

## A nádasállomány jelentősége és kezelésének lehetőségei a Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer területén

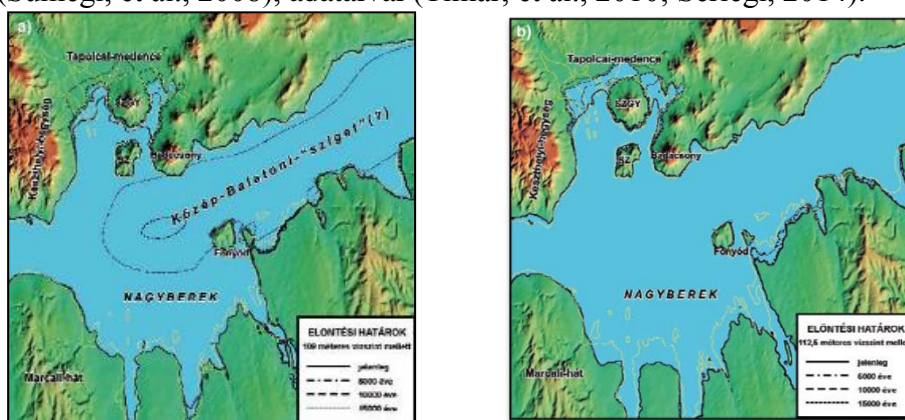
Lovász Zsófia Eszter  
Természetvédelmi mérnök  
Természetvédelmi és vízgazdálkodási szakmérnök

### A Balaton kialakulása

A Kis-Balaton süllyedéke a Balaton legnyugatibb részmedencéjéhez csatlakozik, víztükre a 19. századig egységet képezett a magyar tengerrel. Többen a Kis-Balaton is a Balaton szerves részeként említik (Futó, et al., 2001), de több kutatás is bizonyítja, hogy geológiai fejlődéstörténetében, kialakulásának időpontjában is eltér a többi medencétől (Lóczy, 1913; Tullner & Cserny, 2003).

A mai Balaton alakjához leginkább hasonlító tómeder több szerző szerint (Virág, 1997; Virág, 2005; Sümegi, et al., 2007) a geológiai negyedkor (kvarter) pleisztocén időszakának Würm idei interstadiálisaiban alakult ki számos tényező együttes hatására. A legfrissebb komplex kutatások viszont bizonyítják, hogy a részmedencék süllyedése már a holocén legelején végbe ment (Sümegi, et al., 2014).

A víztükör legnagyobb kiterjedését 10 000 éve érte el, amely egyezik Sümegi (1. ábra) (Sümegi, et al., 2008), adataival (Tímár, et al., 2010; Serlegi, 2014).



1. **ábra:** A Balaton lehetséges kiterjedése (a) 109 méter (b) 112,5 méter tengerszint feletti vízszint mellett különböző időpontokban. A Balatonhoz kapcsolódó tavi és mocsári üledékek kiterjedését a sárga vonallal körülvett terület jelzi. A déli part mentén a korabeli lehetséges partvonalak futása a 109 méteres vízszintre utal, emellett a legjobb illeszkedést a 10 ezer évvel ezelőtti korhoz tartozó vonal adja (SZGY=Szent György-hegy; SZ=Szigliget; a „Közép-balatoni-sziget” (Tímár, et al., 2010)

### Kis-Balaton kialakulásának történelmi áttekintése

A Balaton medrének fejlődését már a IV. századtól jelentősen befolyásolták az emberi hatások. A legendárium úgy tartja, hogy a Balaton vízszintjét Galerius római császár zsilippel és a Sió-csatorna kiásásával kívánta szabályozni (Dornyay, 1947; Károlyi, 1967; Bendefy, 1968; Bendefy & V. Nagy, 1969; Fejér, 2001; Vizkelety & Varga, 2012). Azonban az ásatások nem igazolták a Galerius-féle zsilip létezését (Fejér, 2001). Valójában arról lehetett szó, mint ahogy azt (Cholnoky, 1918) megfogalmazta „a római szabályozás nem igen állhatott másból, minthogy a Sió-torkot ismét megnyitották és igyekeztek tisztán tartani”.

Míg a rómaiak vélhetőleg alacsonyabb vízszintet szerettek volna, a népvándorlás korától a török uralom végéig a Kárpát-medencében élők éppen ellenkezőleg, elmocsarasítani kívánták a környező területeket, melyek így természetes védvonalakat alkottak („*A frank támadás idején a Balaton tó az avar ellenállás egyik fő sarokpontja volt.*”) (Bendefy, 1968; Ligeti, 1974; Csupor, 1983).

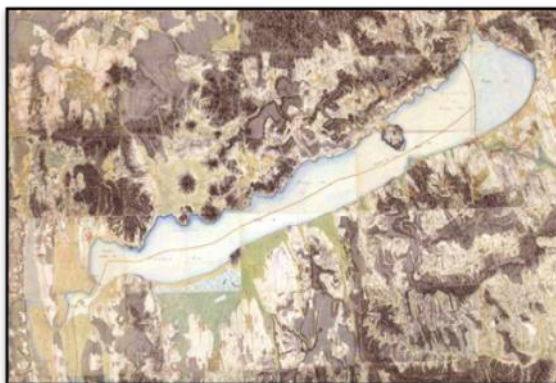
A Rákóczi–szabadságharcot (1703-1711) követően népességrobbanás következett be - 65 év alatt a lakosság megduplázódott (1785 körül 7-8 millió) - (Csupor, 1983), mely következtében jelentősen megnőtt az igény a fa és a mezőgazdasági területek iránt, valamint megnőtt a kereslet a hamuzsírra, melynek exportját Mária Terézia is támogatta (Csupor, 1983; Virág, 1997; Futó, et al., 2001; Simon, 2012).

A tájat eredetileg tölgy és bükk erdők borították, alattuk barna erdőtalajjal. A barna erdőtalaj laza, könnyű szerkezetű. Mint ahogy szinte az egész országban a Kis-Balaton vízgyűjtő területén is az erdők kivágásával (a gyakori 25-30 fokos) lejtőkről az erózió és a defláció gyorsan eltüntette a talaj felső rétegét.

A gazdasági érdekek miatt eltűnő vegetáció felgyorsította az erózió illetve a defláció okozta talajpusztulást és a legnyugatibb medence feltöltődését (Erdélyi, 1963; Csupor, 1983).

Az erdők eltűnésével megváltozott a mikroklíma, megbomlott a vízforgalom egyensúlya. A források vízhozama erősen ingadozott, sok el is apadt. A felszíni vízfolyások aránya jelentősen megnőtt a felszín alatti vízfolyásokhoz képest (Erdélyi, 1963; Csupor, 1983; Virág, 1997).

Mária Terézia 1751-ben elrendelte a hajózást akadályozó és az elmocsarasodást okozó vízimalmok elbontását (szentesített uralkodói dekrétum 14. cikkely: „*Az országban a lakosságra káros malmok megszüntetéséről*”), ennek megfelelően a Sió is elkezdődnek a munkálatok.



2. ábra: Első Katonai Felmérés (1763-1787)

Forrás: <http://mapire.eu>

Az első katonai felmérés (1763-1787) során készült térképen a Balaton még Hidvégnél kezdődik (2. ábra), de már 1770 előtt feljegyezték az úszólápok megjelenését a Hidvég utáni öbölben.

A Sió és a Sárvíz völgyének szabályozási munkálatai 1776-ban kezdődnek, ami szintén jelentős vízszint csökkenést eredményezett.

Krieger Sámuel 1776-ban dolgozta ki a „*Kapos, a Sió folyók és a Balaton tó leírása, továbbá a körülöttük lévő mocsarak tómeder szabályozása általi kiszáritásának, valamint ...*” tervét, amely nem került megvalósításra de az első olyan mérnöki munka volt, amely valóságosan mutatta be a terület vízrajzi viszonyait (Cholnoky, 1918; Ligeti, 1974; Szlávik, et al., 2005; Virág, 1997; Virág, 2005).

Részből a szabályozások eredményeképp, 1805-ben első ízben tűnik fel a „*Kisbalaton*” elnevezés térképen, bár ekkor még csupán a balatonhídvégi híd és a tőle 3 km-re lévő ÉK-i részt illették e névvel (3. ábra) (Lotz, 1978; Szlávik, et al., 2005; Simon, 2012).



3. **ábra:** Második Katonai Felmérés (1806-1869)

Forrás: <http://mapire.eu>

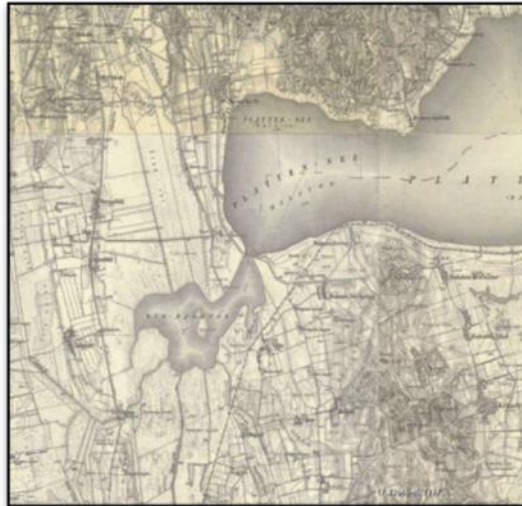
1811-ben folytatják Sárvíz-Sió vízrendszer szabályozását, és megalakul az első magyarországi vizitársulat, Sárvízi-csatorna Társulat néven (Virág, 2005; Virág, 2005).

Ettől kezdve folyamatosak a csatorna építések és a mocsaras, lápos területek lecsapolásai.

Az utolsó malom 1821-ben ég le Siófoknál, és a Sió medrét kitisztogatták (Virág, 2005; Szlávik, 2005). A tó vízszintje az akkor átlagosnak tartott vízszinthez képest 1 méterrel csökkent (több irodalom is úgy tartja, hogy műszaki szempontból ekkor kezdődött el a Balaton vízszintjének szabályozása), így a Balaton partján 220 km<sup>2</sup> terület szabadult fel, a Sió mentén 26 km<sup>2</sup> mocsaras terület vált művelhetővé (Cholnoky, 1918; Lotz, 1978; Csupor, 1983; Virág, 1997; Szlávik, et al., 2005)

A Zala Vízsabályozó Társulat 1828-as megalakulásával végül 1836-ban megkezdték Hídvég és Kehida között a Zala mocsarainak lecsapolását és a Zala medrének kiásását (4.ábra) (Cholnoky, 1942; Virág, 1997; Szlávik, et al., 2005). A teljes mederszabályozás több mint 50 évet vett igénybe. Az első 30 évben a Zala hordalékával a hídvég és fenék közti szakaszt töltötte fel majd, a munkálatok befejeztével, a folyó közvetlenül a keszthelyi öbölben rakta le hordalékát.

