

ADATOK A BALATON FÉNYKLÍMÁJÁNAK ISMERETÉHEZ (A VÍZ ZAVAROSSÁGÁNAK OKAIRÓL ÉS KIHATÁSAÍRÓL)

ENTZ BÉLA és E. FILLINGER MARGIT

Érkezett: 1961 március 15.

A Balatonkutatás ma előtérben álló tisztázandó kérdései: a biológiai termelés, a vízszennyeződés és a feltöltődés megismerése a Balatonban. A tó elsődleges termelése és ezáltal a tavi táplálékhálózat alakulása közvetlen függvénye a behatoló fénynek. A fény megoszlását a sekélyvízű és széljárta Balatonban döntően befolyásolja a fenékről felkavarodó üledék minősége és mennyisége. Az üledék keletkezésében viszont döntő szerep jut a növényi asszimilációnak és így közvetve a fénynek (biogén mészkiválás), valamint az elpusztult állatok és növények maradványainak (detritusz) stb.

A széltől felkavart üledékrészecskék mozgásának és ülepedésének megismerésére legalkalmasabbnak a fényvizsgálatok látszanak, a tóvíz kifejezett optikai rétegzettségének következtében. Annak, hogy a tó egész területén a fenékre a víz sekélysege következtében mégis kellő mennyiségű fény jut, a tó balneológiai viszonyai szempontjából van nagy jelentősége. Külön lehet még megemlíteni a fény fontos biológiai szerepét a balatoni szervezetek pigmentálságának kialakításában, hormonhatások kiváltásában (KONOK 1961), a balatoni hínárosok elterjedésében, a zooplankton vertikális megoszlásában stb. stb.

Mindezekből önként adódik, hogy milyen sok szempontból döntő fontosságú a tó optikai viszonyainak tüzetes megismerése, aminek előmozdítása jelen tanulmányunkban ismertetett kutatásaink célja.

A Balatonkutatás több mint félévszázados múltja során a tóban többen végeztek optikai vizsgálatokat, melyek alapján ENTZ—SEBESTYÉN (1946) megállapítják a Balaton-víz nagyfokú optikai labilitását, vagyis azt, hogy rövid időn belül vagy aránylag kis távolságon belül a víz fényáteresztő képessége igen nagy mértékben változik. Azt is helyesen állapították meg, hogy a víz zavarosságának előidézésében a vízmozgásoknak (hullámzás), áramlásnak és a fenékről felkeveredő élettelen törmelékanyagoknak van döntő szerepük (CHANDLER 1942, ANDREWS 1948). Mindezek a vizsgálatok többnyire rövid időre szorítkoztak, melyek a tó optikai viszonyait még távolról sem tárták fel a szükséges mértékben (CHOLNOKY 1900, GÄRTNER 1929, LUDÁNY ÉS PÁTER 1929, MÜLLER 1929, ULLYOTT and KNIGHT 1938).

Újabban ENTZ (1949—50), majd FELFÖLDY és KALKÓ (1958) közöltek tanulmányt a vízalatti fényviszonyokról. FELFÖLDY és KALKÓ tanulmányukban a vízalatti fényméréssel kapcsolatos mértekegységeket ismertetik. 1957 júniusától októberig végeztek nagyszámú, a fény víz alatti spektrális összetételére is kiterjedő méréseket, és azokat a növényi asszimiláció szempontjá-

ból értékelik. Ezek a vizsgálatok a nyári és koraőszi időszakokra vonatkoznak és a víz zavarosságának és a szélviszonyoknak a kapcsolatára nem terjednek ki (vö. ANDREWS 1948, CHANDLER 1942, DVIHALLY 1958, SAUBERER 1953).

Mi munkánk során — kapcsolódva az 1948—49-ben végzett vizsgálatokhoz (ENTZ 1949—50) — igyekeztünk összehasonlítani és értékelni a régebbi és új eredményeket a különböző módszerekkel végzett fénymérések alapján. Vizsgáltuk a szél hatására bekövetkező zavarosodási folyamatot a szél irányától és erősségétől függően, mélyvízben, sekély-vízben különböző mélységi szintekben a tó különböző területein, valamint az ülepedés menetét és okait. Évszakosan vizsgáltuk a víz átlátszósági viszonyait 1960 júniusától 1961 márciusáig. Részletesen tanulmányoztuk a befagyott Balaton fényviszonyait, majd a jégolvadás után bekövetkező optikai jelenségeket. Végeztünk napszakos vizsgálat-sorozatokat, melyekből a vízben elnyelődő fény mennyiségére, illetőleg a nyári és téli hónapokban a különböző vízmélységekbe jutó energia mennyiségére vontunk le következtetéseket. Összesen több mint 2500 mérési adatunk került feldolgozásra. Végül irodalmi adatok alapján összehasonlításokat végeztünk más tavak fényviszonyaival különös tekintettel a fényabszorbeió és a fényszóródás jelenségére.

Módszerek

1. Mérések SECCHI-koronggal

Ez a közismert, egyszerű tájékoztató módszer nem ad pontos adatokat a víz optikai jellemzésére. Mégis igen hasznos, mert vele nappal a napállástól csaknem függetlenül gyorsan összehasonlítható adatokat nyerünk a víz zavarosságáról és a különböző gyűjtőhelyek közti lényeges eltérésekről. Viharos időben minimális értékeket (20—40 cm) kaptunk, csendes időben 80—130 cm-re nőttek a kapott SECCHI-értékek. Hosszas szélségszél után 150—200 cm-es, télen jég alatt 200—350 cm-es SECCHI-értékeket is mértünk (ENTZ 1949—50, FELFÖLDY—KALKÓ 1958, VOLLENWEIDER 1956).

2. Fénymérés fotocellával

A víz alatti mérésekhez szelén fényelemet használtunk, melyet saját terveink alapján NÉMETH JÓZSEF intézeti mechanikus vízhatlan alumínium tokkal látott el. A mérésekhez 145 típusú Lux-mérőt használtunk. A víz feletti mérésekhez a mérőkhöz gyártott eredeti 50 000 Lux maximális fényintenzitásig használható szelén-cellát alkalmaztunk. A méréseknel a cellákat mindig vízszintes helyzetben tartottuk (SAUBERER—HÄRTEL 1959). Ha a mérhető maximális fényintenzitást akartuk megállapítani, a védőszűrővel ellátott szelén-cellát a napsugarakra merőlegesen, a Nap felé fordítottuk, felhős időben pedig a cella mozgatásával állapítottuk meg a mérhető maximális fényt. Amikor a fényintenzitás meghaladta az 50 000 Lux-ot, a védőszűrő három ablakát letakartuk, és egyenként mértük az egyes ablakok szabadba tételével a fényt. A kapott részértékeket azután összegeztük. A fotocellával megmértük a vízfényt, vagyis a vízből visszaverődő fényt úgy, hogy a fotocellát a mérőfelülettel lefelé a víztükörré helyeztük. Ezután normális helyzetben, vagyis mérőfelülettel felfelé a cellát vízbe süllyesztettük. Így sorozatos méré-

seket végeztünk közvetlenül a vízszint alatt, majd 20, 50 cm mélységben és tovább a fenék felé 50 cm-ként (vö. FELFÖLDY—KALKÓ 1958).

A felszíni értékek gyakran bizonytalanok voltak (hullámmérés, tükröződés stb., vö. FELFÖLDY—KALKÓ 1958). Ezekre, valamint az ún. „felszíni hatásra” való tekintettel (BERGER 1958, CHANDLER 1942) a kapott felszíni értékeket — különösen napsütésben — a 20 és 50 cm mélységben mért adatokkal, továbbá a transzmissziós koefficiens (T_k)* értékeinek felhasználásával korrigáltuk. A fényelemmel kapott adatok kiválóan alkalmasak optikai állandók pontos kiszámítására. A víz jellemzésére több ilyen adatot számítottunk ki ($d\%$, T_{kc} , $1/\beta_o$ — FELFÖLDY—KALKÓ nyomán — továbbá R, sp, ap, Ps, Pa, és k — WHITNEY nyomán 1938). Színszűrőkkel is végeztünk méréseket a FELFÖLDY—KALKÓ által leírt módon (1958, 312—313).

A fotocellás módszer igen használható terepvizsgálatoknál. Gyors, egyszerű, és összehasonlításra kitűnő, megbízható adatokat ad, különösen 50 cm-es és annál nagyobb vízmélységben. A felszíni és a közvetlen felszín alatti mérésekre az említett korrekciókkal szintén alkalmas. A leolvasott értékeket nem tekinthetjük abszolút Lux-értékeknek. Így a közölt Lux-értékek, noha nagyságrendileg pontosak és a fentemlített céloknak teljesen megfelelnek (vö. FELFÖLDY—KALKÓ 1958), csak különböző átszámításokkal és korrekciókkal használhatók fel abszolút értékek kiszámítására. Ez azonban általában nem volt célunk és így legtöbbször megelégedtünk a leolvasott értékekkel. Abszolút értékek kiszámítására — a fotocella kalibrációjával, külön számítások elvégzésével stb. — csak külön megjelölt esetekben törekedtünk (V. ö. SIEBECK 1960, STEINHAUSER 1939, WHITNEY 1938a).

3. Fénymérések Pulfrich-féle stufenfotométerrel

E méréseket GÄRTNER nyomán (1929) behozott vízmintákon, laboratóriumban végeztük (ENTZ 1949—50). E mérések hátránya, hogy megbízható értékeket — különösen erősen zavaros vízben — csak a gyújtést követő 1—2 órán belül kaphatunk, mert hosszabb idő alatt a szeszon olyan mértékű ülepedése következik be, amit csak a vízminta utólagos, erőteljes felrázásával lehetne ellensúlyozni. Ez viszont az eredmények igen erős, több nagyságrendet elérő torzításához vezethet, ami által azok teljesen használhatatlannokká válnak. Ez az oka GÄRTNER (1929) és ULLYOTT és KNIGHT (1938) adatai és értékelése közötti, különösen zavaros vízben mutatkozó nagyfokú eltéréseknek. *A vízminta nagyfokú megfelelő elővigyázattal történő kezelése és gyors feldolgozása, még igen zavaros vízben is megbízható, a fotocellás méréseknél is pontosabb adatokat nyújt a víz meghatározott mélységében valóban fennálló átlátszósági viszonyaira. Viszont annak megállapítására, hogy a Balatonban, különösen erősen zavaros vízben (viharban, vagy közvetlenül vihar után) 2—3 m mélységben milyen tényleges fényviszonyok uralkodnak, csak a terepen végzett fotocellás mérések megfelelőek. A tényleges fény ugyanis gyakran jóval erősebb a különböző vízmélységekben mint amennyi a zavarosság mértékéből várható. Ennek oka bizonyára a tóban felépő, gyakran igen nagyfokú fényszóródás. A fotocellás és stufenfotométer-*

* Kétféle T_k -értéket számítottunk. Az elsőt a fotocellával mért adatokból számítottuk ki. Ennek a jelzése T_{kc} . A másodikat PULFRICH-féle stufenfotométerrel (stufóval) kapott adatokból nyertük. Erre a T_{ks} megjelölést használtuk.

mérések eredményei nem azonosak, s csak igen kevés lebegő anyagot tartalmazó vízben pl. jég alatti mérések esetében hasonlíthatók össze közvetlenül.

A vízben lebegő anyagok tényleges mennyiségének és minőségének meghatározására és további feldolgozására e laboratóriumi vizsgálatok bizonyultak a legmegfelelőbbeknek.

4. Ülepítési kísérletek

A szeszton mennyiségi feldolgozása céljából 1–5 liter Balatonvízzel végeztünk ülepítési kísérleteket különböző zavarosságú vízzel. A víz letisztulása, vagyis a lebegő-részek leülepedése után (kb. egy hét elteltével) a vizet dekantáltuk, majd a leülepedett anyagot megszártuk, és súlyát szárítás után gondosan megmértük. A hosszas ülepítésre azért volt szükség, mert közvetlenül a mintavétel után a finom szeszton átszűrődik. Az ülepítéssel a lebegő anyag tömörülése következett be, és így az ülepítés után a szeszton gyakorlatilag teljes egészében leszűrhető volt. A kapott eredmények szerint igen zavaros vízben mintegy 50, a jégalatti letisztult vízben mintegy 0,5–1 mg/l lebegő anyag volt.

Vizsgálati eredmények

A Balaton vizének fényáteresztő képessége, 1960 júniusától 1961 márciusáig, különös tekintettel a szélviszonyokra (1–6. táblázat)

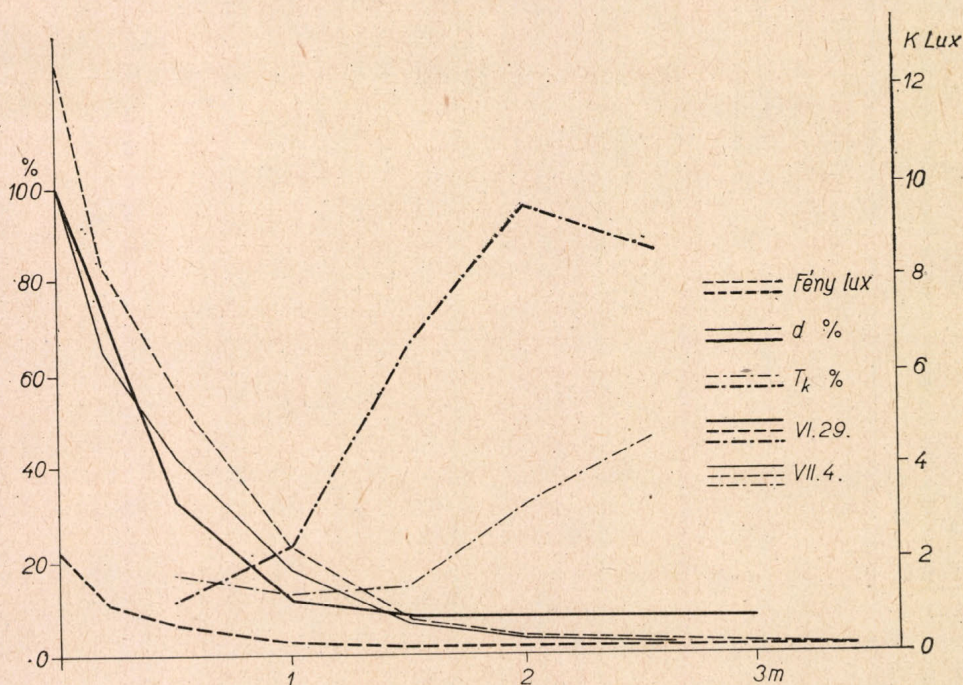
Az 1960. évben a hűvös, szeles nyár folyamán a szél erőssége Tihanyban júliusban 12, augusztusban 7, szeptember első felében pedig 4 napon elérte vagy meghaladta a 7–10 m/sec sebességet (1. ábra). A szélvihar e napokon több órás, sőt néha (pl. július 23–29 között) több napos erős hullámzást okozott. A legerősebb szelet július 4-én mértük, amikor a viharos szél erőssége a 13 m/sec-ot is meghaladta. A teljesen csendes, szélmentes napok száma nyáron igen kevés volt, és ezek is jórészt a szeles napok közt, elszórta fordultak elő. Többnapos csendes idő csupán egyszer július 29–augusztus 1-e között fordult elő (2. ábra).

Ilyen körülmények között érthető, hogy nyáron a Balaton vize feltűnően zavaros volt, és csupán az utóbb említett néhány csendes nap alatt következett be jelentősebb tisztulás. Ezzel szemben december folyamán mindössze két ízben volt tartós, komoly vihar 11–12-én és 18-án, mely a tó vizét annak teljes felületén alaposan felkavarta. Ezután ismét igen hosszú, feltűnően csendes idő következett. Komoly szélvihar egészen március 15-ig mindössze három ízben volt, mindhárom akkor, amikor a tavat jégpáncél borította. Így ez idő alatt a fenéküledék jelentős mértékben egyetlen egyszer sem keveredett fel úgy, mint június 28 és szeptember 15 között 17 alkalommal! A szeles nyár és a hosszabb csendes periódusokból álló tél más években is gyakran jellemzői a balatoni klímának (vö. ENTZ 1949–50) (b. ábra).

A fényméréseket két időszakban végeztük. Az első június 27–szeptember 13-ig tartott (1–3. táblázat), a második pedig december 1–március 10-ig (4–6. táblázat). E sorozatokkal kívántuk megismerni a Balaton fényklímájának nyári és téli jellegzetességeit. Mindkét vizsgálati időszak több szakaszra osztható, melyek egy-egy jelentős időjárási esemény köré csoport-

tosíthatók. (Pl. a tó egész víztömegét megmozgató és a fenéküledéket felkavaró viharok; télen a jégpáncél kialakulása, illetőleg pusztulása; hótakaró keletkezése a tó jegén stb.)

Nyáron a vízi fényviszonyokat a fenéküledék szél- vagy áramlás okozta felkeveredése és a felvert üledék lassú ülepedése befolyásolja. A nyári mérés-



1. ábra. Fénymérések viharos időben. — Abszcissza: Vízmélység m-ben. Ordináta: Fényintenzitás d%-ban és kLux-okban (1000 Luxokban) kifejezve.

—— és ——— Fény kLux-okban
 - - - - és - - - - d%
 és T_k%

Vastag vonalak: 1960. VI. 29; vékony vonalak: 1960. VII. 4.

d% = fény mennyisége adott mélységben a beeső fény %-ában.

T_k = 1 m-es vízoszlop fényáteresztőképessége %-ban = transzmissziós koefficiens

Abb. 1. Lichtmessung bei stürmischem Wetter. Abszisse: Wassertiefe in Metern. Ordinate: Lichtintensität in d% und kLux (1000 Lux) ausgedrückt.

