <i>Aulacoseira ambigua</i> <i>Stephanodiscus rotula</i>	Fény-, C hiány	Si forrás kimerülése Rétegződés
D	Sekély, tápanyagban gazdag, zavaros vizek, beleértve a folyókat	<i>Synedra acus</i> <i>Nitzschia</i> <i>Stephanodiscus hantzschii</i>	Áramlás	Tápanyag kimerülés
N	Mezotróf epilimnion	<i>Tabellaria</i> <i>Cosmarium</i> <i>Staurodesmus</i>	Tápanyaghiány	Rétegződés pH emelkedés
P	Eutróf epilimnion	<i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Aulacoseira granulata</i> <i>Closteium aciculare</i> <i>Staurastrum pingue</i>	Enyhe fény- és C hiány	Si forrás kimerülése Rétegződés
MP	Sekély, szél által felkevert vízoszlop	<i>Surirella</i> <i>Cymatopleura</i> <i>Aulacoseira</i> <i>Fragilaria</i>		
T	Mély, jól kevert epilimnion	<i>Geminella</i> <i>Mougeotia</i> <i>Tribonema</i>	Fényhiány	Tápanyag hiány
S1	Zavaros, keveredő rétegek	<i>Planktothrix agardhii</i> <i>Limnothrix redekei</i> <i>Pseudanabaena</i>	Nagymértékű fényhiány	Áramlás
S2	Sekély tó, zavaros kevert rétegek	<i>Spirulina</i> <i>Arthrospira</i> <i>Rhaphidiopsis</i>	Fényhiány	Áramlás
S_N	Meleg, kevert rétegek	<i>Cylindrospermopsis</i> <i>Anabaena minutissima</i>	Fény-, N hiány	Áramlás
Z	Átlátszó víz, kevert rétegek	<i>Synechococcus</i> Prokarióta picoplankton	Alacsony tápanyagszint	Fényhiány, legelés
X3	Sekély átlátszó víz, kevert rétegek	<i>Koliella</i> <i>Chrysococcus</i> Eukarióta picoplankton	Kevésbé bázikus	Keveredés, legelés
X2	Sekély, átlátszó víz, keveredő rétegek mezo-eutróf tavakban	<i>Plagioselmis</i> <i>Chrysochromulina</i>	Rétegződés	Keveredés Szűrés
X1	Sekély tápanyagban gazdag víz, kevert rétegek	<i>Chlorella</i> , <i>Ankyra</i> <i>Monoraphidium</i>	Rétegződés	Tápanyag hiány. Szűrés

Y	Rendszerint kicsi, tápanyagban gazdag tavak	<i>Cryptomonas</i>	Kevés fény	Fagotrófia
E	Rendszerint kicsi, oligotróf kevéssé bázikus tavak	<i>Dinobryon</i> <i>Mallomonas</i> (<i>Synura</i>)	Kevés tápanyag Mixotróf lehet	CO ₂ hiány
F	Átlátszó epilimnion	Kolóniás <i>Chlorophyta</i> <i>Botryococcus</i> <i>Pseudosphaerocystis</i> <i>Coenochloris</i> <i>Oocystis lacustris</i>	Kevés tápanyag Nagymértékű zavarosság	? CO ₂ hiány
G	Rövid, tápanyagban gazdag vízoszlop	<i>Eudorina</i> <i>Volvox</i>	Sok fény	Tápanyaghiány
J	Sekély, tápanyagban gazdag tavak, mesterséges tavak, folyók	<i>Pediastrum</i> , <i>Coelastrum</i> <i>Scenedesmus</i> <i>Golenkinia</i>		Üledés a fényszegény rétegbe
K	Rövid, tápanyagban gazdag vízoszlop	<i>Aphanothec</i> <i>Aphanocapsa</i>		Mély átkeveredés
H1	N kötő Nostocales fajok	<i>Anabaena flos-aqae</i> <i>Aphanizomenon</i>	Kevés N, kevés szén	Keверedés, kevés fény, kevés foszfor
H2	Nagyobb, mezotróf tavak N kötő Nostocales fajok	<i>Anabaena lemmermani</i> <i>Gloeotrichia echinulata</i>	Kevés N	Keверedés, kevés fény
U	Nyári epilimnion	<i>Uroglena</i>	Kevés tápanyag	CO ₂ hiány
L₀	Mezotróf tavak nyári epilimnionja	<i>Peridinium</i> <i>Worochinia</i> <i>Merismopedia</i>	Tápanyagok szegregálva	Meghosszabbított, mély átkeveredés
L_M	Eutróf tavak nyári epilimnionja	<i>Ceratium</i> <i>Microcystis</i>	Nagyon kevés C	Keверedés, gyenge rétegződés, fény
M	Alacsony szélességen fekvő, kisméretű eutróf tavak	<i>Microcystis</i> <i>Sphaerocavum</i>	Nagyfokú besugárzás	Áramlás, kevés fény
R	Rétegzett mezotróf tavak metalimnionja	<i>P. rubescens</i> <i>P. mougeotii</i>	Kevés fény, tápanyag szegregáció	Instabilitás
V	Rétegzett eutróf tavak metalimnionja	<i>Chromatium</i> <i>Chlorobium</i>	Kevés fény, szegregáció	Instabilitás
W1	Kisméretű, szerves anyagban gazdag mesterséges tavak	<i>Euglena</i> , <i>Synura</i> <i>Gonium</i>	BOD	Legelés
W2	Sekély, mezotróf tavak	<i>Trachelomonas</i>	?	?
Q	Kicsi, huminanyagban gazdag tavak	<i>Gonyostomum</i>	Színeződés	

