

Sekély vizű tavak jellegzetességei és problémái

Kutics Károly*

Abstract Peculiarities and Problems of Shallow Lakes. Shallow lakes are more vulnerable to human activities and natural changes than deep ones. Shallowness can be measured through the dynamic ratio of a lake and lakes of similar shallowness can be compared in terms of sensitivity and vulnerability to various stresses. Several shallow lakes and communities in their basins experience disastrous changes due to mistakes committed in lake and watershed management as well as due to climate change. 11 shallow lakes with a certain degree of similarity to Lake Balaton were selected for analysis from Europe, North-America and Japan. It has been found that Lake Balaton does not show extreme characteristics as compared to the other lakes. Eutrophication is a common problem of all lakes, though the level of seriousness varies from very serious to acceptable. Most lakes have water level problems due to water overuse or climate change. Dropping water level and shrinking of surface area always result in deterioration of water quality and loss of aqueous habitat. Some lakes apply water conveyance from other watershed to improve water balance and manage level drop and/or large fluctuation. Water quality improvement measures applied include stopping or restriction of agricultural activities, sewage treatment, dredging, biomanipulation, wetland restoration with filtration functions, direct runoff control, soil treatment to immobilize phosphorus and pesticides, etc. Magnitude of measures (spending) is neither proportional to the seriousness of the problem nor to the population affected but it is more a function of the economic power of the countries. Most lakes and watersheds have a management plan developed but these plans do not entirely reflect the total economic value (TEV) of the lakes. A detailed analysis and development of the methodology of TEV estimation could be an important contribution to this research project.

Keywords shallow lakes • eutrophication, water level • common problems • measures

* Kaposvári Egyetem, Balaton Kutatóintézet
E-mail: kutics.karoly@chello.hu

1. Bevezetés

A tavak, melyek a földi édesvízkészlet 90%-át tartalmazzák, fontos elemek Földünkön az emberi fejlődés, valamint a működőképes ökológiai rendszerek és a biodiverzitás megőrzése érdekében. A víz körforgása, a vízi biológiai sokféleség fenntartása, a megélhetés, a társadalmi, gazdasági és esztétikai előnyök alapvető fontosságúak a tavak környékén élők számára (International Lake Environment Committee, 2005).

A 20. század második felében jelentős mértékben megváltozott a tavak hasznosítása, mivel a korábbi hajózási és halászati, esetenként nádgazdasági használat mellett megjelent a többoldalú turisztikai hasznosítás (fürdés, vízi sportok, horgászat, stb.) és a nagymérvű vízkivétel vezetékes ivóvíz, ipari víz és mezőgazdasági öntözés céljára.

Ugyanakkor megnövekedett a vízgyűjtő területek intenzív mezőgazdasági használata, nőtt a tavak körüli népesség, kezdetben a természetes szaporulat és a gazdasági migráció, később inkább az utóbbi következtében. A tavak körüli településeken igen gyorsan növekedett a beépített, illetve szilárd, impermeábilis burkolatú területek aránya. Mindez a tavakat érő tápanyag- és szennyezőanyag-terhelés drasztikus növekedését és a tavak és/vagy vízgyűjtőjük vízmérlegének megváltozását eredményezte. Mindezekhez adódtak az éghajlatváltozás hatásai, amelyek helyenként jóval nagyobb változásokat eredményeztek regionális vagy vízgyűjtő szinten, mint a globális átlag.

Az emberi tevékenységek egyre növekvő mértékben hatnak a tavak ökológiai épségére, ám fontosságuk és növekvő fenyegetettségük ellenére a globális politika nem fordít elegendő figyelmet a tavakra és vízgyűjtőikre.

A 3. Víz Világkonferencián (Otsu, Japán, 2003), megfogalmazásra került a „World Lake Vision” c. dokumentum, amely a tavak közös jövőképeinek 7 alapelvét rögzíti:

- 1) A tavak fenntarthatósága szempontjából alapvető fontosságú az ember és a természet közötti harmónia.
- 2) Egy tó fenntartható használata tervezésének és a szükséges beavatkozásoknak logikus kiindulópontja a tó vízgyűjtő területe.
- 3) Nélkülözhetetlen a hosszú távú, előrelátó gondolkodás a tavak degradációját okozó tényezők kiküszöbölése érdekében.
- 4) A tógazdálkodással kapcsolatos döntéseknek szilárd tudományos ismereteken és az elérhető legjobb minőségű információkon kell alapulniuk.
- 5) A tavak fenntartható használatának irányítása megköveteli a tavi erőforrások felhasználói közötti konfliktusok feloldását, valamint a jelen és a jövő generációk és a természet szükségleteinek figyelembevételét.
- 6) A lakosságnak és más érdekeltnek értelmes módon részt kell venniük a tavak kritikus problémáinak a beazonosításában és a problémák megoldásában.
- 7) A tavak fenntartható használatához nélkülözhetetlen a méltányosságon alapuló, jó kormányzás és igazgatás, az átláthatóság, és az összes érdekeltnek a részvételhez szükséges képességekkel és jogokkal való felruházása [empowerment].

A fenti alapelvek azon felismerésen alapulnak, hogy általánosságban a tavak a vízgyűjtőjükkel összefüggő, érzékeny és sérülékeny rendszereket alkotnak.

A sekély tavak különösen érzékenyek mind a humán, mind pedig a természeti hatásokra. Felületükhöz képest csekély víztérfogatuk miatt a szennyező anyagok koncentrációjának növekedése gyorsabb, vízmérlegük (vízszintjük) gyorsan követi az időjárási vagy éghajlati viszonyok változásait.

Az utóbbi évtizedekben, főként az emberi beavatkozások hatására, jó néhány tó esetében alakultak ki kedvezőtlen, olykor katasztrofális vízminőségi, vízgazdálkodási, ökológiai és ezekkel együtt járó társadalmi-gazdasági állapotok. Ezek áttekintése fontos ismereteket nyújthat a Balaton és déli vízgyűjtője állapotának és környezeti konfliktusainak elemzéséhez. A következőkben bemutatott elemzés segít abban is, hogy elhelyezzük a Balatont a sekély tavak meglehetősen széles spektrumában.

2. A sekélység kritériumai

A tavak esetében a sekélység bizonyos mértékig szubjektív fogalom. Elterjedt az a kategorizálás, amely az 5 m átlagos mélység alatti tavakat tekinti sekélynek, ez azonban kevés tudományos alappal rendelkezik. Valójában a sekélység fizikai lényege az, hogy a tófenék hosszabb időszakokra nem különül el a víztesttől, azaz intenzív kölcsönhatás, anyagátadás van a vízoszlop és az üledék felső néhány cm-es rétege között. Emellett lényeges elem, hogy a sekély tavaknál a nyári félévben (vagy a trópusokon egész éven át) nem alakul ki permanens felső, melegebb vízréteg (*epilimnion*) és hidegebb alsó réteg (*hipolimnion*), azaz függőleges irányban a vízoszlopban nem alakul ki koncentráció gradiens (illetve vagy elhanyagolható mértékű, vagy naponta megszűnik az éjszakai lehűlés következtében). Lényeges elem, hogy a sekély tavak esetében a szél által gerjesztett hullámozás okozta üledékfelkeveredés gyakori, akár mindennapos jelenség lehet. Ezzel szemben igen sok mély tó esetén e felkeveredés („átfordulás”) csak évente egyszer vagy kétszer történik meg. Hakanson (1982) a tavak morfológiai jellemzése céljából definiálta az ún. dinamikus arányt (DR), amely egy tó km²-ben mért felülete (A) négyzetgyökének és méterben mért átlagos mélységének (H) a hányadosa.

$$DR \left(\frac{km}{m} \right) = \frac{\sqrt{A}}{H}$$

Minél nagyobb ez az érték, annál sekélyebb a tó, azaz annál valószínűbb, hogy az idő egy részében a szél okozta hullámozás felkeveri az üledéket. Bachmann és társai (2000) e dinamikus arányt használták 36 – többnyire sekély – floridai tó esetében a hullámozás okozta felkeveredés értékelésére. Úgy találták, hogy DR > 0.8 esetén a tó teljes területén az üledék potenciálisan felkeveredhet a szél keltette hullámozás következtében. Ilyen módon a dinamikus arány használható a tavak osztályozására, vagy sekélység szerinti sorba rendezésére is.

Az 1. táblázatban (14. o.) bemutatunk néhány, a használat szempontjából jelentős tavat a DR érték szerinti sorrendben.

3. Környezeti problémák

Természetes eutrofizáció

A tavak, különösen a sekély tavak élettartamuk során mindenképpen eljutnak a természetes eutrofizáció fázisába. A bejutó és a tóban termelődő lebegőanyag kiülepedésével a tó feltöltődik, a felhalmozott tápanyagok következtében az elsődleges szervesanyag termelés megnövekszik, és a tó elmocarasodik, majd megszűnik. Ez a folyamat azonban lassú, rendszerint több tízezer év, vagy ennél is hosszabb idő alatt játszódik le.