—— und ——— Licht in kLux
 - - - - und - - - - d%
 und T_k%

Dicke Striche: 29. Juni 1960; dünne Striche: 4. Juli 1960; d% = Lichtmenge in gegebener Tiefen in % des einfallenden Lichtes. T_k = Lichtdurchlässigkeit einer Wassersäule von 1 m in % = Transmissionskoeffizient.

sorozat első szakasza június 27—július 3-ig tartott, középpontjában a június 29-i hatalmas viharral (10—13 m/sec szélereősség). A következő szakasz az észlelt legerősebb vihar volt, mely július 4-én tombolt (13,3 m/sec, vagyis kb. 50 km/óra szélsébség) (1. ábra). Ezután kevésbé szeles idő következett, mely egészen 20-ig tartott. E kisebb szélerejű napokon az ülepedés

1. táblázat — Tabelle 1.

Fénymérések a Balaton vizében 1960. június 27—augusztus 3 között Tihanyban a Biológiai Intézet előtt
300 m-re a parttól, nyílt vízben

Mérés ideje	Nap	Szél m/sec	m	Fény Lux	d°/o	T _k cella	T _k stufó	Vízfény	Secchi	Mélység	Gyűjtés helye Megjegyzés
VI. 27. 10 ⁰⁰	○	5,0SW	0	16 400	100	30,9			65	320	Június 24—27 között mérsékeltlen szeles napok voltak. ^o Víz hőmérséklet 24 C°.
			0,5	8 560	52,5						
			1	5 110	31,2	31,2					
			2	1 260	7,7	24,7					
			3	490	3,0	38,9					
VI. 29. 11 ⁰⁰	●	10—13N	0	2 280	100	55,1	1,25		40	320	Víz hőmérséklet 20 C°.
			0,5	740	32,5	(1,1)					
			1	260	11,4	11,4					
			2	170	7,5	65,4					
			3	150	6,6	88,2	0,9				
VI. 30. 12 ⁰⁰	●	2,4S	0	7 600	100	33,3			55	370	Víz hőmérséklet 19 C°.
			0,5	3 055	40,2						
			1	1 540	20,3	20,3					
			2	460	6,1	29,9					
			3	230	3,0	50,0					
VII. 4. 12 ⁰⁰	○	13,3NW	0	12 800	100	24,2	6,1	1710	40	340	Fokozódó vihar. Víz hőfok 18,5 C°.
			0,5	5 680	44,4	(4,9)					
			1	2 280	17,8	17,8					
			2	340	2,7	14,9					
			3	150	1,2	44,1	3,7				
VII. 11. 11 ⁴⁵	○	3,0W	0	13 850	100	26,3	11,7	1170		320	Július 12-én T _{ks} = (20,2) Víz hőfok 22,9 C°.
			0,5	8 560	61,8	(8,7)					
			1	4 510	32,6	32,6					
			2	630	4,5	12,0					
			3	230	1,7	36,5	5,6				

VII. 14. 11 ⁰⁰	○	4—5 NW	0 0,5 1 2 3	11 125 3 720 1 080 290 170	100 33,4 9,7 2,6 1,5	31,5 (6,0) 9,7 26,9 58,6	6,4 5,6	710 	40 	320 	Július 13-án erős vihar volt (7—8 m/sec szélesség). Víz hőfok 21,8 C°.
VII. 15. 11 ³⁰	○	1—1,6 SW	0 0,5 1 2 3	9 070 4 740 2 050 655 290	100 52,3 22,6 7,2 3,1	31,5 (17,7) 22,6 32,0 44,3	18,8 16,6	910 	58 	320 	
VII. 16. 10 ³⁰	○	1,7 NW	0 0,5 1 2 3	10 800 5 200 3 200 1 490 680	100 48,1 29,6 13,8 6,3	41,7 (27,7) 29,6 46,6 45,6	28,8 	1020 	78 	320 	19-én $T_{ks} = (28,1)$ 20-án $T_{ks} = (51,8)$ 22-én $T_{ks} = (5,7)$ Víz hőfok 16-án 25 C°.
VII. 25. 10 ⁰⁰	●	8,8 NW	0 0,5 1 2 3	2 400 400 90 10	100 16,7 3,8 1,3	5,6 (2,0) 3,8 7,5	3,3 1,6 1,6 1,45	230 	37 	330 	Eső. Víz hőfok 17 C°
VII. 26. 20 ⁰⁰	●	0	0 0,5 1 2 3 3,5	0 	0 	(3,9) 	4,7 4,2 4,1 3,8 2,5 4,10 ⁻⁴	 	 	370 	A többnapos vihar délután elállt.
VII. 27. 15 ³⁰	●	1,5	0 0,5 1 2 3	 	 	(4,6) 	6,3 4,9 4,4 4,1 3,3	 	50 	320 	Víz hőfok 18 C°.
VII. 28. 12 ⁰⁰	●	1,4	0 0,5 1 2 3	5 070 2 690 1 290 272 30	100 53,1 25,4 5,4 0,6	22,2 (7,6) 25,4 21,1 11,0	9,3 8,5 8,4 4,2	540 	55 	350 	A több óra óta tükörsíma víz felszíne habos lesz a gyűjtő csónak nyomában. Víz hőfok 20 C°.

2. táblázat — Tabelle 2.

Horizontális fénymérések a Balatonon 1960. augusztus 4-én Tihanytól a Zalatorokig

Mérés ideje	Nap	Szél m/sec	m	Fény Lux	d%	T _k cella	T _k stufó	Vízfény	Secchi	Mélység	Gyűjtés helye Megjegyzés
VIII. 4. 8 ⁴⁰	○	2 S	0	9 260	100		4,6	1 830	38	400	Balatonföldvár és Örvényes között tóközép. (Szemes—Zánka 5,6) (Edericsi-öböl 9,7) (Keszthelyi-öböl 9,2)
			0,5	5 440	58,7	(4,6)					
			1	2 170	23,4	23,4	6,3				
			2	230	2,5	10,6	5,4				
			3	30	0,3	6,6	2,2				
VIII. 4. 11 ³⁰	○	3,3 S	0	8 880	100	7,2	2,85	1 370	40	225	Ábrahámhegyi strand előtt.
			0,5	2 100	24,1	(2,55)					
			1	740	8,3	8,3	2,3				
			2	30	0,3	4,1	0,5				
			3	0							
VIII. 4. 12 ⁰⁰	○	3 S	0	9 840	100		6,3	800	42	330	Ábrahámhegy és Szabadság-telep között tóközép.
			0,5	3 310	33,6	(5,2)					
			1	1 290	13,1	13,1					
			2	135	1,4	10,5	5,8				
			3	0			3,5				
VIII. 4. 12 ³⁰	○	3 S	0	8 880	100	19,9	12,9	1 000	44	110	Szabadság-telep partközeli.
			0,5	3 910	44,0	(12,55)					
			1	1 770	19,9	19,9	12,2				
VIII. 4. 17 ²⁰	○	0	0	3 000	100	18,0	15,3	176			Zalatorok közelében nyíltvíz.
			0,5	1 540	51,3	(15,3)					
			1	540	18,0	18,0					
			0			(24,8)	24,8				
			0			(35,5)	35,5				
											Zalatorok hínármentes hely. Zalatorok hínáros.

3. táblázat — Tabelle 3.

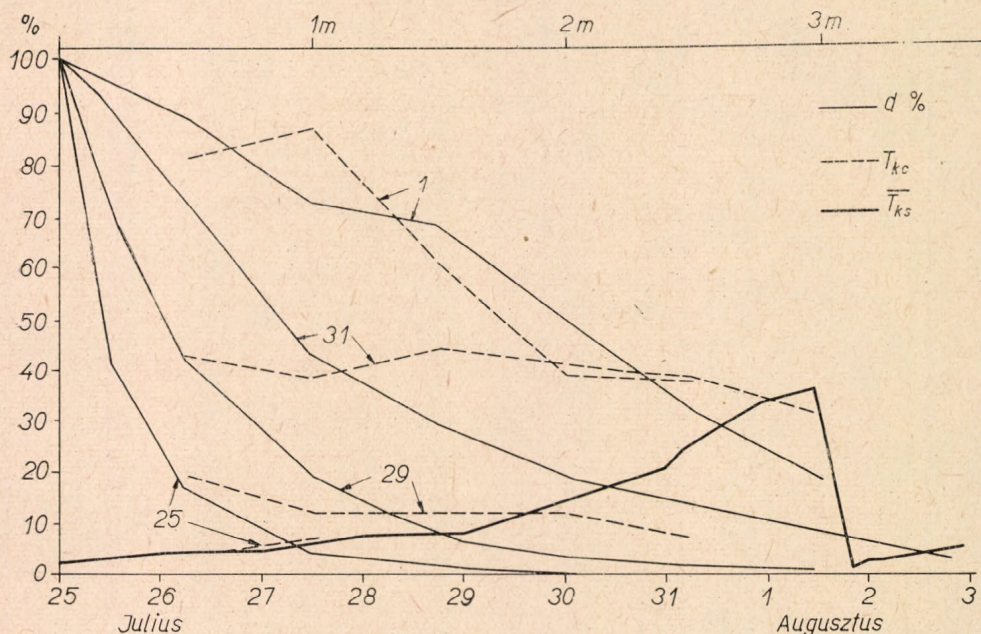
Fénymérések egy csendes nyári napon, 1960. szeptember 12-én az intézet előtt 300 m távolságban a nyílt vizen

58

Mérés ideje	Nap	Szél m/sec	m	Fény Lux	d%	T _k cella	T _k stufó	Vízfény	Secchi	Mélység	Gyűjtés helye Megjegyzés
IX. 12. 8 ⁰⁰	○	0	0	6 150	100	34,5	36,3	1 140	80	320	Szeptember 8-án erős vihar. 9—10 és 11-én csendes idő. Víz hőfok 17 C°.
			0,5	4 000	65,0	(30,9)					
			1	2 630	42,8	42,8	34,2				
			2	970	15,8	36,9	32,0				
			3	230	3,7	23,7	23,1				
IX. 12. 10 ⁰⁰	○	2E	0	8 560	100	35,0	33,5	800	83	320	
			0,5	4 570	53,4	(29,3)	29,5				
			1	2 885	33,7	33,7	29,5				
			2	1 020	11,9	35,4	27,8				
			3	290	3,4	28,4	26,3				
IX. 12. 12 ⁰⁰	○	0,1 E	0	7 920	100	31,5	38,9	570	85	320	
			0,5	4 170	52,7	(31,3)	33,1				
			1	2 570	32,4	32,4	29,8				
			2	800	10,1	31,1	29,5				
			3	170	2,1	21,3	25,0				
IX. 12. 14 ⁰⁰	○	0	0	5 500	100	35,7	42,1	540	85	330	Víz hőfok 21 C°.
			0,5	3 325	58,6	(32,7)	36,3				
			1	2 580	46,9	46,9	29,8				
			2	770	14,0	29,8	28,8				
			3	200	3,6	26,0	26,3				
IX. 12. 16 ⁰⁰	○	0	0	3 100	100	30,4	40,2	200	85	330	
			0,5	1 660	53,5	(33,4)	37,1				
			1	880	28,4	28,4	34,2				
			2	290	9,4	33,0	32,0				
			3	10	0,3	?	23,4				
IX. 12. 18 ⁰⁰	○	2S	0			(34,4)	37,5	0	65		Szürkület.
			1				35,5				

menetét a szél döntően nem befolyásolta. Július 21 és 26 között igen heves és több napig tartó, erős lehűlést kiváltó vihar dühöngött. Ezt követően néhány napig csendes, sőt jórészt teljesen szélmentes idő volt, mely a tóvíz fokozatos és jelentős letisztulásához és felmelegedéséhez vezetett (2. ábra).

Az ábrából világosan kitűnik, hogy helyes számos szerző (CHOLNOKY 1900, ENTZ 1949–50, FELFÖLDY—KALKÓ 1958, GÄRTNER 1928, LUDÁNY—PÁTER 1928 és ULLYOTT—KNIGHT 1938) megállapítása, hogy a Balaton vizé-



2. ábra. A Balaton-víz letisztulása tartós vihar után. — Abszcissa: VII. 25–VIII. 3.; vízmélység m-ben. Ordináta: %. 25 = VII. 25; 29 = VII. 29; 31 = VII. 31; 1 = VIII. 1. T_{kc} = Fényelemmel meghatározott transzmissziós koefficiens. T_{ks} = Stufóval meghatározott transzmissziós koefficiens. \bar{T}_{ks} = Előbbi értékek átlaga

Abb. 2. Abklärung des Balatonwassers nach anhaltenden Sturm. Abszisse: 25. Juli–3. August; Wassertiefe in m. Ordinate: d%. 25 = Juli 25; 29 = 29. Juli; 31 = 31. Juli; 1 = 1. August.

T_{kc} = mittels Lichtelement bestimmter Transmissionskoeffizient

T_{ks} = mittels Stufenphotometer bestimmter Transmissionskoeffizient

\bar{T}_{ks} = Durchschnitt obiger Werte.

nek zavarosságát döntő mértékben a fenéküledék felkavarodása, ez utóbbit pedig a szél által kiváltott hullámozgás idézi elő.

Viszont ULLYOTT és KNIGHT ama megállapítása, miszerint legalább 4–5 m/sec-os szélsébségre van szükség, hogy olyan hullámmozgás alakuljon ki tavunkon, ami a fenéküledéket felveri (1938, 255), csak azzal a módosítással fogadható el, hogy ebben az esetben következik be — tartós szél esetén — a tó vizének gyors és jelentős felkeveredése, ami a víz színének gyors megváltozását is maga után vonja.

Általában a szél erőssége, tartóssága és a víz zavarossága között egyenes összefüggés állapítható meg. Már kisebb szél erő mellett is bekövetkezik a tó

4. táblázat — Tabelle 4.

Horizontális fénymérések a Balaton északi medencéjében egy erős nyugati szélbetörés alkalmával

Mérés ideje	Nap	Szél m/sec	m	Fény Lux	d%	T _k cella	T _k stufó	Vízfény	Secchi	Mélység	Gyűjtés helye Megjegyzés
XII. 1. 10 ¹⁵	○	2,2—2,7 S	0	6 000	100	32,4	17,6	980	70	370	November 29-én vihar, 30-án pedig szélszend volt.
			0,5	3 600	60	(16,0)	14,4				
			1	2 160	36	36	14,1				
			2	660	11	30,1	14,0				
			3	210	3,5	31,8					
XII. 5. 11 ⁰⁰	○	4,9 W	0	5 880	100	50,9		910	120	380	Parkszálló előtt „tiszta” vízben. Víz hőfok 6,2 C°.
			0,5	4 400	74,8	(31,6)					
			1	3 370	57,3	57,3	32,7				
			2	1 710	29,0	50,7					
			3	820	13,9	48,0	30,5				
XII. 5. 11 ³⁰	○	5 W	0	5 400	100	36,7	12,8	1 050	70	350	Az előbbi gyűjtőhelytől 500 m-re Zamárdi felé láthatóan zavaros vízben. Zavarosság kezdetétől 50 m-re.
			0,5	3 310	61,3	(13,6)					
			1	2 170	40,2	40,2	13,9				
			2	430	8,0	19,8	13,5				
			3	176	3,3	40,9	14,1				
XII. 5. 11 ⁴⁵	○	5,6 W	0	7 600	100	25,3	13,2	1 230	55	350	Tihany—Zamárdi között középen. Erősen zavaros vízben.
			0,5	3 830	50,3	(13,6)					
			1	1 710	22,5	22,5	13,6				
			2	400	5,3	23,4	14,1				
			3	120	1,6	30,0	13,5				
XII. 5. 12 ⁰⁰	○	4,5 W	0	5 300	100	29,7		970	60	380	Zamárdi előtt, a parttól 600 m -re Zavaros víz.
			0,5	2 970	56,0	(10,7)					
			1	1 630	30,8	30,8	10,7				
			2	540	10,2	33,1					
			3	126	2,4	23,3	10,7				
XII. 5. 12 ¹⁵	○	5 W	0	5 000	100	42,1		460	115	400	Zamárdi előtt a padka szélén mély, tiszta vízben.
			0,5	3 370	67,4	(27,1)					
			1	2 110	42,2	42,2	27,2				
			2	710	14,2	40,0					
			3	380	8,0	44,0	26,9				

XII. 5. 12 ³⁰	○	4 W	0	4 950	100	25,7	12,2	770	65	100	Parttól 200 m-re sekély zavaros vízben
			0,5	2 460	49,6	(12,2)	12,2				
			1	1 270	25,7	25,7	12,2				
XII. 5. 14 ⁰⁰	○	5,5 SN	0	3 060	100	3,7		370	40	300	Alsóörs előtt parttól 400 m-re sekély zavaros vízben.
			0,5	1 020	33,3						
			1	200	6,5	6,5					
			2	10	0,3						
XII. 5. 14 ¹⁵	○	6 SW	0	2 560	100			570	20	200	Nádas előtt sekély, igen zavaros vízben.
			0,5	30	1,2	0,014					

Táblázat magyarázatok 1—6 táblázatokhoz

Nap = borultság mértéke: ○ = teljes napfény; ☉ = változó felhőzet; ● = borult idő;

⊙ = köd; m = mérés mélysége m-ben

d % = a különböző mélységekbe a vízbe lehatoló fény a beeső fény %-ában kifejezve

T_{kcella} = transzmissziós koefficiens fényelemmel meghatározva

T_{kstufe} = transzmissziós koefficiens stufóval meghatározva

Vízf. = a vízből visszaverődő (kisugárzó) fény intenzitása Lux-ban

Secchi = Secchi-koronggal mért átlátszóság cm-ben

Mélység = víz mélysége a vizsgált helyen

Erklärung der Tabellen 1—6 (Siehe noch im Text S. 89)

Nap: Maß der Bewölkung; ○ = Sonnenschein; ☉ = wächselnde Bewölkung; ● = bedeckt; ⊙ = Nebel

m = Tiefe der Messung in m

d % = Licht (Strahlung) in verschiedenen Wassertiefen, in % des einfallenden Lichtes ausgedrückt.