A következő időszakban a Sió még megmaradt malomgátak elbontása és a csatorna mélyítése eredményezi a tó vízszintjének újabb 1 méterrel történő csökkenését (1847 kiliti malomgát bontása), valamint elkezdik tervezni a Duna-Balaton-Zala hajózó csatorna kialakítását, valamint 1858-ban elkezdik építeni a Déli Vasút vonalat (Virág, 1997). Cholnoky szerint az építéskor rendkívül alacsony volt a vízállás (Ligeti, 1974). A síneket a partszegély és a települések közötti homok turzásokon kezdték el építeni 88 cm-rel az akkori vízszinthez képest. Az átadás évében 1861-ben a síneket megrongálták a balatoni hullámok, majd a következő évben a pályatestet a jégzajlás jóformán teljesen tönkre tette. Ennek hatására dönt úgy a Déli Vaspálya Társaság, hogy csatlakozik a Balaton szabályozását célzó kezdeményezéshez (Ligeti, 1974; Futó, et al., 2001).



4. ábra: Harmadik Katonai Felmérés (1869-1887)

Forrás: <http://mapire.eu>

Az érdekek egybeestek, hiszen a két vízszintszabályzó társulat, illetve a Balatoni Gőzhajózási Társaság is több mint tíz éve propagálta a vízszintszabályozást és az első egész évben működő kőmólóval védett kikötő kialakítását, így döntöttek a Sió-zsilip építéséről is.

1863-ban át is adták az első Sió-zsilipet. A zsilip üzemelésével ismét 1-1,5 méterrel csökkent a vízszint (Lotz, 1978; Futó, et al., 2001).

A zsilip 13,3 méter széles 7 nyílású faszerkezet volt. Minden nyílásnak kettős, egy felső és egy alsó részből álló, láncsal mozgatható rekesztő táblája volt. Teljes nyitáskor 17-18 m<sup>3</sup>/s víz folyt keresztül azonban a meder csak 8 m<sup>3</sup>/s-ot tudott elvezetni. A Sió-zsilip üzembe helyezésével megszűnt a Balaton természetes vízjárása és mesterségesen szabályozott vízállású tó lett. 1866-ban kijelölték a „0” pontot kb.104 méteren az Adriai vízszint fölött (Virág, 1997; Szlávik, et al., 2005; Szlávik, 2005).

Rendkívül aszályos majd szintén kiemelkedően esős évek következtek.

1886-ban befejezték a Zala szabályozását, ekkortól ömlik Fenékpusztánál a Balatonba és kezdi el tölteni hordalékával a Keszthelyi-medencét (Szlávik, et al., 2005).

A Zala szabályozása után két évvel megalakult a Főnyed-Marótvölgyi Lecsapoló Társulat, melynek feladata a Kis-Balaton déli mocsaras nyúlványának lecsapolása volt.

Először 1871-ben említették meg a hínár jelenlétét a Keszthely-öbölben (Simkovics, 1873), majd nem sokra rá 1889-ben már a füzéres süllőfű (*Myriophyllum spicatum*) és a hínáros békaszőlő (*Potamogeton perfoliatus*) is tömegesen jelent meg. Olyannyira komoly volt a gond, hogy Deininger Imre a Keszthelyi Mezőgazdasági Tanintézet igazgatója széleskörű értekezletet hívott össze a „Balatoni hínár kipusztítása céljából” (Füzes F. & Sági, 1966).

Magyarországon 1890-es évektől rendszeresen használtak műtrágyát melynek kijuttatott mennyisége két évtized alatt hektáronként a négyszeresére emelkedett (Schaffer, 2006).

A balatoni turizmus is az 1890-es évektől kezdett szárnyalni. Az állandó lakosság száma 1920 és 1960 között megkétszereződött, a Balaton parti villák száma a négyszeresére növekedett.

1891-ben időjárási körülményeknek köszönhetően jelentősen felduzzadt a Balaton és kezdtek tartani a Sió-zsilip összedőlésétől. Bár a zsilip megtartotta a vizet, de 1882-ben úgy döntöttek, hogy át kell építeni a szerkezetet. 1883-ban adták át a Hekler Károly tervezte új műtárgyat, amelyet a régitől 165 méterre, a Balatonhoz közelebb építettek. Ekkor a mederbe egy 2\*8 m nyílású, 50 m<sup>3</sup>/s vízáteresztésű vastáblás betonzsilipet helyeztek (Szlávik, 2005; Virág, 2005).

Az 1800-as évek végén megkezdődött a Balaton kutatása. A kor egyik legismertebb geológusa Lóczy Lajos jelentést tett a Balaton kutatás eredményeiről. Kutatásának főbb megállapításai között szerepelt, hogy a gyakori É-ÉNy-i szél okozta hullámok az iszapot a déli part felé sodorják. Így tisztul a tó. Megállapította, hogy a Balaton vízszintjét erősen befolyásolják az utánpótlást hozó folyók, patakok vízhozamai, illetve felismerte és hangsúlyozta a berkek fontosságát (Csupor, 1983).

1912-ben Rieger Antal a szombathelyi kultúrmérnöki hivatal vezetője javaslatot tett a Zala vízének szétárasztására a Kis-Balatonban, majd a feladatra tervet dolgozott ki (A Balatoni Kurír eredeti tudósítása, 1942). Annak ellenére, hogy több tanulmány is készült arról, hogy a Kis-Balaton lecsapolásának az ára nem áll arányban a lecsapolás után használható föld értékével, 1921-ben megalakul a Kis-Balaton Lecsapoló Társulat melynek igazgató-főmérnöke Castelli Árpád, elnöke Kroller Miksa zalavári apát volt. A megalakulás után egy évvel már meg volt a pénzügyi keret és megkezdődtek a munkák (Füzes F. & Sági, 1966).

A társulat szélésebb és jobb lefolyást biztosító medret kotortatott, a torkolattól körülbelül 10 km hosszan, a Zala jobb és bal partjára töltéseket építtetett, egészen Balatonhídvégig. A befolyó vizeket csatornába tereltette és töltéseket húzatott a partjaikon.

Az eredetileg egységet képező Kis-Balaton öblözetet két részre vágták a munkálatokkal. Az 1890-ben még 13,39 km<sup>2</sup> területű nyílt vízfelületről 1931-re csupán 0,68 km<sup>2</sup> maradt (Kéz, 1931; Virág, 1997).

Az 1930-as évektől egyre többen hangoztatták, hogy a Kis-Balaton lecsapolása hiba volt. Kéz Andor geológiai vizsgálatok alapján kimutatta, hogy az Alsózalavölgyi és Hídvégi-fenekpusztai (kis-balatoni) öblök pusztulása után a Keszthelyi-öböl eltűnése következik (Kéz, 1931). Elkezdtek eltűnni a halak a Balatonból (a süllők egyre csökevényesebbek) (Tölg, 1963; Csupor, 1983).

1936-ban a Földművelésügyi Minisztérium értekezletet hívott össze. Az értekezlet a Keszthelyi-öböl eliszapolódásának és elhínarosodásának kérdésével foglalkozott, valamint az értekezleten határoztak a Zala hordalékanyagának méréséről (Reischl, 1937).

Reischl Richard volt országgyűlési képviselő nyílt levelet tett közzé, melyben azt hangoztatta, hogy a Zala hordaléka nemcsak Keszthelyt fenyegeti eliszaposodással, hanem a somogyi partot is. A berényi és keresztúri partokon kezdett megjelenni a nádas (Reischl, 1937).

A feliszapolódás és a hínarak terjedése olyan méreteket öltött, hogy 1938 januárjában a Földművelésügyi Minisztérium utasította a Balatoni Kikötőfelügyelőséget, dolgozzon ki egy tervet a Keszthelyi-öböl kotrására.

Ezekben az években egyre többen foglalkoztak a iszapodás és a hínarak terjedésének okaival. Korcsmáros Iván földrajztudós „*A keszthelyi halomgerinc balatoni színlői*” című dolgozatában többek között a sajátos széljárást tekintette át és tette felelőssé az iszapodásért, valamint ő vetette fel először a szennyvizek káros hatását (Korcsmáros, 1938).

Cholnoky Jenőnek cikksorozata jelent meg az iszapodás okairól a Pesti Hírlapban, valamint publikált többek között a Balatoni Kurírban és a Balatoni Szemlében (Cholnoky, 1942; Cholnoky, 1942; Cholnoky, 1942; Cholnoky, 1944).

Reischl Richárd Kis-Balaton melléki birtokos, Keszthely volt országgyűlési képviselője foglalta először össze a Kis-Balaton vízrendezés káros hatásait (Reischl, 1942).

Tanulmányának lényege, hogy a Zala-völgy és a Kis-Balaton ármentesítési, vízszabályozási munkálatai sem a környező községek, sem a balatoni halászat, sem a madárvédelem érdekeinek nem felelnek meg. A Rieger-terv megvalósításáért szállt síkra, de ennek kiegészítését is javasolta a Zala-völgyben a Cholnoky féle „sáncolási rendszerrel”. Természetesen megjelentek a cáfolatok is. Tavy Lajos miniszteri tanácsos „*A Zalasabályozás hatása a keszthelyi öböl feliszapolódására.*” című cikkében kifejti:

Az 1937-től végzett mérési eredmények szerint, a Zala torkolati szakaszában lebegtetett iszap mennyisége köbméterenként átlagosan 50 gramm, így a Zalából mindössze évi 5000 m<sup>3</sup> iszap jutna a Keszthelyi-öbölbe abban az esetben, ha a Zala nem a medrében rakná le a fent említett iszapmennyiséget. Továbbá Tavy szerint azért sem lehet a Zala szabályozás által előidézett hordalékmozgás rovására írni a Keszthelyi-öböl eliszaposodását, mert a szabályozott Zala meder kisesésű torkolati szakaszán a Balaton mintegy 10 km-re bejátszik, tehát ezen mederszakaszon a folyó vizének alig van esése. Ennek következménye, hogy a Zala lebegtetett hordalékának nagy része el sem jut a Balatonig (Tavy, 1942)(ekkor a zalai iszap 30%-os szerves anyagot tartalmaz). Számos beszámoló és cikk jeleneik meg, ami igyekszik alátámasztani, hogy a Zala hordalékát már a medrében lerakja (Füzes F. & Sági, 1966).

Hogy mennyire komoly érdekellentétek voltak a lecsapolás mellett és ellen, szintén jól mutatja, hogy 1951-ben védetté nyilvánítanak körülbelül 1400 hektárt, amely Kis-Balaton néven kerül be a természetvédelmi törzskönyvbe és az Országos Természetvédelmi Tanács saját kezelésű területe lett. Ekkor már csupán 0,7 km<sup>2</sup> nyílt vízfelület maradt ( 5. ábra) (Futó, et al., 2001).



5. ábra: Magyarország Katonai Felmérése (1941)

Forrás: <http://mapire.eu>

Az 1950-es években a lecsapolások befejeztével a tőzeg kitermelése vált fő prioritássá, a lecsapolt területen megkezdődnek a mezőgazdasági munkák (Belák Sándor szerint, a lecsapolt területek szántóföldi művelésre alkalmasak) illetve az erdőtelepítések.

