

A Balaton litorális régiójának fizikai és kémiai állapota 2006-2007 között

Királykúti Ildikó¹, Stenger-Kovács Csilla¹, Kóbor István², Padisák Judit¹

¹Pannon Egyetem, Analitikai, Környezettud. és Limn. Int., Limnológia Intézeti Tanszék, 8200. Veszprém, Egyetem u. 10.

²Közép-Dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság Regionális Laboratórium, 8000. Székesfehérvár, Balatoni u. 6.

Kivonat:

2006 és 2007-ben kéthetenkénti rendszerességgel vizsgáltuk 5 északi és 5 déli parti mintavételi pontján a víz fizikai és kémiai paramétereit és összehasonlítottuk a nyílt vízre jellemző (2005. évi) értékekkel. A pH alapján a parti régió enyhén lúgosnak, a nyílt víz lúgosnak tekinthető. A vezetőképesség tekintetében a nyílt víz és parti régió is alfa-oligohalobikus típusba sorolható. A litorális régió oxidálható szerves anyag mennyisége nyugatról keletre csökkenést mutat, továbbá a parti régió oxidálható szerves anyag tartalma jóval nagyobb, mint a nyílt vízé. Hasonló összefüggést találtunk az ortofoszfát, az ÖP és a nitrát-N, nitrit-N tartalom esetén is. Szezonális változást is megfigyelhetünk a fizikai és kémiai paraméterek változásában, az ortofoszfát esetében nyári, az ÖP-nál őszi, az ammónium esetén nyári-őszi maximumot tapasztaltunk, míg a nitrát mennyisége tavasszal volt a legmagasabb. A parti régióban a vonyarcvashegyi mintavételi hely (Keszthelyi-medence) jelentősen elkülönült a többitől, melyre a nagy oxidálható szerves anyagtartalom és a szervesen kötött nitrogén jellemző.

Kulcsszavak:

Víz Keretirányelv, Balaton, litorális régió, nyílt víz, fizikai és kémiai paraméterek.

Bevezetés és célkitűzések

A Balaton vizét 1994 óta szabványban rögzített módon minősítjük. Az MSZ 12749 szabvány a következő csoportokba sorolja a vizsgálandó komponenseket: oxigénháztartás, nitrogén- és foszforháztartás, mikrobiológiai jellemzők, szerves mikroszennyezők, szerves mikroszennyezők, toxicitás, radioaktív anyagok, egyéb jellemzők (Felföldy, 1987; Dévai és mts-ai, 1992). Az elemzés célja legtöbb esetben, hogy vízminőségi kategóriát adjon meg az adott vízterületre az általunk mért adatok figyelembe vételével. Ezt a szabványt –különösképpen foghíjas biológiai vizsgálati köre miatt - sok kritika éri (Kiss és mts-ai, 2005). Új megközelítést jelentett az EU Vízi Keretirányelv (VKI; EC, 2000) bevezetése, mivel felszíni vizeink minősítésére a jelenleg kötelező érvényű MSZ 12749 szabvány nehezen alkalmazható (Szabó és mts-ai, 2003). Eszerint valójában csak önmagához, ill. az adott víztér típus jellegzetes képviselőjéhez lehetne hasonlítani minden felszíni vizet. Ezt az alapvető EU Vízi Keretirányelv figyelembe vette (Gulyás, 2001). Az EU Vízi Keretirányelvben alapvető célként tüzték ki a szárazföldi felszíni vizek, átmeneti és tengerpart menti vizek, valamint a felszín alatti vizek védelmét. Ehhez szükség van rendszeres vízminőség ellenőrzésre, amelyet egy jól körülhatárolt monitoring rendszerbe foglalva kell elvégezni, hogy a gyakori vizsgálatokkal fel lehessen deríteni a lehetséges veszélyforrásokat.

A Balaton parti régiójában kevés vízkémiai vizsgálatot végeztek (VITUKI, 2004) a nyílt vízhez képest, s a fent hivatkozott adatok is csak jegyzőkönyv formájában (pl. KÖDUVIZIG, KVF és BLKI-ban) állnak rendelkezésre.