T_{kcella} = Transmissionskoeffizient mittels Photozelle bestimmt,

T_{kstufe} = Transmissionskoeffizient bestimmt mit Pulfrich Stufenphotometer,

Vízf. = Intensität des Unterlichtes in Lux

Secchi = Durchsichtigkeit in cm, bestimmt mit Secchi-Scheibe

Mélység = Wassertiefe der untersuchten Stelle,

5. táblázat — Tabelle 5
Fénymérések két téli vihar után

Mérés helye	Nap	Szél m/sec	m	Fény	d%	T _k cella	T _k stufó	Vízfény	Secchi	Mélység	Gyűjtés helye Megjegyzés
XII. 14. 16 ⁰⁰	☉	0	0,5 1 2			(0,55)	0,5 0,5 0,7		35		December 11—12-én erős vihar volt. Köd. Vízhőfok 4,5 C°.
XII. 15. 11 ³⁰	☉	0	0 0,5 1 2 3	3 540 1 200 400 60 12	100 33,9 11,3 1,7 0,3	15,6 (1,9)	2,3 1,8 1,8 1,8	490	45	340	Köd. Vízhőfok 4 C°.
XII. 16. 11 ⁰⁰	☉	0	0 0,5 1 2 3	4 340 1 370 490 60 0,6	100 31,6 11,3 1,4 0,1	11,2 (2,5)	3,4 2,9 12,2 1,1	340	50	320	Erős köd.
XII. 17. 12 ⁰⁰	☉	0	0 0,5 1 2 3	3 140 1 170 460 60	100 37,2 14,6 1,9	13,8 (4,1)	3,9 4,1 4,3 1,4	260	45	320	Napok óta tartó teljes szélcsend és állandó köd.
XII. 19. 11 ³⁰	☉	0	0 0,5 1 2 3	8 900 2 800 850 30 0	100 31,5 9,6 0,3 0	6,7 (0,8)	1,1 0,9 0,2 0,3	1 600	30	320	18-án erős vihar. Ködön átsütő napfény.
XII. 20. 10 ³⁰	☉	2,5 S	0 0,5 1 2 3	11 100 4 510 1 660 200 12	100 40,6 15,0 1,8 0,1	12,8 (0,62)	0,8 0,7 11,0 0,55 0,50	2 800	38	320	Vízhőfok 6,5 C°.
XII. 21. 11 ⁰⁰	☉	3,0 SW	0 0,5 1 2 3	11 500 6 900 2 570 290 12	100 60,0 22,3 2,5 0,1	13,8 (5,02)	5,7 4,5 11,3 4,1	2 800			

vízének bizonyos zavarosodása, ha a szélhatás hosszabb időn keresztül érvényesül. Így pl. tavasszal a jég olvadása után egészen enyhe szelek hatására is egyre fokozódik a víz zavarossága (5. és 6. ábra). Viszont 5–6 m/sec sebességű szélrohamok sem idéznek elő komoly zavarosságot a vízben, ha a szél lökésszerű, vagy csak rövid ideig tart. A felkavarodás mértéke 7–9 m/sec szélerősség mellett (az 1960. évi nyári ÉNy-i viharos szelek jórészt ilyenek voltak) már rövid idő alatt (1/2–1 óra) tetemes lehet.

Minthogy e szelek rendszeresen több órán, sőt néha több napon át tomboltak (pl. 1960 július 21–26 között), hatásukra rendkívül erős vízzavarosság lépett fel. A zavarosságot a fenékről felkavart iszap mennyisége mellett az is fokozta, hogy a felkavart iszap-részecskék a tartós, erős hullámmozgás hatására felaprózódtak, ami megsokszorozta a lebegő részecskék számát. Ilyen hatást kiváltó erős vihar után (pl. július 4, július 22–25, december 11–13, december 18 stb.) az ülepedés — mely egyúttal iszappelyhek keletkezésével jár — lassan halad, még teljesen szélcsendes időben is (pl. december 14–17, 6. táblázat).

Egy hirtelen jött és gyorsan le is zajló vihar fenekestől felforgatja ugyan a Balaton vizét, viszont a zavaros víz lebegő részei a vihar elültével gyorsan le is ülepednek. (Pl. december 5-én déli szél keverte fel a tó vizét, de a látható zavarosságnak másnapra szinte nyoma sem volt (4. táblázat).

Maga az ülepedés érthetően csendes időben, teljesen nyugodt vízben a leggyorsabb és ezért a legnagyobb átlátszósági értékeket hígvizen (jégmentes vízfelületen) többnapos teljes szélcsend után és természetesen főképpen télen a jég alatt észlelhetjük. Az a régebbi feltevés, hogy nyáron a lebegő részek lassúbb ülepedése késlelteti a tóvíz letisztulását, nem valószínű, hiszen pl. 1960 július 30—augusztus 2 között elég gyors volt az ülepedés (2. ábra, 1. táblázat). Nyáron a nyílt vízben lejátszódó intenzívebb asszimiláció révén kiváló újabb és újabb lebegő mérszemesék, továbbá a csaknem nap-mint-nap fellépő kisebb-nagyobb hullámozgás egyrészt gátolja a tóvíz ülepedését, másrészt újabb és újabb kisebb-nagyobb zavarosodást idéz elő. Több napig tartó teljes szélcsend csak az őszi és a téli hónapokban fordul elő.

A Balaton nagy részére kiterjedő szélvihar a tó vízének elég egyenletes zavarosságát idézi elő. Így pl. az augusztus 2-i erős szél alaposan felkorbácsolta a vizet Keszthelytől—Keneséig. A vihar után augusztus 4-én Tihany és Keszthely között horizontálisan végeztünk fényméréseket. Ezek azt mutatták, hogy a felkavarodás, majd a bekövetkezett ülepedés a tó déli medencéjében csaknem teljesen egyenletes volt (2. táblázat, 3. ábra). A szél iránya is befolyásolja a zavarosság mértékét, különösen a partközeli 200–500 m-es víz-sávban. Az északi part közelében pl. a hullámmagassággal arányosan a főszelel — az É-i—ÉNy-i szél — alig idéz elő vízfelzavarodást, míg az azonos erősségű délies szelek erős hullámozgást és ezzel egyidőben erős vízzavarosságot okoznak.

Több szerző (CHOLNOKY 1900, LUDÁNY és PÁTER 1928, és ULLYOTT és KNIGHT 1938) rámutatott az alzat és a víz zavarossága közötti kapcsolatra. Eszerint homokos alzat felett kevésbé zavarodik fel a víz mint iszap felett. Augusztus 4-én végzett vizsgálataink ezt a korábbi megállapítást igazolták és érvényességét mennyiségi adatokkal alátámasztották (2. táblázat, 3. ábra).

Az alzat minőségénél azonban sokkal lényegesebb a vízmélység szerepe. Erre utalnak ENTZ és SEBESTYÉN (1946), amikor hivatkoznak arra a közismert tényre, hogy a süllő hullámverésben előszeretettel keresi fel a különösen zavaros szélvizeket.

6. táblázat — Tabelle 6.

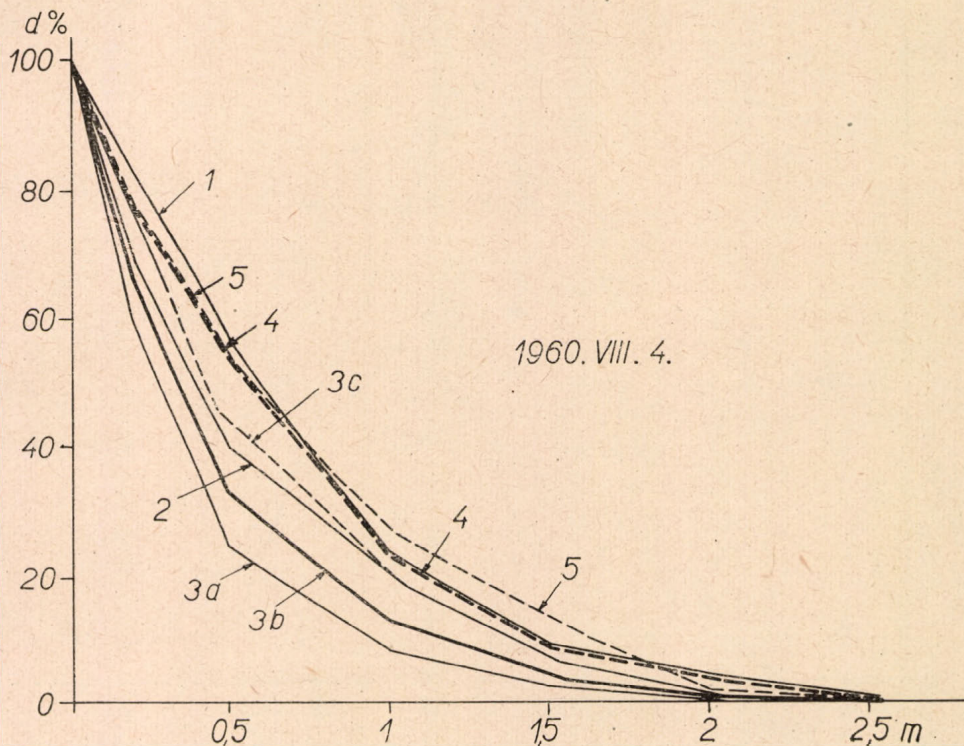
Fénymérések a Balaton vizében 1960. december 23–1961. március 10 között Tihanyban a Biológiai Intézet előtt 300 m-re a parttól, nyílt vízben

Mérés ideje	Nap	Szél m/sec	m	Fény Lux	d%	T _g cella	T _g stufó	Vízfény	Secchi	Mélység	Gyűjtés helye Megjegyzés
XII. 23. 13 ⁰⁰	●	7 NW				(0,02)	0,02				
I. 5. 12 ⁰⁰	○	4,5 SW	0 0,5 1 2 3	6 600 3 250 1 830 910 340	100 50,0 27,7 13,8 5,2	36,3 (25,3) 27,7 49,7 37,4	30,2	290	80	320	Vízhőfok 4 C°.
I. 16. 11 ³⁰	○	1,5 S	0 0,5 1 2 3	10 000 6 350 4 110 2 000 850	100 63,5 41,1 20,0 8,5	44,4 (38,7) 41,1 48,7 42,5	39,8	260			Bágyadt napsütés. 11-én T _{ks} = (29,0) 13-án T _{ks} = (35,3)
I. 23. 11 ⁰⁰	○	—	0 0,5 1 2 3	8 900 7 700 6 230 3 055 1 660	100 86,5 70,0 34,3 18,7	55,8 (39,9) 70,0 53,0 50,0	43,6				Jégen 8 cm-es hóréteg. Havat nem takarítottuk el. 18-án befagyott a Balaton.
I. 24.	●						63,1				
I. 25. 10 ³⁰	○	—	0 0,5 1	8 600 12 0	100 0,15		75,0				
I. 25. 12 ⁰⁰	○	—	0 0,5 1 2	8 900 5 500 3 720 1 490	100 61,2 41,8 16,7	40,9 41,8 40,1		0	145	220	Mérés helyén hó eltakarítva. Vízfény nem volt kimutatható.

I. 26. 12 ⁰⁰	○	—	0 0,5 1 2	9 000 5 560 4 230 1 600	100 61,8 47,0 17,8	45,0 (50,0) 47,0 37,8		60	170		Mérés helyén hó eltakarítva. 27-én $T_{ks} = (63,0)$. 28-án $T_{ks} = (74,9)$. 30-án $T_{ks} = (61,6)$.
I. 31. 12 ⁰⁰	○	—	0 0,5 1 2 3	9 520 7 090 4 570 2 740 1 660	100 74,5 48,0 31,8 19,3	56,2 (70,4) 48,0 60,0 60,6	74,9	320	260	330	Délben indult meg a hótakaró olvadása.
II. 2. 11 ⁰⁰	○	—	0 0,5 1 2 3	8 880 7 280 7 800 4 835 3 080	100 82,0 87,8 54,4 34,7	72,0 (70,9) 87,8 62,0 63,7	74,0		290		Erős olvadás, a hótakaró a jégről teljesen eltűnt. $T_{kc} = 73,5$ febr. 7-én.
II. 15. 11 ³⁰	○	1 S	0 0,5 1 2 3	12 200 11 125 9 520 6 580 3 630	100 91,0 86,8 53,8 29,7	65,7 (65,7) 86,8 49,5 36,1	68,3			350	13-án a jég elvonult. 13-án $T_{ks} = (56,2)$. 14-én $T_{ks} = (56,2)$.
II. 23. 7 ¹⁵	●	1,5 E	0 0,5 1 2 3	1 710 1 140 770 364 126	100 66,7 45,0 21,3 7,4	44,0 45,0 47,3 34,6		0	160		Vízfény 10 ³⁰ -kor 460. 16-án $T_{ks} = (62,9)$. 17-én $T_{ks} = (46,7)$. 19-én $T_{ks} = (41,7)$. 20-án $T_{ks} = (56,1)$. 22-én $T_{ks} = (52,8)$.
II. 23. 12 ³⁰	●	2,6 E	0 0,5 1 2 3	9 330 6 200 4 230 2 460 1 400	100 66,5 45,3 26,4 15,0	57,3 (59,5) 45,3 58,2 56,9	62,5	340	160		Vízfény 14 ³⁰ -kor 400. Víz hőfok 4,5 C°.
II. 23. 16 ³⁰	●	0,2 E	0 0,5 1 2 3	1 110 752 472 242 120	100 67,7 42,5 21,8 10,8	47,0 42,5 51,3 49,6		160	150		

Mérés ideje	Nap	Szél m/sec	m	Fény Lux	d%	T _k cella	T _k stufó	Vízfény	Secchi	Mélység	Gyűjtés helye Megjegyzés
II. 28. 7 ³⁰	○	2,8 E	0	5 030	100	55,1		370	160	320	Víz hőfok 3,0 C°.
			0,5	3 720	74,0						
			1	2 520	50,1	50,1					
			2	1 430	28,4	56,7					
			3	850	16,9	59,4					
II. 28. 13 ⁰⁰	○	2 E	0	21 600	100	61,3		1 650	160	320	Víz hőfok 5,4 C°.
			0,5	12 000	55,6						
			1	10 220	47,3	47,3					
			2	6 800	31,7	66,9					
			3	3 820	17,7	55,8					
II. 28. 16 ³⁰	○	0	0	2 230	100	44,8		0	160	320	
			0,5	1 620	73,0						
			1	960	43,2	43,2					
			2	360	16,2	37,5					
			3	90	4,1	25,0					
III. 2. 11 ³⁰	○	7 NW	0	23 200	100	46,1	33,9	4 770	80	320	Víz hőfok 6,2 C°.
			0,5	16 400	70,6	(32,0)					
			1	11 880	51,3	51,3	30,9				
			2	5 720	24,6	48,1	33,9				
			3	2 570	11,1	45,0	27,2				
III. 10. 11 ⁴⁵	○	5 W	0	24 000	100	44,1	22,6	3 760	85	320	Víz hőfok 9,9 C°.
			0,5	15 600	65,0	(19,5)					
			1	11 200	46,6	46,6	17,8				
			2	4 840	20,2	43,2	17,8				
			3	2 255	9,4	46,6	19,9				

Míg a mélyvíz (3,5–4 m) még tartós 4–5 m/sec szélerősség mellett is alig zavarosodik meg a Balatonon, addig partközelen 1–2 m-es vízben már a nyíltvíz felől fújó 1–2 m/sec-os szél is erős zavarosságot idéz elő. 1960 szeptember 13-án pl. 1,5 m/sec-os keleti szél a tihanyi partok közelében 330 cm mély vízben alig okozott észrevehető zavarosodást. A part felé haladva azonban a fokozatosan sekélyedő vízben az átlátszóság annyira lecsökkent,