1. táblázat • Néhány jelentős tó morfológiai és egyéb jellemzői

Tó	Ország	Terület (km ²)	Átlagos mélység (m)	Dinamikus arány (km/m)	Egyéb jellemző, használat, stb.
Sekély tavak					
Tuz	Törökország	1 600	0,5	80,0	Extrém sós és változó méretű
Eyre	Ausztrália	9 690	3,1	31,8	Erősen sós és változó méretű
Tai	Kína	2 428	1,9	25,9	Hipertrófi, kirívóan szennyezett
Balhas	Kazahsztán/Üzbegisztán	18 200	5,8	23,3	Sós, csökkenő vízszint,
Aral (1960)	Kazahsztán	67 499	16,1	16,1	Eredeti méret, só: 10 g/L, halászat
Okeechobee	USA, Florida	1 894	2,7	16,1	Ivóvízbázis, turizmus, eutrófi
Urmia	Irán	5 960	5	15,4	Erősen sós és változó méretű
Fertő	Ausztria/Magyarország	320	1,2	14,9	Turizmus, eutrófi, vízszint csökkenés
Tonle Sap	Kambodzsa	30 000	12	14,4	Erősen változó méret, mocsár
Aral (2011)	Kazahsztán	12 014	7,6	14,4	Eredeti méret 18%-a, só: 100 g/L
Great Salt	USA, Utah	4 400	4,9	13,5	Erősen sós és változó méretű
Winnipeg	Kanada	23 750	12,0	12,9	Vízállás stabil, eutrófi, erózió
Laguna de Bay	Fülöp-szigetek	900	2,8	10,7	Eutrófi, rossz vízminőség
Csád	Kamerun/Csád/Niger	1 540	4,1	9,6	Eltűnő tó, eredeti méret 5 %-a
Istokpoga	USA, Florida	116	1,2	9,0	Eutrófi
Tisza-tó	Magyarország	127	1,3	8,7	Feliszapolódás, eutrofizáció
Erie	USA/Kanada	25 744	19,0	8,4	Eutrófi, szennyezett üledék
Peipus (Csúd)	Észtország/Oroszország	3 555	7,1	8,4	Stabil vízállás, eutrófi, ivóvízbázis
Balaton	Magyarország	594	3,3	7,4	Ingadozó vízállás, eutr., turizmus
Victoria	Tanzánia/Uganda/Kenya	68 800	40,0	6,6	Invazív fajok, vízszint csökkenés
Vortsjarv	Észtország	271	2,8	5,9	Eutrofizáció, turizmus
Kissimee	USA, Florida	152	2,5	4,9	Eutrofizáció, mezőgazdaság
Chapala	Mexikó	1 112	7,2	4,6	Ingadozó vízállás, eutr., túlhasználat
Nicaragua	Nicaragua	8 150	13	6,9	Trópusi,
Skadar	Albánia/Montenegró	475	5,0	4,4	Változó méret, mezotrófi, turizmus
Oulu	Finnország	928	7	4,4	Oligotrófi
Poyang	Kína	1 000	8,4	3,8	Csökkenő méret, rossz vízminőség
Kasumigaura	Japán	220	4,0	3,7	Vízbázis, eutrófi, vízátervezések
Velencei	Magyarország	25	1,6	3,1	Eutrófi/mezotrófi, turizmus
Michigan	USA/Kanada	58 000	85,0	2,8	Mezotrófi, hajózás
Apopka	USA, Florida	125	4,7	2,4	Hipertrófi, biomanipuláció, horgászat
Trasimeno	Olaszország	124	4,7	2,4	Vízpótlás, ingadozó vízszint
Oneida	USA, New York	207	6,8	2,1	Hajózás, horgászat, turizmus
Mély tavak					
Tanganyika	Tanzánia/Kongó	32 900	570	0,32	Halászat, hajózás
Boden	Németország/Svájc	539	90	0,26	Mezotrófi, turizmus, vízbázis
Bajkál	Oroszország	31 722	744	0,24	Halászat, hajózás, vízbázis, oligotr.
Genfi	Svájc/Franciaország	584	153	0,16	Hajózás, vízbázis
Garda	Olaszország	370	136	0,14	Mezotrófi, turizmus, vízbázis
Ohrid	Macedónia/Albánia	358	164	0,12	Oligotrófi, turizmus, vízbázis
Tazawa	Japán	25,7	277	0,02	Savasodás, extrém mélység

Éghajlatváltozás

Nem antropogén eredetű éghajlatváltozás többször és ciklikusan játszódott le a föld történetében. Ennek megnyilvánulásai a meleg és az eljegesedési (jégkorszak-) időszakok. A jégkorszakok idején és után, a gleccserek által vájt mélyedésekben jöttek létre az ún. glaciális tavak, amelyek elsősorban Észak-Európára és Észak-Amerikára jellemzők, és rendszerint mélyek vagy közepes mélységűek (50–500 m). Az éghajlatváltozás másik következménye lehet a tavak kiszáradása, eltűnése, amely a csapadék csökkenés és párolgás-növekedés eredménye. A nagyon sekély tavak rendkívül érzékenyek az éghajlat, vagy akár az időjárás változásaira is. Az ipari forradalom előtt és hajnalán pl. előfordult a Fertő-tó (Pannonhalmi és Sütő, 2007) és a Velencei-tó teljes kiszáradása is.

Invazív fajok

Az invazív fajok emberi tevékenység nélkül is bekerülhetnek egy számukra új ökológiai rendszerbe (pl. madarak, szél, árvíz, stb. közvetítésével), amelyek azután kiszoríthatnak vagy akár ki is pusztíthatnak egyes őshonos fajokat az adott területen.

Tápanyagterhelés – antropogén eutrofizáció

Az emberi hatásra bekövetkező eutrofizáció (növényi tápanyagok feldúsulása) veszélyét a múlt század közepén ismerték fel. Ekkor olyan hatások kezdtek érni a felszíni vizeket, amelyek korábban nem: szennyvíz-bevezetés (a vezetékes ivóvíz hálózat fejlesztése megnövelte a vízfogyasztást és így a szennyvíz (tisztított vagy tisztítatlan) bevezetését; a foszfor tartalmú mosószerek és a mosógépes mosás elterjedése; a műtrágyázás (N, P) nagyfokú elterjedése; az ipari termelés és energia felhasználás drasztikus növekedése; a természetes szűrő és puffer övezetek felszámolása, beépítése. Az OECD az 1970-es években nemzetközi kutatási programot indított, amely alapvető összefüggéseket állapított meg a tavak tápanyag-terhelése és eutrofizációjuk (pl. algásodásuk) mértéke között. A vizsgálat több mint 120 tavat ölelt fel. Magyarország akkoriban nem lévén OECD tag, sem a Balaton, sem más tó nem szerepelt a vizsgálatban, holott a tavak többsége gazdasági és ökológiai jelentőségében meg sem közelített a Balatonét. Az összefoglaló, ún. Vollenweider jelentés (OECD, 1982) már külön kezelte a sekély tavakat, mivel ezekre más összefüggések adódtak a tápanyagterhelés és a trofikus indikátorok (klorofill-a, foszfor és nitrogén koncentrációk, átlátszóság) között, mint a többire. Mindezek mellett és után széleskörű kutatások indultak a területen. A Balaton esetében elkezdődött az ún. IIASA¹ Balaton projekt (Kutas és Herodek, 1986, Somlyódy és van Straten, 1986), amely megalapozta a későbbi, eutrofizáció-ellenes kormányzati döntéseket.

4. A föld sekélyvizű tavai

A World Lake Database (www.ilec.or.jp), Bachmann és társai (2000) alapján megállapíthatjuk, hogy több száz olyan sekély tó van a világon, amelyek mérete meghaladja a 10 km²-t. Ezek jelentős része Kanadában, Oroszországban (Szibéria), és Alaszkában olyan földrajzi szélességeken található, ahol csaknem egész évben jég borítja, és a vízgyűjtője lakatlan, vagy elhanyagolható lakosságú, tehát emberi hatás nem éri.

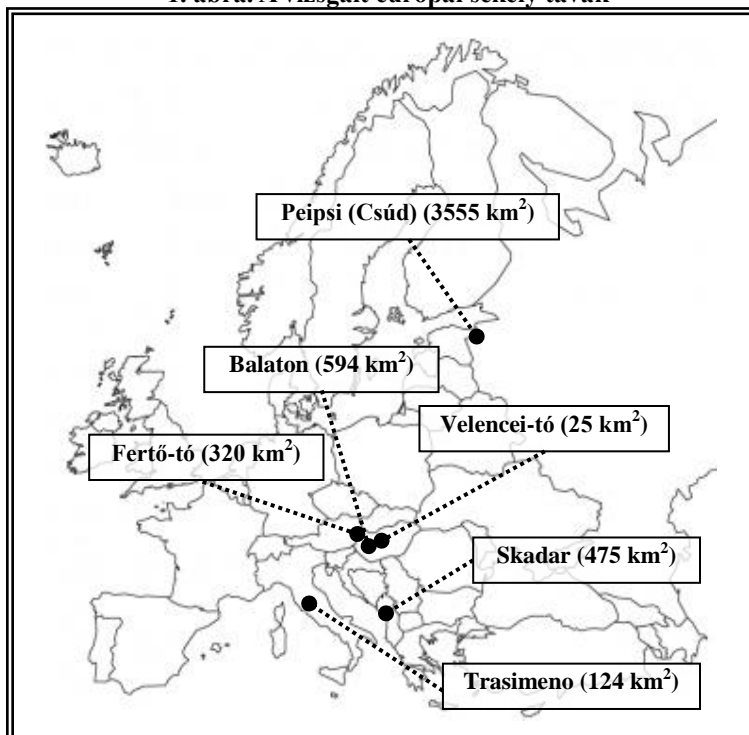
¹ International Institute of Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria

Több mint 100 olyan sekély tó van, amelynek területe meghaladja a 100 km²-t, tehát „nagy” tónak tekinthető. Ezek közül néhány tíz bír kiemelt környezeti-gazdasági jelentőséggel. Az egyes földrészeken található sekély tavak számbavétele után ezek közül választunk ki részletes elemzésre néhány olyan tavat, amelyek kisebb-nagyobb mértékben hasonlóak a Balatonhoz, és különösen fontos szerepet játszanak a regionális társadalom, vagy az adott állam szempontjából. E tavak jellemzőit a 2. és 3. táblázatban mutatjuk be. Összehasonlításként bemutatjuk a Bodeni-tavat is, mint a mély tavak reprezentánsát.

4.1. Európa

Európában talán a Balaton mondható a legfontosabb sekély tónak, mivel több célra intenzíven hasznosítjuk: turizmus (fürdőzés, vízi sportok, kocsolyázás, horgászat, látvány), ivóvíz és öntözővíz kivétel, szennyvíz elhelyezés, hajózás, halászat, nádgazdálkodás. Közép-Európában e mellett a Fertő-tó, a Velencei-tó, az itáliai Trasimeno-tó, az észt/orosz Csúd-tó (Peipsi), jó néhány finn tó (amelyek azonban igen hosszú jég borításuk, illetve korlátozott hasznosításuk és minimális környezetterhelésük miatt kisebb fontosságúak), és néhány, mesterséges, vagy erősen módosított hollandiai tó, amelyek közül messze kiemelkedik méretével a tengerből elhódított, 1100 km² területű, ám mindössze 5.5 m átlagos mélységű IJsselmeer. Természetes, nagy méretű, és jelentős hasznosítással (és így környezeti terheléssel is) jellemezhető sekély tó Európában még a montenegrói/albán határon fekvő Skadar (albánul: Shkoder). Vizsgálatainkhoz összesen 6 európai sekély tavat választottunk ki, amelyeket az 1. ábrán jelölünk.

1. ábra. A vizsgált európai sekély tavak



4.1.1. Balaton

A Balaton jelenlegihez hasonló formája néhány ezer évvel ezelőtt alakult ki. A 19. század közepéig a tó vízszintje széles határok között (kb. 8 m) ingadozott, és a Kis-Balaton, a Nagyberek valamint a Tapolcai medence is a tó részét képezte. Az 1860-as években történt szabályozás eredményeként jelentősen csökkent a vízszint és annak változékonysága is, a Balaton szabályozott vízállású tó lett. Az évek múlásával a szabályozás egyre szűkebb sávba szorította a vízszintet, ami elsősorban a maximális vízszint csökkenését vagy tartását eredményezte, mivel meg kellett védeni a közvetlenül a vízpartra épített épületeket és vonalas infrastruktúrát. A közvetlen vízparti építkezés sokszor szabályozás hiányában vagy annak ellenére történt, és alapvetően korlátozza a Balaton ökológiai szempontú irányítását.