2. melléklet: Az adatok ellenőrzése

Mkód	Adatközlő	Hely	Időpont	Publikáció	Adatbázisból becsült összbio- massza (mg/L)	Irodalmi összbio- massza adat (mg/L)	Eltérés %
1	T.G.	M	1965.06.08	Annal. Biol. Tihany 1967.	466	330	41%
7	T.G.	M	1965.07.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	173	267	-35%
12*	T.G.	M	1965.08.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	1902	8178	-77%
17	T.G.	M	1965.09.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	385	673	-43%
22	T.G.	M	1965.10.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	52	115	-55%
1912	T.G.	M	1966.07.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	2240	2236	0%
1917	T.G.	M	1966.08.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	3514	6297	-44%
1922	T.G.	M	1966.09.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	1425	2723	-48%
1927	T.G.	M	1966.10.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	267	233	15%
1933	T.G.	M	1966.11.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	79	91	-13%
2014	T.G.	M	1967.04.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	332	428	-23%
2019	T.G.	M	1967.05.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	876	1034	-15%
2024	T.G.	M	1967.06.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	2139	2737	-22%
2029	T.G.	M	1967.07.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	2829	4200	-33%
2034	T.G.	M	1967.08.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	3721	5366	-31%
2039	T.G.	M	1967.09.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	2139	2600	-18%
2044*	T.G.	M	1967.10.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	756	3912	-81%
2049	T.G.	M	1967.11.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	251	328	-23%
2	T.G.	K	1965.06.08	Annal. Biol. Tihany 1967.	764	572	34%
8	T.G.	K	1965.07.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	643	531	21%
13	T.G.	K	1965.08.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	1603	3326	-52%
18	T.G.	K	1965.09.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	2560	2655	-4%
23	T.G.	K	1965.10.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	164	174	-6%
1908	T.G.	K	1966.06.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	1721	1413	22%
1913	T.G.	K	1966.07.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	3249	3544	-8%
1918	T.G.	K	1966.08.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	9900	12551	-21%
1923	T.G.	K	1966.09.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	2435	4280	-43%
1928	T.G.	K	1966.10.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	233	255	-8%
1934	T.G.	K	1966.11.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	82	108	-24%
2015	T.G.	K	1967.04.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	224	323	-31%
2020	T.G.	K	1967.05.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	534	687	-22%
2025	T.G.	K	1967.06.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	2025	2241	-10%
2030	T.G.	K	1967.07.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	3403	4166	-18%
2035	T.G.	K	1967.08.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	4710	5920	-20%
2040	T.G.	K	1967.09.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	2186	2412	-9%
2045	T.G.	K	1967.10.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	587	732	-20%
2050	T.G.	K	1967.11.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	216	269	-20%
3	T.G.	G	1965.06.08	Annal. Biol. Tihany 1967.	677	584	16%
9	T.G.	G	1965.07.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	1286	1115	15%
14	T.G.	G	1965.08.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	2704	2725	-1%
19	T.G.	G	1965.09.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	1896	1911	-1%
24	T.G.	G	1965.10.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	172	171	0%
1909	T.G.	G	1966.06.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	1457	1093	33%
1914	T.G.	G	1966.07.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	2610	3110	-16%
1919	T.G.	G	1966.08.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	1782	2099	-15%
1924	T.G.	G	1966.09.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	689	810	-15%