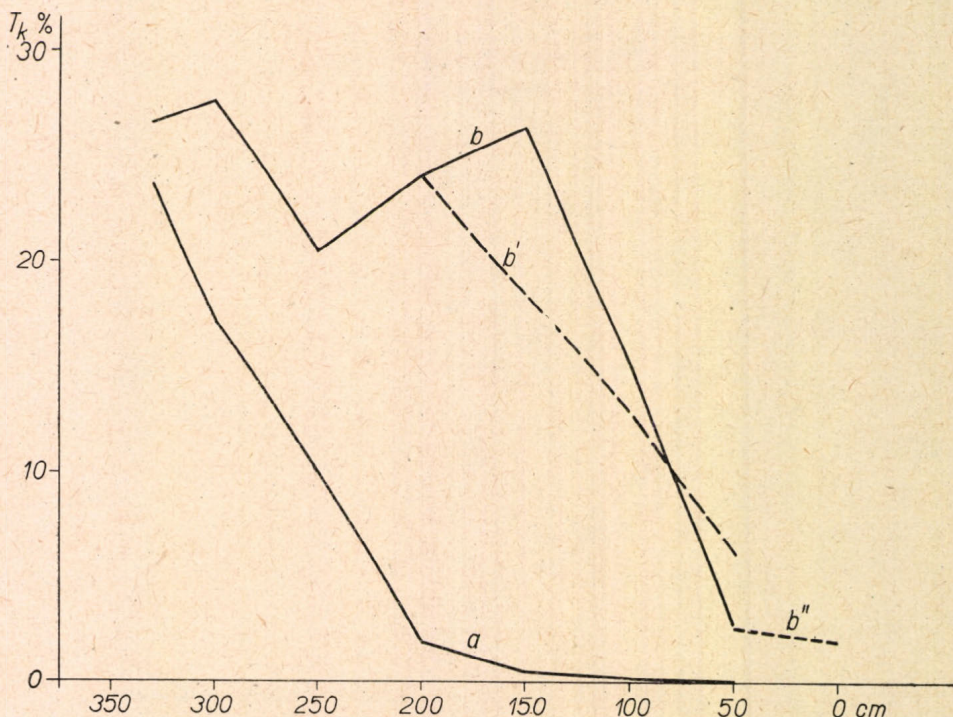


3. ábra. A Balaton fényviszonyai horizontálisan Tihanytól Keszthelyig a hossz tengely mentén és Ábrahámhegytől Szabadságtelepig haránt irányban, a felszíntől a fenéig. Abszissza: Vízmélység m-ben. Ordináta: Fényintenzitás $d\%$ -ban. 1. Örvényes—Balatonföldvár; 2. Zánka—Balatonszemes; 3. Ábrahámhegy strand előtt; 3b. tóközép Ábrahámhegy és Szabadságtelep között; 3c. Szabadságtelep strand előtt; 4. Ederiesi-öböl; 5. Keszthelyi-öböl

Abb. 3. Lichtverhältnisse des Balaton, horizontal von Tihany bis Keszthely längs der Längsachse und von Ábrahámhegy bis Szabadságtelep quer durch den Balaton, von der Oberfläche bis zum Boden. Abszisse: Wassertiefe in m. Ordinate: Lichtintensität in $d\%$. 1. Örvényes—Balatonföldvár; 2. Zánka—Balatonszemes; 3a. vor dem Strand von Ábrahámhegy; 3b. Seemitte zwischen Ábrahámhegy und Szabadságtelep; 3c. vor dem Strand in Szabadságtelep; 4. Bucht von Ederies; 5. Bucht von Keszthely.

hogy a 150 cm mélységű víz olyanná vált, mint a mélyvíz 8–10 m/sec-os szélebbesség esetén (4. ábra). Viszont a szél elülésével és a hullámszerűségével alig két órával a fenti hullámszerűség-észlelések után ugyancsak a 150 cm-es vízben a felszínen már csak annyira volt zavaros a víz, mint előző mérésünkör a mélyvízben. Az 50 cm-es víz igen enyhe hullámszerűség mellett még ekkor is megtartotta erős zavarosságát. Ugyanez alkalommal a 2 m mély

vízben vertikálisan is végeztünk fényméréseket. Ezekből az adatokból mint a vertikális fénymérésekből általában kitűnt, hogy a fenék felé haladva a zavarosság erősen fokozódik, jeléül annak, hogy az ülepedés felülről, fokozatosan következett be és egy bizonyos nagyságrendig vezetett a lebegő részecskék leülepedésére. A legfinomabb részecskék ülepedése igen lassú folyamat. Az ülepedés eme utolsó szakaszának csaknem tökéletes lezajlását a legjobban a



4. ábra. A transzmissziós koefficiens változása a vízmélység szerint. Abszcissza: Vízmélység cm-ben. Ordináta: T_{ks} %. a = T_k 8³⁰-kor a felszínen különböző mélységű vízben a nyílt víztől a part felé. b = T_k 11⁰⁰-kor a felszínen különböző mélységű vízben, uo. b' = T_k 11⁰⁰-kor 2 m-es vízben, különböző vízmélységben. b'' = T_k 11⁰⁰-kor 50 cm-es vízben, különböző vízmélységben. a = Keleti szél, 1,5 m/sec. b = Szélcsend. Csenedő hullámozás

Abb. 4. Veränderung des Transmissionskoeffizienten je nach der Wassertiefe. Abszisse: Wassertiefe in cm. Ordinate: T_{ks} %.

a = T_k um 8³⁰ an der Oberfläche in verschieden tiefem Wasser vom offenen Wasser uferwärts

b = T_k um 11⁰⁰ an der Oberfläche in verschieden tiefem Wasser, ebendort.

b' = T_k um 11⁰⁰ in 2 m tiefem Wasser, zu verschiedenen Tiefenlagen.

b'' = T_k um 11⁰⁰ in 50 cm tiefem Wasser zu verschiedenen Tiefenlagen.

a = Ostwind, 1,5 m/sec; b = Windstille, abflauender Wellengang.

téli Balatonon a tartós jégtakaró alatti víz letisztulásakor lehet megvizsgálni. Míg hígvíz esetén a PULFRICH-féle fotométerrel mért és 1 m-es vízrétegre vonatkoztatott fényáteresztő képesség (T_{ks}) sem a mostani vizsgálatokkor, sem pedig az 1948–49. év folyamán (ENTZ 1949–50) nem emelkedett 80% fölé, addig jég alatt mindkét télen elérte a 85, sőt megközelítette a 90%-ot.

A téli, különösen víz alatti nagyfokú vízletisztulás bekövetkeztében valószínűleg annak is fontos — talán döntő — szerepe van, hogy az ekkor is intenzív asszimilációs folyamatok főképpen a fenéken (kovamoszatszőnyeg!) zajlanak le, amikor a biogén mésztöltő túlsúlyban közvetlenül a fenéken válik ki, hiszen vizsgálataink szerint ekkor még a pelágikusnak ismert planktonalgák jórésze is leülepedik a fenékre!

Előfordult, hogy a Balaton nyíltvizében egymástól optikailag erősen eltérő (más színezetű és más zavarosságú) víztömegek váltakoztak. E jelenségre CHOLNOKY (1900) és utóbb FÉLFOLDY és KALKÓ (1958, 312) hívták fel a figyelmet. A jelenség vizsgálatára kitűnő alkalom nyílt 1960 december 5-én egy heves (4—6 m/sec) Ny-i—DNy-i szél következményeként. Ez alkalommal a szél hatására hatalmas víztömeg áramlott DNy-ról ÉK-felé a Tihanyi-szoroson keresztül.* Ennek révén a déli medence felzavart, „szőke” vize (FÉLFOLDY és KALKÓ 1958, 311) mélyen benyomult az ÉK-i medencébe több km távolságra. A betódult víz karélyosan szélterülve hatolt előre, miközben zavarossága — részben a tisztább vízzel való keveredés, részben talán ülepedés révén — fokozatosan gyöngült. Ezen a napon 11 és 15^h között gyorsjáratú motoroshajónkkal számos mérést végeztünk Tihanytól Zamárdiig, majd onnan Alsóórsig. A Kutatóintézet előtt 300 m távolságban a nyílt vizen tiszta, zöldes volt a víz (SECCHI-érték 120 cm, T_{ks} 31,6, T_{kc} 50,9, fényerő 3 m mélységben 820 Lux, l. 4. táblázat).

Innen alig 500 m-re hirtelen zavaros víz kezdődött, mely távolabb még átlátszatlanabbá vált. A Somogyi part előtt kb. 600 m-ig terjedt ez a zavaros víztömeg. (SECCHI-érték 55—70 cm, T_{ks} 10,7—13,6, T_{kc} 25—36 és fényerő 3 m mélyen 120—176 Lux.) E zavaros víztömegben túl a part felé, a padka előtti mélyvízben (vízmélység 4 m) kb. 200 m szélesen feltűnően tiszta vízsáv következett (SECCHI-érték 115 cm, T_{ks} 27,1, T_{kc} 42,1 és fényerő 3 m mélyen 380 Lux). A padka feletti sekély víz egészen a partig ismét zavaros volt. Ez azonban már nem a délről benyomult zavaros víztömeg hatásának tulajdonítható, hanem a helyi hullámverés következménye volt (SECCHI-érték 65 cm, T_{ks} 12,2, T_{kc} 25,7). Ezek az igen különböző fényáteresztőképességű sávok egészen hirtelen, szinte minden átmenet nélkül következtek egymás után. A sávok elhelyezkedése hasonlított a beömlő patakvizek tavi szétterüléséhez (ENTZ, 1961, kézirat).

Zamárditól Alsóórs irányába haladva, a különböző zavarosságú víztömegek ismét előtűntek, bár a zavarosságbeli eltérések itt — a Tihanyi-szorostól távolabb — már nem voltak olyan élesek (4. és 8. táblázat).

Ez a jelenség arra hívja fel a figyelmet, hogy a Balaton déli medencéjéből Ny-i szél hatására tekintélyes mennyiségű szeszton (lebegő hordalék) juthat az É-i medencébe. A zavaros vízben végzett ülepítési kísérleteink alapján kb. 8 mg-ra tehető literenként a lebegő anyag mennyisége. Ez az érték csak fele a MÜLLER (1929) által megadott 17 mg/literes értéknek. Mégis, ha feltételezzük, hogy 1960 december 5-én a zavaros víz valóban teljes egészében a déli medencéből jutott az északi medencébe, az így bejutott abioszesztont mintegy 150 tonnára becsülhetjük. A tényleges hordalék-mozgás mennyiségi vizsgálata kívánatosnak látszik, és erre a jövőben a tihanyi Kút környékén végzendő vizsgálatok hivatottak.

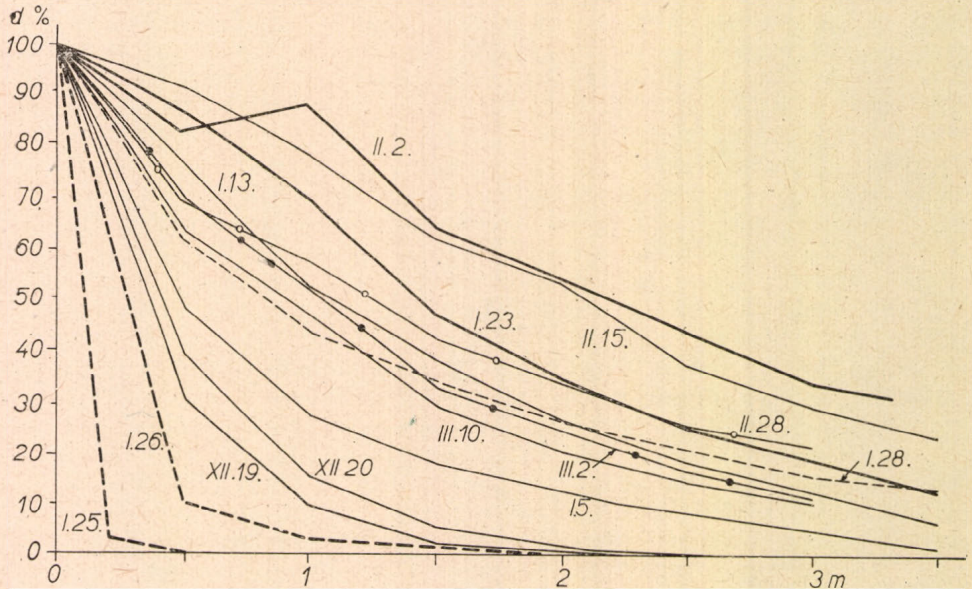
* A VITUKI méréseiből ismeretes, hogy az áramló víz sebessége meghaladhatja az 1,5 m/sec-et, ami igen tekintélyes (STELCZER, 1961).

Érdeemes felemlíteni, hogy alig 24 órával a fent vázolt jelenség után, vagyis december 6-án az északi medencében a víz az előző napi zavaros helyeken ugyanolyan tiszta volt, mint ott, ahol az előző napon nem zavarodott meg. Valószínű, hogy a bekerült lebegő anyag elég durva volt (a szélereő nem volt nagyobb 6 m/sec-nál, tehát a lebegő részecskék erős felaprózódására nem kerülhetett sor), és így következhetett be a gyors leülepedés.

Az eredmények értékelése

1. Az ülepedés sebessége és az ezt befolyásoló tényezők

ULLYOTT és KNIGHT szerint (1938, 265) a vihar kiváltotta zavarosság a Balatonon két napnál tovább nem tart. Saját vizsgálataink szerint ez a megállapítás nem általános érvényű. Igaz ugyan, hogy közepes szelek, melyek sebessége a 4–6 m/sec-ot nem haladja meg, vagy hirtelen lezajló viharok után valóban napok, sőt órák alatt bekövetkezik a víz nagymértékű letisztulása (pl. július 14–15, december 5–6), viszont tartós erős szélviharok után, melyek sebessége a 8–10 m/sec-ot eléri vagy meghaladja, lényeges tisztulás csak két nap után következik be. Ez utóbbi azt jelenti, hogy ilyenkor csak ennyi idő után nyeri vissza a tó jellemző zöldes színezetét és ezután emelkedik



5. ábra. d% változása télen december 19-től március 10-ig.

————— jég hó nélkül
 - - - - - hótakaróval borított jég
 Nyílt víz

Magyarázat a szövegben.

Abb. 5. Veränderung von d% im Winter, vom 19. Dezember bis 10. März.

————— Eis ohne Schnee
 - - - - - Eis mit einer Schneedecke
 offenes Wasser

a SECCHI-átlátszóság 60–80 cm, a T_k -érték pedig 8–10% fölé. Ezekről el-
térően egészen különös adatokat kaptunk december 14 és 17 között, amikor
a 11–12-én lezajlott erős vihar után teljes szélséand uralkodott és állandó erős
köd volt. Ezalatt a 4 nap alatt a mozdulatlan, tükörsima Balatonban szinte
semmi ülepedés nem volt észlelhető. A víz végig valósággal tejszerű benyomást
keltett, és a SECCHI-koronggal mért átlátszóság még a negyedik szélmentes
napon is csupán 45 cm volt, a T_{ks} érték pedig ezalatt 0,55-ről mindössze 4,5-re
emelkedett. Ugyanúgy lassú volt a víz ülepedése december 19–20-án, a 18-i
vihar után. Viszont később egy nap alatt a T_{ks} érték 0,62-ről felugrott 5,1-re.
Az előbbiekhöz hasonló jelenséggel nyáron is találkoztunk. Ekkor július 25-től
29-ig a viszonylagos csendes idő ellenére a Secchi-átlátszóság 37-ről mindössze
50 cm-re, a T_{ks} érték pedig ugyanakkor 2,0-ról csupán 7,8-ra emelkedett.
Ezután pedig gyors emelkedés következett be (1. és 5. táblázat, 2. ábra).

Az átlátszóság lassú emelkedési időszakában mindhárom esetben telje-
sen borult idő, a második esetben pedig tartós köd uralkodott. Az ezután
következő gyors T_k emelkedés vagyis ülepedés mindig ragyogó napsütésben
következett be. Önként adódik tehát az a feltevés, hogy a fény mennyisége
vagy kifejezetten a közvetlen napfény hatása gyorsítja a finom iszapszemecs-
kék ülepedését. A napfény közvetve — esetleg az asszimilációs folyamatokra
gyakorolt serkentő hatás révén — vagy közvetlenül — a pelyhesedés elő-
mozdításával — kedvezően előmozdíthatja a lebegő részecskék tömörülését
és így a víz tisztulását. E kérdés tisztázása, kísérleti kivizsgálása érdekes fel-
adatnak tűnik, mely a tavi lebegő anyagok, valamint az üledék dinamikájának
megismerését jelentősen előmozdíthatja.

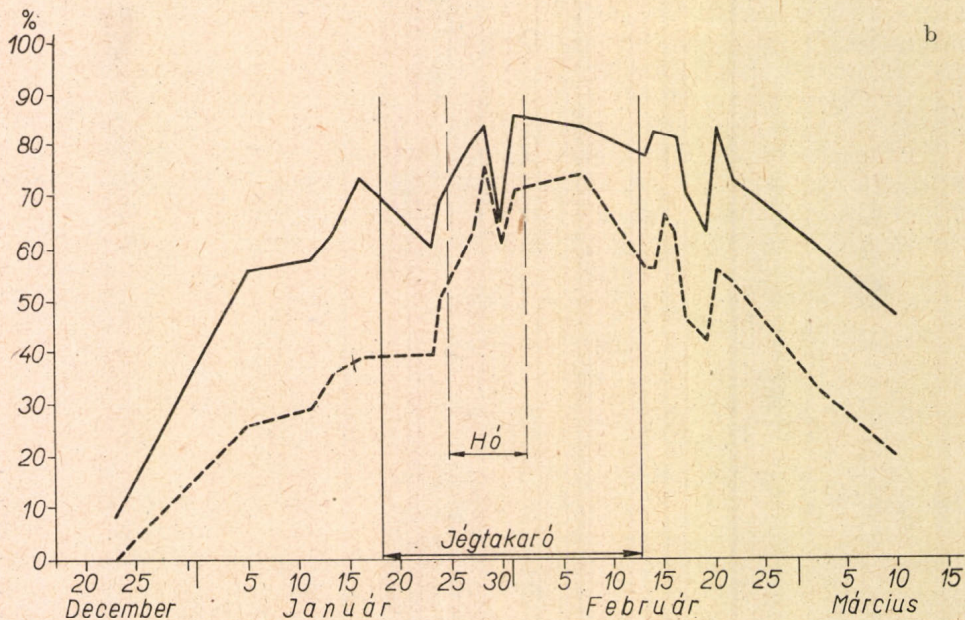
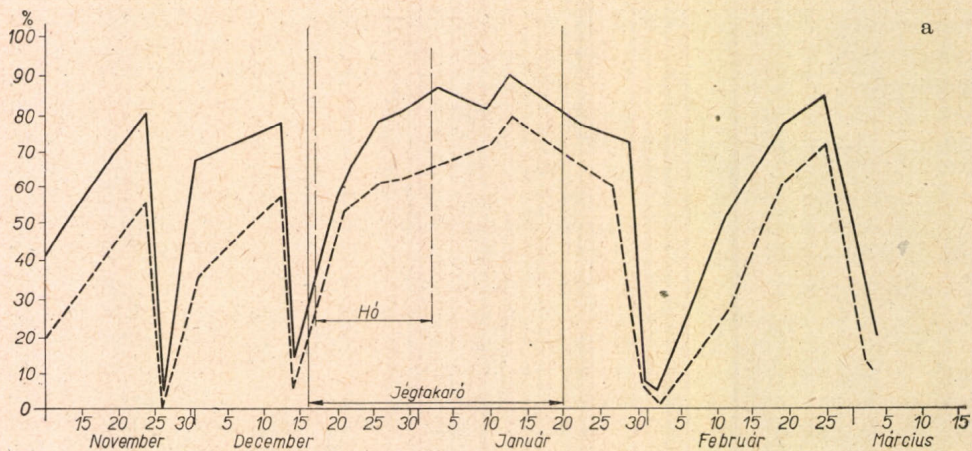
Azonos külső körülmények között az ülepedés folyamata egyenletes.
Erre mutattak rá a szeptember 12-én, jórészt szélmentes csendes napon, napos
időben végzett méréseink, amikor reggel 8 órától du. 18 óráig kétóránként
végeztünk fénymeghatározásokat. Ez alkalommal közepes átlátszóság mellett
a fényáteresztőképesség értéke óránként kb. 1%-ot emelkedett. Alacsonyabb
 T_k -értékek mellett ez az emelkedés lassúbb (0,01–0,1%) óra. Ez szintén
érthető, ha elfogadjuk előző állításunkat a fény serkentő hatásáról. Meg kell
jegyeznünk, hogy már egészen enyhe szél is érezteti hatását, vagyis lassítja
az ülepedést sőt növeli a víz zavarosságát (pl. szeptember 12-én de. 10 órakor
2 m/sec-os keleti szél).