A Balaton eutrofizációja az 1960-as években kezdődött, és a tó gyorsan eutróf, sőt hipertróf állapotba került. Az 1980-as években részben vagy egészében megvalósított eutrofizáció elleni intézkedések felölelték a szennyvízcsatornázás és szennyvízkezelés gyors és nagymértékű fejlesztését, a tisztított szennyvíz döntő részének kivezetését a vízgyűjtőről, a hígtrágyás állattenyésztési technológia betiltását a vízgyűjtőn, a Kis-Balaton vízminőség-védelmi Rendszer (KBVR) és a Marcali víztározó építését, és a Keszthelyi medence vízminőség-védelmi kotrását (Herodek és társai, 1988). Az intézkedésekből a KBVR és a kotrás részben, a többi teljes egészében megvalósult. A KBVR I. üteme 1985-ben, a II. ütem egy töredéke 1992-ben lépett üzembe, míg a kotrás az eredetileg tervezett teljes Keszthelyi-medence helyett csak mintegy 9 km² területen történt meg. Az intézkedések ellenére a tó történetének legnagyobb (és eddig utolsó) tömeges kékalga virágzása 1994-ben történt. Hogy azóta nem volt hasonló esemény, két okra vezethető vissza: 1) Az üledékben a korábbi évtizedekben felhalmozott foszfor késleltette, az időjárástól függően, időnként felülírta a terheléscsökkentési intézkedések rövid távú hatását, ezért a korábbi intézkedések csak bizonyos időeltolódással éreztették hatásukat. 2) A rendszerváltozás (a kárpótlás és a privatizáció révén) hirtelen megváltoztatta a birtokszerkezetet és a gazdálkodási gyakorlatot a mezőgazdaságban és a szőlészetben. A műtrágya-felhasználás mintegy 10 %-ra esett vissza az 1985-ös szinthez képest, és évekig ezen a szinten maradt.

Az utóbbi 10-12 évben a vízminőség jó, egyes években rövid időszakokra elfogadható kategóriába tartozik. A vízminőség a Keszthelyi- és Szigligeti-medencében kedvezőtlenebb, mint a tó keleti medencéiben, amely azt sugallja, hogy nem elsősorban a turizmus a felelős a vízminőség romlásért, hiszen a turisták és a napi vendégek elsősorban a Révfülöptől kelet felé haladva Balatonboglárig terjedő partszakaszra koncentrálnak (ez alól kivétel Hévíz és Zalakaros, de ezek a vízparttól távolabb helyezkednek el).

A Balatont érintő újabb probléma a vízhiány, azaz az alacsony vízállás, amely a negatív természetes vízkészlet változás eredménye (a párolgás meghaladja a csapadék és a befolyás összegét). Ilyen helyzet 1921, a hidrológiai megfigyelő rendszer elindítása óta először 2000-ben fordult elő, viszont azóta 6-szor megismétlődött, legutóbb és legsúlyosabb mértékben 2012-ben (Varga, 2013.). Elsődleges okként az éghajlatváltozás, azaz a csökkenő csapadék és a növekvő hőmérséklet jelölhető meg. Már 2002-ben tanulmányozták a vízpótlás lehetőségeit (VITUKI, 2002), és műszakilag kivitelezhetőnek a Rába, Mura vagy Dráva folyókból történő vízátvezetést jelölték meg. Ugyanakkor nincsenek megbízható információk az ökológiai kockázatokról. A vízszint probléma másik megoldása lehet a maximális vízszint megemlése, de a lehetőségek korlátozottak az említett parti ingatlanok veszélyeztetése miatt.

A Balaton turisztikai iparága szinte folyamatosan hanyatlik az utóbbi évtizedben, de még mindig jelentős, a hazai turisztikai bevételek 25–30 %-a keletkezik a régióban. A turizmus alapvetően a fürdőzésre épül, emellett jelentős a vitorlázás, horgászat és az egészségturizmus (gyógyfürdők) is. A vendégéjszakák száma a kereskedelmi szálláshelyeken 4 és 5 millió között mozgott az utóbbi években.

Komoly gondot jelent a mezőgazdasági és szőlészeti területek elhanyagoltsága, az erózió és belterületekről lemosódó egyéb szennyezés.

4.1.2. Skadar/Shkoder

A Montenegró és Albánia határán, Podgoricához 20 km-re fekvő Skadar-tó a második legnagyobb tó a Balkán félszigeten. A tó területe szokatlanul széles határok, 370 és 530 km² között ingadozik. A vízgyűjtő csapadékos, a kifolyó Buna folyó mintegy 320 m³/s átlagos vízhozammal rendelkezik (összehasonlításként: a Sió sokéves átlagos vízhozama 10,6 m³/s).

A tó körül kiterjedt mocsárvidék van, ahol 250 madárfajt azonosítottak, amelyek fele helyben költ. A tó montenegrói oldalán 400 km²-es nemzeti park van, és a tó a Ramsari Egyezmény hatálya alá tartozik, ezért nemzetközileg is jelentős bioszféra terület.

Az emberi tevékenység jelentős hatást gyakorol a tóra, amelyek közül az öntözést, vízelvezetést, a túlzott mértékű halászatot és az orvhalászatot/horgászatot, a nem megfelelő szennyvíz-elvezetést és -tisztítást, és az illegális feltöltéseket említhetjük. (Megjegyzendő, hogy az orvhalászat és az illegális feltöltés a Balatonnál is jelentkező probléma.) A túlzott mértékű halászat fenyegeti a védett madarak táplálékbazisát és ezen keresztül egész ökológiai rendszerét (Mrdak és társai, 2011).

A vízminőség elfogadható, a mezotróf/eutróf határon mozog a tápanyag tartalom és az alga koncentráció. A vízminőség romlás egyik alapvető oka, hogy a Podgoricai Szennyvíztisztító Telepet 55 000 lakos egyenértékre tervezték, viszont valójában 150 000 lakos szennyvizét tisztítja, azaz majdnem háromszoros a túlterhelése.

4.1.3. Csúd/Peipsi

A Csúd-tó Észtország és Oroszország határán fekszik, és a legnagyobb kiterjedésű - a Balatonnál hatszor nagyobb – a vizsgált tavak közül. Mivel átlagos mélysége csak kb. kétszerese a Balatonénak, különlegesen sekélynek mondható. Hatalmas, nagyjából Svájc területével azonos vízgyűjtője és viszonylagos északi fekvése következtében vízszint csökkenési gondok nincsenek. Évszázadonként előfordul katasztrofális áradás, de az áradással leginkább fenyegetett területek rendkívül ritkán lakottak (ILEC, 2005).

A csekély népsűrűség ellenére a tó vízminősége közepes, ami a korábbi évtizedek (szovjet időszak) felelőtlen környezetpolitikájának az eredménye. Az 1991-es politikai változások következtében nagymértékben csökkent a térségben a mezőgazdasági termelés és a műtrágya használat, amely ugyanolyan jótékony hatású volt a vízminőségre, mint a Balaton esetében. A foszfor terhelés a 90-es évek közepére az egy évtizeddel korábbi 44 %-ára csökkent (Nöges és társai, 2005).

A vízminőség egyelőre nem fenyegeti komolyan a halászatot, a közel 10 000 t/év halfogás Észtország édesvízi haltermelésének 95%-át jelenti. A tó környezete társadalmi-gazdasági átalakuláson megy keresztül, és a mezőgazdaság fejlődése ismét okozhatja a vízminőség romlását, bár Észtország EU tagsága (és a Víz Keretirányelv megvalósítása), valamint az orosz környezetpolitika fejlődése biztosíthatja, hogy nem történik visszalépés. A jövőbeli intézkedéseknek a szennyvízcsatornázás fejlesztése

mellett elsősorban a mezőgazdasági eredetű szennyezések kontrollálására kell fókuszálniuk.

A turizmus a többi vizsgált tóhoz képest csekélynek mondható a régióban, évi 27 000 látogatóval. A turizmus elsősorban a vitorlázásra és a hajózásra épül (Roll, 2006).

Oroszország számára a tó jóval kevésbé fontos édesvíz-készletet jelent, mint Észtország számára, mivel a közelben olyan hatalmas tavak terülnek el, mint a Ladoga-tó és az Onyega-tó. Emellett, a szennyezések elsősorban orosz oldalról érik a tavat, mivel a vízgyűjtő nagyobb része oda tartozik. A Csúd-tó jövőjét a két ország közötti viszony és együttműködés alapvetően befolyásolja. Hasonló, de talán könnyebb a helyzet a Balaton esetében, ahol csak 3 megye együttműködését kellene elérni.

4.1.4. Fertő-tó

A tó az osztrák-magyar határon fekszik, tehát részben hasonló a helyzet, mint a Csúd-vagy a Skadar-tó esetében. Egyszerűsíti a helyzetet, hogy mindkét ország EU tag, tehát azonos irányelveket követve kell a tóval gazdálkodni. A tóval az Osztrák-Magyar Határközi Vízügyi Bizottság kétoldalú bizottság foglalkozik, amely meghatározza a beavatkozási, intézkedési lehetőségeket.

A Fertő-tó rendkívül sekély, átlagos mélysége a Balatoné felét sem éri el. Vízgűjtő területe a tó felületéhez képest kicsiny, ezért fokozottan érzékeny az időjárás és az éghajlat változásaira. Ennek bizonyítéka, hogy a feljegyzések szerint teljesen kiszáradt a tó 1693-ban, 1738–1742-ig, 1811-ben és utoljára 1868-ban. A legutolsó kiszáradáskor a medret felosztották a helybeli parasztok között, és mezőgazdasági termeléssel próbálkoztak, azonban rövidesen csapadékosabb évek jöttek, amikor a tó ismét feltöltődött (Pannonhalmi és Sütő, 2007). Mindazonáltal a környék mocsarait (Hanság) jórészt lecsapolták, és a tó vízszintjét elvezető csatornán keresztül szabályozni kezdték. A tó vízutánpótlása 80%-ban a közvetlen csapadékból származik, tehát a befolyók hatása a vízmérlegre csekély. (A Balaton esetében a csapadék 40 %, a befolyók által szállított víz utánpótlás 60%, tehát utóbbiak jelentősége nagyobb.)

A vízminőség kedvezőtlen, a tápanyagok koncentrációja magas, eutróf állapotok a jellemzők. Az utóbbi 3 évtizedben jelentős mértékben sikerült csökkenteni a foszforterhelést (évi mintegy 140 tonnáról 40 tonnára), amely megállította további romlást, de a hidrometeorológiai körülmények függvényében jelentős lehet az üledékben felhalmozott foszfor hatása (belső terhelés).

A turizmus a vitorlázást, csónakázást, szörfölést és a fürdést jelenti, de fontos a helyi borászat is. A tónál 1,4 millió turista fordul meg évente, amely közel azonos a balatoni turista forgalommal, ám a vendégéjszakákat tekintve elmarad attól.

A tó szempontjából az éghajlatváltozásnak potenciálisan katasztrofális lehet a hatása. Amennyiben a legújabb regionális modellek helytállóak (Züger, 2012), néhány évtized múlva a párolgás tartósan meghaladhatja a vízbevételeket, és ekkor a tó hosszabb időszakokra kiszáradhat.

Rövidtávon a csökkenő vízszint a turizmus (vitorlázás, fürdés) drasztikus csökkenését, a nádasok előretörését és minőségromlását, valamint az algavirágzások súlyosbodását okozhatja. Probléma még az üledék szél keltette mozgása, és a déli (magyar) oldalon történő felhalmozódása.