A 60-as években megkezdték 7360 kat. holdnyi területen az övcsatornák, fő- és mellékcsatornák, zsilipek, szivattyútelep, töltések építését. Ekkor összesen 28,5 km övcsatorna, 34 km töltés, 1 db 5m<sup>3</sup>/s teljesítményű szivattyútelep, 59 km belvíz főcsatorna, 135 km mellékcsatorna, 21 db mőtárgy az övcsatornákon, 46 db mőtárgy a főcsatornákon és 60 db mőtárgy a mellékcsatornákon épült (Kollár , 1970).

1965 márciusában bekövetkezett a mindmáig legnagyobb mértékű halpusztulás a Balaton, amit vélhetőleg DDT, Dielrin és az ebből keletkező Endrin okozott, majd ugyan ebben az évben egy újabb nagymértékű halpusztulás következett be, valószínűleg Aldrin-mérgezés hatására (Virág, 1997). A halpusztulások okainak elemzése nyomán – elsőként a világon – 1968-ban Magyarországon betiltják a DDT (Pethó, 2011).

1966-ban soha nem látott vízvirágzás volt a Keszthelyi- és a Szigligeti-öbölben, melyet Aphanizomenon flos-aque kékalga okozott (Hortobányi & Kárpáti , 1966; Hortobágyi & Kárpáti, 1967). A fertőzés kiterjedése meghaladhatta a 40 km<sup>2</sup>-t (Virág, 1997). A vízvirágzás okainak felderítésére mérési program indult mely alapján megállapították, hogy a tápanyagterhelés 35-40%-a a Zala vízgyűjtőjéről származott, és a Keszthelyi-öbölben halmozódott fel. A Zala foszfor és nitrogén terhelése főként szennyvizekből származott, a többi diffúz, jórészt mezőgazdasági eredetű volt (Oláh, 1975; Péntes, 1976; Szemerédi, 1985; Takács, et al., 2013).

A cél világos volt, a Keszthelyi-öböl elé kell helyezni az eutrofizációs folyamatokat.

Már 1970-ben javaslatot tesznek a Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer megépítésére. 1979-ben a Magyar Hidrológiai Társaság vándorgyűlésén a legtöbb előadó a kis-balatoni védőrendszer megépítése mellett érvel (ekkor a Kis-Balaton nyílt vízfelülete 0,1 km<sup>2</sup> (Lotz, 1978)). A végső döntésre a javaslat tételtől számítva 9 évet kellett várni.

A diffúz szennyezések visszatartásának lehetőségére a Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság 1976. nyarán kidolgozta a Kis-Balaton védőrendszer koncepciótervét (Lotz, 1983).

A terv az alsó Zala-völgy 200 évvel korábbi vízviszonyainak visszaállítását célozta (Lotz, 1983; Lotz, 1986).

A Kis-Balaton kialakítását először a 3476/1976-os kormányhatározat írta elő, de ekkor még nem állt rendelkezésre a munkák elkezdéséhez elegendő fedezet. A 2015/1979. (VII.5.) számú kormányhatározat a Balaton Vízgazdálkodási Fejlesztési Program (BVFP) részeként említi a Kis-Balaton védőrendszert. A határozat a fejlesztések során a megvalósítandó feladatok közül is első helyen a Kis-Balaton védőrendszer megépítését határozza meg.

A 2009/1983-as és a 2018/1983-as kormányhatározatok már előírják, hogy milyen ütemezéssel történjen az építés (Horváth, 1986).

1979-ben három fő oka van a vízvédelmi rendszer tervezésének, melyek a Zalán lejövő szennyeződések felfogása, tisztítása, árvízvédelmi tározóként való funkcionálás, valamint a természetvédelmi célok megvalósítása (6. ábra).

Az első ütem építése 1981-ben kezdődött, üzembe helyezése az 1984-ben megkezdett és 5 lépcsőben végrehajtott fokozatos elárasztás után 1985 nyarán fejeződött be (Szemerédi, 1985; Lotz, 1988). Az első ütemben a rendszer nyugati része épült meg. Ennek legfontosabb adatai a következők (1. táblázat) (Lotz, 1988):

1. táblázat: I-es ütem műszaki adatai

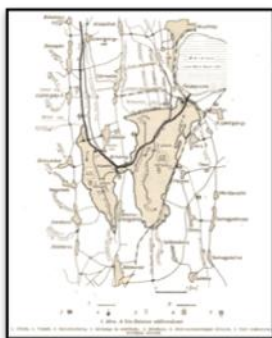
Térfogat:	20,5 millió m <sup>3</sup>
Vízfelület:	18 km <sup>2</sup>
Üzemvízszint:	106,5 m B.f. (Balaton 104,3 m)
Átlagos vízmélység:	1,1 m
Átlagos tartózkodási idő:	28 nap

Időközben a Balaton vízminőségének javítását célzó kormányprogramok (2003/1983., 2019/1986. Mth. sz.) indultak, amelyek meghatározták a millenniumig elvégzendő feladatokat. A programok célja a koncentrált eredetű szennyezések megelőzése, keletkezésük helyén való megszüntetése, a közműolló zárása és a nagyobb hatékonyságú szennyvíztisztítás.

A második ütem építése 1984-ben kezdődött és első ízben befejezését és próbaüzemének megkezdését 1987-re, majd a BerProgram módosítását követően 1992-re, 1997-re, 1999-re, majd 2003-ra is tervezték (Magyarics, et al., 1999; Lágler, 2004). A második ütem legfontosabb adatai (2. táblázat) (Lotz, 1986):

2. táblázat: II-es ütem műszaki adatai

Térfogat:	64 millió m <sup>3</sup>
Vízfelület:	51 km <sup>2</sup>
Üzemvízszint:	105,8 m B.f. (Balaton 104,3 m)
Átlagos vízmélység:	1,3 m
Átlagos tartózkodási idő:	92 nap



6. ábra: A Kis-Balaton védőrendszer (Lotz, 1988)

Első ízben 1992-ben kezdték az Ingói-Berket feltölteni (16 km<sup>2</sup>-t), hogy a Hidvégi-tóból elfolyó algában gazdag víz ezen a területen tovább tisztuljon, valamint, hogy a több száz évig pangóvízes terület átfolyásos rendszerré alakításának negatív hatásai minél hamarabb lejátszódjanak (7. ábra). A gazdasági környezet változásának hatására a Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer kivitelezése leállt, és a munkák csak a meglévő és építés alatt álló műtárgyak és egyéb létesítmények karbantartására korlátozódtak.



7. ábra: A Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer vízkormányzása (1992)

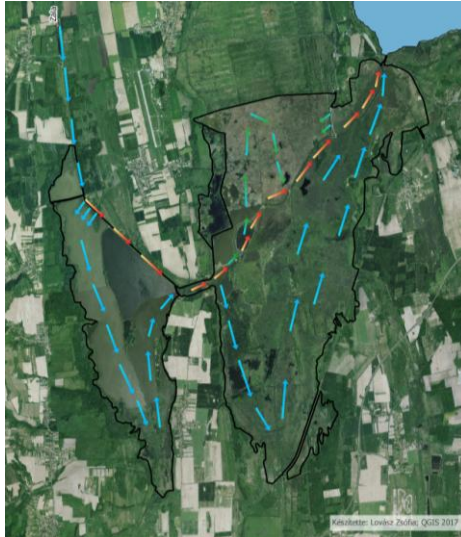
Saját szerkesztésű ábra, a Kis-Balaton Vízvédelmi rendszer II. ütem megvalósítása című ajánlati terv alapján (Pelso 2007 Konzorcium, 2009).

1995 és 2004 között szakértők vizsgálták a Vízvédelmi Rendszer és az ideiglenesen elárasztott Ingói-berek működését. A kutatók arra jutottak, hogy szükséges a Vízvédelmi Rendszer továbbfejlesztése, ugyanis a működés hatásfoka nagymértékben függött a hidrológiai eseményektől, vagyis az éves csapadék mennyiségétől. Csapadékos években a rendszer hatékony volt, kis vízhozamnál azonban negatív eredményekkel működött.

2004-ben javaslat született a Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer II. ütem megvalósítására, befejezésére. Az akkor regnáló kormány elfogadta a javaslatot és a 2317/2004 (XII. 11.) Kormányhatározatba foglalta.

A II-es ütem kialakításának fő célja egy olyan rendszer megvalósítása, amely lehetővé teszi az ökológiai-, vízminőségi- és vízmennyiségi állapotokhoz igazítható rugalmas vízkormányzást, illetve a természetvédelem 1997-ben már kezdeményezte az Ingói-berek kikerülését a normál állapotú vízkormányzásból.





8. ábra: Kis- és közepes vizek levezetése, valamint a rövidre zárás.

Saját szerkesztésű ábra, a Kis-Balaton Vízvédelmi rendszer II. ütem megvalósítása című ajánlati terv alapján (Pelso 2007 Konzorcium, 2009).

A kettes ütem főbb átalakításai közé tartozik, az Ingói lezáró töltés építése, az Ingói beeresztő zsilip beépítése, a Gurgulói bukó él megszüntetése és a Ny-i töltés megszakításai.

Továbbá kialakításra került a rövidre zárás lehetősége melynek kiemelkedő jelentősége van a nyári időszakban, amikor a Zala vízhozama rendkívül alacsony, de vízminősége jobb, mint a Hidvégi-tóé (8. ábra).

Természetesen ekkor is van lehetőség az Ingói-berek vízpótlására, valamint az Ingói-berek az Egyesített övcsatornából továbbra is kap vizet.

Jelenleg a Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer üzemeltetését a Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság és a Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóság közösen látja el. 2015-től 2020-ig érvényben lévő Üzemeltetési Szabályzat a KBVR működtetésének szabályait írja le, azért, hogy a „KBVR I. és a KBVR II. ütem létesítményei minden aktuális hidrológiai-meteorológiai szituációban tápanyag-eltávolítási és ökológiai-természetvédelmi szempontból a leghatékonyabban működjenek, a szempontrendszerek prioritásait egyeztetett módon érvényesítve, összhangban a kormányhatározatban megfogalmazott célokkal” (Öko Zrt., 2015).

## A nád ökológiai tulajdonságai



9. ábra: Phragmites australis

Forrás: <http://www.pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Phragmites+australis>

A nád növekedését, fejlődését jelentősen befolyásolja a hőmérséklet, az éghajlat, az aktuális időjárás és az élőhely jellege.

A nádas meglehetősen kevés fényt igényel, a többi nyílt területen növekvő növényhez képest. Április-májusban még átjárja a fény a nádas, de ahogy nőnek a növények úgy fogy a fény az alsóbb régiókban. Július-augusztusban a vízben álló sűrű állományoknál 60-120 cm-es magasságban az állomány felszínére eső fotoszintetikusán aktív sugárzásnak (PhAR) már csak a 15-30%-át lehet kimutatni. A nád állomány vegetációs időben a felületére eső PhAR kb. 3%-át hasznosítja, ami magas értéknek számít, a nádas társulásokban a keskenylevelű gyékény és a káka mutat hasonló értékeket (Lukács, 2009).