2. A szeszon $CaCO_3$ -tartalmának megváltozása a jég alatt

Télen vizsgálatokat végeztünk a víz T_k -értékeinek megismerésére merít-
tett mintákkal. A T_{ks} értéket PULFRICH-féle fotométerrel 5 cm-es küvetták-
kal határoztuk meg, majd a mérés után a mintákat 3 csepp 10%-os sósav
hozzáadásával megsavanyítottuk. A sósav hatására a vízben lebegő mész-
szemcskék feloldódtak, és a minta átlátszósága megnőtt (ENTZ 1949–50).
A kezeletlen és a sósavval kezelt minták görbéje decembertől márciusig csak-
nem teljesen párhuzamos volt (6a és 6b ábra).

1960 december 23-tól, az 1960. év utolsó viharos napjától a T_{ks} értékek
fokozatosan emelkedtek, 1961 január 28-ig átlagban naponta 2,4%-kal. Ettől
kezdve a fényáteresztő képesség előbb lassan, majd fokozottan csökkent.
A kezelt és a kezeletlen minták T_{ks} értékének különbsége a jégtakaró alatt
kisebb volt (15,2%) mint akár előtte (24,3%), akár utána (22%). Különösen

feltűnő, hogy a hótakaró alatt ez a különbség még jobban lecsökkent (11,7%), sőt a január 30-i mintában alig volt észrevehető (2%). Ez azt jelentette, hogy a sósav hozzáadása után a víz zavarosságában szinte egyáltalában nem következett be változás, vagyis a víz zavarosságát okozó lebegő részecskék túlnyomó többsége ekkor nem lehetett CaCO_3 (vö. MÜLLER 1929).



6. ábra. A T_k értékek változása ősztől tavaszig. 6a = 1948–1949; 6b = 1960–1961.

----- = T_{ks} értékek eredeti Balaton-víz-mintában
 ————— = T_{ks} értékek sósavas kezelés után

Abb. 6. Wechsel der T_k -Werte vom Herbst bis zum Frühjahr.

6a = 1948–1949; 6b = 1960–1961

----- T_{ks} Werte in original Balatonwasser-Probe
 ————— T_{ks} Werte nach Salzsäurebehandlung

Feltevéseink szerint a két görbe ilyen lefutásának az a magyarázata, hogy a jégtakaró alatt általában kissé csökken az asszimiláció intenzitása (CO_2 és HCO_3^- -fogyasztás), és növekedik a disszimilációs folyamatok mértéke. Így az asszimilációs-disszimilációs folyamatok aránya eltolódik. Ennek következtében a biogén mészkiválás lecsökken, sőt a hótakaró alatt, amikor olyan erős fényhiány lép fel a tó egész víztömegében, amilyenre különben a Balaton nyílt vizében soha sincsen példa (5. ábra), ennek éppen az ellenkezője, vagyis mészoldódás következik be. Ez a jelenség valószínűleg analóg a nádasok belsejében az élénk disszimilációs folyamatok révén egész éven át bekövetkező víztisztulással.

Az ismertetett folyamatok hozzájárulnak a T_{ks} növekedéséhez, mint hogy a feltételezhető savanyodás miatt a legfinomabb lebegő részecskék oldatba mennek. Ugyanezen okból — amint említettük — a minták sósavas kezelése lényeges változást már nem is idézhet elő (6. táblázat). Ilyen körülmények alakulhattak ki január 30-án a jég alatti vízben, amikor a felszíni fénynek csak kis tört része hatolt a jég alá. Ettől kezdve azonban a hótakaró vékonyodása miatt — amit főképpen az erős napfényben bekövetkezett párolgás okozhatott — egyre több fény jutott a jég alá. Ugyanakkor a jégpáncélt átszelő számos repedés mentén felszivárgó víz is fokozta a hótakaró fényáteresztőképességét. A fény erősödése az asszimiláció folyamatának kedvezett. Így a vizsgált mintákban a sósav hatására ismét lényegesen fokozódott az átlátszóság, tehát valószínűleg ismét biogén mészkiválás történt. Arról, hogy a beeső fény hány %-a jutott le a vizsgálat idején télen a Balaton különböző mélységeibe, az 5. ábra és a 6. táblázat tájékoztat.

A jégalatti fényviszonyok alakulásával és a hótakaró szerepével külön is részletesen foglalkoztunk, de ezeket az eredményeket más alkalommal kívánjuk ismertetni.

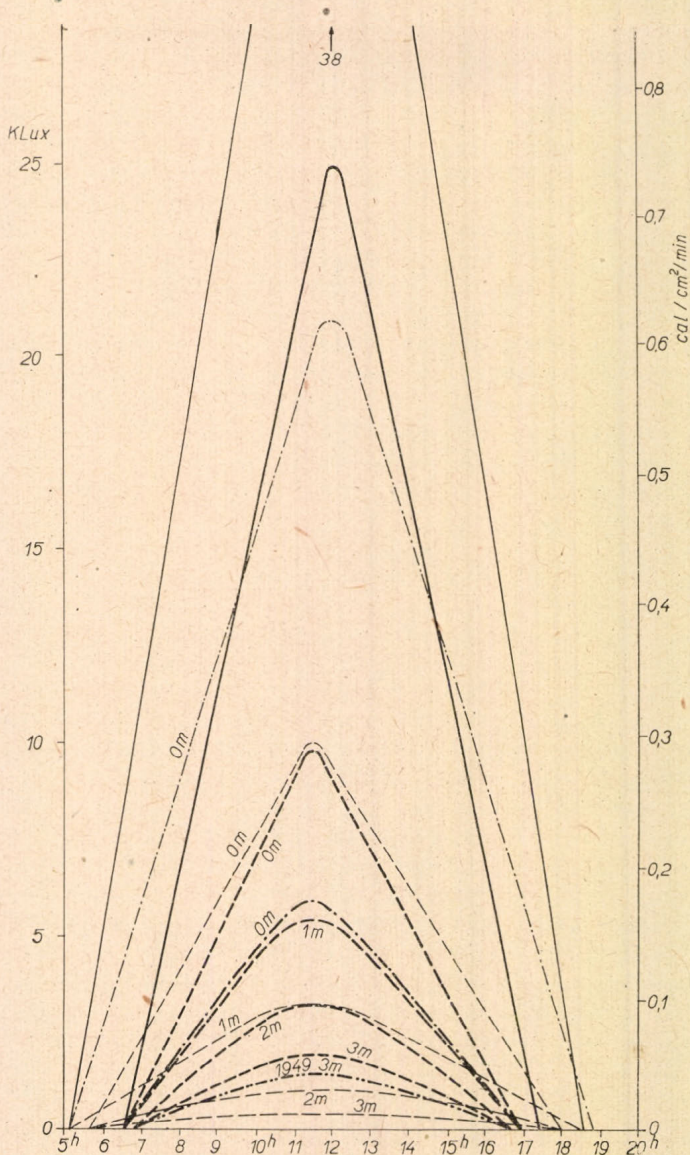
3. A Balaton téli és nyári fényklímája különböző vízmélységekben

Számos vizsgálati adat birtokában kiszámíthattuk a tófelület 1 cm^2 -ére jutó fényenergiáját Lux-okban, melyet átszámítottunk kalóriákra. Az említett számításokhoz felhasználtuk a fényelem kalibrációs görbét, továbbá BACSÓ—KAKAS—TAKÁCS (1953), SAUBERER—HÄRTEL (1959), SIEBECK (1960), SIMON (1960), STEINHAUSER (1939) és TASS—WODETZKY (1931) munkáit. Grafikonon ábrázoltuk (7. ábra) a fényintenzitás napi óránkénti változását a különböző vízmélységekben, február és július hónapok havi átlagában. Felvázoltuk egy verőfényes téli és nyári nap hasonló értékeit, majd SAUBERER—HÄRTEL nyomán (1959) egy közepesnek mondható téli és nyári nap adatait. A kapott eredmények egy részét tünteti fel a 7. ábra. Ennek az ábrának az elkészítésénél, de számos más helyen is felhasználtuk a Tihanyi Biológiai Kutatóintézet területén működő meteorológiai megfigyelő állomás adatait.

A 7. ábráról és a 7. táblázatból kitűnik, hogy az 1960—61. évi eredmények napfényenergia szempontjából egészen rendkívülieknek mondhatók. Magyarországon egy átlagos nyári napon $289,7 \text{ cal}$ jut egy vízszintes felület 1 cm^2 -ére (SAUBERER—HÄRTEL 1959), míg ugyanez az érték tiszta felhőtlen napon 578 cal -ra emelkedhet (HUTCHINSON 1957, SIMON 1960).* Ezzel szemben

* TAKÁCS L. szerint (Bacsó—Kakas—Takács, 1953) hazánkban a napi átlagsugárzás nyáron 449 gcal/cm^2 , derült napon 685 gcal/cm^2 . Télen átlag 42 gcal/cm^2 , derült téli napon 150 gcal/cm^2 .

1960 júliusában a Balaton felszínének 1 cm^2 -ére jutó energia napi átlaga mindössze 136 cal-ra becsülhető. Ugyanezen idő alatt az égbolt átlagos felhőborítottsága kb. 58% volt. A téli, februári értékek a nyáriakkal ellentétben magasak voltak. A csendes, napsütésben aránylag gazdag napok (felhőborítottság 60%) értékei átlagértékükben megközelítették a nyári értékeket ($102,5 \text{ cal/cm}^2/\text{nap}$). Még meglepőbbek az 1,2 és 3 m mélységre vonatkoztatott vízalatti értékek, amikor a februári értékek a gyakori napsütés és az igen átlátszó víz következtében nemcsak megközelítették, hanem jóval meg is



7. ábra Magyarázatot l. 75. oldalon — Abb. 7. Erklärung s. S. 75.

haladták a júliusiakat. Így pl. a 3 m mélységbe lehatoló fény energiájának napi átlaga $22,7 \text{ cal/cm}^2/\text{nap}$ volt, míg ugyanez júliusban ennek mindössze 30% -a volt. (7. táblázat.) Teljesen hasonló volt a helyzet a tófenéken az 1948—49. években is. Tehát a Balaton vízében — amit más években tett megfigyeléseink is alátámasztanak — a nyári erős felkeveredés és a téli letisztulás következtében valóságos fordított fényklímával találkozunk, ami alatt azt értjük, hogy télen a tó vízében a mélyebb vízrétegekben (1 m-nél nagyobb vízmélységekben) nemcsak relatíve, hanem abszolút értelemben véve is lényegesen több fény van mint nyáron.

Az adatokat néhány napi napszakos és számos déli mérés értékeiből számítottuk ki a helyi meteorológiai feljegyzések segítségével. Ezt a körülményt az adatok értékelésénél természetesen figyelembe kell venni.

7. táblázat — Tabelle 7

A Balaton fényklímájának néhány jellemző adata 1960—61-ben*

	Február 1961				Július 1960			
	0 m	1 m	2 m	3 m	0 m	1 m	2 m	3 m
Lux 12^h (mért)	9 896	5 304	3 264	1 996	10 000	3 210	921	347
Lux 12^h (absz.) (?)	25 000	13 403	8 248	5 044	25 270	8 112	2 327	877
T_{ks}		53,6	61,1	61,1		32,1	28,7	37,7
d%	100	53,6	33,0	20,2	100	32,1	9,2	3,5
kLux (cm^2) nap								
absz.	8 610	5 275	2 822	1 907	11 482	3 906	1 319	571
cal (cm^2) nap	102,5	62,8	33,6	22,7	136,7	46,5	15,7	6,8

* $1 \text{ cal/cm}^2/\text{min} = 84 \text{ kLux}$ (SIEBECK 1960, 387). $1 \text{ Lux (mért)} = 2,527 \text{ Lux absz.}$ (SAUBERER 1959), STEINHAUSER (1939) és SCHMITZ (1960) adatai alapján.

7. ábra. A Balaton fényháztartása. Abszcissza: Meghatározások időpontja órákban. Ordináta: Óránkénti átlagos fényintenzitás kLux-ban és ennek megfelelő cal értékek ($\text{cal/cm}^2/\text{min}$). A kLux értékek mért (relatív) értékek.

- = Vízfelszíni nyári maximum
- = Vízfelszíni maximum teljesen derült téli napon, 1960. február 28-án
- = Fényintenzitás változása átlagos nyári napon
- = Fényintenzitás változása átlagos téli napon
- = Fényintenzitások változása 1960 júliusában különböző vízmélységekben (átlagértékek)
- = Fényintenzitások változása 1961 februárjában különböző (0 m, 1 m, 2 m és 3 m) vízmélységekben (átlagértékek)

Abb. 7. Lichthaushalt des Balaton.

Abszisse: Zeitpunkt der Bestimmungen in Stunden; Ordinate: stündliche mittlere Lichtintensität in kLux Meßwerte (keine absolute Werte!) und dementsprechende cal-Werte ($\text{cal/cm}^2/\text{min}$)

- Sommermaximum der Wasseroberfläche
- Oberflächenmaximum an einem vollkommen klarem Wintertag.
- Lichtintensitätswechsel an einem mittleren Sommertag.
- Lichtintensitätswechsel an einem mittleren Wintertag.
- Wechsel der Lichtintensität im Juli 1960 in verschiedenen Wassertiefen (Durchschnittswerte)
- Wechsel der Lichtintensität im Februar 1960 zu verschiedenen (0 m, 1 m, 2 m und 3 m) Wassertiefen. (Durchschnittswerte.)

4. A vízfényről és a fényszóródási jelenségekről

FELFÖLDY és KALKÓ (1958) utaltak arra, hogy a fényszóródás jelensége igen fontos szerepet játszhat a Balaton vizében az optikai viszonyok kialakításában. A kérdéssel azonban tovább nem foglalkoztak. Feltevéseiket eleve valószínűsíti az a tény, hogy a víz gyenge fényáteresztőképességét elsősorban nem vízben oldott színező anyagok, hanem lebegő részecskék idézik elő. Valóban a tóvíz zavarosságának előidézésében a biogén mészkiválásnak és a fenékről a hullámozgás által felkavart iszapszemecskéknek van döntő szerepe.

A 8. táblázatban összefoglalt adatokból látjuk, hogy a vízfény (vö. 54—66 oldal) elég magas. A legerősebb vízfényt viharban, ragyogó napsütésben mértük március 2-án (4770 Lux). Általában a déli órákban szeles időben hullámozgásban vagy vihar utáni zavaros vízben napsütésben mindig erős a vízfény, rendszeren több mint 1000 Lux. Tartós csendes időben, napsütésben és borús időben általában viszont 500 Lux alatt marad. A legalacsonyabb értékeket télen a jég alatt mértük, amikor pl. közvetlenül a hótakaró elolvadása után délben, napsütésben mindössze 10 Lux volt a vízfény (8. táblázat).

R%-kal jelöltük WHITNEY nyomán (1938a) a vízfény („alsó fény”) és a víz felületén mért fény („felső fény”) hányadosainak a százszorosát. Ez általában fordítva arányos a SECCHI-koronggal mért átlátszósági értékkel (8. táblázat). A legalacsonyabb R%-ot február 2-án kaptuk (0,16) ugyanakkor, amikor a SECCHI-átlátszóság maximális volt (280 cm).

A vízfény és az R% értéke napszakosan is változik a napmagasságtól függően. Reggeltől — azonos felhőborítottság esetében — a vízfény erősödik, délben a legerősebb és délután csökken, ha a víz zavarossága egyébként meg nem változik. Sekély vízben a vízfényt nem csupán a lebegő szilárd részecskék idézik elő, hanem a fenékről is verődik vissza fény. Olyankor, amikor a Balatonban horizontálisan tisztább és zavarosabb sávok váltakoznak (pl. 1960 december 5-én), az R% értéke ennek megfelelően ingadozik (8. táblázat).