Várható, hogy már középtávon be kell avatkozni a vízmérlegbe, azaz vízpótlásra lehet szükség, amelynek forrása lehet a Rába, de akár a Duna is.

4.1.5. *Trasimeno*

Az Appenin félsziget közepén, a 170 ezer lakosú Perugia városa közelében fekvő tó a legnagyobb sekély tó Olaszországban. Az évszázadok során előforduló drámai árvizek és szárazságok már az etruszk időktől kezdve arra kényszerítették az embert, hogy szabályozza a tó vízszintjét. Már a középkortól komoly dokumentáció áll rendelkezésre (Dragoni, 2004) a tó hidrológiai szabályozására vonatkozóan. A kifolyás átalakítása a 19. század végén elindította a tó vízszintjének növekvő mértékű csökkenését, amely az 1950-es években drámai válsághoz vezetett. A vízgyűjtő terület megnövelése (azaz a vízpótlás külső vízgyűjtőről) 1957–1962 között valósult meg, amelynek következtében a tó vízszintje gyorsan visszaállt a normális szintre. Azonban a jelenlegi, új klimatikus helyzetben a tó vízszint problémája még mindig fenn áll, mivel a mezőgazdasági és lakossági vízkivételek nincsenek kellő mértékben szabályozva. A vízszint gyors fluktuációja jelentős hatással volt mind a vízminőségre, mind pedig a tó biológiai folyamataira (csakúgy, mint a Balaton vagy az Apopka-tó esetében). A tó átlagos mélysége a vízpótlás megvalósítása utáni három évtizedben mintegy 4,5 m volt, míg a 200 utáni időszakban alig éri el a 3 métert.

4.1.6. *Velencei-tó*

A Velencei-tó mérete miatt némileg „kakukktójás” a jelen vizsgálatban, mivel 25 km²-es területével mindössze ötöde a következő legkisebb Trasimeno-tónak. Ami mégis indokolja szerepeltetését, az a környezeti-társadalmi-gazdasági viszonyok hasonlósága. A Velencei-tó is – a Balatonhoz hasonlóan – elsődlegesen turisztikai hasznosítású, megvolt a saját vízszint-problémája az utóbbi évtizedekben (az utóbbi évszázadokban többször teljesen ki is száradt, utoljára 1866-ban), amelyet víztározók építésével orvosoltak. Ugyancsak probléma az algásodás, az eutrofizáció, amely a Balatonhoz hasonlóan – a foszforterhelést csökkentő intézkedések eredményeként – enyhülő mértékű. Feltételezhetjük, hogy a Balatonnál nyert ismeretek, tapasztalatok viszonylag könnyen átültethetők a Velencei-tóra és vízgyűjtőjére.

4.2. *Ázsia*

Eredeti (1960-as), 68 000 km²-es méretével és mindössze 16 m átlagos mélységével kiemelkedik az Aral-tó, amely az utóbbi évtizedekben az ökológia katasztrófa szinonimájává vált (Micklin, 2007). A több részre szakadt tó mérete 2007-re alig tizede az eredetinek. Az Aral-tó katasztrófális zsugorodását az ökológiai és vízgazdálkodási ismereteket figyelmen kívül hagyó autoriter politika eredményezte. A tavat tápláló folyók vizének öntözésre történő túlzott mértékű felhasználása a tó felületének rendkívül gyors zsugorodását eredményezte, amely olyan sebességű volt, hogy hatalmas hajók rekedtek a volt partvonal közelében, több tíz, vagy olykor 100 km-re a mostani vízfelszíntől. A társadalmi-gazdasági következmények katasztrófálisak: a halászat és a hajózás lényegében megszűnt (illetve utóbbi néhány ezer km²-re korlátozódott), tömegek megélhetése szűnt meg; az eredetileg közepes (az óceánénak 1/4-e) sótartalom megtízszereződött, a vízi ökológiai rendszer megváltozott, csökkent a biodiverzitás; a vándormadarak pihenőhelyei megszűntek; a kiszáradt, sós mederből sós porviharok terítik be a településeket; megváltozott a lokális éghajlat, amelyhez a természet és a lakosság nem tud alkalmazkodni.

A vízgyűjtő több országot érint, a vízhasználati konfliktusok miatt valószínűtlen a helyzet javulása, inkább további romlásra lehet számítani. Az Ob vízgyűjtőről való

vízpótlásra tervek készültek 1986-ban, de a várható költségek (30–50 milliárd dollár) és a politikai változások miatt megvalósításra nem került sor.

Másik nagy ázsiai sekély tó a Balhas. Az elnyúlt alakú, 18 200 km² területű tóban a nagyfokú párolgás miatt jelentős a sótartalom gradiense. A tavat ivóvíz- és iparivíz-bázisként, illetve halgazdálkodásra használják. A halfogás drámai módon visszaesett, ennek oka a vízszint-csökkenés és a vízminőség-romlás. Jelentős az ipari eredetű atmoszférikus (por) nehézfém szennyezés.

Kínában számos kisebb-nagyobb sekély tó található, amelyek egy részének területe a nagy folyók vízjárásának megfelelően, széles határok között változik. A legnagyobb a Poyang-tó, amely szintén katasztrofális állapotba került, hiszen eredeti 3500 km²-es területe ma mindössze 200 km², a Jangce folyón épített Három Szurdok óriás duzzasztómű és az aszály miatt. A tóból kiveszőben van az uszony nélküli folyami delfin, amely a kihalás szélére került. A tavat intenzíven használják hajózásra és nagy probléma az eutrofizáció a kezeletlen szennyvíz-bevezetések miatt. A Tai-tó szintén a Jangce vízrendszerében fekszik, Sanghajtól mindössze 100 km-re, rendkívül sűrűn lakott területen. A 2250 km² felületű tó mindössze 2 m átlagos mélységű, és rendkívüli mértékű lakossági szennyvíz (1993-ban 1 milliárd m³ – összehasonlításként: a Balatonba évente kevesebb, mint 1 millió m³, magas szinten tisztított szennyvíz kerül), állattenyésztési és lakossági hulladékszennyezés érte az ipari szennyezők mellett az 1990-es évekig. Bár intézkedések történtek, a vízminőség nem javult, sőt 2007-ben katasztrofális algavirágzás történt, amelynek következtében 1 millió lakos 10 napon keresztül nem jutott vezetékes ivóvízhez, és a palackozott víz ára az egekbe szökött. Az eset kapcsán a kormány szerint a vízgyűjtőn több száz gyárat bezártak vagy utolsó figyelmeztetésben részesítettek, de ezt környezetvédelmi aktivisták vitatják (China Daily, 2008).

Az ázsiai kontinensen a sekély nagytavak rendkívül válságos állapotban vannak (orosz, kazah, kínai tavak mellett, iráni, üzbég, indiai tavak is megemlíthetők) mind a vízmennyiség, mind pedig a vízminőség tekintetében. Azonban e tavak vagy jellegük (pl. lefolyástalan sós tó), vagy állapotuk (nagy részt kiszáradt, rendkívül szennyezett) miatt, fizikai-kémiai és biológiai állapotuk tekintetében nagymértékben különböznek a Balatontól, és turisztikai hasznosításuk nem számottevő.

Japán rendelkezik néhány nagyobb sekély tóval, amelyek közül a legnagyobb a Fertő-tóhoz hasonló méretű, erősen igénybe vett és közepesen szennyezett Kasumigaura-tó, amelyet a továbbiakban részletesen tárgyalunk.

4.2.1. Kasumigaura

A Tokiótól észak-keleti irányban, mintegy 80 km-re, a Kantó síkságon fekvő tó a legnagyobb sekély tó Japánban, és a második legnagyobb az összes tó tekintetében. A tengerszint felett néhány méterrel elhelyezkedő tó néhány évezreddel ezelőtt alakult ki a tengertől való elzáródással. A sok csapadék és gyors vízcsera következtében ma már teljes mértékben édesvízű a tó. A terület évszázadok óta rendkívül sűrűn lakott, mezőgazdasági hasznosítása (elsősorban rizstermelés) is távoli időkre nyúlik vissza. A környezetében jelentős vízépítési munkálatok folytak már a középkorban, amelyre a koronát az utóbbi két évtizedben megvalósított „Kasumigaura vízátvezetési projekt” tette fel. E projekt keretében összekötésre került a Tone folyó (Japán legnagyobb vízhozamú folyója), a Kasumigaura-tó és a Naka folyó vízgyűjtője, amelynek keretében az előbbi két vízgyűjtő között 25 m³/s, az utóbbi 2 között (iránytól függően) 11-18 m³/s vízhozam mozgatható szivattyútelepek segítségével. Ilyen módon megoldható akár a tó vízpótlása, akár valamelyik folyó vízhozamának

növelése, vagy a tó áradásának megelőzése. A vízátervezési projekt 16 840 km² vízgyűjtőt, 12,1 millió lakost, és 6 megyét (prefektúrát) érint. Bekerülési költsége 190 milliárd yen (ca. 400 milliárd Ft).

A tó vízminősége nem jó (eutróf), bár az utóbbi években jelentős foszforterhelés-csökkentést értek el. A terület sűrűn lakott (a népsűrűség mintegy 7-szerese a Balaton vízgyűjtőjének), igen komoly mezőgazdasági és ipari termeléssel, közlekedési infrastruktúrával, amely megnehezíti a diffúz terhelés csökkentését. A tó emberi kontakt használatra alig alkalmas, bár ennek jelentősége a több ezer km tengerparttal rendelkező Japán esetében csekély. A sok csapadék (a balatoni mintegy 3-szorosa) gyors vízcserét tesz lehetővé, tehát az vízminőség védelmi intézkedések hatása gyorsan megmutatkozhat. A vízpótlási/átvezetési rendszer a vízminőség-védelem optimalizálása előtt is megnyitotta az utat.

Az alig 1900 km²-es vízgyűjtőn hazai standard szerint elképesztő gazdasági tevékenység folyik. Az ipari termelés volumene 10,000 milliárd Ft nagyságrendű (a magyar központi költségvetéssel azonos nagyságrend). 360 km² területen folyik rizstermelés, a sertés és szarvasmarha szám 331 ezer illetve 40 ezer, a halfogás (beleértve a halastavakat is) mintegy 9000 tonna/év (egységnyi felületre vetítve, a balatoni mintegy 40-szerese). A Kasumigaura-tó elhelyezkedését az észak-amerikai tavakkal együtt, a 2. ábra mutatja.

