

MIKROKLIMAVERHÄLTNISSE DER SODAHALTIGEN TEICHE IM SÜDLICHEN TEIL DER GROSSEN TIEFEBENE

Einleitung

VON
DR. MIHÁLY ANDÓ

Auf dem südlichen Teil der Tiefebene sind auch nach Beendigung der Binnenwasserregulierungs-Arbeiten auf bedeutenden Gebieten ständige und periodische stehende Gewässer vorzufinden, welche bisher wirtschaftlich kaum nützlich gemacht worden sind. Dieses Zurückbleiben ist einerseits darauf zurückzuführen, dass wir die Naturprozesse der zweifelsohne auch für den Menschen nützlichen Wasserbiozönose in zahlreichen Beziehungen noch nicht gebührend kennen, andererseits aber darauf, dass ihre wirtschaftliche Benützung vom praktischen Bedarf bisher nicht gerechtfertigt worden ist. Und doch steht das Leben der ständigen und periodischen Kleinwässer in enger Verbindung mit dem Alltagsleben und der Tätigkeit der Menschen. Wir heben nur die wichtigsten Beziehungen hervor, wie die Möglichkeit der Fischzucht, sowie andere Produkte des Wassers (Schilf, das als Düngemittel und Streu verwendete Laichkraut), ferner die Trinkwasserversorgung, die Anlegung künstlicher Wasserspeicher, den Kühlwasservorrat für Betriebe, die Lagerstätten von Reservaten und die Versorgung balneologischer Aufgaben, usw.

In den hydrographischen Verhältnissen der alkalischen Teiche im südlichen Teil der Tiefebene ist das Klima der bedeutendste Faktor. Die seichten alkalischen Teiche können nämlich in den sommerlichen Trockenperioden möglichenfalls vollständig austrocknen, dagegen nimmt ihre Ausdehnung in regnerischen Jahren bedeutend zu. Das Klima widerspiegelt sich aber nicht nur in den sich gegenwärtig abspielenden hydrologischen Prozessen, sondern es spielt bereits in der Ausbildung der Teiche eine bedeutende Rolle. Die alkalischen Gewässer, die sich in den Vertiefungen des mit Sand und Löss bedeckten Rückens des Gebietes zwischen der Donau und der Theiss herausgebildet haben, erstrecken sich im allgemeinen, der vorherrschenden Windrichtung entsprechend, in nordwestlich — südöstlicher Richtung, und sind durch Deflation entstanden. Die längs der Donau, der Theiss, der Flüsse Körös und Maros, sowie auf dem Lössrücken der Gegend jenseits der Theiss liegenden Teiche befinden sich in den bisher noch nicht aufgeschütteten Flussbetten alter Wasserläufe, welche meistens Flussbettreste von Urflüssen sind (Mäander), (s. *Abbildung 1.*).