Jelenlegi munkánkban a Balaton 5 északi, és 5 déli parti pontjának vízkémiai vizsgálatára került sor, a parti régió kémiai állapotának becslésére. Kíváncsiak voltunk, a nyílt víz és a parti régió kémiai tulajdonságainak különbségére is. A VKI előírása szerint a kémiai állapot mellett a biológiai állapot ismerete is alapvető fontosságú. A biológiai állapotbecslésre különböző élőlény-csoportokat alkalmaznak, melyek a víztest különböző részére jellemzők. A fitoplankton a nyílt víz, míg a nádról gyűjtött élőbevonat a parti régió állapotát jelzi. Felmerül a kérdés, hogy ezeknek az indikátorfajoknak ugyanolyan állapotot kell-e jelezniük adott víztestre vonatkozóan attól függően, hogy a nyílt vízben vagy a parti bevonatban élnek-e. Ez a tanulmány segít ennek a kérdésnek a megválaszolásában.

Anyag és módszer

A balatoni vízminták mintavételezése 2006. júniusától 2007. májusáig zajlott, kéthetenkénti rendszerességgel. A Balaton északi és déli partján 5-5 mintavételi helyről gyűjtöttük a mintákat (*I. táblázat*). Ezek a mintavételi helyek összefüggő nádas mellett, a nyíltvíz felőli oldalon voltak, a VKI monitorozási javaslatainak megfelelően, összhangban az élőbevonat mintavétellel (Stenger-Kovács és mts-ai, 2007).

I. táblázat: A Balaton parti régiójában található mintavételi helyek, kódjaik és GPS koordinátái.

Table 1. Sampling sites, codes and GPS coordinates in the littoral zone of the Lake Balaton.

Mintavételi hely	GPS koordináták	Mintakód
Vonyarcvashegy	46°45'16" / 17°19'00"	BÉ1
Badacsony	46°47'55" / 17°30'81"	BÉ2
Balatonzepezd	46°50'45" / 17°39'10"	BÉ3
Balatonudvari	46°54'41" / 17°48'73"	BÉ4
Csopak	46°57'96" / 17°55'68"	BÉ5
Balatonkenese	47°02'24" / 18°04'99"	BD1
Siófok	46°57'51" / 18°02'20"	BD2
Szántód Rév	46°52'72" / 17°54'14"	BD3
Fonyód	46°45'29" / 17°37'04"	BD4
Balatonkeresztúr	46°42'65" / 17°21'56"	BD5

A terepi vizsgálatok során a víz vezetőképességét LWT-01, pH-ját ExStick pH-100 mérőműszerrel mértük.

A kémiai oxigénigény (KOI_{ps}) meghatározása káliumpermanganáttal történt, savas közegben végzett oxidáció után (MSZ 12750/21-71).

A foszforformák közül az ortofoszfát-P mennyiségét szűrt vízmintából kénsavas molibdenát-reagenssel és a-szkorbinsav oldat hozzáadásával (molibdénké) spektrofotometriás módszerrel határoztuk meg 665 nm-es hullámhosszon, míg az ÖP (összes foszfor) mennyiségét homogenizált vízminta kénsav-salétromsav eleggyel való roncsolása után az előzőekkel azonos módon határoztuk meg. Mindkét esetben a mérési eredményeket az analitikai mérőgörbe segítségével értékeltük ki (MSZ 12750/17-74).

A nitrogénformák közül a nitrát-N, nitrit-N és az ammónium-N mennyiségét határoztuk meg. Mindhárom nitrogénforma mennyiségét spektrofotometriás módszerrel határoztuk meg. A NO₃⁻-N-t szalicilát-reagenssel 41 nm-en, a NO₂⁻-N-t szulfanilsav és 1-naftilamin-7-szu fonsav reagensekkel 520 nm-en, az NH₄⁺-N-t szalicilát és oxidáló-reagenssel 680 nm-en mért fényelnyelés alapján határoztuk meg (NO₃⁻: MSZ 12750-18/197 NO₂⁻: MSZ 448/12-82, NH₄⁺: MSZ ISO 7150-1992). A / oldatok abszorbanciáját 1 cm-es küvetában vakpróba

szemben JASCO V-530 típusú UV/VIS (szoftver: Spectra Manager for WINDOWS, version: 1. 12. 00) spektrofotométerrel mértük.