4.3. Afrika

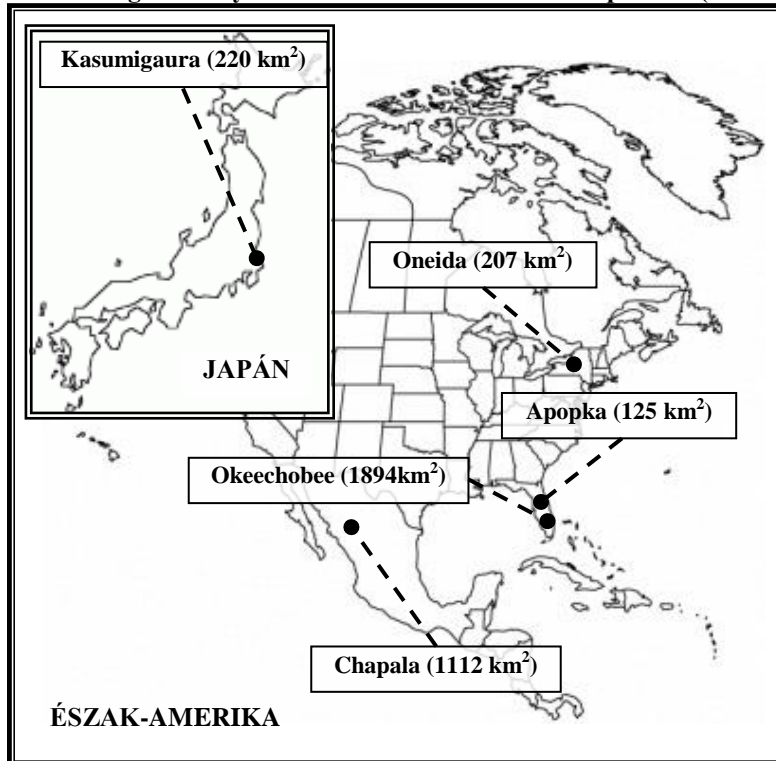
Afrikában a legjelentősebb sekély tó a Csád-tó, amelyről, az Aral-tóhoz hasonlóan, inkább múlt időben lehet értekezni. Az újabb kutatások szerint (Drake, 2006) területe valaha a 800 000 km²-t is meghaladva, a világ legnagyobb tava lehetett. A 20. század közepén mintegy 26 000 km², 2000-ben már csak 1500 km² felületű, különösen sekély tóvá vált. A zsugorodás oka részben az éghajlatváltozás, részben a túlhasználat. Mintegy 30 millió embernek nyújt vízbázist Afrika közepén. Afrikában még számos, 1000 km²-t is meghaladó sekély tó található (pl. Mweru, Tana, Chilwa, Kyoga), azonban ezek az Egyenlítő közelében helyezkednek el, trópusi jellegűek, gyakran változó területűek és a Balatontól rendkívül eltérő társadalmi-gazdasági környezetük miatt nem vizsgáljuk részletesebben.

4.4 Amerika

Észak-Amerikát a „tavak kontinensének” is nevezhetjük, mivel – főként Kanadában – megszámlálhatatlan, főként glaciális eredetű tó található. Ezek általában mélyek, és többségük olyan szélességi fokon helyezkedik el, hogy az év legnagyobb részében jég borítja, illetve a vízgyűjtője lakatlannak tekinthető. Kanadától délre kevesebb, de még mindig nagyszámú tó található, amelyek közül a nagy kiterjedésű sekély tavak elsősorban Floridában fordulnak elő, de néhány sekély tó előfordul az USA északkeleti vidékén és Mexikóban is. A jó néhány floridai sekély tó közül kiemelkedik az Okeechobee-tó, amely mintegy háromszorosa a Balaton területének. Az Apopka-tó Orlando városa mellett az egyik legszennyezettebb az államban. New York államban fekszik a Fertő-tónál valamivel kisebb, történelmi szempontból is jelentős Oneida-tó, amely része a New York városából a Nagy Tavakon át vezető, elsőként létesített transz-kontinentális vízi közlekedési útnak. A mexikói Chapala-tó a száraz éghajlatú közép-mexikói térség számára kiemelt jelentőségű, mivel közel 10 millió embernek biztosít megélhetést és ivóvizet. Túlhasználata súlyos vízszint-problémákhoz vezetett. Közép-Amerikában összesen 6 db 100 km²-t meghaladó területű tó van (nem számítva a néhány, a tenger felé nyitott, sós lagúnát). E sekély tavak trópusi jellegűek, és az

ezeket övező társadalmi-gazdasági körülmények élesen eltérnek a Balatonétól, ezért nem vizsgáljuk őket. Dél-Amerikában 7 db 100 km² feletti a sekély tavak száma, amelyek 1 kivétellel vagy időnként kiszáradó lefolyástalan sós tavak, vagy sós lagúnák. Az egyetlen kivétel a 350 km²-es Valencia-tó Venezuelában, amely azonban határeset, hiszen 1,0 dinamikus aránnyal jellemezhető. A jelen vizsgálatba bevont amerikai tavakat a 2. ábrán tüntetjük fel.

2. ábra • A vizsgált sekély tavak Észak-Amerikában és Japánban (belső doboz)



4.4.1. Okeechobee

Florida legnagyobb tava az Everglades mocsár természetvédelmi terület északi oldalán, Miamitól, mintegy 80 km-re, észak-keletre fekszik. A 20. század elejéig Dél-Florida lakossága minimális volt. A betelepülők a mocsárvilág lecsapolásával jutottak művelhető területekhez. A lecsapolási tevékenységet szinte az utolsó pillanatban állították le, mielőtt teljesen eltűnt volna a kiterjedt mocsár tavaival, növény- és állatvilágával együtt. Az Everglades Helyreállítási Tervvel (Hornung, 2010) együtt a tavak, így az Okeechobee-tó is helyreállításra kerül. Lényegében a Nagyberék és a Kis-Balaton lecsapolásához hasonló folyamatok játszódtak le. A tó erősen módosított, mivel az 1928-as, hurrikán okozta óriási árvíz (Mitchell, 1928) után kiterjedt gát építkezésekkel védték meg a környező településeket. A tó vízszint ingadozását 1948 óta korlátozzák, és 2000-től kezdve új szabályozás van érvényben, amely figyelembe veszi az éghajlatváltozás hatásait is. Az alacsony vízszint veszélyezteti a tó ökológiai rendszerét és teret enged invazív növényfajoknak. A tó tápanyagban gazdag (eutróf

vagy hipertróf), kiterjedt algavirágzásokkal. A helyreállítása (amely folyamatban van) érdekében az alábbi célkitűzéseket fogalmazták meg:

- 1) A tó külső foszfor terhelését nagymértékben csökkenteni kell.
- 2) A belső (üledékből származó) foszforterhelést is csökkenteni kell, amennyire csak lehetséges, különben a külső terhelés csökkentésének hatásai jelentős késéssel mutatkoznak csak meg.
- 3) A különösen magas és alacsony vízállások előfordulási gyakoriságát és tartamát drámai mértékben csökkenteni kell.
- 4) A nem őshonos növényzet térhódítását a parti sávban meg kell állítani.

A fenti 1–3) célkitűzés úgy tűnhet, mintha csak a Balatonra írták volna, az utóbbi két évtizedben. De a 4) cél is aktuális, az alacsony vízállás miatt a nádasok gyomosodnak, és özönfajok (pl. aranyvessző, *Solidago canadensis*, *S. gigantea*) terjednek rohamosan.

Az alacsony vízállások még inkább aggodalomra adhatnak okot a jövőben, figyelembe véve az Everglades mocsárvilág helyreállításának növekvő vízigényét, és Dél-Florida lakosságának rohamos növekedését.

4.4.2. Apopka

Az 1,3 millió lakosú Orlando-hoz és a több tízmillió turistát fogadó Disney World-höz néhány 10 km-re fekvő tó a legszennyezettebbnek számít Floridában. Extrém sekély-sége és kis vízgyűjtő területe fokozza sérülékenységét. A lakosság 1970 és 2010 között 400%-kal növekedett. A 20. század közepétől jelentős mezőgazdasági tevékenység folyt a medencéjében, amely azt eredményezte, hogy a foszforterhelés mintegy 85%-a származott a mezőgazdaságból. Azaz éppen úgy, mint a Balaton esetében, nem elsősorban a turizmus felelős a rossz vízminőségért. Ezt felismerve, az állami szervek és a szövetségi Mezőgazdasági Minisztérium (USDA) majdnem az összes tóközeli farmot felvásárolta 1988 és 2001 között, mintegy 100 millió dollárt költve (az időszakra számolt átlag árfolyamot (133,9 Ft) figyelembe véve, ez akkori áron 13.4 milliárd Ft-nak, mai áron kb. 52 milliárd Ft-nak felel meg). Ez a lépés ugyan nem tartalmazott specifikus intézkedéseket, de a mezőgazdasági tevékenység felhagyása is komoly foszforterhelés csökkentést eredményezett. (Ugyanez megtörtént a Balaton esetében is, de nem tervezett módon, hanem a rendszerváltás utáni kárpótlás és privatizáció spontán eredményeként, mivel a mezőgazdasági tevékenység, és kiemelten a műtrágya felhasználás radikálisan csökkent.) Az 1996-os Apopka-tó Helyreállítási és Igazgatási Törvény (részben hasonló a mi Balaton Törvényünkhöz) az 1989-94 évi átlaghoz képest további 75%-os foszforterhelés csökkentést írt elő, 15.9 t/év összes foszfor (TP) terhelést számszerűsítve. Az ebből számított évi átlagos TP koncentráció 55 mg/m³, amely még mindig erősen eutróf, a Balatonénál kedvezőtlenebb vízminőséget jelent. (Canfield és társai, 2000, Bachmann és társai, 2001). A vízgyűjtőn 16 km²-en talaj-átfordítást végeztek a növényvédőszer kioldódásának csökkentése, és 28 km²-en talajjavítást (meszes) végeztek a foszfor immobilizálása érdekében. E műveletek előkészületei a tó környéki mocsárvilág, vizes élőhelyek helyreállításának. 2011 januárjáig mintegy 40 km²-es területet árasztottak el, különböző vízmélységekkel. (A hasonlóság a Balatonnal ismét csak szembetűnő: a Kis-Balaton eddig elárasztott területe mintegy 37 km², és további ca. 38 km² vár elárasztásra (Kis-Balaton II. ütem).

A tóból egy igen szapora halfajt, a gizzard alózat (*Dorosoma cepedianum*) nagy mennyiségben távolítanak el. A haltömeggel foszfort (P) vesznek ki a rendszerből, és egyben csökkentik a foszfor belső cirkulációját, amelyet az üledék halak általi bolyga-

tása növelt (biomanipuláció). 2011 őszéig 8400 tonna halat fogtak ki, amely 58 tonna foszfor eltávolítást jelent, és mintegy 146 tonna P maradt az üledékben ahelyett, hogy a vízoszlopba került volna.

Figyelembe véve, hogy a rendkívüli mértékű algásodás mellett 1998–1999-ben 676 pelikán, gólya és kócsag pusztult el szerves klórvegyületet tartalmazó növényvédőszer miatt, az utóbbi években jelentős javulás következett be.

További intézkedésként a tó szennyezett vizét a helyreállított mocsarakba szivattyúzzák, ahonnan ülepedés és biokémiai folyamatok lejátszódása után a részben megtisztult víz bizonyos hányada visszakerül a tóba. 2010-ig ez további 19 t/év TP és 32 ezer tonna lebegőanyag eltávolítását eredményezte.