Ruttkay és munkatársai szerint a nád termése az optimálisabb klímájú területeken lényegesen nagyobb, mint a hűvösebb részekben. Több szerző is megemlíti a tavaszi kihajtás és a hőmérséklet szoros összefüggését (Hürlimann, 1951; Ruttkay, et al., 1964). A generatív szaporodáshoz 10 °C feletti hőmérséklet szükséges, a vegetatív szaporodáshoz minimum 6-8 °C-os vízhőmérséklet kell, hogy a rügyek, hajtások növekedésnek tudjanak indulni (Ruttkay, et al., 1964).

A víz – iszap - talaj komplexum jelentősége a legkiemelkedőbb a nádasok szempontjából. A vízben álló nádasok szempontjából a borítóvíz mozgása alapvető fontosságú. Stagnáló vízviszonyok között a nádasok lassan, kedvezőtlenül fejlődnek. Az állandó vízátfolyású területek nádasai mind minőségileg mind mennyiségileg megfelelőek. Limitáló áramlási sebességnek 1 km/óra sebesség tekinthető (Ruttkay, et al., 1964), valamint hullámozás esetén a maximális vízmozgás nem érheti el a 0,05 m s<sup>-1</sup>-ot (Boldizsár, 2007).

A kutatók többsége a borítóvíz maximális mélységeként 1,5-2,5 métert adja meg (Ruttkay, et al., 1964; Haslam, 1972; Felföldy, 1986) mint a nád élőhelyének határa, de a világ számos pontján előfordul, hogy 3-4 m-es vízmélység esetén is fennmarad a nádas (Boldizsár, 2007). Vélhetőleg a nád által tolerált maximális vízszint, élőhelyfüggő, befolyásolja a vízhőmérséklet, a vízsebesség és az átlátszóság (Nikolajevskij, 1971).

Hazánkban a legnagyobb nádhozam 75 cm-es átlagos vízmélységnél mutatkozik, az értékes nádállomány 50-150 cm vízborítású területeken alakul ki. Két méteres vízborítás esetén a nád a szükséges energia- és anyagigényét már nem tudja kielégíteni, valamint a mélyebb vízben a nád kihajtása késik, és ezzel bizonyos mértékig csökken a tenyészidő, felépítésükhöz tartalékokat használnak fel (Ruttkay, et al., 1964; Boldizsár, 2007).

A nádas ásványi táplálkozásához szükséges a borítóvíz állandó harmonikus változása. A nádas optimális vízgazdálkodásának feltétele, hogy a statikai és a dinamikai vízigénye is ki legyen elégítve. A statikus vízigényt a talaj víztartalmával illetve a borítóvíz magasságával szemben támasztja a nád, a dinamikai vízigényt a frissvíz utánpótlásban és a vízfogyasztásban jelenik meg (Ruttkay, et al., 1964; Kovács, 2015).

A nád nagy ökológiai alkalmazkodóképességű, tág tűrésű (*eurioök*) faj. A rizóma száraz talajban is több évig megőrzi életképességét (Haslam, 1972).

A talaj pH- tartománya 3,6-tól 8,6-ig terjedhet, de a nagyobb lúgosság és a nagy hidrogénkarbonát-anion arány a nádtermés szempontjából előnyösebb (Ruttkay, et al., 1964; Lukács, 2009). A nád a tápanyag legnagyobb részét a felső rizómákból elágazó horizontális gyökerekkel a talajréteg felső 0,5 méteres részéből veszi fel (Lukács, 2009).

A nádasok terméshozama az asszimilatív és lebontó folyamatok egyensúlyával, a borítóvíz lúgosságával és az összes oldott tápanyag koncentrációjával függ össze. A nád anyagfelvétele során, oxigénhiányos (*reduktív*) viszonyok között is képes tápanyagfelvételre. A levél sztómáin (légzőnyílásain) keresztül a levegő beáramlik és a különböző szervek átszellőztető alapszövetébe (*aerenchyma*) majd a gyökereken keresztül az oxigén az üledékbe diffundál, így lehetővé téve, hogy megfelelő oxigénellátású gyökérszóna alakulhasson ki (Tóth & Boros, 2007).

Hazánkban a legtöbb tóban megfigyelhető a nagymértékű feliszapolódás, aminek a következményeként tartósan reduktív viszonyok alakulnak ki, így elmarad a nád adventív gyökereinek fejlődése, amik az ásványi táplálkozás szempontjából kiemelkedő fontosságúak.

A szerves anyaggal túlterhelt termőhelyeken az iszap-felhalmozódás további gátat jelent a nád megfelelő táplálkozásához (Ruttkay , et al., 1964; Clevering, 1999).

A nádasok a termőhelyi lehetőségek szabta határokon belül fejlődésnek indulnak. A kezdeti növekedési szakaszt követően, melyre a növekvő terméshozam és a területi térfoglalás jellemző, a termőhelyi optimumot elérve a maximális szakaszba kerülnek. A nádasok állapota a fokozatos feltöltődéssel és a víz oldott tápanyag-koncentrációjának növekedésével együtt ugyancsak változik. A feltöltődés a terjeszkedés fázisában a nádas nyíltvíz felé történő előtörését eredményezi. A tavi nádas állomány szempontjából a feltöltődéssel járó medermorfológiai hatások és a borítóvíz-koncentráció változása együttesen alakítják ki a termőhely minőségét. A széles kiterjedésű nádasoknál a terjedő nádasban az evapotranszpiráció fokozódásával módosul a terület vízgazdálkodása, fokozatosan csökken a tó vízfeleslege. A parti részen a nádas szerkezete felszakadozik, gyomfajokkal elegyedik a nádas, sásosodás irányába tér el a szukcesszió. A nádas kigyérülése, felszakadozása már a hanyatlás jeleit mutatják, a nádas a hanyatló szakaszba lép át. A nádas növekvő, maximális és hanyatló fejlődési szakaszait eltérő vízgazdálkodási viszonyok jellemzik. A nádas előretörésével a benádasodott területek vízgazdálkodása romlik, mivel csökken a borítóvíz-réteg áramlása. Időbeli eloszlása kedvezőtlené válik, mivel nyáron nincs vízfelesleg ezekben a nádasokban. Ezek a körülmények fokozzák a hanyatló szakasz kialakulását, a nagy kiterjedésű nádasok leromlását.

A fentiekből egyértelműen látszik a nádas és termőhelyének kölcsönhatása, a termőhely határozza meg a nádas kiterjedését, egészségi állapotát. A nádas viszont evapotranszpirációja, a gyökérzet és a lehulló levéltömegből rendszeresen termelődő szerves anyaga, valamint egyoldalú ásványianyag-táplálkozásán keresztül visszahat termőhelyére. Ebből a sajátos kölcsönhatásból és az ezekkel járó folyamatokkal magyarázhatók a nádasok kialakulásának és hanyatlásának növekvő-maximális-hanyatló szakaszai (Ruttkay , et al., 1964; Kovács, 2015)

## **A nádasok jelentősége**

Dr. Felföldi Lajos megfogalmazásában „*a nádas a vizek partján, a feltöltő szukcesszióban szerepet játszó, a parttal párhuzamos sávban elhelyezkedő hinaras és magassásos között kialakuló növényi társulás, ami a szántóföldtől a 180-200 cm vízmélységig terjed a nyílt víz felé.*” (Felföldy, 1986)

„*Nádasoknak általában mindazokat a vizek parti zónájában elhelyezkedő társulásokat nevezünk, amelyek habitusa a nád növényre hasonlít. Az állományt dominánsan magas mocsári növények alkotják, de gyakran található egyéb pionír jellegű betelepül lágú- és fűszárú faj*” (Tóth & Boros, 2007).

A fenti megfogalmazásokból is kitűnik, hogy a nádas társulás mikro-élőhelyek sokaságát rejti magában, és ezért elengedhetetlen az élővizek ökológiai- és fajdiverzitásának megőrzésében (Zlinszky, 2013).

A nádasoknak számos szerepe és jótékony hatásuk van:

- a nádas a szárazföld és a nyílt víz között puffer zónaként, tájökölógiai léptékben folyosóként és refugium területként működik élőhelyet adva a mellette és benne élő közösségeket (Tóth & Boros, 2007; Zlinszky, 2013)
- a nádasok felfogják a hullámzást (Felföldy, 1986), így védve a partot az abráziótól (Takács, 1996; Virág, 1997; Zlinszky, 2013)
- a nádasokban a vízmozgás csupán a nyíltvíz felőli 10-30 méteres, zónát érinti (Tóth & Boros, 2007), de ott is már csökkentett mértékben, így segítve a vízben lebegő szilárd részecskék leülepedését (Entz & Sebestyén, 1942).

- Visszatartja, a szárazföld felől érkező hordalékot illetve a víz felől érkező uszadékot, emiatt a tulajdonságai miatt biofilterként funkcionál (Takács, 1996).
- a konvekcióáramlások akadályozásával gátolja a fitoplanktonok életét (Felföldy, 1986)
- a nádasok árnyékolásukkal biztosítják az alsóbb vízrétegek alacsonyabb hőmérsékletét így csökkentve az algák fotoszintetikus oxigén-termelését
- a nádasok szerves szénforrást biztosítanak a víz és az üledék baktériumflórája számára intenzív biomassza termelésükkel (Felföldy, 1986)
- a nádasok növényeinek víz alatti részein biotekton képződik, amely megkötí a part felől érkező, nitrogén, foszfor, kálium, magnézium, réz és cink elemeket, így hozzájárul a vizek öntisztulásához (Lakatos, 1989)
- a nádasok növényei táplálkozásukkal hozzájárulnak a víz tisztításához (Felföldy, 1986)
- a nádasok szűrik a partról érkező diffúz szennyeződések (Zlinszky, 2013)
- a nádasok elősegítik a talajvízkészletek feltöltődését (Zlinszky, 2013)
- ívóhely, illetve a meleg, partközeli vizekkel együtt ivadék élőhely (Takács, 1996)

### **Kis-Balaton nádasai**

A Kis-Balaton magasabbrendű növényzetének kutatása az 1970-es években kezdődött miután javaslatot tettek a Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer kialakítására. Az első vizsgálatokat a Keszthelyi Agrártudományi Egyetem Növénytani Tanszékének munkatársai kezdték meg az akkor még csak 1403 ha-os természetvédelmi területen (Szeplet, et al., 2001).

Az első vegetációtérkép amely már tartalmazta a nádasokat is 1981-ben készült. Ekkor a Kis-Balaton Természetvédelmi Területen 1324,24 ha nádas társulás (*Scirpo-Phragmitetum*) volt, ami a teljes terület 94,39%-át fedte le (Kárpáti, et al., 1983).

A Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszerrel kapcsolatos kutatómunka 1982-ben az akkor kialakítás alatt álló I-es ütemen (Hídvégi-tavon) kezdődött meg. Az első vegetáció térkép az 1982-83. évi elárasztás előtti állapotokat tükrözi. Ekkor a Hídvégi-tó területén összesen 25 ha-t borítottak nádasok, melyek főként a területet sűrűn átszövő csatornában és azok mentén központosultak. 1984-től kezdődően már rendszeresen készültek légifotók a területről melyek segítségével nyomon követték a vegetáció változásait (Pomogyi, 1990; Pomogyi, 1996; Pomogyi, et al., 1996; Szeplet, et al., 2001).