A nyíltvíz 2005. évi adatait a KÖDÜVIZIG bocsátotta rendelkezésünkre. Méréseiket a keszthelyi, a siófoki, a szemesi és a szigligeti medencéből vett vízmintából végezték el. A tíz mintavételi helyen kapott eredményeink értékelése SYNTAX (Podani, 2000) programcsomaggal történt.

Eredmények és értékelés

Az egyéves periódus alatt a vízminták pH-ja 6,93-8,94 között változott. A legkisebb pH értéket (6,93) Csopaknál mértük 2006. november második felében, míg a legnagyobb értéket (8,94) Balatonkenesénél mértük 2006. júniusában. Az átlag pH mintavételi helyenként 7,83-8,08 között változott (2. táblázat). Az is megfigyelhető, hogy az északi parti vízminták esetében a pH mindig kisebb, bár ez az eltérés csak tized nagyságrendű. A pH alapján megállapíthatjuk, hogy a Balaton parti régiója enyhén lúgos kémhatású, béta-limno típusúnak tekinthető (Felföldy, 1987). A nyílt vízben 2005-ben mért pH értékek ennél 6-10 %-kal nagyobbak voltak, ekkor a

nyíltvíz lúgosnak tekinthető.

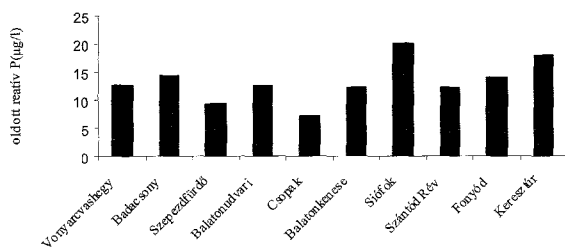
Az általunk vizsgált mintavételi helyeken az elektromos vezetőképesség minimális értéke $0,23 \text{ mS cm}^{-1}$ (Balatonkeresztúr, 2006. november), a maximális pedig $1,3 \text{ mS cm}^{-1}$ (Balatonudvari, 2006. október) volt. A mintavételi helyek átlagos vezetőképessége $0,57\text{-}0,67 \text{ mS cm}^{-1}$ között változott (2. táblázat). Az átlagos vezetőképességi adatok alapján a Balaton parti régiója alfa-oligohalobikus típusba sorolható (Felföldy, 1987; Dévai és mtsai, 1992), hasonlóan a nyílt vízhez ($0,69\text{-}0,74 \text{ mS cm}^{-1}$).

A mintavételi helyek átlagos KOI_{ps} értéke $7\text{-}12 \text{ mg l}^{-1} \text{ O}_2$ között változott (2. táblázat), ez alapján a parti régió az alfa-béta mezoszaprobikus típusba sorolható. Vonyarcvashegyen 2007. május második felében vett vízminta poliszaprobikusnak mutatkozott ($67 \text{ mg l}^{-1} \text{ O}_2$). Területi változás szerint az oxidálható szerves anyag mennyisége a nyugati medencétől (BÉ1: $12 \text{ mg l}^{-1} \text{ O}_2$) kelet felé (BD1: $7 \text{ mg l}^{-1} \text{ O}_2$) haladva csökkenést mutat, míg az időbeli változás szerint az őszi ($7 \text{ mg l}^{-1} \text{ O}_2$) időszakban mértünk kisebb értékeket. A nyíltvízben lévő oxidálható szerves anyag tartalom kisebb ($25\text{-}53 \%$ -kal, béta-mezoszaprob), mint a parti régióban.

VÍZTEST	Mintavételi hely	pH	Vezetőkép. (mS cm^{-1})	KOI (mg/l O_2)	NH_4^+N (mg/l)	NO_2N (mg/l)	NO_3N (mg/l)	PO_4^{3-}P ($\mu\text{g/l}$)	ÖP ($\mu\text{g/l}$)
Keszthelyi medence	Nyílt víz (2005)	8,44	0,69	7	0,02	0,004	0,03	<10	53
	Vonyarcvashegy(part)	7,83	0,58	12	0,03	0,201	0,57	12	35
Siófoki medence	Nyílt víz (2005)	8,58	0,74	4	0,03	0,004	0,02	<10	38
	Csopak(part)	8,04	0,61	7	0,03	0,116	0,35	<10	43
	Balatonkenese(part)	8,05	0,66	8	0,03	0,132	0,60	12	245
	Siófok(part)	8,08	0,64	8	0,06	0,162	0,54	20	108
	Nyílt víz (2005)	8,59	0,71	6	0,03	0,003	0,03	<10	44
Balatonszemesi medence	Balatonszepezd(part)	7,84	0,61	7	0,02	0,117	0,90	<10	52
	Fonyód(part)	8,04	0,58	8	0,07	0,156	0,43	14	69
	Szántód(part)	7,95	0,62	7	0,05	0,186	0,61	12	66
	Balatonudvari(part)	7,84	0,67	7	0,01	0,135	0,56	12	49
	Nyílt víz (2005)	8,57	0,70	4	0,03	0,004	0,03	<10	43
Szigligeti medence	Balatonkeresztúr(part)	7,85	0,57	9	0,03	0,132	0,49	18	402
	Badacsony(part)	8,02	0,65	8	0,02	0,186	0,54	14	54