A vízminőség javulás azonban nem monoton folyamat (mint ahogyan a Balaton esetében sem), pl. a 2001–2002 évi nagy szárazság következtében a tó elvesztette víztérfogata 80%-át (ez 2003-ra a Balatonnál mintegy 23%-os volt), és a foszfor koncentráció jelentősen megnövekedett. Hasonló, de kisebb mértékű romlás volt megfigyelhető a 2007–2008-as szárazság idején is, amely (és a Balatonnál is tapasztaltak) alapján levonható az a kvalitatív következtetés, hogy a tartós alacsony vízállás nem tesz jót a vízminőségnek.

A jövőbeli intézkedések:

- 1) A mocsári átáramlásos rendszert tovább kell üzemeltetni, mert jelentős a tisztító hatása.
- 2) Folytatni kell a gizzard alóza kifogását.
- 3) Újra kell telepíteni 6 őshonos vízi növényfajt a parti sávban, amelyek elősegítik az élőhelyek helyreállítását.
- 4) Együtt kell működni a „Friends of Lake Apopka” civil szervezettel és a Kelet-Közép Floridai Regionális Tervtanáccsal a tavat védő jövőbeli tervek kialakítása érdekében.

Az Apopka-tó ismert horgászhely. Jelentős a horgászengedélyekből származó bevétel. A halfogás (és eltávolítás) elősegítése érdekében olyan programot indítottak, amelyben megjelölnek egy halat, visszaengedik a tóba, és 1 millió dollárt nyer, aki kifogja (<http://article.wn.com/view/2011/10/15/>). Ennek eredményeként özönlenek a horgászok a tóhoz, és a kifogott haltömegeggyel együtt jelentős a P eltávolítás.

4.4.3. Oneida

Az Oneida-tó New York állam északi részén, az Ontario-tó déli vízgyűjtőjén, Siracuse város közelében fekszik. A tó közlekedéstörténeti jelentősége óriási, mivel e tavon keresztül vezetett az első hajózható útvonal (számos zsilippel) New York városából a nagytavakra, és azokon keresztül a kontinens belsejébe. A St. Lőrinc folyón keresztüli útvonalat később alakították ki. A tó vízminősége jó, egyelőre nem küzd olyan mértékben az eutrofizációval, mint a floridai tavak, amelynek a vízgyűjtő kis népsűrűsége és az éghajlati viszonyok (valamint az idejében megvalósított vízminőség védelmi intézkedések) lehetnek az okai. A tavat horgászatra, vitorlázásra, hajózásra (teherszállítás is), fürdésre használják. 1996-ban 570 ezer horgász-napot regisztráltak, akik 7.6 millió dollárt költöttek (ca. 1,5 milliárd Ft). A közeli Indián Kaszinóban (Oneida törzs) 3.5 millió látogató volt ugyanebben az évben. A tavon 53 500 motoros hajó és csónak van regisztrálva, amely a Balatonhoz képest mintegy 5-szörös hajósűrűséget jelent. Elmondható tehát, hogy az európai ember számára viszonylag ismeretlennek számító tó és környéke hatalmas turista forgalmat produkál.

4.4.4. Chapala

A Chapala-tó Mexikó legnagyobb édesvizű tava. Vízigyűjtő területe csaknem akkora, mint Horvátország egész területe, de éghajlata viszonylag száraz, ezért vízszintje szélsőségek között mozog. 2001–2002-ben (amikor Floridában és a Balatonnál is nagy szárazság volt), a tó térfogata az átlagosnak mindössze 14,4 %-ára csökkent. Ebben az időszakban a vízminőség romlás (algásodás) és az alacsony vízszint miatt a turizmus 50%-kal, a halfogás 70%-kal esett vissza. Komoly problémát jelent a vízen lebegő közönséges vízi jácint (*Eichhornia crassipes*) terjedése, amely az afrikai Viktória-tóban is komoly ökológiai és gazdasági problémákat okoz. A vízigyűjtőről a Balatonhoz képest háromszoros TP terhelés éri a tavat, ezért a csökkenő, és rendkívüli mértékben ingadozó vízszint mellett, a vízminőség romlása is komoly gond. Az utóbbi években a vízigyűjtőn elhelyezkedő ipari szennyvíztisztítók lakossági szennyvizet is kezelnek, ami valamelyest javítja a helyzetet. A vízigyűjtőn intenzív, öntözéssel mezőgazdasági tevékenység folyik. A felhasznált víz 93%-át a mezőgazdaság hasznosítja, ami gyökeresen eltér a balatoni helyzettől, ahol ez az arány néhány %-ra tehető. A vízigyűjtőn 552 víztározó épült, főként az öntözést elősegítendő. Emellett több millió lakos is a tóból vagy a vízigyűjtőről kapja az ivóvizet, a közelben fekvő metropolisz, Guadalajara 4,5 millió lakosát beleértve (Aguilar, 2010; National Water Commission, Mexico, 2012).

Az alábbi problémák tekinthetők súlyosnak: közönséges vízi jácint terjedése, az őshonos halak állományának csökkenése, sekélyvízi algavirágzás, amely ivóvíztisztítási problémákat is okoz, mérgező nehézfémek a kifogott és értékesített halakban.

A helyzetet súlyosbítja az erdőirtás és a növekvő erózió a vízigyűjtőn. Az ILEC részvételével projekt indult az erdősisítés, az erózió csökkentése és a megélhetés javítása érdekében, az alábbi célokkal:

- 1) Speciális szövetségek kialakítása a különböző érdekeltekkel egy, a Chapala medencére vonatkozó intézkedési terv kialakítása és megvalósítása érdekében.
- 2) Környezetnevelési oktatási központ, és egy dokumentációs központ kialakítása.
- 3) Éves konferencia tartása az összes érdekelt bevonásával.
- 4) A Chapala-tóra vonatkozó esettanulmány integrálása az intézkedési tervbe.

4.5. Ausztrália és Óceánia

Ausztráliában és Új-Zélandon fordulhatnak elő számottevő méretű tavak. Az Ausztrál tavak két kivétellel időszakosak és rendkívül magas sótartalmúak. A világ egyik legnagyobb sós tava, az Eyre-tó azonban többnyire tartalmaz vizet, bár a csaknem 10 ezer km²-es felületéhez képest rendkívül sekély, átlagosan 1,5–4 m, az adott év csapadéktól függően. Rendkívül elhagyatott területen helyezkedik el, az emberi tevékenység hatása minimális. A magas sótartalom ellenére a tó madárvilága jelentős. A másik állandó tó a Murray folyó torkolatában elhelyezkedő Alexandrina-tó, amely lagúna-tó, ahova időnként behatol a tengervíz. Új-Zélandon nincs nagyobb méretű sekély tó. A két említett tó szinte minden tekintetben különbözik a Balatontól, ezért ezeket nem vizsgáljuk.

2. táblázat • A kiválasztott sekély tavak és vízgyűjtők morfológiai paraméterei

Tó	Ország	Terület, km ²	Átlagos mélység, m	Térfogat, km ³	Dinamikus arány, km/m	Tartózkodási idő, év	Vízszint szabályozás, vízjáték, m	Vízgyűjtő terület, km ²	Vízgyűjtő/Tó ter. arány	Mezőgazdasági terület, %	Természetes terület, %
Okeechobee	USA, Florida	1 894	2,7	5,1	16,1	2,10	igen, 1.8 m	12 394	6,5	42,9	54,9
Fertő	Ausztria/Magyarország	320	1,2	0,4	14,9	15,40	igen, 0.8 m	1 120	3,5	36,7	63,0
Peipsi (Csúd)	Észtország/Oroszország	3 555	7,1	25,2	8,4	2,73	nem, 1.13 m	47 800	13,4	42,0	48,0
Balaton	Magyarország	594	3,3	2,0	7,4	6,00	igen, 1.0 m	5 765	9,7	51,9	42,3
Chapala	Mexikó	1 112	7,2	8,0	4,6	10,20	igen, 9.0 m	53 591	48,2	70,0	27,0
Skadar	Albánia/Montenegró	475	5,0	2,4	4,4	0,19	igen, 6.0 m	5 490	11,6	64,0	13,0
Kasumigaura	Japán	220	4,0	0,9	3,7	0,55	igen, 0.3 m	1 915	8,7	43,5	45,0
Velencei	Magyarország	25	1,6	0,0	3,1	11,90	igen, 0.4 m	602	23,8	52,0	37,0
Apopka	USA, Florida	125	4,7	0,6	2,4	3,20	igen 4.3 m	348	2,8	11,0	29,0
Trasimeno	Olaszország	124	4,7	0,6	2,4	24,40	igen, 1.3 m	396	3,2	65,7	34,3
Oneida	USA, New York	207	6,8	1,4	2,1	0,65	igen, 1 m	3 530	17,1	29,0	39,0
Bodeni	Németország/Svájc	539	90	48,5	0,3	4,37	nem, 2 m	11 489	21,3	38,0	25,0
<i>Balaton rank</i>		<i>4</i>	<i>1</i>	<i>5</i>	<i>1</i>	<i>5</i>	<i>7</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>

Megjegyzések:

A tavakat a sekélységet mérő dinamikus arány szerint rendeztük sorba. A dinamikus arány definícióját ld. a szövegben
A Bodeni tavat, mint a Balatonhoz hasonló méretű, ám mély tavat referenciaként tüntettük fel.

3. táblázat • A kiválasztott tavak tápanyagterhelése, eutrofizációs állapota és néhány egyéb jellemzője

Tó	Foszfor terhelés, t/év	Foszfor terhelés, g/m ² /év	Foszfor terhelés, g/m ³ /év	Eutrofizáció szintje	Vízgyűjtő Lakossága, fő	Népsűrűség, fő/km ²	Halfogás, t/év	Halfogás, kg/ha	Ramsari terület, km ²	Legfontosabb használatok
Okeechobee	476	0,25	0,09	Eut/Hyp	2 770 000	223	US\$ 3.6m	n.a.	6 100	Ivóvíz, öntözés, turizmus
Fertő	40,0	0,13	0,10	Eut	91 700	82	150	4,7	530	Turizmus
Peipsi (Csúd)	707	0,20	0,03	Mes/Eut	1 000 000	21	9 500	26,7	940	Ivóvíz, turizmus
Balaton	160	0,27	0,08	Mes/Eut	364 412	63	600	10,1	600	Turizmus, ivóvíz, hajózás
Chapala	910	0,82	0,11	Hyp	9 346 582	174	8 000	71,9	1 150	Öntözés, ivóvíz, turizmus
Skadar	194	0,41	0,08	Mes/Eut	500 000	91	3 800	80,0	500	Ivóvíz, turizmus
Kasumigaura	321	1,46	0,36	Eut/Hyp	848 000	443	8 745	398	nincs	Öntözés, iparivíz
Velencei	7,4	0,29	0,18	Mes/Eut	38 700	64	20	8	10	Turizmus
Apopka	61,7	0,49	0,11	Hyp	79 680	229	200	16,0	nincs	Turizmus
Trasimeno	42,2	0,34	0,07	Mes/Eut	45 600	115	630	50,8	nincs	Öntözés, ivóvíz
Oneida	128	0,62	0,09	Oli	262 164	74		n.a.	nincs	Ivóvíz, állattenyésztés, energiatermelés
Bodeni	200	0,37	0,004	Mes	3 000 000	261	1 280	23,7	13	Turizmus, ivóvíz, hajózás
<i>Balaton rank</i>	<i>6</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>7</i>	<i>6</i>	<i>10</i>	<i>6</i>	<i>1</i>	<i>5</i>	

Megjegyzések: Foszforterhelés: a tóba bejutó (állandó vízfolyásokon, a tóparti sáv közvetlen lefolyásán, pontszerű kibocsátókon és a légköri ülepedésen keresztül) összes foszfor mennyisége. Az egységnyi tőfelületre vagy tőtérfogatra vonatkoztatott terhelés összehasonlíthatóvá teszi a tavakat. Észrevehető, hogy a mély Bodeni tó felületegységre jutó terhelése a sekély tavakéhoz hasonló nagyságrendű, de a térfogategységre eső terhelés 1-2 nagyságrenddel kisebb.