A II-es ütemről (Fenéki-tó) az első hamisszínes (CIR) légifényképek 1988-ban készültek. Ekkor a társulásokat „*társuláscsoport*” szinten határolták le és azt állapították meg, hogy 2200 ha tartozik a nádasok társuláscsoportjához ami magába foglalja a nád dominanciájú (*Scirpo-Phragmitetum phragmitetosum*) és a gyékény dominanciájú (*Scirpo-Phragmitetum typhetosum latifoliae & angustifoliae*) növénytársulásokat is (Szeplet, et al., 2001).

Az 1988-as év fotóanyagából 1999-2000-ben digitális ortofotó illetve digitális vegetáció-térkép készült, mely alapján megállapították, a II-es ütem teljes területén 1985 ha-t borítottak a *Scirpo-Phragmitetum*-hoz (gyékény dominanciájú állományok nélkül) tartozó nádasok. Területi megoszlásra bontva az Ingói-Berek területén 1013 ha-on, a külső területen 972 ha-on voltak nádasok.

1988 után négy évet kellett várni arra, hogy újabb CIR légifénykép készüljön a Kis-Balaton II-es üteméről. 1992-ben döntöttek a Ingói-Berek elárasztásáról is így ekkor erről a területről részletesebb cönológiai felmérés készült a Fenéki-tó többi területére a vegetáció térképezés finomítását 1993-tól kezdődően folyamatosan terjesztették ki, amire a minden évben elkészülő CIR légifényképek adtak lehetőséget. 1994-1995-ben a teljes II-es ütem területére elkészültek fáciens, synuzium szintig a térképek (Pomogyi, et al., 1996).

1992-ben megállapították, hogy a II-es tározó teljes területén 2288 ha tartozott a nádasok (*Phragmitetum*) társuláscsoportjához, melyből 124 ha gyékényes (*Typhetum*) társulás volt.

Ebben az évben az Ingói-berek területén 1066 ha volt a nádasok összeterülete, melyből csupán 11 ha tartozott a „gyékényes nádas” kategóriába.

1995-re rendkívül részletes vegetációtérképek készültek, így a nádas társulásokban (*Scirpo-Phragmitetum*) 36, a gyékényesekben (*Typhetum*) 13, a magassásosokban (*Magnocaricion*) 10, a fűzláp társulásokban (*Calamagrosti-Salicetum cinereae*) 2, összesen 61 nádas-gyékényes társulás alatti kategóriát különítettek el.

A 3. táblázatban a foglaltam évenként a nádas társulások ha-onkénti megoszlását (Pomogyi, et al., 1996; Szeglet, et al., 2001).

5. táblázat: Kis-Balaton területén a nádborítás mértéke

	1988 (ha)	1992 (ha)	1993 (ha)	1994 (ha)	1995 (ha)	2001 (ha)	2002 (ha)	2014 (ha)
<b>Nádasok (<i>Phragmitetum</i>) társuláscsoportja</b>	1985	2288,19	2274,38	2278,9	2231,5	2271	2053	2078,6

A 2007-ig minden évben történt légifotózás, valamint a fentiekből is kitűnik, milyen alaposan és részletesen készültek a vegetáció térképek a területre.

2007 után legközelebb 2012-ben készült a Kis-Balaton területéről légifotó és vegetációtérkép, melynek célja a II-es ütem megvalósítását megelőző alapállapot-felmérés volt. Ekkor a magasabb rendű növényzet felmérése „a Török Katalin, Botta-Dukát Zoltán és Steták Dóra által a Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer részeként kidolgozott nádas állományok monitoring protokollja alapján Bata Kinga, Varga Ildikó és Takács Gábor által átdolgozott (Bata – Varga – Takács 2010) és a Természeti Információs Rendszer részét képező központi protokoll ([TIR NBmR hinár társulások monitorozása](#)) alkalmazásával történt.” (Müller, 2014)

Az eddigi kutatások eltérő módszertana illetve számos esetben az adatok nyers volta miatt összefoglalásuk, feldolgozásuk és értékelésük jelen dolgozat keretei közé nem illeszthető be. Az azonban megállapítható, hogy a nádasok hektáronkénti aránya lényegében nem változott, viszont, azt nem lehet figyelmen kívül hagyni, hogy az állományok aránya a sásosok irányába tolódott el. Ez a folyamat önmagában még nem lenne probléma, de a napjainkba tapasztalható egyre hektikusabbá váló meteorológiai, hidrológiai viszonyokhoz a sás lényegesen nehezebben tud alkalmazkodni mind a rendkívül tág tűrésű nád.

Érdekes és fontos kérdés lehet, hogy az új vízkormányzás, bevezetése milyen hatással lesz a társulások összetételére, kiterjedésére valamint, hogy a 2014-es felmérésben megjelenő „babás nádasok” területe a továbbiakban hogyan alakul.

## A nádasok kezelésének lehetőségei

A nádasok kezelésének elsődleges és legfontosabb szempontja, hogy megőrizzük a nádas heterogenitását és biztosítsuk önfenntartó képességét (Tóth & Boros, 2007).

Amennyiben nem kezeljük a nádasokat, azok elöregszenek, majd végül összeomlik az állományuk. Számos vélemény szerint nem gond az elöregedő, pusztuló nádas, hiszen ahogy elöregszik úgy magától meg is újul az állomány. Egy ideig valóban működik ez a fajta körforgás, vélhetőleg többször meg is ismétlődik, viszont azonban az már nem ismert, hogy hányszor megy végbe a kezeletlen nádasokban a degradálódás-megújulás folyamata. Természetes körülmények között a körforgásnak határt szab a feltöltődés, az organogén szukcesszió, de a nádas kora is (Szeglet, et al., 2001).

A feltöltődés következtében a vízmélység csökken, a vízbejutó dominánsan C tartalmú szerves anyagot csak olyan baktériumok tudják lebontani, melyek az anyagcseréjükhöz legfontosabb tápelemeket az üledékből nyerik. Az üledék hasznos tápanyagtartalma leginkább

kötött és csak erős redukció hatására szabadul fel. Ebből adódik, hogy a nádas üledékében jelentős anaerob baktériumközösség található és oxigénhiányos környezet alakul ki, ami gátolja más fajok megjelenését a nádban, de egy bizonyos szint felett már a nádat is károsítja (Tóth & Boros, 2007).

A vízmélység csökkenésével fokozatosan jelennek meg, majd uralkodóvá válnak a magassásosok, később a mocsárréti- illetve a szárazföldi fajok.

A nádas társulások végső korát nehéz meghatározni. Virág, (1997) véleménye szerint a Balatoni nádasok végső kora 110-120 évre tehető, ami nem állhat távol a kis-balatoni nádasok lehetséges élettartalmától sem (Szeglet, et al., 2001).

Kéz és Borbás munkái alapján a Kis-Balaton szívében található nádasállományok kora 110-130 évre tehető, a peremterületeken található Zalavári- és Vörsei-víz környékén 70-90 évre tehető (Borbás, 1900; Kéz, 1931). Az előregedő, fizikailag legyengült nádasokban jelentősen megnő a kártevő és a korokozó nyomás (Szeglet, 1993; Varga, 2004).

A Természettudományi Múzeum Állattára több mint 100 nádhoz kötött állatfajt tárt fel (Vásárhelyi, 1995).

Szakszerű nádkezeléssel lassítani tudjuk a nád előregedését, csökkenteni tudjuk a kártevő nyomást, vissza tudjuk szorítani a fertőzéseket és így minőségi és mennyiségi javulást érhetünk el az állományban (Szeglet, et al., 2001; Varga, 2004; Tóth & Boros, 2007).

A Kis-Balaton esetében a vízborítás mértéke, ideje limitáló tényezője lehet a nádasok terjedésének.

Új genetikai állományú nád csak magról keletkezhet, viszont ha a mag vízbe érkezik, elpusztul, valamint a magból kikelt fiatal hajtások is nagyon sérülékenyek és erősen vízszint függőek, hiszen már 10 cm-es vízborítás is jelentős mortalitással jár (Tóth & Boros, 2007). Azok a nádasok, melyeket egész évben víz borít, csak vegetatívan tudnak szaporodni és így jelentősen csökken az ellenálló képességük.

A nád illetve annak egyes szervei meghatározott mennyiségű bioelemnek egy meghatározott időre (egy szervek pl. egy vegetációs időre) való megkötésére képesek, de nagyobb mértékű szennyvízterhelés esetén (nagy valószínűséggel a nitrogénterhelés) az állományok felszakadoznak, és helyüket a keskenylevelű gyékény (*Typha angustifolia*) foglalja el (Dinka, et al., 1979), amely már nem rendelkezik azokkal az elem akkumuláló képességekkel, mint a nád. Az eutrofizáció csak szűk keretek között kedvező a nádas fejlődésére (Takács, 1996).

A növekvő alga mennyisége is kiváltó oka lehet a nádasok pusztulásának, hiszen eltömítheti a rizómában és a szárban az aerenchimát és a szállítószöveteket (Armstrong & Armstrong, 1999; Armstrong & Armstrong, 2001; Engloner & Gubcsó, 2001). Az eltömített részek így nem jutnak megfelelő mennyiségű oxigénhez, így nem tudja a felvett tápanyagokat hasznosítani, ezért elpusztulnak.

2001-ben Engloner és munkatársai a kis-balatoni nádasokból vett szövettani minták elemzése során a fiatal járulékos gyökerekben találtak olyan elváltozásokat, amelyeket a nemzetközi irodalom a nádpusztulás jeleiként értékel. Javaslatukban a kutatások folytatásának fontosságára hívják fel a figyelmet (Engloner & Gubcsó, 2001).

A felszaporodó planktonikus szervezetek következtében megnövekszik a biogén mészkiválás, amely az üledék átalakulásához vezet. Az üledékre rakódó biogén mészs és iszap következtében a nád nehezebben veszi fel a szilíciumot, ami miatt kovásvonás következik be és a nádszár szilársága csökkenéséhez vezethet (Takács, 1996).

Virág 1995-ben felhívta a figyelmet, hogy ha a nád rizómái felett felhalmozódó detritusból 30-50 cm vastag rothadó szerves üledék képződik, az abban zajló mikrobiológiai folyamatok anyagcsere termékei elpusztíthatják a nád gyökérzetét (Virág, 1995), illetve a szerves törmelék felhalmozódása fizikailag gátolhatja a nád kihajtását (lyuk képződés) és autó-eutrofizációt okoz (Takács, 1996).

A II-es ütemen nádasai a 2014-es felmérés alapján 2078,6 ha-t tesznek ki melyek elhanyagolása, és ebből adódó összeomlása jelentősen befolyásolná a KBVR fizikai és kémiai tisztítási fokát.