Erős vihar után az R% értéke megközelítheti, sőt meghaladhatja a 25%-ot, ami azt jelenti, hogy a vízbe jutó fénysugaraknak ilyenkor közel 1/4-e vagy még ennél is több a vízből visszajut a levegőbe. Valósággal „világít” ilyenkor a víz! Csendes időben, letisztult vízben a vízből visszaverődő fény értéke a beeső fénynek alig 2—3%-át, vagy télen jég alatt még ennél is kisebb tört részét teszi csupán ki. Az R%, valamint a vízfény értéke akkor kicsi, amikor a víz kevésbé zavaros, vagyis, ha a T_k értéke nagy, és viszont akkor nagy, ha a T_k értéke kicsi.

A T_k -t, vagyis a transzmissziós koefficienszt — amint említettük (51. oldal) kétféleképpen határoztuk meg: 1. fotocellával (T_{kc}) és 2. stufóval (T_{ks}). Bár a két T_k -érték között lényeges eltérések mutatkoznak (8. táblázat $T_{kc}-T_{ks}$; ULLYOTT és KNIGHT 1938), az adatokból mégis több általános következtetést vonhatunk le.

A legnagyobb T_k -értékeket télen, jég alatt és jégolvadás után a még fel nem kavart vízben észleltük, amikor a T_k állandóan 40% felett volt, sőt a jégpáncél alatt 70—72%-os értékeket is elért. Ezzel szemben nyáron a T_k -érték csak kivételesen emelkedett 35% és mindössze két alkalommal 41% fölé. Általában nyáron 2 és 20% között ingadoztak az értékek (1., 2. és 8. táblázat).

Fokozatos ülepedés ideje alatt (pl. nyáron július 25. és augusztus 1. közötti valamint télen december 20. és február 1. között) mind a T_{kc} , mind

a T_{ks} -értékek fokozatosan emelkedtek. Eközben a T_{ks} értékek emelkedése szinte matematikai pontossággal következett be, míg a T_{kc} értékek változása nem volt ilyen szabályos, bennük kisebb-nagyobb kiugrások fordultak elő. Ugyanezt tapasztaltuk egy csendes, nyárvégi napon, szeptember 12-én, amikor a T_{ks} -érték csendes időben 10^h -tól 18^h -ig óránként szinte pontosan 0,6%-kal emelkedett, de a T_{kc} -értékeknél kisebb ingadozás volt csupán észlelhető. A különbség a két érték lényegéből önként adódik, hiszen a T_{ks} -érték abszolút értéként fogható fel, melyet kizárólag a merített *mint*a fizikai és fiziko-kémiai viszonyai szabnak meg. Ezzel szemben a T_{kc} -értékeknél maga a víz *millió* is fontos szerepet játszik, ahol a napállás, a felhőborítottságban bekövetkező változás, a hullámozás okozta visszaverődési jelenségek stb. mind hozzájárulnak a transzmissziós koeficiensnek a terepen, vagyis magában a Balatonban bekövetkező változásához. Ezért szerintünk mindkét érték meghatározása indokolt és más-más kérdések megválaszolására alkalmas.

Igen érdekes pl. a június 29-i viharban különböző vízmélységre vonatkozó, T_k -értékek alakulása (1. ábra). Míg a T_{ks} értékek közel azonosak voltak, a T_{kc} értékek lefelé haladva a várakozás ellenére növekedtek és mintegy másfél m mélységben csaknem elérték a 100%-ot. Hasonló, bár lényegesen kisebb mértékű emelkedés a július 4-i vihar idején is észlelhető volt. Véleményünk szerint e jelenség magyarázatát a fényszóródásban kell keresnünk. A fényszóródás ugyanis e rendkívül zavaros vízben oly méreteket öltött, hogy a vizsgált mélységekbe (2–3 m) több fény juthatott indirekt úton szórt fény mint közvetlen napfény formájában.

A T_k -értékekből — kevés kivétellel a T_{ks} -értékekből — határoztuk meg grafikus úton a WHITNEY-féle totális extinkciós koeficiens (k), mely alkalmas a lebegő részecskékre vonatkoztatott abszorpciós (a_p) és visszaverődési koeficiens (s_p) meghatározására, továbbá a lebegő részecskéről visszaverődő és az ezektől elnyelt fény (P_s ill. P_a) %-os arányának a megállapítására (8. táblázat).

Az s_p -értékek] a víz effektív zavarosságának mértékétől függenek. Így a legzavarosabb vízben a legmagasabbak (augusztus 2., december 5., Alsóórs, december 20. stb.) és a legtisztább vízben a legalacsonyabbak (január 31-től február 7-ig). Az s_p -értékek nyártól a befagyásig kevés kivételtől eltekintve (pl. szeptember 12.) 0,8–6,2 között, a befagyástól az első tévégi viharig pedig 0,002–0,37 között ingadoztak.

Az a_p -értékek is alacsonyabbak télen a jég alatt és a jégpáncél feloldása utáni időben a még fel nem kavart vízben, mint nyáron vagy ősszel a hígvízen (minimum 0,195 február 15-én és maximum 2,928 december 16-án).

A P_s és P_a értékek összege természetesen 100. A legnagyobb P_s -értéket egy nyári vihar után (augusztus 2-án 85,73) és egy téli vihar után (december 20-án 85,71) mértük, míg a legalacsonyabb P_s -értéket télen jég alatt kaptuk (január 26-án hó alatt 6,05 és február 2-án, hóolvadás után 0,73).

A T_k -értékekből számítottuk ki azt a vízmélységet, ahová a vízbe jutó fénynek 10%-a hatol le ($1/\beta_{vc}$ és $1/\beta_{vs}$). Ez a mélység a T_k -értékek erős ingadozása következtében erősen változik. Zavaros vízben alig 45–60 cm, míg letisztult vízben télen meghaladja a 7 m-t is (8. táblázat).

A fényelnyelés és a fényvisszaverődés és fényszóródás jelenségeinek részletes tanulmányozása a jövő feladata.

8. táblázat — Tabelle 8

A Balaton-víz fényáteresztésének és fényvisszaverésének évszakos és napszakos ingadozása

Dátum	Ég	Á	Lux Om	Vizl.	R%	$\overline{T_{kc}}$	$\overline{T_{ks}}$	$T_{kc}-T_{ks}$	k	$1/\overline{\beta_{oc}}$	$1/\overline{\beta_{os}}$	sp	ap	Ps	Pa	
VII. 4.	○	40	12 800	1 710	13,36	24,2	4,9	19,3	3,50	1,62	0,76	2,806	2,043	57,87	43,13	
VII. 14.	○	40	11 125	710	6,38	31,5	6,0	24,5	3,40	1,99	0,82	1,280	2,730	31,92	68,08	
VII. 15.	○	58	9 070	910	10,03	31,5	17,7	13,8	2,02	1,99	1,38	1,195	1,393	46,19	53,81	
VII. 16.	○	78	10 800	1 020	9,44	41,7	27,7	14,0	1,50	2,63	1,79	0,835	1,052	44,25	55,75	
VII. 25.	●	37	2 400	230	9,58	5,6	2,0	3,6	3,90	0,80	0,59	2,261	2,713	45,46	54,54	
VII. 29.	○	50	13 000	1 020	7,85	17,2	7,8	9,4	3,12	1,31	0,90	1,445	2,369	37,89	62,11	
VII. 31.	○	120	15 500	1 260	7,20	41,0	20,5	20,5	1,95	2,58	1,45	0,935	1,453	39,15	60,85	
VIII. 2.	○	35	12 000	3 030	25,25	13,7	2,4	11,3	4,10	1,16	0,62	6,108	1,020	85,73	14,27	
VIII. 4.	○	40	8 880	1 370	16,74	7,2	2,6	4,6	3,85	0,88	0,63	3,802	1,920	66,45	33,55	Ábrahám-hegy strand
VIII. 4.	○	42	9 840	800	8,13	12,2	5,2	7,0	3,45	1,10	0,77	1,655	2,593	38,96	61,04	Tóközép
VIII. 4.	○	44	8 880	1 000	11,26	19,9	12,6	7,3	2,62	1,45	1,11	1,741	1,719	50,32	49,68	Szabadságtelep strand
VIII. 4.	○		3 000	176	3,03	18,0	15,3	2,7	2,33	1,35	1,24	0,417	2,090	16,63	83,37	Zalatorok
IX. 12.	○	80	6 150	1 140	18,54	34,5	30,9	3,6	1,33	2,19	1,97	1,455	0,573	71,74	28,26	8 ^h
IX. 12.	○	83	8 560	800	9,35	35,0	29,3	5,7	1,40	2,21	1,88	0,772	0,964	43,96	56,04	10 ^h
IX. 12.	○	85	7 920	570	7,20	31,5	31,3	0,2	1,30	1,99	1,98	0,552	0,994	35,71	64,29	12 ^h
IX. 12.	○	85	5 500	540	9,82	35,7	32,7	3,0	1,23	2,27	2,08	0,552	1,005	35,45	63,55	14 ^h
IX. 12.	○	85	3 100	200	6,45	30,4	33,4	3,0	1,18	1,94	2,12	0,449	0,925	32,68	67,32	16 ^h
IX. 12.	—	65	—	0	—	—	34,4	—	—	2,18	—	—	—	—	—	18 ^h
XII. 5.	○	120	5 880	410	6,97	50,9	31,6	19,3	1,29	3,40	2,03	1,398	2,672	34,35	65,65	Tiszta víz
XII. 5.	○	70	5 400	1 050	19,44	36,7	13,6	23,1	2,53	2,33	1,16	2,902	1,048	74,47	26,53	Zavaros víz eleje
XII. 5.	○	55	7 600	1 230	16,18	25,3	13,6	13,7	2,53	1,68	1,16	2,415	1,292	65,15	34,85	Zavaros víz közepe
XII. 5.	○	60	5 300	970	18,30	29,7	10,7	19,0	2,82	1,90	1,03	3,045	1,262	70,60	29,40	Zavaros víz vége
XII. 5.	○	115	5 000	460	9,20	42,1	27,1	15,0	1,51	2,74	1,76	0,834	1,055	44,15	55,85	Padka széle tiszta víz
XII. 5.	○	100	4 950	770	15,46	25,7	12,2	13,5	2164	1,72	1,15	2,408	1,406	63,14	36,86	Padka felett zavaros
XII. 5.	○	20	2 560	570	22,30	0,014	—	—	4,20	0,26	—	5,526	1,410	79,69	20,31	Alsóörs sekély víz

XII. 15.	○	45	2 570	320	12,45	12,3	1,9	10,4	3,90	1,10	0,60	2,865	2,436	54,05	45,95	
XII. 16.	○	50	4 330	340	7,85	14,7	2,5	12,2	3,85	1,20	0,69	1,785	2,928	37,87	62,13	
XII. 17.	○	45	3 140	200	6,37	14,3	4,1	10,2	3,60	1,18	0,73	1,353	2,894	31,86	68,14	
XII. 19.	○	30	8 900	1 600	18,00	6,7	0,8	5,9	4,07	0,86	0,48	4,322	1,879	72,39	27,61	
XII. 20.	○	38	11 100	2 800	25,23	12,8	0,6	12,2	4,15	1,12	0,45	6,178	1,030	85,71	14,29	
XII. 21.	○	50	11 500	2 800	24,35	13,8	5,0	8,8	3,50	1,27	0,78	5,028	0,855	84,03	15,97	
I. 5.	○	80	6 600	290	4,39	36,3	25,3	11,0	1,62	2,30	1,68	0,420	1,381	23,32	76,68	
I. 11.	○	100	6 400	970	16,17	42,4	29,0	13,4	1,40	2,68	1,87	1,336	0,702	65,55	34,45	
I. 13.	●	100	9 480	1 710	18,59	46,1	35,30	10,8	1,10	3,01	2,25	1,206	0,464	72,22	27,78	
I. 16.	●	100	10 000	1 230	12,30	44,4	38,71	5,7	0,99	2,88	2,47	0,718	0,601	54,45	45,55	
I. 23.	●	115	8 900	1 200	13,33	55,8	39,90	11,9	0,94	3,95	2,56	0,739	0,541	57,76	42,24	Jég
I. 24.	●	120	3 310	60	1,81	45,1	40,0	5,1	0,94	2,93	2,56	0,100	0,860	10,42	89,58	
I. 26.	○	170	9 000	150	1,67	46,7	50,0	-3,3	0,62	3,05	3,02	0,061	0,948	6,05	94,95	Hó a jégén
I. 27.	○	180	5 680	550	9,69	61,4	63,0	-1,6	0,40	4,65	4,98	0,229	0,255	47,31	52,69	
I. 31.	○	256	9 520	320	3,36	61,5	62,3	-0,8	0,40	4,68	4,80	0,079	0,331	19,27	80,73	
II. 1.	●	250	—	—	—	—	72,0	—	0,28	—	7,01	—	—	—	—	
II. 2.	○	280	6 320	10	0,16	72,0	70,9	1,1	0,29	7,01	6,70	0,002	0,249	0,73	99,27	Hó elolvadt
II. 7.	●	270	6 422	218	3,41	59,1	73,6	-14,5	0,26	4,35	7,10	0,052	0,204	20,31	79,69	
II. 13.	○	190	4 230	370	8,75	56,6	56,2	2,4	0,49	4,25	4,00	0,250	0,330	43,17	56,83	Jég elment
II. 14.	○	160	12 320	1 490	12,31	61,5	56,2	5,3	0,51	4,68	4,00	0,368	0,293	55,70	44,30	
II. 15.	○	220	12 220	1 460	12,07	65,7	65,7	0,0	0,35	5,40	5,40	0,248	0,195	56,00	44,00	
II. 16.	○	190	10 830	1 370	12,65	64,9	62,9	2,0	0,40	5,29	4,95	0,299	0,220	57,61	42,39	
II. 17.	○	165	14 200	1 000	8,73	60,6	46,7	13,9	0,72	4,55	3,05	0,371	0,504	42,38	57,62	
II. 19.	○	160	14 900	2 570	17,25	61,5	43,5	2,0	0,82	4,68	5,04	0,835	0,372	69,18	30,82	
II. 21.	●	155	9 200	710	7,47	57,2	54,5	2,7	0,53	4,08	3,81	0,234	0,383	37,86	62,14	
II. 23.	●	150	4 400	200	4,55	53,5	—	—	0,56	3,66	—	0,150	0,455	24,79	75,81	8 ^h
II. 23.	●	160	8 560	460	5,37	58,5	—	—	0,47	4,25	—	0,149	0,365	28,99	71,01	10 ^h
II. 23.	●	160	9 330	340	3,64	57,3	—	—	0,48	4,13	—	0,103	0,398	20,56	79,44	12 ^h
II. 23.	●	160	8 560	400	4,67	54,6	—	—	0,55	3,77	—	0,152	0,444	27,84	72,16	14 ^h
II. 23.	●	160	1 110	36	3,24	47,0	—	—	0,72	3,11	—	0,138	0,621	11,61	88,39	16 ^h
II. 28.	○	160	8 250	910	11,03	60,0	—	—	0,44	4,49	—	0,286	0,267	51,72	48,28	8 ^h
II. 28.	○	160	16 400	1 380	8,41	61,3	—	—	0,42	4,63	—	0,208	0,286	42,10	57,90	10 ^h
II. 28.	○	160	23 000	1 300	5,65	64,3	—	—	0,37	5,16	—	0,123	0,279	30,60	69,40	12 ^h
II. 28.	○	160	13 520	980	6,80	57,8	—	—	0,48	4,12	—	0,193	0,353	35,35	64,65	14 ^h
II. 28.	○	160	2 230	60	2,69	34,5	—	—	1,13	2,20	—	0,179	1,010	15,05	84,95	16 ^h
III. 2.	○	80	23 200	4770	19,27	44,8	32,0	12,8	1,27	2,90	2,03	1,444	0,517	73,64	26,36	
III. 10.	○	85	26 200	3760	15,67	46,9	19,5	27,4	2,00	3,06	1,42	1,849	1,045	63,89	36,11	

Jelmagyarázat a 8. táblázathoz

Dátum = mérés időpontja

Eg = felhőzet mértéke. 1. ○ = derült idő, napsütés; 2. ☉ = derült ég, fátyolos napsütés; 3. ☁ = változó felhőzet; 4. ● = borult ég; 5. ⊙ = köd

A = Secchi-koronggal mért átlátszóság cm-ben

Lux 0m = a víz felületén vízszintesen mérhető fényintenzitás

1 Lux = a fényintenzitás egysége = 1/84 000 cal/cm²/min

Vízf. = vízfény Lux-ban

$$R \% = \text{a vízfény hány \% - a beeső fénynek} = \frac{I_{\text{vízf}} \cdot 100}{I_{\text{beeső fény}}} = \frac{100 \text{ vízf}}{\text{Lux 0 m}}$$

$$T_k = \text{transzmissziós koefficiens} = \frac{100 I_m + 1}{I_m}$$

T_{kc} = Fényelemmel mért és a Balatonban a természetes környezetben meghatározott fényáteresztő képesség

T_{ks} = stufóval a laboratóriumban, merített vízmintában meghatározott transzmissziós koefficiens

β_v = Bunsen-féle vertikális extinkciós koefficiens = $2 - \log T_k$

$1/\beta_v$ = Bunsen-féle vertikális extinkciós koefficiens reciprok értéke = az a vízmélység m-ben, ahová a beeső fénynek még 10% -a jut le