Eutrofizáció szintje: Az OECD 1982-ben elfogadott osztályozása a víz foszfor és/vagy a klorofill-a maximális (Chl-a_{max}) koncentrációja alapján. Oligotróf (Oli): Chl-a_{max}<8 mg/L; Mezotróf (Mes): 8 <Chl-a_{max}<25 mg/L; Eutróf (Eut): 25 <Chl-a_{max}<75 mg/L, Hipertróf (Hyp): 75 mg/L <Chl-a_{max}

5. Összehasonlító értékelés

5.1. A használt mutatók összehasonlítása

Az egyes tavak szöveges ismertetése, valamint a 2. és 3. táblázat utolsó sorában feltüntetett „Balaton rank”, azaz az egyes mutatók tekintetében a Balaton „helyezési száma” alapján megállapíthatjuk, hogy a Balaton semmilyen tekintetben sem tekinthető extrém jellemzőkkel rendelkező tónak. Úgyszólván minden mutató tekintetében a középmezőnyhöz tartozik, kivételként említhető a térfogategységre jutó foszforterhelés és a népsűrűség, amelyek tekintetében a 10. helyet foglalja el, azaz környezeti szempontból kedvezőbb helyzetben van a tavak többségénél. A népsűrűség számításkor nem vettük figyelembe a turizmus és a nyaralótulajdonosok hatását, amelyet gyakran túlértékelnek. Az utóbbi években közelítőleg 5 millió vendégéjszakát regisztrált a Balaton Kiemelt Üdülőkörzet (BKÜ). Emellett 70 ezer nyaralóingatlan van, amelyekben tekintsünk évi 60 napos tartózkodást 3 fővel (ez egyben a szürkegazdaság, azaz a nem regisztrált szálláshely-kiadás jelentős részét is magában foglalja). Ilyen módon további 12,6 millió” vendégéjszakát” számolhatunk, azaz összesen 17,6 milliót. Ezt a számot egész évre elosztva 48 ezer „állandó lakos egyenérték” adódik, azaz éves átlagban ennyit kell hozzáadni a vízgyűjtő 364 000 állandó lakosához (Feltételezzük, hogy a vízgyűjtő BKÜ-n kívüli települései elhanyagolható, vagy legalábbis csekély számú vendégéjszakát produkálnak, hiszen a BKÜ lehatárolása a turizmus meglétéhez kötött). Ez mindössze 13,2 % növekedést jelent, tehát a turizmus egész évre számított befolyása nem olyan mértékű, mint gondolnánk. Nyilvánvaló, hogy az eloszlás nem egyenletes, de ha a nyaralókban eltöltött éjszakákat 10 hétre, a regisztrált vendégéjszakákat pedig a turisztikai vállalkozók által hangoztatott 6 hetes főszezonra számítjuk, akkor is csak 330 000 fő átmeneti népesség többletet kapunk, ami cáfolja azt az állítást, hogy a BKÜ lakossága a nyári szezonban többszörösére növekszik. Természetesen egyes hétvégeken és egyes (főként kisebb, vízparti) településeken a többszörös lakosságnövekedés előfordulhat.

5.2. Problémák és megoldások

Problémák:

- 1) A tavak jelentős részénél súlyos gond a vízszint csökkenése, vagy rendkívül nagymértékű ingadozása. Ez alól csak a Csúd-tó és az Oneida-tó kivétel. Előfordul a tó vizének, vagy a vízgyűjtő felszíni vízbázisainak túlhatalomlata, amely az éghajlatváltozás mellett, közvetlen okozója a vízszint csökkenésének.
- 2) Az Oneida tó kivételével minden tó esetében probléma a tápanyag feldúsulás, az eutrofizáció, amely vagy nagymértékű algásodásban, vagy a makrofítonok elszaporodásában mutatkozik meg, és általános vízminőség romláshoz vezetett.
- 3) A vízszint csökkenése minden esetben a vízminőség és az ökológiai rendszer leromlását eredményezte. Javulásról nincs információ.
- 4) Az idegen és/vagy invazív növény és állatfajok terjedése a Csúd-tó kivételével mindenütt komoly probléma. A kéalgák mellett a közönséges vízijácint, az aranyvessző, sásfélék, kagyló- és halfajok említhetők.
- 5) Erózió és felszíni bemosódás a part menti területekről, ami jelentős diffúzió terhelést jelent.

Megoldások:

- 1) A legtöbb tó esetében intézkedési tervet dolgoztak ki a kedvezőtlen folyamatok visszafordítása érdekében.
- 2) A vízszint ingadozások csökkentése érdekében a kifolyó oldalon szabályozzák a vízszintet, a vízkivételt korlátozták, illetve vízpótlást alkalmaztak külső vízgyűjtő bekapcsolásával.
- 3) A vízminőség védelme, az eutrofizáció visszafordítása érdekében csökkentik a tavak külső foszfor terhelését. A belső terhelést kotrással és biomanipulációval csökkentik.
- 4) A tó vagy a befolyók vizét a korábban lecsapolt, és szűrő funkciót ellátó mocsarak, vizes területek helyreállításával tisztítják, ilyen módon csökkentik a diffúz tápanyagterhelést.
- 5) Az idegen növény és állatfajokat szelektív módon igyekeznek eltávolítani, vagy terjedésüket korlátozni.
- 6) Korlátozzák, vagy megszüntetik a mezőgazdasági tevékenységet, megszüntetik a műtrágyák állami szubvencióját.
- 7) Az erózió visszaszorítása érdekében erdősítést, megfelelő mezőgazdasági gyakorlatok bevezetését és a csapadékvíz elvezető és kezelő rendszerek fejlesztését alkalmazzák.

Az intézkedések volumene kisebb mértékben függ a problémák súlyosságától, de meghatározó az adott állam gazdasági ereje. Pl. a Balatonhoz képest talán kevésbé jelentősnek mondható, 125 km²-es floridai Apopka-tó esetében csak a mezőgazdasági területek kisajátítására mai áron mintegy 52 milliárd Ft-ot, a helyreállításra 2011-ig 33 millió dollárt költöttek. Az Okeechobee-tó és fő befolyójának helyreállítása 2010-ig mai áron 216 milliárd Ft-ot, a teljes Everglades mocsár projekttel együtt 440 milliárd Ft-ot emésztett fel. A Kasumigaura-tó esetében kizárólag a vízpótló/vízátvezető rendszer kialakítása 400 milliárd Ft-ba került. További mintegy 22 milliárd Ft-ot költöttek 2009-ig vízminőség-védelmi projektekre.

Összehasonlításként: a balatoni vízminőség-védelmi intézkedésekre 1983 óta mai áron mintegy 80–85 milliárd forintot költött az állam, amelyből mintegy 35 milliárd Ft a Kis-Balaton projekt költsége a 2014. évi várható befejezésig.

Ugyanakkor, annak ellenére, hogy a vizsgált tavak közül a mexikói Chapala-tó van a legrosszabb állapotban, még átfogó helyreállítási terv sem készült a tóra és a teljes vízgyűjtőre.

Konfliktusok:

- 1) A mezőgazdaság (monokultúra, öntözés, műtrágyázás, állattartás) és a tó ökológia állapota közötti érdekellentét nyilvánvaló.
- 2) A túlzott (mezőgazdasági, lakossági és ipari) vízhasználat és a bekövetkező vízszint csökkenés csökkenti a tó haltermelő képességét, turisztikai vonzerjét és ökológiai funkcióit.
- 3) A turizmus közvetlen és közvetett terhelésnövekedést jelent a tóra, megterheli az infrastruktúrát, amely a helyi lakossággal is ellentétet generálhat.
- 4) A horgászok és a kereskedelmi halászat, valamint a halat alapvető táplálékként fogyasztó védett állatvilág konfliktusa.

A konfliktusok feloldását gyakran akadályozza, hogy nem ismerjük a tavak egyes használatának vagy ökológiai funkcióinak értékét, azaz nem tudjuk objektíven megítélni az egyes használatok és funkciók nemzetgazdasági hasznosságát, holott a fej-

lesztési programoknak, a kijelölt prioritásoknak ezen értékek rangsorolásán kellene alapulniuk. E kérdéskörben érhető el előrelépés az ún. teljes gazdasági érték (TEV = *Total Economic Value*) meghatározásával, amellyel a következő szakaszban foglalkozunk.

6. A tavak teljes gazdasági értéke

Vitathatatlan tény, hogy a tavak gazdasági értéket képviselnek az emberi civilizáció megjelenése óta. Egy tó teljes gazdasági értéke² (TEV vagy TGÉ) az összes használat és további előnyök értéke. Az alábbiakban röviden definiáljuk, hogy mit is érthetünk az egyes érték kategóriákon.

Használati érték: Közvetlen értékek + Közvetett értékek + Opcionális értékek

- Közvetlen értékek: az erőforrások (el)forgyaszításához vagy más módon történő hasznosításához kapcsolódó értékek (pl. ivóvíz kivétel, halászat, vadászat, nád, gyékény, fűz felhasználás, homok bányászat, hajózás, turizmus, stb.).
- Közvetett értékek: Az ökológiai rendszer funkciói és szolgáltatásai (pl. a táplálékháló, a biodiverzitás fenntartása, öntisztulás, stb.).
- Opcionális értékek: Lehetséges jövőbeli hasznosítás(ok) által képviselt többlet érték (a jelenben még ki nem használt lehetőségek, pl. hőtartalom hasznosítása, vízi energia kihasználása, ipari víz kivétel, stb.).

Egyéb érték: Előnyök a jövő generációk számára + Egzisztencia értékek

- Előnyök a jövő generációk számára: a jelen generációk ált. történő hasznosítás fennmaradása a jövő (esetenként nagyobb népességű) generációk számára, a természeti és kulturális örökség.
- Egzisztencia-érték: A tó és természeti-társadalmi-kulturális környezete létezésének értéke („tudjuk, hogy van”).

A TGÉ kiszámítása nem magától értetődő folyamat, mivel egyes elemeinek „piaci” értékei jól becsülhetők, mások, pl. az egyéb értékek viszont kevésbé. További probléma a térbeli lehatárolás, azaz milyen mértékben vegyük figyelembe a tó környékét. Az egész vízgyűjtőt tekintjük vagy csak a tavat és a tópart meghatározott sávját. Esetleg a vízfelesleget levezető víztestet és annak vízgyűjtőjét is?