Az aratási területeket valamint technológiákat úgy kell megválogatni, hogy a Kis-Balaton számos funkcióját betöltő nádas állományt fenn tudjunk tartani mind az I-es mind a II-es ütemen. Az I-es ütem nádas állománya olyan csekély és feldarabolt, hogy a nádkezelés és nádgazdálkodás ezen a területen értelmetlen.

A nádasok kezelésének módjait alapvetően 2 csoportra lehet osztani.

Az egyik csoportba a nádas termőhelyére, annak elemeire gyakorlunk hatást. Ebben az esetben is attól függően melyik elemre akarunk hatni, megkülönböztetünk iszaprétegre ható-, vízborítást érintő-, vízáramlást befolyásoló beavatkozásokat. A fent felsoroltakat elérhetjük például kotrással, feltöltéssel, iszapáthelyezéssel, iszapcsapdák kialakításával, vízszintszabályozással, csatornakotrással, növényzet/vízfelület arányát és elhelyezkedését módosító nádszélkotrással.

A másik csoportba a nádas állományt közvetlenül érintő módszereket soroljuk. Attól függően, hogy a nádas földalatti vagy földfeletti részét érinti a beavatkozás, megkülönböztetünk kézi-, gépi aratást, égetést, rizómák elkotrását, pótlását, telepítését.

A Kis-Balaton II-es ütemén elsődlegesen a nádas állományok degradációjának megállítása az aratott nád minőségének javulása, a vízminőség-védelmi nádgazdálkodás kialakítása kell, hogy legyen a cél.

A KBVR II-es ütem területén ahhoz, hogy a nádasok termőhelyére beavatkozásokat meg tudjuk valósítani számos kutatásra lenne szükség, többek között mederfelmérésre, iszapfrakciók, iszapvastagság, felhalmozódási pontok meghatározására. A II-es ütem átalakításával, az új vízkormányzást segítő zsilipek segítségével a természeteshez leginkább hasonló vízmozgásokat lehet elérni a területen, valamint az extrém időjárási helyzetek (hirtelen nagy mennyiségű víz, tartós szárazság) hatásait mérsékelni lehet. Ahhoz, hogy a tározó különböző területein a vízszinteket meg lehessen határozni, ne történjen túl vagy alul kompenzáció folyamatos monitoring munkára van szükség.

A nádasokat közvetlenül érintő módszerek közül a kézi-, gépi aratás és az égetés illetve a pótlás, telepítés kerülhetne szóba, viszont a kézi aratás és a telepítés nem releváns megoldások. A telepítés azért nem kerül szóba, egyrészt mert rendkívül költség igényes, másrészt mert szerencsére a nádasok kiterjedése még nem csökkent jelentősen így szerencsésebb a nádasok megújulását segítő beavatkozásokat előtérbe helyezni. A kézi aratást pedig azért nem tárgyalom részletesebben, mert jelenleg a területen dolgozó nádaratást végző vállalkozók sem találnak munkaerőt erre az amúgy rendkívül embert próbáló feladatra és bár a kézi aratás ökológiailag a lehető legjobb megoldás napjainkban nem kivitelezhető.

A területen található nádasokat közvetlenül érintő módszerek közül a jelenlegi körülmények között a gépi aratást és az égetést kell a lehető legtudatosabban alkalmazni, hogy azok esetleg károsító hatásait minimalizálni lehessen.

A szakszerűen végzett égetés jót tesz a nádas ökológiai állapotának. Az égetést követő első évben nő a nád sűrűsége, majd a következő évben jelentősen nő a víz feletti és a víz alatti biomasszája. Átgondolt és megfelelően kivitelezett égetéssel hatékonyan lehet megszabadulni az avas nádtól, a szárazulatokon az avartól és jelentősen csökkenthető a nádkártevők és kórokozók általi nyomás (Hawke & José, 1996; Szeglet, et al., 2001; Tóth & Boros, 2007). Azokon a területen ahol a nádaratás nagyon drága vagy szinte kivitelezhetetlen – fásszárúak megjelenése vagy a nádra felkúszó növények (pl. ebszőlő csucsor) miatt – a felgyülemlett biomasszát szinte teljesen el lehet távolítani (Tóth & Boros, 2007).

Viszont ahhoz, hogy az égetés káros hatásait minimalizálni lehessen az égetés elsősorban kis parcellákon (3 ha), fagyott talajon vagy megfelelő vízállás mellett jégen szabad elvégezni.

Az égetésre kijelölt területen a nádat le kell taposni és legalább 3 m széles tűzpásztát kell kialakítani (Hawke & José, 1996; Tóth & Boros, 2007).

A nád égetése jelentős mértékű füsttel jár, de károsanyag kibocsájtása nélkül ég. Az égetésből visszamaradt hamu nem tartalmaz káros vegyületeket (Tóth & Boros, 2007).

A Kis-Balatonon végzett eddigi vízkémiai vizsgálatok adatainak elemzése alapján arra lehet következtetni, hogy jelentős tápanyagterhelést sem okoz, de az égetés vízkémiai hatásainak további célzott vizsgálatára lenne szükség.

A gépi aratás előnye, hogy nagy mennyiségű nád, gyors, időtakarékos és a kézi vágásnál gazdaságosabb.

A gépi aratásnak is számos eszköze van, például az erőgépre (traktorra) szerelhető rotációs, vágókéses adapterrel felszerelt technológiai, de a Kis-Balatonon a kifejezetten nádvágásra speciálisan fejlesztett 6 kerekű Seiga típusú nádarató gép van használatban (Hawke & José, 1996; Szeplet, 1996; Varga, 2004; Tóth & Boros, 2007).

A Seiga összkerék meghajtású 6 db (vagy 8) 1300\*1400 mm-es mocsárjáró ballonkerékkel van felszerelve. Orr-részére 2 db egybeépített, hidraulikus működtetésű vágó-kötözőszerkezet (alternáló kasza), függesztett módon van felszerelve. A vágóasztal magassága állítható. A gép előrehaladás közben vágó-kötözőszerkezetével levágja és zsineggel kévébe köti a nádat, amit kézi erővel helyeznek a hátsó rakodótérbe. Ehhez az aratási módhoz legalább 4, de leginkább 5 fő szükséges. Ideális körülmények között első és másodéves nádban akár 2000 kéve/nap nád learatására is alkalmas. A nagy és széles ballonkerekek alkalmassá teszik, hogy akár 50-60 cm-es vízborítás esetén is lehessen dolgozni (Szeplet, 1996; Hawke & José, 1996; Tóth & Boros, 2007). A Kis-Balaton területén jelenleg arató 3 vállalkozó egyaránt 6 kerekű Seiga típusú gépparkkal rendelkezik, aminek sok előnye, de számos hátránya is van.

A kerekek nem megfelelő vízborítás esetén vagy elakadásnál jelentős taposási kárt tudnak okozni. A talajban lévő rizómákat felszaggathatják, feldarabolhatják, az összes kialakult hajtásrendszereket letörhetik, illetve túl alacsony tarlómagasságnál a tavaszi vízszintemelkedés miatt a szárba jutó víz befulladászhatja a nádat (Varga, 2004).

Szeplet Péter kutatási jelentésében felhívja a figyelmet arra, hogy a 6 kerekű változatökológiai szempontokból csak sás és gyékény aratására ajánlható, mert a többszáz kilogramm tömegű kaszaszerkezet frontálisan szerelve túl nagy súlyt jelent, az első tengelyeknél jelentkező terhelés többszöröse a hátsó kerekekhez képest. Az ingoványos, mocsaras a lecsapolási munkák miatti árkokkal átszótt területen a gép könnyen megsüllyedhet, elakadhat, és amíg megpróbál kijutni jelentős kártételt okoz. Szeplet 1996-ban írt kutatási jelentésében a „Seiga” cég 8 kerekű gépét ajánlja azzal a kikötéssel, hogy megrendelés esetén előzetesen az ökológiai igényeket (összsúly, súlypont elhelyezkedése, körmök méretei, stb.) részleteiben egyeztetni kell (Szeplet, 1996).

### **A jelenlegi vízkormányzás nádasokra gyakorolt hatása**

A II-es ütem átalakításával, a rövidre zárás lehetőségével alapvetően megváltozott a Fenéki-tó vízkormányzására az építkezést megelőzően rendelkezésre álló lehetőségek.

Az átalakítással az Ingó-Berek kikerült a normál vízkormányzásból, csak árvizek levezetésében, szélsőséges hidrológiai helyzetekben vesz részt a vízlevezetésben. A területről az átépítésig egy fix küszöbű bukón (Gurguló) keresztül távozott a víz, ami szinte semmilyen lehetőséget nem adott a vízszintszabályozásra.

Normál üzemállapotban az Üzemelési Szabályzat szerint a javasolt maximális vízszint áprilisban 105,20 mely nyár közepére csökken le 104,85-104,90 mBf-re a 23T felvíznél, a 24T (Ingói-beeresztőzilip) és a 25T (Gurgulói-zsilip) zárása mellett.

Az Ingói-Berek ökológiai vízigényeinek kielégítéséhez javasolt vízpótlási üzemelés szerint minden 10 m<sup>3</sup>/s Zalaapátinál mért vízhozamot elérő árhullám esetén legalább 1 hét időtartamig 1-2 m<sup>3</sup>/s vízhozam átvezetése javasolt (Öko Zrt., 2015).



Így elérhető, hogy a nádnak kielégítésre kerüljön a statikus és a dinamikus vízigénye és a lehető legtermészetesebb állapotokhoz hasonlóan alakuljanak a vízszintek.

Érdekes és figyelemre méltó volt a 2017-es év, hiszen augusztusra jóformán teljesen szárazra került a terület és a nádasok vízszint felőli oldalán és a szigeten megindult az emerz makrovegetáció fejlődése.

Napjainkban kis- és közepes vizek levezetésében a Fenéki-tó külső részei vesznek részt (Vörs-Zimányi berek), amire az átalakítás előtt csak ritkán, nagy vizek levezetése esetén került víz.

A jelenlegi helyzet nagymértékben megváltoztathatja a vegetáció összetételét és megfigyelések alapján nő a nyílt vízü területek aránya, valamint a madarak számára még kedvezőbb életfeltételek alakulnak ki.

A Vörs-Zimányi berek nádasainak szempontjából nehéz megjósolni, hogy mit jelenthet a változás. Problémákat a területen megemelkedett, viszonylag statikus vízszint, és az ebből adódó nehezebb nádkezelési feltételek okozhatnak, valamint előfordul, hogy a Kis-Balatont árvízvédelmi tározóként kell üzemeltetni, viszont ez az állapot az időszaktól függően meghiúsíthatja a tervezett nádvágást, vagy égetést.

### **Javaslat, jövőbeni tervek**

*„A KBVR I. ütem és a II. ütem létesítményei üzemeltetésének célja, hogy azok minden aktuális hidrológiai-meteorológiai szituációban tápanyag-eltávolítási és ökológiai-termesztvédelmi szempontból a leghatékonyabban működjenek” (Öko Zrt., 2015).*

A fenti cél eléréséhez elengedhetetlen a nádasok jó ökológiai állapota melynek elérése érdekében ki kell alakítani a vízminőség-védelmi nádgazdálkodás alkalmazását, hiszen a nádasoknak mind vízminőség-védelmi mind természetvédelmi szempontból kiemelkedő jelentőségűek.