2. táblázat: A Balaton különböző víztereinek átlagos fizikai és kémiai paraméterei
Table 2. Physical and chemical parameters in different regions (littoral and open water) of Lake Balaton.

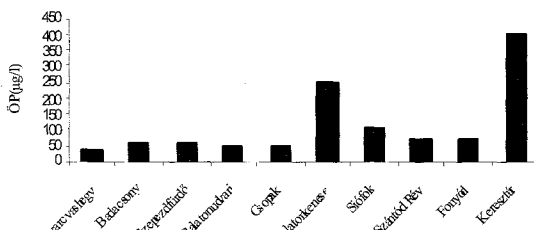
Az oldott reaktív foszfor időbeli koncentrációja $10\text{-}90 \mu\text{g l}^{-1}$ között változott, viszont Siófoknál 2006. júniusán ennél lényegesen nagyobb ortofoszfát mennyiséget mértünk ($200 \mu\text{g l}^{-1}$) (1. ábra).



1. ábra: Az oldott reaktív P koncentráció éves átlagának alakulása 2006. júniusától 2007. májusáig.

Fig. 1. Mean soluble reactive P concentrations from June 2006 to May 2007.

Az összes foszfor (ÖP) koncentrációja $10\text{-}640 \mu\text{g l}^{-1}$ között változott. Ennél nagyobb koncentráció értékeket Balatonkenesén az őszi időszakban ($3130 \mu\text{g l}^{-1}$); Keresztúron a nyári ($2930 \mu\text{g l}^{-1}$) és az őszi ($2250 \mu\text{g l}^{-1}$) időszakban mértünk (2. ábra).



2. ábra: Az ÖP koncentráció éves átlagának alakulása 2006. júniusától 2007. májusáig.

Fig. 2. Mean TP concentrations from June 2006 to May 2007

Évszakos változatosságot tapasztaltunk a P-formák esetén, az oldott reaktív foszfor a nyári ($30 \mu\text{g l}^{-1}$), az ŐP pedig az őszi ($210 \mu\text{g l}^{-1}$) időszakban mutatkozott nagyobbak. A nyílt vízben mind az oldott reaktív foszfor, amely jellemzően $10 \mu\text{g l}^{-1}$ alatt volt, mind az ŐP koncentrációja kisebb, mint a parti régióban. Ezen magas értékek elsősorban a balatonkenesei, siófoki és a balatonkeresztúri parti mintavételi helyeknek köszönhetőek, melyek csak tűrhető illetve szennyezett kategóriájúak. Látható tehát, hogy a parti régióban az ŐP mennyiségénél fogva meghatározó lehet, ami összhangban van az ŐP alapú trofitást becsülő tavi index (TDIL; *Stenger-Kovács és mts-ai, 2007*) alkalmazásával. A parti régió magas ŐP koncentrációja főként a befolyóknak köszönhető (*Jolánkai, 2000*), hiszen ezek ŐP tartalma is igen jelentős lehet ($>1000 \mu\text{g l}^{-1}$) (*Soróczki-Pintér és mtsai, 2006*), ezenkívül potenciális szennyező források lehetnek a madarak parti, partközeli fészkelő helyei is.