A Balaton példáját tekintve, számba vehetjük a következőket. A könnyen kvantifikálható tételek esetében árbevételt tekintünk, esetleg a kiépült infrastruktúra bekerülési vagy piaci értékét, vagy a realizálható nyereséget? A jelen kutatási projekt egyik érdekes eleme lehet a módszertan pontosítása és a Balatonra, ill. déli vízgyűjtőjére történő TGÉ becslés elvégzése, majd alkalmazása pl. a Fertő-tóra, vagy olyan, a fentiekben megvizsgált sekély tóra és (rész)vízgyűjtőjére, amelyre vonatkozóan a szükséges adatok rendelkezésre állnak. Ez annál is inkább indokolt, mivel évtizedes vita, hogy a Balaton értékének megfelelő költségvetési támogatásban részesül-e, azaz méltányos módon részesül-e a társadalmi újraelosztásból. Feltételezhető, hogy a Balaton és a Balaton Kiemelt Üdülőkörzet évente 1000 milliárd Ft nagyságrendű közvetlen bevételt termel, mivel csak a turizmus bevételei mintegy 400 milliárd forintba becsülhetők (Molnár, 2004). A főbb elemek: turizmus, halgazdálkodás, hajózás, tömegközlekedés, ivóvízkivétel, szennyvízbevezetés, nádgazdálkodás, öntözéses mezőgazdaság, erdészet, szőlészet-borászat, feldolgozó ipar, bányászat, szolgáltatások.

²Managing Lakes and their Basins for Sustainable Use: A Report for Lake Basin managers and Stakeholders. International Lake Environmental Committee Foundation, Kusatsu, Japan, pp.166.

Ugyanakkor nehézséget okoz az ökológiai funkciók, a jövőbeli új használatok és a nem használati jellegű (egyéb értékek) kvantitatív becslése. A TGÉ részletes, összehasonlító elemzése a kutatási projekt egyik fontos és ígéretes területe lehet, mivel ehhez nélkülözhetetlen az emberi tevékenységek és a környezet kölcsönhatásainak mennyiségi vizsgálata.

Köszönetnyilvánítás

Jelen munka az Európai Unió támogatásával és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával készült, a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0038 projekt keretében.

Felhasznált irodalom

- Håkanson, Lars (1982): Lake bottom dynamics and morphometry: the dynamic ratio. *Water Resources Research* 18:1444–1450.
- Bachmann, Roger W., Mark V. Hoyer, Daniel E. Canfield, Jr. (2000): The Potential For Wave Disturbance in Shallow Florida Lakes, *Lake and Reservoir Management*, 16(4), 281–291.
- Bogdan, Jerel J., Judith W. Budd, Brian J. Eadie, Keri C. Hornbuckle (2002): The Effect of a Large Resuspension Event in Southern Lake Michigan on the Short-term Cycling of Organic Contaminants, *Journal of Great Lakes Research*, Volume 28, Issue 3, 2002, Pages 338–351.
- http://en.wikipedia.org/wiki/Lake_Balkhash
- International Lake Environment Committee: Lake Database, Lake Balkhash, Aral Sea, Lake Balaton, Lake Neusiedl, Lake Velence, Trasimeno Lake, Oneida Lake, Lake Chapala, Lake Peipsi, Lake Skadar, Lake Chad, Lake Victoria, Lake Valencia, Lake Eyre, Lake Kasumigaura, Lake Constance, Lake Poyang, Lake Tai.
- <http://www.msnbc.msn.com/id/18959222/from/RS.1/#.UPRH2vKH-So> (2007): Algae smother Chinese lake, millions panic.
- China Daily, Xinhua (April 14, 2008): China's third-largest freshwater lake faces algae threat.
- <http://www.edukovizig.hu/files/fertoto.pdf>
- Pannonhalmi Miklós és Sütő László (2007): A Fertő tó múltja, jelene és jövője, ÉDUKÖVIZIG, Győr, 2007.
- Vollenweider, Richard, A. et al. (1982): *Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control*, OECD, Paris, 1982, pp. 154.
- Aguilar, Alejandro Juárez: Lake Chapala and its watershed: Summary of Experiences and Lessons Learned, Corazón de la Tierra, A.C. Guadalajara, México: http://rcse.edu.shiga-u.ac.jp/gov-pro/plan/2010list/10/mexico_chapala_and_rivers/lake_brief-lake_chapala__mexico.pdf
- National Water Commission (Mexico): Lerma – Chapala Basin Case Study: A fruitful sustainable water management experience Prepared for the 4th UN World Water Development Report “Managing water under uncertainty and risk”, Mexico, 2012.
- <http://floridaswater.com/lakeapopka/>
- Canfield, D.E. Jr., Bachmann, R.W., Hoyer, M.V. (2000): A management alternative for Lake Apopka, *Lake and Reservoir Management* (16(3), 205–221.

- Bachmann, Roger W., Mark V. Hoyer & Daniel E. Canfield Jr.(2001): Evaluation of recent limnological changes at Lake Apopka, *Hydrobiologia*, 448, 19–26, 2001.
<http://www.orange.wateratlas.usf.edu/watershed/geography.asp?wshedid=5#use>
http://article.wn.com/view/2011/10/15/Million_dollar_fish_resides_in_Central_Florida_Lake_Euro_day/
<http://www.cnyrpdb.org/oneidalake/pdf/SOLWFinal/>
- Weiperth András, Szivák Ildikó, Ferincz Árpád, Staszny Ádám, Keresztessy Katalin, Paulovits Gábor (2009): A vízsint-ingadozás hatása a balatoni halász-horgász fogások alakulására, *Állattani Közlemények* (2009), 94(2), 199–213.
- Mrdak, Danilo (2009): Environmental risk assessment of the Morača dams: fish fauna of Morača river canyon and Skadar Lake, WWF, Podgorica, 2009.
- Mrdak, Danilo, Danka Petrović, Ana Katnić, Marijan Erceg (2011): Integrated study to support the designation of the trans-boundary Lake Skadar/Shkodra as biosphere reserve, University of Montenegro, Podgorica, 2011.
- Perović, Andrej (2009): Interdisciplinary assessment of water resource management in two transboundary lakes in SEE, University of Montenegro, Podgorica.
- Working Group on Monitoring and Assessment (2007): Assessments on transboundary lakes in Western Europe as well as Central and Eastern Europe, UN Economic and Social Council, Eighth meeting Helsinki, Finland, 25–27 June 2007, p. 9–10.
http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/assessment/English/I_PartIV_Chapter5_En.pdf
- International Lake Environment Committee Foundation (2005): „Lake Basin Management Initiative” Managing Lakes and Their Basins for Sustainable Use, <http://wldb.ilec.or.jp>.
- Roll, G., Kosk, A., Alexeeva, N, Unt, P. (2006): Lake Peipsi/Chudskoe: Experience and Lessons learned Brief, http://www.worldlakes.org/uploads/20_Lake_Peipsi_Chudskoe_27February2006.pdf
- Nöges, T., R. Laugaste, E. Loigu, I. Nedogarko, B. Skakalski and P. Nöges (2005): Is the destabilisation of lake Peipsi ecosystem caused by increased phosphorus loading or decreased nitrogen loading? *Water Science & Technology*, Vol. 51, No 3–4, pp. 267–274.
- De Anda, José, Harvey Shear, Ulrich Maniak and Gerhard Riedel (2000): Phosphorus Balance in Lake Chapala (Mexico), *Journal of Great Lakes Research*, 26(2), 2000, pp.129–140.
- De Anda, José, Harvey Shear, Ulrich Maniak and Gerhard Riedel (2001): Phosphates in Lake Chapala, Mexico, *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 6(4), p. 313–321.
- Lind, Owen T., L. O. Dávalos-Lind (2002): Interaction of water quantity with water quality: the Lake Chapala example, *Advances in Mexican Limnology: Basic and Applied Aspects Developments in Hydrobiology*, 163, p. 159-167.
- Von Bertrab, Etienne (2003): Guadalajara’s water crisis and the fate of Lake Chapala: a reflection of poor water management in Mexico *Environment&Urbanization*, 15(2), p.127-140.
- Ludovisi, Alessandro, Elda Gaino (2010): Meteorological and water quality changes in Lake Trasimeno (Umbria, Italy) during the last fifty years, *J. Limnol.*, 69(1), 174–188.
<http://www.ramsar.org/pdf/sitelist.pdf>
- Meire, P., M. Coenen, C. Lombardo, M. Robba and R. Sacile (eds.) (2006): Integrated Water Management, NATO Science Series, Springer, 2006.

- <http://www.nies.go.jp/escience/kosho/lib/kasumigaura02.html>
- ILEC (2005): Managing Lakes and their Basins for Sustainable Use: A Report for Lake Basin managers and Stakeholders. International Lake Environmental Committee Foundation, Kusatsu, Japan, pp.166.
- Micklin, Philip (2007): The Aral Sea Disaster, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 35 (4): 47–72.
- Drake, Nick, Bristow, Charlie (2006): Shorelines in the Sahara: geomorphological evidence for an enhanced monsoon from palaeolake Megachad, *The Holocene* 16 (6), 901–911.
- Mitchell, Charles L. (1928): The West Indian Hurricane of September 10–20, 1928, *Monthly Weather Review*, 56(9), 1928.
- Herodek Sándor, Laczkó László, Virág Árpád (1988): Lake Balaton Research and Management. Nexus Nyomda, Budapest, pp.1–110.
- Kutas, T., Herodek, S. (1986): A complex model for simulating the Lake Balaton Ecosystem. In Somlyódy, L., and van Straten, G. (Eds.): *Modeling and Managing Shallow Lake Eutrophication*, Springer Verlag, pp. 309–322.
- Leuttich, R. A., and Harleman, D. R. F.(1986): A Comparison of Water Quality Models and Load Reduction Predictions, In Somlyódy, L., and van Straten, G. (Eds.): *Modeling and Managing Shallow Lake Eutrophication*, Springer Verlag, pp. 323–340.
- Molnár László (szerk) (2004): A Balaton-térség nemzetgazdasági-szintű jövedelem-termelő képességének vizsgálata, GKI Gazdaságkutató Rt., Budapest, pp. 185.
- International Resources Group Ltd.(1994): The Philippine Environmental and Natural Accounting Project (Enrap Phase II), USAID, Philippines, pp. 25.
- Friends of Lake Apopka (2011): <http://www.foia.org/>
- Hornung,L., A. Khan, R. N. Calvo (2010): History of Lake Okeechobee Restoration, Efforts and Where We Are Today, Greater Everglades Ecosystem Restoration Conference.
- Ibaraki Prefectural Government (2009): http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/bugai/seisaku/seisakuhyouka/22_hyoka/sesaku/7-3.pdf
- Varga György, Kravinszkaja Gabriella (2013): A Balaton és a tórészek havi vízháztartási jellemzőinek meghatározása, Előkészületben, Varga Gy. szóbeli közlése.