Ahhoz, hogy releváns javaslatot lehessen tenni a helyes nádgazdálkodás kialakítására többek között szükség lenne mind két tározó esetében részletes medermorfológiai felmérésre, az iszapfrakciók, iszapvastagság, felhalmozódási pontok meghatározására. Mivel a felsorolt kutatások rengetek, pénzt emésztenek fel (hiszen például a II-es ütem medrének felméréséhez külön a Kis-Balatonra fejlesztett technológiára lenne szükség), megalapozott kutatási tervet kell előkészíteni és a döntéshozók elé tárni.

A kutatások elsődleges célja az új vízkormányzás hatásainak feltárása és rugalmasabb vízkormányzás adta lehetőségek megismerése kell, hogy legyen.

Ahhoz, hogy a Kis-Balaton II-es ütemén a Vörs-Zimányi berek esetében meg lehessen őrizni a makrovegetáció borításának 2012-2014-es állapotára jellemző szintjét, azon belül a nádas és a sásos dominanciájú állományok arányát, abszolút kiterjedését esetleg a nádasok területének növekedést, minőségük javulását, az Ingói-Berek emerz makrovegetációjának további visszaszorulását, felszakadozását, babásodását célzott nádasokra vonatkozó monitoringra és kutatásra van szükség.

A nádasok pusztulásához számos tényező vezethet. Pontosabb képet kell kapni arról, hogy hogyan lehetne segíteni a vízkormányzással a nád magról való felújulását, így biztosítva a nádas heterogenitását. Vizsgálni kell a rizómák elváltozásait hiszen, jól indikálják a tápanyagterhelést, valamint jól látható a gyökérzetben, ha a nád számára már káros alga mennyiség van a vízben.

Jelenleg a vízszintek téli, nyári illetve I-es, II-es és az Ingói-berek területére vannak megadva. A kisebb részterületek vízszintjeinek meghatározása pontosabb képet adhat a nádasok borító víz magasságáról (további vízmércék kihelyezésére lenne szükség) és amennyiben szükséges korábbi beavatkozásra adnának lehetőséget.

A Vörs-Zimányi berek területén kiemelkedően fontos lenne feltárni az áramlási viszonyokat, a belső területeken a vízszinteket, a víz terülésének idejét, irányát, és a lefolyási sebességet.

Az Ingói-Berek esetében az új vízkormányzás bevezetésével az északi területen pangóvízes részek alakultak ki, ráadásul ide érkezik az Egyesített-övcatorna vize is, ami a keszthelyi szennyvíztisztító tisztított szennyvizét hozza, így ezen a területen bizonyos időszakokban valamivel nagyobb a tápanyagterhelés. A fenti hatások csökkentése érdekében fontolóra kellene venni a berek friss vízzel való ellátását (hasonlóan a Fertőtóéhoz bár a Kis-Balaton esetében új csatornahálózat kialakítására lenne szükség, mert a meglévők anno a lecsapolást segítették), valamint a nyugati területein is szükség lenne vízmércék kihelyezésére.

A Fenéki-tóban különösen az Ingói-Berek, de a Vörs-Zimányi berek nádasainak is (ahol megoldható) dinamikus vízmozgásra van szüksége, ennek megfelelően tavasztól, őszig eszerint kéne meghatározni a vízszinteket, viszont télen, azokon a részeken ahol aratni vagy égetni szükséges, a Seiga számára (maximum 60 cm-es vízborítás) ideális vagy az égetéshez (megfelelő mennyiségű borítóvíz) szükséges vízszintek tartását kellene megvalósítani, hogy az esetleges kártételt a lehető legminimálisabb mértékűre lehessen csökkenteni.

Az égetés vízminőségre gyakorolt hatását viszonylag kis anyagi ráfordítással – a NYUDUVIZIG-nek saját laborja van – lehetne vizsgálni, és folyamatosan monitorozni, hogy a Kis-Balatonra vonatkozóan releváns képet kapjunk az égetés vízminőségre gyakorolt hatásáról.

A KBVR nádasaira vonatkozóan 2001-ben készült nádaratási szabályzat. Aktualizálása során figyelemmel kell lenni a megváltozott vízkormányzásra, az aktuális társadalmi és a gazdasági viszonyokra.

Mint már ismertettem a kutatásra fordítható pénzügyi keretek rendkívül szorosak, ezért az üzemeltetők – Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság és a Balaton-felvidéki Nemzeti Park – szakember gárdáját és lehetőségeit (hidrológiai adatok, meteorológiai adatok, labor, biotikai adatok stb.) kell feltárni és az ő szakértelmük és alapvető lehetőségeik segítségével, vizsgálni kellene a régebbi (elmúlt 10-15 év) adatokat, összevetve napjaink tapasztalataival, feltárva a hiányzó még kutatásra váró területeket, következtetéseket levonva az eddigi eredményekből tapasztalatokból.

Az ő munkájuk támogatásához szükség lenne egy kutatócsoport létrehozására (a kötelezően összehívandó Tanácsadó Testülettől függetlenül), amely a KBVR, mint ökológiai rendszer rendszerelmélet szerint kell, hogy vizsgálja, hogy az új vízkormányzás adta lehetőségeket a lehető legjobban megismerje és kihasználja a jó vízminőség elérése érdekében.

Számos szakember szívügye a terület, akik szabadidejüket nem kímélve segítenék a munkát, hogy ez a világon egyedülálló csodás rendszer tovább fejlődhessen és példaként szolgálhasson a jövő generációi számára, hogy sose felegyék a természet erejét.

## Irodalomjegyzék

A Balatoni Kurír eredeti tudósítása, 1942. A keszthelyi öböl iszapjának hivatalos mérése. *Balatoni Kurír*, 26 március, p. 3.

A Balatoni Kurír eredeti tudósítása, 1942. Reischl Richárd emlékirata a keszthelyi öböl megmentése érdekében. *Balatoni Kurír*, 26 február, p. 3.

A Balatoni Kurír eredeti tudósítása, 1947. Ipari életünk komoly tényezője lesz a balatoni nád. *Balatoni Kurír*, 16 október, p. 1.

- Armstrong, J. & Armstrong, W., 1999. Phragmites die-back: toxic effects of propionic, butyric and caproic acids in relation to pH. *New Phytologist*, Issue 142, pp. 201-217.
- Armstrong, J. & Armstrong, W., 2001. An overview of the effects of phytotoxins on *Phragmites australis* in relation to die-back. *Aquatic Botany*, 69(2-4), pp. 251-268.
- Bendefy, L., 1968. A Balaton vízszintjének változásai a neolitikumtól napjainkig. *Hidrológiai Közöny*, 48. évfolyam(6. szám), pp. 257-263.
- Bendefy, L. & V. Nagy, I., 1969. *A Balaton évszázados Partvonalváltozásai*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó.
- Boldizsár, A., 2007. *Párolgás és mikroklíma vizsgálatok a balatoni nádállományokban*. Keszthely: Interdiszciplináris Doktori Iskola.
- Borbás, V., 1900. A Balaton flórája. A Balaton tavának és partmellékének növényföldrajza és edényes növényzete. In: *A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei II. 2.* Budapest: Magyar Földrajzi Társaság Balaton-Bizottsága, pp. 1-432.
- Cholnoky, J., 1918. A Balaton hidrográfiája. In: *A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei*. Budapest: Magyar Földrajzi Társaság Balaton-Bizottsága, pp. 1-299.
- Cholnoky, J., 1942. A keszthelyi öböl feliszapolódása. *Balatoni Szemle*, december, I. évfolyam(6-7. szám), pp. 209-211.
- Cholnoky, J., 1942. Keszthelyt meg kell menteni. *Pesti Hírlap*, 23 január.
- Cholnoky, J., 1942. Még egy szót a keszthelyi öböl feliszapolódásáról. *Balatoni Kurir*, 24. szeptember, p. 1.
- Cholnoky, J., 1944. Keszthely megmentése. *Pesti Hírlap*, 28 január.
- Clevering, O., 1999. Vitaliteit van rietbegroeiingen. *De Levende Natuur*, 100(2), pp. 42-45.
- Csupor, T., 1983. *Kis-Balaton*. Budapest: Gondolat Könyvkiadó.
- Dinka, M., Kovács, M. & Podani, J., 1979. A balatoni nád elemtartalmának vizsgálata II. A nád elem-akkumulációja a különböző terhelésű partszakaszokon. *Botanikai Közlemények*, Issue 66, pp. 285-290.
- Dornyay, B., 1947. A Sió csatorna története. *Siófoki füzetek 2*, pp. 3-12.
- Engloner, A. & Gubcsó, G., 2001. Szövetani vizsgálatok az Ingói-Berek (Kis-Balaton Védőrendszer) nádas állományában. *Botanikai Közlemények*, 88(1-2), pp. 39-47.
- Entz, G. & Sebestyén, O., 1942. *A Balaton élete*. Budapest: Királyi Magyar Természettudományi Társulat.
- Erdélyi, M., 1963. A Balatonnak és környezetének változásai az ember tevékenysége következtében. *Hidrológiai Közöny*, 43(3), pp. 219-224.

- Fejér, L., 2001. *Vizeink krónikája*. Budapest: Vízügyi Múzeum, Levéltár és Könyvgyűjtemény .
- Felföldy, L., 1986. A tavak nádasainak vízminőségi jelentősége és jövője. *A Magyar Hidrológiai Társaság VI. Országos Vándorgyűlés*, pp. 581-589.
- Futó, E. és mtsai., 2001. *A Kis-Balaton térsége*. Veszprém: Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóság.
- Füzes F., M. & Sági, K., 1966. A Keszthelyi-öböl regressziós jelenségei. *A Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei*, 5. kötet, pp. 339-355.
- Haslam, S. M., 1972. Biological flora of the British Isles. *Journal of Ecology*, Issue 60, pp. 585-610.
- Hawke, C. & José, P., 1996. *A nádasok kezelése gazdasági és természetvédelmi szempontok szerint*. Budapest: Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület.
- Hortobágyi, T. & Kárpáti, I., 1967. Nagyméretű vízvirágzás a Balaton délnyugati részén. *Botanikai Közlemények*, október, 54(3), pp. 137-142.
- Hortobányi, T. & Kárpáti, I., 1966. Vízvirágzás a keszthelyi öbölben. *Georgikon*, 9(4), pp. 12-14.
- Horváth, J., 1986. *A Kis-Balaton védőrendszer I. üteme során elárasztott területek madárvilágának kialakulása*. Sopron: Erdészeti és Faipari Egyetem.
- Hürlimann, H., 1951. *Zur Lebensgeschichte des Schilfs an den Ufern der Schweizer Seen..* Bern: Hans Huber.
- Károlyi, Z., 1967. A Sió csatorna múltja és kialakulása. *Technikatörténeti Szemle*, 4. kötet, pp. 55-72.
- Kárpáti, I., Szeglet, P. & Kárpáti, V., 1983. Vegetationskarte des Naturschutzgebietes Kisbalaton und seine Primärproduktion. *BFB-Bericht*, Issue 47, pp. 183-196.
- Kéz, A., 1931. A balatoni medencék és a Zala-völgy. *Pótfüzetek a Természettudományi Közlönyhöz*, április-szeptember, 63. kötethez(182-183. pótfüzet), pp. 4-61.
- Kollár, F., 1970. A Kisbalaton északi öblözet lápterületének vízrendezése. *Vízügyi Közlemények*, 52(4), pp. 407-424.
- Korcsmáros, I., 1938. A Keszthelyi halomgerinc balatoni szinlői. *Földrajzi Közlemények*, 66(1-3. szám), pp. 235-252.
- Kovács, R., 2015. *Fertői nádasok és kezelésük*. Győr: Hansági Szakasz mérnökség szakértői összefoglalója.
- Lágler, J., 2004. *A Kis-Balaton Védőrendszer*. Veszprém: Veszprémi Egyetem, Biológiai Intézet.