Az ammónium-N koncentrációja alacsony, a mintavételi helyek átlagos $\text{NH}_4^+\text{-N}$ értéke $0,01\text{-}0,07 \text{ mg l}^{-1}$ volt; éves átlagban a legnagyobb értéket Fonyódnál mértük, míg a legkisebbet Balatonudvarinál (**2. táblázat**). Évszakonként a nyári és az őszi ($0,05$ és $0,06 \text{ mg l}^{-1}$) időszakban mértünk nagyobb értékeket, de a vízminőségi határértékek (MSZ 12749) alapján mindenesetben kiváló minősítést kapott.

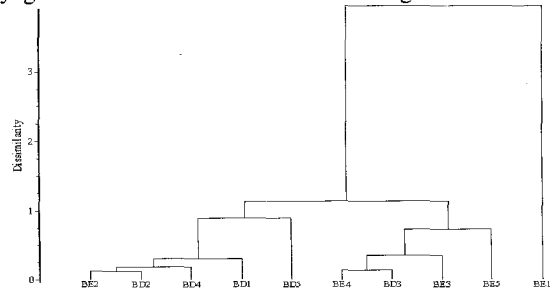
A nitrát-N átlagkoncentráció $0,35\text{-}0,90 \text{ mg l}^{-1}$ között változtak, a minimum átlag a csopak, a maximum átlag adat pedig a balatonszepezdi mintavételi helyre vonatkozik. Évszakos átlagban a tavaszi időszakban ($0,75 \text{ mg l}^{-1}$) nagyobb nitrát-N koncentrációkat tapasztaltunk, mely a térségben jellemző mezőgazdasági művelés következményének tekinthető. A Balatonba érkező befolyók vízhozamának növekedésével, több szennyezőanyag (elsősorban nitrát, *Stenger-Kovács és mts-ai, jelen kötet*) kerül a tó vizébe, de ezen mennyiségek még mindig kielégítik a kiváló vízminőség nitrátra vonatkozó követelményeit.

A nitrit-N átlagkoncentrációja $0,116$ (Badacsony) - $0,201 \text{ mg l}^{-1}$ (Vonyarcvashegy) között változott, évszakos átlagban tavasszal volt a legkisebb a nitrit-N koncentrációja ($0,128 \text{ mg l}^{-1}$). A nitrát-, nitrit- N esetén jelentős, nagyságrendbeli különbség mutatkozott a parti régióban ($0,56 \text{ mg l}^{-1}$; $0,152 \text{ mg l}^{-1}$), a nyílt vízhez ($0,03 \text{ mg l}^{-1}$; $0,004 \text{ mg l}^{-1}$) képest. Amíg a nyílt víz kiváló minőségű, addig a parti régió átlagos nitrit-N koncentrációja alapján csak a szennyezett (Vonyarcvashegynél tűrhető) kategóriába sorolható.

Elvégeztük az elektromos vezetőképesség, pH, KOI_{ps} , $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, ŐP; fizikai és kémiai paraméterek átlagadatainak cluster analízisét (**3. ábra**).

A dendrogram alapján 2 csoportot tudtunk elkülöníteni. Az első csoportra [Badacsony (BE2), Balatonkenese (BD1), Siófok (BD2), Fonyód (BD4), Balatonkeresztúr (BD5)] jellemző az oldott reaktív foszfor, ŐP és a N formák magas koncentrációja. A második csoportban [Balatonszepezd (BE3), Balatonudvari (BE4), Csopak (BE5), Szántód (BD3)] kicsi az oxidálható szerves anyag, és nagy a szervesetlen kötött nitrogéntartalom. Egyetlen egy, a Vonyarcvashegy (Keszthelyi-medence) parti régiója (BE1)

különül el a többitől, amelyben nagy az oxidálható szerves anyagartalom és a szervesetlen kötött nitrogén is.



3. ábra: A vizsgált Balaton parti régió átlagos fizikai és kémiai paramétereinek dendrogramja (Bray-Curtis)
Fig. 3. Dendrogram (Bray-Curtis) of the mean physical and chemical parameters in the littoral region of Lake Balaton

Látható tehát, hogy a parti régió belüli különbségek mellett, sok esetben jelentős eltérés mutatkozik a nyílt víz és a parti régió fizikai és kémiai tulajdonságaiban is. Az ökológiai állapotbecsléskor ezért nem lehet meglepő, ha az eltérő élőhelyű élőlénycsoportokon alapuló vízminősítés nem lesz összhangban, azaz más állapotot jeleznek biológiai indexek a nyíltvízre és más a parti régióra, melyre sokkal inkább jellemzők a lokális szennyezések.