$1/\beta_{vc}$ = $1/\beta_v$, fényelemmel mérve

$1/\beta_{vs}$ = $1/\beta_v$, stufóval mérve

$$k = \text{Whitney-féle totális extinkciós koefficiens} = a_w + \frac{s_w}{2} + a_p + \frac{s_p}{2}$$

a_w = a vízre vonatkoztatott abszorpciós koefficiens

s_w = a vízre vonatkoztatott visszaverődési koefficiens

$$a_p = \text{a lebegő részekre vonatkoztatott abszorpciós koefficiens} = \frac{100 s_p}{P_s} - s_p = k(1 + F^{(b)} R/2) - 0,03 - s_p$$

s_p = a lebegő részekre vonatkoztatott visszaverődési koefficiens = $F^{(b)} \cdot k \cdot R$

$$P_s = \text{a lebegő részektől visszaverődő fény \% - a} = \frac{F^{(b)} \cdot k \cdot R}{k[1 + F^{(b)} \cdot R/2] - 0,03} = \frac{100 s_p}{a_p + s_p}$$

P_a = a lebegő részekről elnyelt fény \% - a = $100 - P_s$

$F^{(b)}$ = 5,9, ha a napfény és égfény közepes úthossza 118-ra tehető. Számításainknál ezt az értéket vettük alapul

+K = Sauberer-féle optikai jellemző. Ez egy háromjegyű szám, melynek első számjegye 4000 Å mellett adja meg a víz T_k -jének 10% -át, a 2. és 3. számjegy az 5000, ill. 6000 Å hullámhosszú fényre vonatkozik

Erklärung zur Tabelle 8

Datum = Zeitpunkt der Messung,

Eg = Mass der Bewölkung 1. ○ = heiter, Sonnenschein; 2. ○ = wolzig; 3. ☁ = wächselnde Bewölkung; 4. ● = bedeckt; 5. ⊙ = Nebel,

A = Secchi-Durchsichtigkeit in cm,

Lux 0m = Die an der Wasseroberfläche horizontal gemessene Lichtintensität,

1 Lux = Einheit der Lichtintensität = 1/84 000 cal/cm²/min,

Vízf. = Unterlicht in Lux

$$R \% = \text{Unterlicht in \% des einfallenden Lichtes} = \frac{I_{\text{Unterlicht}} \cdot 100}{I_{\text{einfallendes Licht}}} = \frac{100 \text{ Unterlicht}}{\text{Lux 0m}}$$

$$T_k = \text{Transmissionskoeffizient} = \frac{100 I + 1}{I_m}$$

T_{kc} = Wasserdurchsichtigkeit des Balaton bestimmt mit Photozelle, in natürlicher Umgebung,

T_{ks} = Transmissionskoeffizient bestimmt im Laboratorium mit Stufenphotometer, in einer geschöpften Wasserprobe,

β_v = Vertikale Extinktionskoeffizient nach Bunsen = $2 - \log T_k$,

$1/\beta_v$ = Reziproker Wert des Extinktionskoeffizienten nach Bunsen = jene Tiefe des Wassers, wohin 10% des einfallenden Lichtes eindringt

$1/\beta_{vc}$ = $1/\beta_v$, gemessen mit Photozelle,

$1/\beta_{vs} = 1/\beta_v$, bestimmt mit Pulfrich-Stufenphotometer,

$k =$ Totale Extinktionskoeffizient nach Whitney $= a_w + \frac{s_w}{2} + a_p + \frac{s_p}{2}$,

$a_w =$ Absorbtionskoeffizient auf Wasser gerechnet,

$s_w =$ Reflexionskoeffizient auf Wasser gerechnet,

$a_p =$ Absorbtionskoeffizient auf schwebende Teilchen gerechnet $=$

$$\frac{100 s_p}{P_s} - s_p - k(1 + F_{(b)} R/2) - 0.03 - s_p.$$

$P_s =$ % des von den schwebenden Teilchen reflektierten Lichtes $=$

$$= \frac{F_{(b)} \cdot k \cdot R}{k(1 + F_{(b)} \cdot R/2) - 0.03} = \frac{100 s_p}{a_p + s_p}$$

$P_a =$ % des von schwebenden Partikelchen absorbierten Lichtes $= 100 - P_s$.

$F_{(b)} = 5,9$, imfalle die mittlere Weglänge der Sonnenstrahlung und Himmelstrahlung auf 118 cm gestellt werden kann.

+K = Sauberere optische Wert der Gewässer. Eine dreiziffrige Zahl, dessen erste Ziffer 10% des T_k -Wertes bei 4000 Å, zweite Ziffer bei 5000, und dritte Ziffer bei 6000 Å Wellenlänge angibt.

9. táblázat — Tabelle 9

Fénymérés színszűrőkkel a szokásos gyűjtőhelyen, az intézet előtt 300 m-re a nyílt vízen

		BG 12	VG 9	GG 7	RG 2	O	Lux Om
II. 16. 12 ¹⁵	%	9,2	21,4	66,6	2,8	100	10 830
	Lux 3 m	339	791	2465	105	3050	
Ég	d%	10,6	34,8	32,9	15,5	28,2	
Szél 2—3 W	T_{kc}	47,8	71,1	69,9	54,2	64,9	
Secchi 190	$1/\beta_v$	3,12	6,76	6,43	3,562	5,33	
II. 17. 12 ¹⁵	%	7,5	18,7	73,2	0,7	100	14 200
	Lux 3 m	157	394	1542	14	2220	
Ég	d%	6,1	16,0	22,8	2	15,6	
Szél 2 W	T_{kc}	38,3	54,6	60,7	35,9	60,6	
Secchi 170	$1/\beta_v$	2,50	3,81	4,61	2,25	4,60	
II. 19. 13 ⁰⁰	%	9,7	17,3	72,5	0,5	100	14 900
	Lux 3 m	339	606	2535	18	3498	
Ég	d%	8,3	16,8	28,4	1,9	24,0	
Szél 3 W	T_{kc}	43,8	54,7	66,4	41,3	61,5	
Secchi 160	$1/\beta_v$	2,79	3,82	5,62	2,60	4,74	
II. 21. 14 ⁵	%	4,7	21,9	73,0	0,4	100	9 200
	Lux 3 m	70	330	1098	6,7	1505	
Ég	d%	3,4	18,2	22,2	1,8	17,0	
Szél 2.5 W	T_{kc}	35,4	56,7	62,7	26,2	57,2	
Secchi 155	$1/\beta_v$	2,22	4,06	4,93	1,72	4,12	
III. 10. 11 ³⁰	%	5,6	21,5	70,6	2,3	100	26 200
	Lux 3 m	187	717	2351	77	2706	
Ég	d%	3,1	11,7	13,7	3,5	10,3	
Szél 2.2 S	T_{kc}	31,4	48,2	52,2	34,2	47,0	
Secchi 85	$1/\beta_v$	1,99	3,15	3,54	2,15	3,05	

BG 12 = kék SCHOTT-szűrő; VG 9 = zöld SCHOTT-szűrő; GG 7 = sárga SCHOTT-szűrő; RG 2 = vörös SCHOTT szűrő

hogy belőlük a tó vizének optikai tulajdonságait a különböző fényhullám-hosszak tekintetbe vételével jellemezzük, máris kitűnik az eddigiek alapján, hogy a Balatonvíz K értéke — vagyis a SAUBERER-féle optikai jellemző* —

10. táblázat — Tabelle 10

Különböző állóvizek fényáteresztőképességének összehasonlítása

	d% 1 m			d% 2 m			d% 3 m		
	max.	min.	$\frac{\text{max.}}{\text{min.}}$	max.	min.	$\frac{\text{max.}}{\text{min.}}$	max.	min.	$\frac{\text{max.}}{\text{min.}}$
Balatonnyílt víz	87,8	3,8	23,1	54,4	0,21	259	34,7	$1 \cdot 10^{-4}$	$347 \cdot 10^3$
Balaton sekély víz	80	$14 \cdot 10^{-3}$	$5,7 \cdot 10^3$						
Bikalegelő-tó	8	$1 \cdot 10^{-35}$	$8,0 \cdot 10^{35}$						
Lake Erie	65	6	10,8	52	0,6	86,6	41	$49 \cdot 10^{-3}$	837
Lake Mendota	0	2,1	14,2	17	3,4	5	11,2	1,1	10,2
Lago Maggiore	88	69	1,3	75,7	47,6	1,6	65,9	32,9	1,7

éppen a zavarosság nagymértékű ingadozása következtében erősen változik. FELFÖLDY—KALKÓ adataiból kiszámítva a K érték 1957 augusztusában kb. 233, októberben a „tisztá” vízben 243, a „szőke vízben” 010 volt. Saját adataink szerint februárban, tiszta vízben 576-ra volt tehető ez az érték, mely azonban már egyetlen erős szél hatására erősen lecsökken (pl. március 2-án 354 volt). Ezekből nyilvánvaló, hogy a SAUBERER-féle K érték a Balaton optikai jellemzésére általánosságban nem alkalmas, legfeljebb bizonyos vízzavarossági viszonyok vagy folyamatok jellemzésére használható fel.

8. ábra. Néhány tó fényviszonyainak összehasonlítása. Abszcissza: d%. Ordináta: Vízmélység m. Vastag vonalak = maximális értékek; vékony vonalak = minimális értékek.

- = Balaton, mélyvíz (szerző adatai)
- = Balaton, sekély víz (szerző adatai)
- = Bikalegelő-tó (DVIHALLY 1958 nyomán)
- = Erie-tó (CHANDLER 1942 nyomán)
- = Lake Mendota (BIRGE és JUDAY 1928—1932 nyomán)
- = Fertő-tó (SAUBERER 1953 nyomán)
- = Lago Maggiore (VOLLENWEIDER 1956 nyomán)

O = szűrő nélkül; V = zöld szűrővel; B = kék szűrővel; R = vörös szűrővel

Abb. 8. Vergleichung der Lichtverhältnisse einiger Seen. Abszisse: d%; Ordinate: Wassertiefe in m.

Dicke Striche: Maximalwerte; dünne Striche: Minimalwerte.

- Balaton, tiefes Wasser (Angaben der Verfasser);
- Balaton, seichtes Wasser (Angaben der Verfasser);
- Bikalegelő-See (nach DVIHALLY 1958);
- Erie-See (nach CHANDLER 1942);
- Lake Mendota (nach BIRGE und JUDAY 1928—1932);
- Neusiedler-See (nach SAUBERER 1953);
- Lago Maggiore (nach VOLLENWEIDER 1956);

O = ohne Filter; V = mit grünem Filter; B = mit blauem Lichtfilter; R = mit rotem Lichtfilter.

* A Sauberer-féle K-érték 1. táblázatmagyarázat.

6. A Balaton és néhány más állóvíz fényáteresztőképességének összehasonlítása

A balatoni adatokat összehasonlítottuk egy alföldi egészen sekély (maximális mélység 1 m) szikes víz, a Bikalegelő-tó (DVIHALLY 1958) és az Erie-tó nyugati részének aránylag sekély (maximális mélység 16 m), a szél által felkavarodó vizének adataival (CHANDLER 1942), a Fertő-tó adataival (SAUBERER 1953), továbbá egy kis tó, a Lake Mendota (BIRGE és JUDAY 1929, 1930, 1931, 1932) és a mélyvízű és nagyvízfelületű Lago Maggiore adataival (VOLLENWEIDER 1956).

Az összehasonlításból (8. ábra és 10. táblázat) kitűnik, hogy a maximális fényáteresztőképesség és a vízmélység között nincsen feltétlen egyenes összefüggés, noha a mélyebb tavak vizében a $d\%$ értékek általában magasabbak mint a sekély tavakban. Az átlátszóság maximális értékeinek kialakulásában a mélység mellett a víz kemizmusa és a plankton is fontos szerepet játszik. Az átlátszóság erős csökkenését és így a minimális $d\%$ értékek kialakulását azonban döntően a vízmélység befolyásolja. A sekély vizeket — kellő nagyságú vízfelület esetén — a szél fenekestől felforgatja. A felzavarodás — azonos fenéküledék mellett — a vízmélység csökkenésével arányosan csökken. A vizsgált vizek közül legkisebb a zavarosság a mélyvízű Lago Maggioreban (1 m mélységben a $d\%=69$). Már egy nagyságrenddel erősebb az Erie-tó 10–16 m mélységű nyugati felében (1 m mélységben a $d\%=6$). Ehhez hasonló a Balaton, ahol a mély vízben a mért legerősebb zavarosság — vagyis a legkisebb fényáteresztőképesség — a nyílt vízben 3,8; sekély vízben azonban ennél sokkal szélsőségesebb értékeket kapunk (1 m mélységben egy alkalommal pl. $d\%=1,4 \times 10^{-2}$ volt). Az összehasonlító anyagban a legerősebb zavarosság azonban egy sekély alföldi szikes vízben, a Bikalegelő-tóban volt mérhető (1 m mélységben $d\%=1,10^{-35}$), ahol gyakorlatilag csupán néhány cm mélységbe hatolt le mérhető mennyiségű fény. Ebből az is következik, hogy a mélyvízű tavakban a maximális és minimális fény mennyiségnek hányadosa kicsi (pl. Lago Maggioreban 1,3). A sekélyebb vizekben ez az érték nő és maximális értékeket az egészen sekélyvízű, szikes tócsákban érhet el (pl. 8.10³⁵).

A 8. ábrából az is kitűnik, hogy milyen széles skálán változik a Balaton-víz fényáteresztőképessége, mely megközelíti, sőt esetleg el is érheti a Lago Maggiore átlátszóságát. Ugyanakkor a Balaton sekély vízterületén a víz erős viharban megközelíti a legzavarosabb szikes vizek rendkívül alacsony fényáteresztő képességét. A Balaton nyílt vizének fényviszonyai emlékeztetnek az Erie-tóban talált viszonyokra (CHANDLER 1942), de valószínűleg nagyon emlékeztetnek a Fertő-tó optikai tulajdonságaira (SAUBERER 1953).

Befejezésül köszönetünket fejezzük ki mindazoknak, akik munkánk folyamán segítségünkre voltak. Külön ki kell emelnünk BOSKÓ SAROLTA gimnáziumi tanulót, aki a nyári méréseknél és meghatározásoknál közel két hónapon át szorgalmas munkával segített önzetlenül vizsgálatainkban, FENYVESI KÁROLY intézeti asszisztenst, aki a helyi meteorológiai megfigyelő-állomás adatait volt szíves rendelkezésünkre bocsátani és azok felhasználásánál volt segítségünkre, Baranyai Ferenc és Dobos Gyula intézeti laboránsokat, akik derekasan közreműködtek fáradságos és nem egyszer komoly veszélyt jelentő terepmunkánknál.

Összefoglalás

A Balaton optikai tulajdonságainak pontos megismerése igen fontos az elsődleges termelés, a Balaton feliszapolódása és általában a tavi élet problémáinak tisztázása szempontjából. Méréseinket a terepen SECCHI-koronggal és fotocellával, a laboratóriumban pedig PULFRICH-féle stufenfotométerrel (stufóval) és meritett minták ülepitésével végeztük. Az eredmények megerősítették a Balaton-víz erős optikai labilitására vonatkozó eddigi megállapításokat (ENTZ 1949—1950, FELFÖLDY és KALKÓ 1958, GÄRTNER 1929, LUDÁNY és PÁTER 1929 és ULLYOTT és KNIGHT 1938), továbbá azt, hogy a tóvíz fényáteresztőképességét döntően a vízben lebegő szeszton (túlnyomórészt abioszeszton) befolyásolja. A méréseket két időszakban, nyáron (1960 június 27 és szeptember 12. között) (1—2. és 3. táblázat) és késő ősszel, illetőleg a tél folyamán végeztük (1960 december 1-től 1961 március 10-ig; 4—6. táblázat).

A Balaton-víz átlátszóságának a csökkenését döntően a szél (2. és 5. ábra), illetőleg a szél okozta hullámozás — annak erőssége és tartóssága — és a vízmélység (4. ábra és 2. táblázat) befolyásolják. Már egészen gyenge szél (1—2 m/sec) okozta hullámozás is csökkenti a víz átlátszóságát, a 4 m/sec-os szélerősség csupán olyan körülményeket teremt, melyek ha huzamos ideig tartanak, a tóvíz szemmel jól látható, hirtelen felzavarodásához vezetnek. Sekély vízben már egészen enyhe szél is igen erős zavarosságot idézhet elő. Erős vihar hatására nem csupán a zavarosságot előidéző felkavart iszapszemecskék száma növekedik, hanem az iszapszemecskék fel is aprózódnak, ami a zavarosságot tovább fokozza.

A szélhatás és a vízmélység következtében „tisztá” vízü és „zavaros” vagy „szóke” vízü párszáz váltakozhatnak a Balatonban (4. táblázat). A Balaton-víz letisztulását a szél és a vízmélység mellett valószínűleg a fényviszonyok is befolyásolják. Hirtelen vihar után gyakran igen gyors az ülepedés. Már kis szél erősen lassítja a víz letisztulását, de tartós széleszélben is csak akkor gyors a víz tisztulása, ha napsütéses idő uralkodik. Boros, ködös időben a víz sokáig egészen „tejszerű”-en zavaros maradhat. A közvetlen napfény direkt vagy indirekt úton a felkavart iszaprézecskek (kolloidális iszap-szól) pelyhesedését mozdíthatja elő, ami gyors ülepedést eredményez. Az ülepedés menetében tél és nyár között lényeges különbséget megállapítani nem sikerült (8. táblázat). Csupán hóborította jég alatt figyeltük meg, hogy a lebegő részek mennyiségi csökkenése mellett minőségi változás is bekövetkezhet. A sósavval oldható részek (jórészt biogén mész) csaknem eltűntek a vízből, valószínűleg az asszimilációs folyamatok gátlása következtében. Ekkor feltehetően megszűnt a tó vizére különben jellemző biogén mészkiválás, és a tartós sötétségben a már kivált lebegő mész oldódása következett be (6. ábra). Ez a jelenség analóg a nádasok belsejében bekövetkező vitzisztulással.