- Lakatos, G., 1989. Composition of reed periphyton (biotecton) in the Hungarian part of lake Fertő. *BFB-Bericht*, Issue 71, pp. 125-134.
- Ligeti, L., 1974. A Balaton szabályozása. *Vízügyi Történeti Füzetek*, 7. kötet, pp. 5-89.
- Lóczy, L., 1913. *A Balaton környékének geológiai képződményei és ezeknek vidékek szerinti telepedése*. Budapest: Magyar Földrajzi Társaság Balaton-Bizottsága.
- Lotz, G., 1978. A Kis-Balaton múltja és jövője. In: *Zalai Gyűjtemény 8. - Közlemények Zala megye közgyűjteményeinek kutatásaiból*. Zalaegerszeg: Zala megyei Levéltár, pp. 159-173.
- Lotz, G., 1983. *Tájékoztató a Kis-Balaton védőrendszer I. ütemének építési munkáiról*. Szombathely: Kézirat.
- Lotz, G., 1986. A Kis-Balaton Védőrendszer. *A Magyar Hidrológiai Társaság VI. Országos Vándorgyűlése*, 1. szekció(3), pp. 350-359.
- Lotz, G., 1988. A Kis-Balaton vízvédelmi rendszer. *Hidrológiai Tájékoztató*, 2(október), pp. 20-22.
- Lukács, V., 2009. *A nád (Phragmites australis) genetikai diverzitásának vizsgálata PCR-RAPD technikával*. Budapest: A Magyar Tudományos Akadémia Balatoni Limnológiai Kutatóintézetében és a Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar Genetika és növénynevelés Tanszékén.
- Magyarics, A., Pomogyi, P. & Pék, T., 1999. A Kis-Balaton védőrendszer kialakítása, működésének eredményei. *Vízügyi Közlemények*, 81(4), pp. 615-646.
- Müller, Z., 2014. *A „Kis-Balaton vízvédelmi rendszer II. ütem megvalósítása”, KEOP által támogatott (KEOP-2.2.1/2F/09-2009-0001) projekthez kapcsolódó biomonitoring rendszer kialakítására. Biológiai minitorozás - Alapállapot felmérés. 1. melléklet a Zárójelentéshez*. Budapest: ÖKO Zrt..
- Nikolajevskij, V. G., 1971. Research into the biology of the common reed (*Phragmites communis* Trin.) in the U.S.S.R.. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*, 6(2), pp. 221-230.
- Oláh, J., 1975. Az 1975. évi halpusztulást kísérő szokatlanul nagy bakterioplankton állomány elemzése. *Halászat*, 68(3), p. 89.
- Öko Zrt., 2015. *Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer üzemeltetési szabályzat (2015-2020)*. -: -.
- Pelso 2007 Konzorcium, 2009. *Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer II. ütem megvalósítása, ajánlati terv*. -: Pelso 2007 Konzorcium.
- Pénzes, B., 1976. Vizsgálatok az 1975. évi balatoni halpusztulással kapcsolatban. *Állattani Közlemények*, 63(1-4), pp. 123-130.
- Pethő, Á., 2011. Környezetben tartósan megmaradó szerves szennyező (POP) növényvédő szerek hazai felhasználása 1950 és 2010 között. *Biokontroll*, 2(3), pp. 12-22.

- Pomogyi, P., 1990. *A Kis-Balaton védőrendszer kutatásának eddigi eredményei*. Keszthely: Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság.
- Pomogyi, P., 1996. *A Kis-Balaton Védőrendszer Fenéki-tó nádas társulásainak változásai a vegetációtérképezés eredményei alapján*. Keszthely: Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság.
- Pomogyi, P., Szeglet, P. & Csató, É., 1996. A Kis-Balaton Védőrendszer Fenéki-Tó nádas társulásainak változásai a vegetációtérképezés eredményei alapján. In: D. P. Piroska, szerk. 2. *Kis-Balaton Ankét*. Keszthely: Pannon Agrártudományi Egyetem, pp. 198-213.
- Reischl, R., 1937. A gazdáknak sem érdeke a Kisbalaton lecsapolása. *Baltoni Kurír*, 28 április, p. 3.
- Reischl, R., 1942. A Keszthelyi öböl eliszapolódásához. *Baltoni Kurír*, 1 október, p. 1.
- Reischl, R., 1942. Reflexiók dr. Cholnoky Jenőnek a Balatonvidék tájvédelme c. cikkére. *Baltoni Kurír*, 30 április, pp. 1-2.
- Ruttkay, A., Tilesch, S. & Dr. Veszprémi, B., 1964. *Nádgazdálkodás*. Budapest: Mazógazdasági Kiadó.
- Schaffer, A., 2006. *A MÁV ZRt. Árufuvarozási Üzletág szerepe és kitörési lehetőségei a magyarországi műtrágyaellátási piacon*. Budapest: Budapest Gazdasági Főiskola.
- Serlegi, G., 2014. *A Balaton vízszintváltozásának tendenciái a régészeti korszakokban, PhD értekezés tézisei*. Szeged: SZTE TTIK Földtudományok Doktori Iskola.
- Simkovics, L., 1873. Adatok Magyarhon edényes növényeihez. *Matematikai és Természettudományi Közlemények*, 11. kötet, p. 202.
- Simon, B., 2012. *A Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer fejlesztése*. Keszthely: Pannon Egyetem, Georgikon Kar.
- Sümegei, P. és mtsai., 2007. A Balaton déli partján feltárt régészeti lelőhelyek környezettörténeti feldolgozása. In: B. Károly, szerk. *Gördülő Idő, Régészeti feltárások az M7-es autópálya Somogy megyei szakaszán Zamárdi és Ordacsehi között*. Budapest: Somogy Megyei Múzeumok Igazgatósága, MTA Régészeti Intézete, pp. 241-253.
- Sümegei, P., Gulyás, S. & Jakab, G., 2008. Holocene paleoclimatic and paleohydrological changes in Lake Balaton as inferred from a complex quantitative environmental historical study of a lacustrine sequence of the Szigliget embayment. *Documenta Praehistorica*, 35(3), pp. 33-43.
- Sümegei, P., Schöll-Barna, G. & Demény, A., 2014. A Balaton vízszintváltozásainak 20 ezer éve. *Természet Világa*, február, pp. 74-78.
- Szeglet, P., 1993. Probleme der Schilferhaltung in drei Seen Neusiedler See, Velencei See, Plattensee. *BFB-Bericht*, Issue 79, pp. 53-58.

- Szeglet, P., 1996. *A KBVR II. területén a növényállomány szakszerű kezelését megalapozó kísérletes vizsgálatok*. Keszthely: Kutatási jelentés.
- Szeglet, P., Dömötörfy, Z. & Pomogyi, P., 2001. *A Kis-Balaton védőrendszer nádgazdálkodási szabályzata. Javaslat*. Keszthely: Kikelet'97 Bt..
- Szemerédi, J., 1985. A Kis-Balaton vízvédelmi rendszer tervezésének egyes kérdései. *Hidrológiai Közlöny*, 65(1), pp. 12-17.
- Szlávik, L., 2005. A Sió-vízrendszer szabályozásának és a balatoni vízpótlás gondolatának történeti áttekintése. In: *A Balaton*. Budapest: Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Kutató Intézet Kht., pp. 365-379.
- Szlávik, L., Stelczer, K. & Fejér, L., 2005. Szemelvények a Balton és vízgyűjtőjének krónikájából. In: *A Balaton*. Budapest: Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási kutató Intézet Kht., pp. 439-474.
- Takács, A. A., 1996. *A nádgazdálkodás természetvédelmi következményei a Velencei-tavi Madárrezervátum TT és a Dinnyési-Fertő TT területén*. Budapest: Budapest Természetvédelmi Igazgatóság.
- Takács, P., Turcsányi, B. & Bíró, P., 2013. Társadalmi konfliktusokat generáló ökológiai történések a Balaton életében az utóbbi néhány évtizedben - Halpusztulások. *Acta Scientiarum Socialium*, 39(3), pp. 51-56.
- Tavy, L., 1942. A Zalasabályozás hatása a keszthelyi öböl feliszapolódására. *Balatoni Kurir*, 27 augusztus, pp. 1-2.
- Tímár, G. és mtsai., 2010. A Balaton legnagyobb kiterjedésének rekonstrukciója a függőleges kéregmozgások figyelembevételével. *Földrajzi Közlöny*, 140(4), pp. 455-462.
- Tóth, R. V. & Boros, E., 2007. *Balaton nádasállomány kezeléséhez gyakorlati módszerek kidolgozása. .: ..*
- Tölg, I., 1963. A Hajdani berkek lecsapolásának hatása a Balaton mai halállományának minőségére. *Hidrológiai Közlöny*, 43. évfolyam(1. szám), pp. 77-81.
- Tullner, T. & Cserny, T., 2003. New aspects of lake-level changes: Lake Balaton, Hungary. *Acta Geologica Hungarica*, 46(2), pp. 2015-238.
- Varga, R., 2004. *A Balatoni nádasok ökológiai degradációja és pusztulása*. Keszthely: Veszprémi Egyetem - diplomadolgozat.
- Vásárhelyi, T., 1995. *A nádasok állatvilága*. Budapest: Magyar Természettudományi Múzeum.
- Virág, Á., 1995. *A balatoni és a kis-balatoni nádasok*. Budapest: OVIBER Kft..
- Virág, Á., 1997. *A Balaton múltja és jelene*. Eger: Egri Nyomda Kft..

Virág, Á., 2005. A Sárvíz, a Kapos és a Sió szabályozásának első tervei. In: *A Balaton*. Budapest: Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Kutató Intézet Kht., pp. 329-364.

Virág, Á., 2005. *A Sió és a Balaton közös története*. Budapest: Közlekedési Dokumentációs Kft..

Vizkelety, É. & Varga, E., 2012. Az Alpokalja természeti képe közlemények. *Praenorica - Folia historico-naturalia*, 12.

Zlinszky, A., 2013. *A Balatoni nádasok térképezése és védelme*. Budapest, Tihany, Bécs: Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológus doktori iskola.