A kutatást a BALÖKO (NKFP 3B/022/2004) támogatta.

Irodalom

- Dévai Gy., Juhász-Nagy P., és Dévai I. (1992): A vízminőség fogalomrendszerének egy átfogó koncepciója. 1-3. rész. Acta Biol. Dendr. Suppl. Oecol. Hung.
- EC Parliament and Council. (2000). Directive of the European Parliament and of the Council 2000/60/EC establishing a framework for community action in the field of water policy. *European Commission PE-CONS 3639/1/100 Rev 1, Luxembourg.*
- Felföldy L. (1987): A biológiai vízminősítés. 4. Javított és bővített kiadás. *Vízügyi Hidrobiológia* 16. VGI, Budapest. pp. 258.
- Gulyás P. (2001): A hazai vízfolyások vízminősítés célú biomonitorozó rendszerének kidolgozása az EU előírások tükrében. *Hidr.Közlöny* 81: 369-370.
- Istvánovics V., Clement A., Somlyódi L., Specziár A., G.-Tóth L., Padisák J. (2007): Updating water quality targets for shallow Lake Balaton (Hungary), recovering from eutrophication. *Hydrobiologia* 581:305-318.
- Jolánkai G. (2000): A Balaton tápanyagterhelésének mérése, mérlege, modellezése. A Balaton kutatásának 1999. é. eredménye, MTA, Bp. 108
- Kiss G., Dévai Gy., Tóthmérész B., Szabó A., Reskóné Nagy M. (2005): A vízminőségi állapot hosszú távú változásainak többváltozós elemzése a Balaton példáján. *Hidrológiai Közlöny* 85: 57-59.
- Podani J. (2000): Introduction to the exploration of multivariate biological data. *Backhuys, Leiden.*
- Soróczki-Pintér É., Királykúti I., Kovács Zs., Padisák J., Varanka I. (2006) Balatoni befolyók vízkémiai jellegének vizsgálata *Hidrológiai Közlöny* 86: 113-115.
- Stenger-Kovács C., Bíró P., Soróczki-Pintér É., Padisák J. (jelen kötet): Balaton befolyóinak ökológiai állapota a bevonatalkotó kovaalgák alapján. *Hidrológiai Közlöny.*
- Stenger-Kovács C., Buczkó, K., Hajnal, É., Padisák, J. (2007): Epiphytá litorál diatomok bioindikátorok a mélyvíz trophic status: Troph Diatom Index for Lakes (TDIL) developed in Hungary. *Hydrobiologia* 589:141-154.
- Szabó A., Dévai Gy., Kaposvári K. (2003): Összefüggések az ökológiai vízminősítés és az EU Viz Keretirányelv között a Tisza szolnoki törzshálzati szelvényének példáján, *MHT XXI. Vándorgy. elhangzott előadás.*
- VITUKI (2004): A 2000/60/EK VKI végrehajtásával kapcsolatos, a felszíni vizek minősítésével és jellemzésével összefüggő feladatok, a felszíni víztestek minőségi állapotának értékelése. Zárójelentés.

Physical and chemical parameters in the littoral region of Lake Balaton between 2006-2007

Királykúti, I., Stenger-Kovács, Cs., Kóbor, I., Padisák, J.

Abstract: The northern and southern littoral regions of Lake Balaton were investigated biweekly in 2006 and 2007. Physical and chemical parameters were measured in the littoral region and were compared to the open water (measured in 2005). The littoral region of the lake was slightly alkaline, the open water alkaline. According to the conductivity both regions were alpha-oligohalobic. The oxidisable organic material reduced from western to the eastern part of the lake furthermore this content was higher in the littoral region than in the open water. Similar correlation was found in the case of the ortho-phosphate, TP, nitrate and nitrite contents. Seasonal changes in these parameters were also registered. There was ortho-phosphate maximum in summer and TP maximum in autumn. The ammonium-ion reached a peak in summer and autumn, while the nitrate concentration was the highest in spring. In the littoral part of the lake one sampling site (Vonyarcvashegy) was separated significantly from the others due to the high oxidisable organic material and inorganic nitrogen content.

Keywords: Water Framework Directives, littoral region, open water, Lake Balaton, physical and chemical parameters.