Horizontálisan a Balaton-víz zavarossága — a Zalatoroktól és a beömlő többi víz torkolatától eltekintve — lényeges eltérést nem mutat (3. ábra).

A Balaton fényklímája a víz erős zavarossága következtében egészen eltér a hőklímájától. Attól eltekintve, hogy pl. 1960 júliusában a normálisnál jóval kevesebb, 1961 februárjában pedig jóval több fény érte a tó felszínét, a vízben 1 m-nél nagyobb mélységben télen átlagban abszolút értelemben is több, sőt lényegesen több fény hatol le mint nyáron (7. ábra és 7.

táblázat). Ennek magyarázatát a nyári szeles időjárás okozta gyakori vízfelzavarodás, illetőleg a téli csendesebb, sőt a jég alatt szinte mozdulatlan vízviszonyokban kell keresnünk.

A Balaton zavaros vizében igen erős a vízfény, mely a beeső fény 25%-át is meghaladhatja. Az erős zavarosság igen erős fényszóródást okozhat, ami a mélyebb vízrétegekben a zavaros vízben különös fényviszonyok kialakulására vezethet. A transzmissziós koefficiens mellett — mely a lebegő részek mennyiségéről is tájékoztatást nyújt — a terepen található tényleges, tehát biológiailag hatásos fényviszonyok megismerésére vízalatti fotocellás méréseket is végeztünk (1. ábra). A mérési adatokból a víz számos optikai jellemző állandóját is kiszámítottuk (8. táblázat).

Szinszűrőkkel is végeztünk méréseket (5. táblázat), melyek ugyan tájékozódó jellegűek voltak, de belőlük máris megállapítható volt, hogy a SAUBERER-féle optikai jellemző, a K érték a Balaton-víz általános optikai jellemzésére nem alkalmas.

Összehasonlítva a Balaton és — irodalmi adatok alapján — más állóvizek optikai tulajdonságait (8. ábra) kitűnt, hogy a tavak minimális fényáteresztő képességét döntően azok mélysége befolyásolja. Sekély vizekben esetleg csak néhány cm-re hatol le mérhető mennyiségű fény, míg mélyvízű tavakban még 5—10 m mélyen is mindig jelentős fényerő mérhető. A mérhető maximális és minimális fény, illetőleg a d% aránya mély tavakban a nyílt vizen alig 1—2, a szél által felkeveredő, de 3 m-nél mélyebb vizekben 10—30, míg ugyanazon tavak 2 m-nél sekélyebb részein és sekélyvízű kis tavakban (különösen szikes vizekben) óriási értékeket érhet el (10. táblázat).

IRODALOM

- ANDREWS, T. F. (1948): Temporary changes of certain limnological conditions in western Lake Erie produced by windstorm. — *Ecol.* **29**, 501—505.
- BACSÓ N.—KAKAS J.—TAKÁCS L. (1953): Magyarország éghajlata. *Budapest*.
- BERGER, F. (1958): Über die Ursache des Oberflächeneffekts bei Lichtmessungen unter Wasser. — *Wetter und Leben* **10**, 164—170.
- BIRGE, E. A. and CH. JUDAY (1929): Transmission of solar radiation by the waters of inland lakes. — *Trans. Wisc. Acad. Sci.* **24**, 509—580.
- BIRGE, E. A. and CH. JUDAY (1930): A second report on solar radiation and inland lakes. — *Trans. Wisc. Acad. Sci.* **24**, 285—335.
- BIRGE, E. A. and CH. JUDAY (1931): A third report on solar radiation and inland lakes. — *Trans. Wisc. Acad. Sci.* **26**, 383—425.
- BIRGE, E. A. and CH. JUDAY (1932): Solar radiation and inland lakes. Fourth report. Observations of 1931. — *Trans. Wisc. Acad. Sci.* **27**, 523—562.
- CHANDLER, D. C. (1942): Limnological studies of Western Lake Erie. II. Light penetration and its relation to turbidity. — *Ecol.* **23**, 41—52.
- CHOLNOKY J. (1900): A Balaton szintüneményei. — *A Balaton Tudományos Tanulmányozásának Eredményei I.* **5**, II. 1—58.
- DVIHALLY, Zs. T. (1958): Untersuchungen der selektiven Lichtabsorption in Natrongewässern vom Gesichtspunkt der Produktionsbiologie. — *Acta Biol. Acad. Sci. Hung.* **2**, 347—359.
- ENTZ, B. (1949—50): Some physical and chemical conditions of the water of Lake Balaton, investigated from Sept. 1948 to Apr. 1949. (Temperature, transparency, dissolved oxygen, pH and organic substances). — *Annal. Biol. Tihany* **19**, 69—81.
- ENTZ, G.† und O. SEBESTYÉN (1946): Das Leben des Balaton-Sees. — *Magy. Biol. Kut. Munk.* **16**, 179—411.
- FELFÖLDY L.—F. KALKÓ Zs. (1958): A vízalatti fényviszonyok és a fotoszintézis összefüggése a Balatonban 1957 nyarán. — *Annal. Biol. Tihany* **25**, 303—329.

- GÄRTNER I. (1929): A Balaton vizének zavarossága. — *Magy. Biol. Kut. Munk.* **2**, 186—191.
- HUTCHINSON, G. E. (1957): A treatise on Limnology. I. XII + 1—1015. *New York—London J. Wiley & Sons.*
- JERLOW, W. G. (1951): Optical studies of ocean waters. — Rep. swedish Deep Sea Expedition. Albatros III.
- KONOK I. (1961): Studies on the light- and dark-adaptation of the colour of the crayfish *Astacus leptodactylus* Eschscholz (Decapodes) controlled by the secretory activity of the central nervous system. *Annal. Biol. Tihany* **28**.
- LUDÁNY Gy. és PÁTER J. (1929): Fotometriás mérések a Balaton vizeben. — *Magy. Biol. Kut. Munk.* **2**, 174—179.
- MÜLLER S. (1929): A Balaton vizének vegyelemzése. — *Magy. Biol. Kut. Munk.* **2**, 145—156.
- SAUBERER, F. (1953): Der Wind-Einfluss auf die Trübung des Neusiedlersees. — *Wetter und Leben*. **5**, 200—203.
- SAUBERER, F. und A. SAUBERER (1945): Beiträge zur Kenntnis der optischen Eigenschaften der Kärntner Seen. — *Arch. Hydrobiol.* **41**, 259—314.
- SAUBERER, F. und O. HÄRTEL (1959): Pflanze und Strahlung. — *Leipzig, Akad. Vlg. Geest u. Portig.* IX. + 1—268.
- SCHMITZ, W. (1960): Lichtmessungen in Fließgewässern des deutschen und österreichischen Donaugebietes. — *Wetter und Leben* **12**, 323—340.
- SIEBECK, O. (1960): Untersuchungen über die Vertikalwanderung planktischer Crustaceen unter Berücksichtigung der Strahlungsverhältnisse. — *Int. Revue Ges. Hydrobiol.* **45**, 381—454.
- SIMON J. (1960): Beszámoló a Balaton-menti globálsugárázmérésekről. — *Orsz. Meteorológiai Int. Hiv. Kiadv.* **23**, 82—86.
- STEINHAUSER, F. (1939): Die Zunahme der Intensität der Sonnenstrahlung mit der Höhe im Alpengebiet und die Verteilung der Trübung in den unteren Luftschichten. — *Met. Z.* **56**, 172. (cit. ap. SAUBERER—HÄRTEL 1959).
- STELCZER K. (1961): Szóbeli közl.
- TASS A. és WODETZKY J. (1931): Stella csillagászati Egyesületek Almanachja 1931-re. *Budapest.* 1—424.
- ULLYOTT, P. and F. C. E. KNIGHT (1938): Light penetration into Lake Balaton. — *Magy. Biol. Kut. Munk.* **10**, 254—268.
- VOLLENWEIDER, R. A. (1956): Das Strahlungsklima des Lago Maggiore und seine Bedeutung für die Photosynthese des Phytoplanktons. — *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* **9**, 293—362.
- WHITNEY, L. V. (1938): Microstratification of inland lakes. — *Trans. Wisc. Acad. Sci.* **31**, 155—173.
- WHITNEY, L. V. (1938a): Transmission of solar energy and the scattering produced by suspensoids in lake waters. — *Trans. Wisc. Acad. Sci.* **31**, 201—221.

ANGABEN ZUR KENNTNIS DES LICHTKLIMAS DES BALATON
(Über die Ursache der Wassertrüben und deren Auswirkungen)

Béla Entz und E. Margit Füllinger

Zusammenfassung

Vom Standpunkt der primären Produktion, weiters zur Erklärung der Auffüllung des Balaton und im allgemeinen zur Bereinigung der verschiedenen Probleme des Seelebens ist ein genaues Erkennen der optischen Eigenschaften des Balaton äußerst wichtig. Wir haben unsere Messungen im Gelände mit der Secchi-Scheibe und Photozelle, im Laboratorium mit einem PULFRICH-Stufenphotometer (Stufo) und durch Sedimentierung aus dem See geschöpfter Proben gemessen. Die Ergebnisse haben die auf eine starke optische Labilität des Balatonwassers hinweisenden bisherigen Feststellungen (von ENTZ, 1949—50; FELFÖLDY et KALKÓ, 1958; GÄRTNER, 1929; LUDÁNY et PÁTER, 1929; endlich ULLYOTT et KNIGHT, 1938) bekräftigt, weiters auch die Feststellung erhärtet,

daß das im Wasser schwebende Seston (größtenteils Abioseston) die Lichtdurchlässigkeit des Seewassers weitgehend beeinflusst. Die Messungen wurden von uns in zwei Zeitperioden, und zwar im Sommer (zwischen dem 27. Juni 1960 und dem 12. September 1960) (siehe *Tabelle 1.*, 2. und 3.) und im Spätherbst bzw. im Laufe des Winters (vom 1. Dezember 1960 bis 10. März 1961) (siehe *Tabellen 4.*, 5. und 6.) durchgeführt.

Die Herabminderung der Durchsichtigkeit des Balatonwassers wird durch den Wind (siehe *Abb. 2* und *5*) beziehungsweise durch den vom Wind verursachten Wellengang und zwar durch dessen Stärke und Dauer, sowie durch die Tiefe des Wassers (siehe *Abb. 4* und *Tabelle 2*) entscheidend beeinflusst. Bereits ein durch einen ganz schwachen Windzug (1–2 m/sec) verursachter Wellengang mindert die Durchsichtigkeit des Wassers herab, eine Windstärke von 4 m/sec hat, — wenn sie längere Zeit andauert, — die Wirkung, daß das Seewasser mit freiem Auge recht gut wahrnehmbare, plötzliche Trübung erfährt. In seichtem Wasser kann bereits ein ganz schwacher Wind starke Trübung verursachen. Über Wirkung eines starken Sturmes steigert sich nicht bloß die Anzahl der die Trübung hervorbringenden, aufgewirbelten Schlammteilchen, sondern diese werden auch zerrieben und zerkleinert, welcher Umstand die Trübung nur noch steigert.

Infolge der Windwirkung und der Wassertiefe lassen sich im Balaton mehrweniger breite Streifen von »klar reinem« und »getrübtem« (sog. »blondem«) Wasser abwechselnd erkennen (s. *Tabelle 4*). Aber auch die Lichtverhältnisse haben einen wesentlichen Einfluß — nebst der Windwirkung und der Wassertiefe — auf die Abklärung des Wassers im Balaton. Nach einem plötzlichen Sturm ist häufig eine rasche Sedimentierung, ein Sichabsetzen der aufgewirbelten Schlammteilchen zu beobachten. Schon ein geringer Wind hindert die Abklärung des Wassers, doch geht diese auch bei anhaltender Windstille nur dann rascher vor sich, wenn Sonnenlicht vorherrscht. Bei wolkigem, nebligem Wetter kann das Wasser lange Zeit hindurch noch immer »milchartig« trübe verbleiben. Unmittelbares Sonnenlicht kann direkt oder indirekt die aufgewirbelten Schlammteilchen flockig werden lassen, was ein rasches Sichabsetzen derselben bewirkt. Ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Verlauf der Sedimentierung zur Sommersbeziehungsweise Winterszeit konnte nicht festgestellt werden (s. *Tabelle 8*). Bloß unter schneebedecktem Eis konnte beobachtet werden, daß nebst einer quantitativen Verminderung der schwebenden Partikelchen auch eine qualitative Veränderung eintreten kann. Die in Salzsäure löslichen Teilchen (größtenteils biogener Kalk) verschwinden beinahe vollkommen, — vermutlich infolge der Behinderung der Assimilationsprozesse — aus dem Wasser. In diesem Falle hört vermutlich die für das Seewasser sonst charakteristische biogene Kalkausscheidung auf und in der anhaltenden Dunkelheit trat eine Lösung der bereits ausgeschiedenen schwebenden Kalkmengen ein (s. *Abb. 6*).

Dieser Vorgang ist mit der im Innern der Röhrichte sich abspielenden Wasserabklärung analog.

Horizontal zeigt die Trübung des Wassers im Balaton — abgesehen von der Mündung des Zalaflusses und der Einmündung der übrigen Gewässer — keine wesentliche Abweichungen (s. *Abb. 3*).

Das Lichtklima des Balaton weicht zufolge der starken Trübung des Wassers beträchtlich vom Wärmenklima ab. Abgesehen davon, daß z. B. im Juli 1960 beträchtlich weniger, im Februar 1961 wiederum beträchtlich mehr, als normalerweise, Licht die Oberfläche des Sees traf, dringt im Winter im allgemeinen mehr und sogar wesentlich mehr Licht tiefer als 1 m ins Wasser ein, als im Sommer (s. *Abb. 7* und *Tabelle 7.*). Die Erklärung hierfür kann in der durch die im Sommer häufigen Winde verursachte Wassertrübung bzw. in den Winter ruhigen, unter der Eisdecke sozusagen unbeweglichen Wasserverhältnissen gesucht werden.

Im trüben Wasser ist das Unterlicht sehr stark, welche sogar 25% des einfallenden Lichtes übersteigen kann. Die starke Trübung kann recht bedeutende Lichtstreuung verursachen.

Im trüben Wasser haben wir im Laboratorium mit Stufenphotometer zur Bestimmung des Transmissionskoeffizienten Messungen durchgeführt, welche auch über die Mengenverhältnisse der schwebenden Stoffe Auskunft geben. Darüber haben wir an Ort und Stelle zur Feststellung der im Balaton tatsächlich vorhandenen Lichtmenge mit Photozellen Messungen durchgeführt (*Abb. 1*). Aus den Meßergebnissen können etliche optische Charakterzüge des Wassers errechnet werden.

Wir haben auch Messungen mit Lichtfiltern (s. *Tabelle 5.*) vorgenommen, welche Messungen zwar bloß zur Orientierung dienen, aus welchen jedoch bereits festgestellt werden konnte, daß das Sauberersche optische Merkzeichen, der K-Wert, zur allgemeinen optischen Charakterisierung des Balatonwassers nicht geeignet ist.

Bei einer Vergleichung der optischen Eigenschaften des Balatonwassers und — auf Grund von Angaben aus der Literatur — anderer stehender Gewässer (s. *Abb. 8.*) ergab es sich, daß die minimale Lichtdurchlässigkeit der Seen durch ihre Tiefe entscheidend bestimmt wird. In seichte Gewässer mit schlammigen Boden dringt das Licht in meßbaren Mengen eventuell bloß einige cm tief ein, während in tiefen Gewässern auch noch in Tiefen von 5—10 m beträchtliche Lichtstärken gemessen werden können. Die meßbare maximale und minimale Lichtstärke bzw. deren perzentuelles Verhältnis beträgt in tiefen Seen im offenen Wasser kaum 1—2; in, vom Wind aufgewirbelten, jedoch in über 3 m tiefen Gewässern 10—30, wogegen in denselben Seen an seichteren, in solchen mit alkalischem Wasser riesige Werte erreicht werden können (*Tab. 10.*)

Tabelle 1 : Lichtmessungen im Wasser des Balaton vom 27.6. bis zum 3.8.1960, bei Tihany, im offenen Wasser 300 m vor dem Ufer, in der Nähe des Biologischen Forschungsinstitutes

Tabelle 2 : Horizontale Lichtmessungen im Balaton am 4.8.1960 von Tihany bis zur Zala-Mündung

Tabelle 3 : Lichtmessungen an einem stillen Sommertage, am 12.9.1960, an der selben Stelle wie *Tab. 1*

Tabelle 4 : Horizontale Lichtmessungen im Nordostbecken des Balaton zwischen Tihany und Zamárdi zur Zeit eines starken westlichen Sturmes

Tabelle 5 : Lichtmessungen nach Winterstürmen

Tabelle 6 : Lichtmessungen im offenen Balaton-Wasser vom 23.12.1960 bis zum 10.3.1961. Stelle der Messungen wie in *Tab. 1*

Erklärungen der *Tabellen 1—6* siehe noch S. 61

Tabelle 7 : Einige charakteristische Daten des Lichtklimas des Balaton in den Jahren 1960—1961. Mért = gemessen; nap = Tag

Tabelle 8 : Tageszeitliche und jahreszeitliche Schwankung der Lichtdurchlässigkeit und Lichtreflexion des Wasser des Balaton. Siehe noch S. 80

Tabelle 9 : Lichtmessungen mit Farbfilter. Die Messungen wurden an derselben Stelle vorgenommen, wie in *Tab. 1*

Tabelle 10 : Vergleichende Lichtdurchlässigkeit verschiedener stehender Gewässer