1929	T.G.	G	1966.10.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	84	114	-26%	
1935	T.G.	G	1966.11.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	115	147	-22%	
2016	T.G.	G	1967.04.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	315	384	-18%	
2021	T.G.	G	1967.05.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	791	852	-7%	
2026	T.G.	G	1967.06.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	1649	1734	-5%	
2031	T.G.	G	1967.07.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	2951	3234	-9%	
2036	T.G.	G	1967.08.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	3032	3852	-21%	
2041	T.G.	G	1967.09.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	1884	2135	-12%	
2046	T.G.	G	1967.10.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	545	718	-24%	
2051	T.G.	G	1967.11.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	211	256	-17%	
4	T.G.	A	1965.06.08	Annal. Biol. Tihany 1967.	594	489	21%	
10	T.G.	A	1965.07.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	645	668	-3%	
15	T.G.	A	1965.08.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	876	895	-2%	
20	T.G.	A	1965.09.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	460	450	2%	
25	T.G.	A	1965.10.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	162	157	3%	
1910	T.G.	A	1966.06.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	1063	993	7%	
1915	T.G.	A	1966.07.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	991	1156	-14%	
1920	T.G.	A	1966.08.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	898	1057	-15%	
1925	T.G.	A	1966.09.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	499	622	-20%	
1930	T.G.	A	1966.10.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	95	110	-14%	
1936	T.G.	A	1966.11.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	103	101	2%	
2017	T.G.	A	1967.04.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	256	377	-32%	
2022	T.G.	A	1967.05.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	530	656	-19%	
2027	T.G.	A	1967.06.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	1579	1757	-10%	
2032	T.G.	A	1967.07.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	1580	1928	-18%	
2037	T.G.	A	1967.08.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	2648	3158	-16%	
2042	T.G.	A	1967.09.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	2309	2665	-13%	
2047	T.G.	A	1967.10.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	503	688	-27%	
2052	T.G.	A	1967.11.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	271	321	-16%	
2142	P.J	A	1976.08.18	Annal. Biol. Tihany 1977	3995	2723	47%	
5	P.J	A	1965.06.08	Annal. Biol. Tihany 1967.	323	262	23%	
11	T.G.	E	1965.07.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	1056	1045	1%	
16	T.G.	E	1965.08.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	1251	1368	-9%	
21	T.G.	E	1965.09.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	790	823	-4%	
26	T.G.	E	1965.10.01	Annal. Biol. Tihany 1967.	122	78	57%	
1911	T.G.	E	1966.06.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	1123	918	22%	
1916	T.G.	E	1966.07.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	1344	1478	-9%	
1921	T.G.	E	1966.08.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	1525	1745	-13%	
1926	T.G.	E	1966.09.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	1106	1197	-8%	
1932	T.G.	E	1966.10.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	101	112	-10%	
1937	T.G.	E	1966.11.15	Annal. Biol. Tihany 1969.	96	63	53%	
2018	T.G.	E	1967.04.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	438	569	-23%	
2023	T.G.	E	1967.05.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	663	730	-9%	
2028	T.G.	E	1967.06.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	1669	2034	-18%	
2033	T.G.	E	1967.07.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	2138	2637	-19%	
2038	T.G.	E	1967.08.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	3380	4092	-17%	
2043	T.G.	E	1967.09.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	1884	2269	-17%	
2048	T.G.	E	1967.10.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	594	1091	-46%	
2053	T.G.	E	1967.11.15	Annal. Biol. Tihany 1972.	222	300	-26%	
							Átlag:	-12%

* A nagy különbség egyetlen adat nagyságrendi eltérésére vezethető vissza, ami valószínűsíti, hogy hibás a publikált adattáblázat.