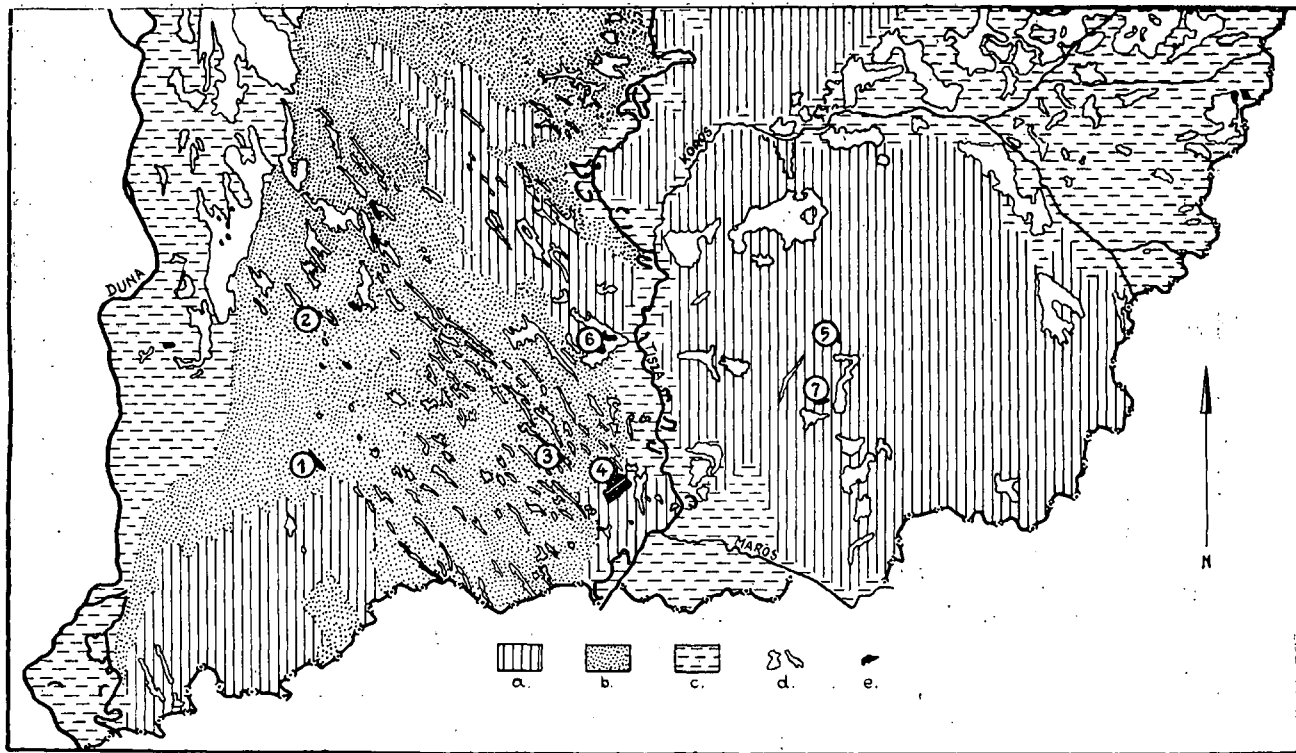


Abb. 1. Oberflächen-Ablagerungen im südlichen Teil der grossen ung. Tiefebene, von periodischen und ständigen Gewässern gedeckte sodahaltige Terrains.
 a) Lössflächen b) Sandflächen c) Alluvien d) periodische Wasserdeckung
 e) ständige Wasserdeckung
 1—7: Ordnungszahlen der untersuchten Teiche: 1. Kunfehér-Teich, 2. Nagybüdös-Teich, 3. Ószeszék-Teich, 4. Szegeder Fehér-Teich, 5. Kakasszék-Teich, 6. Dongér-Teich, 7. Kárdoskuter-Teich.

In Hinsicht auf ihren hydrogeographischen Charakter sind die alkalischen Teiche zumeist seichte stehende Gewässer. Ihre durchschnittliche Tiefe ist unter 1 m und sie erreichen nur selten die Tiefe von 2 m. Ihrer Entwicklung entsprechend befinden sich die Teiche in verschiedenen Stadien, ein grosser Teil von Ihnen wird bereits in den Typus der Moore, Sümpfe, Pfühle und Lachen eingeordnet (10.)

Diese alkalischen Teiche weisen auch in Hinsicht auf ihre Farbe Abweichungen auf, einige sind von weisser, andere dagegen von schwarzer Farbe. Die Ursache der Farbenunterschiede war lange eine Diskussionsfrage. Treitz (14) setzt bei den weissen Teichen Gasaufbrüche im Teichgrund voraus, welche Erscheinung bei den schwarzen Teichen nicht wahrzunehmen ist. Laut Smaroglai (13.) hängt die Wasserfarbe nicht vom Ursprung des Teiches, sondern vom Alkalisierungs-Stadium ab. Nach ihm sind, die weissen Teiche die jüngsten Formationen, bzw. die echten alkalischen Teiche, aus denen sich schwarze Teiche, sodann infolge des Vordringens der Vegetation und der Aufschüttung Sümpfe und später Moore, usw. herausbilden. Zwischen der Farbe der zwei Teichtypen können im südlichen Teil der Ungarischen Tiefebene viele Übergänge beobachtet werden. Öfters ist in demselben Teichbett ein Teil des Teiches schwarz, ein anderer dagegen grauweiss. Zur Klärung dieser Frage muss auch das Klima des Wassers unbedingt untersucht werden, weil zwar auch die Oberflächen-Gewässer unter der Wirkung des für das Gebiet charakteristischen Makroklimas stehen, verfügen sie doch infolge ihres von der Umgebung abweichenden Substrats, auch in Anbetracht ihrer Biozönose über spezifische Verhältnisse. Bei der Wertung der spezifischen Klimaverhältnisse können wir aber auch die allgemeine Makroklimacharakterisierung des Gebietes nicht vermissen.

Klimatische Verhältnisse

Das Klima des südlichen Teiles der ungarischen Tiefebene ist warm-gemässigt kontinental. Die zeitliche und räumliche Verteilung der Lufttemperatur und des Niederschlags ist ziemlich launenhaft. Die Tages- bzw. Jahrestemperatur-Werte zeigen im Landesmassstab die grösste Schwankung in positiver und negativer Richtung. Die mittlere Jahrestemperatur schwankt zwischen 10.5—11.6 °C. Die kälteste und die wärmste mittlere Monatstemperatur mag im Sommer, mit 22—23 °C, im Winter aber mit —2 — —3 °C gekennzeichnet werden. Die mittlere Jahresschwankung der Temperatur beträgt durchschnittlich 25 °C, die Luft erwärmt sich im Sommer manchmal auf +39—40 °C, während im Winter sogar eine Abkühlung von —29 — —30 °C vorkommt. Der starken Erwärmung am Tage folgt eine verhältnismässig starke Abkühlung in der Nacht. Hier zeigt sich, was die Zeit und die Energie anbelangt, die meiste Einstrahlung, aber auch der Ausstrahlungs-Wärmeverlust ist im Laufe eines Tages, sowie während des Jahres hier am grössten. Die durch die starke Einstrahlung hervorgerufene grosse Erwärmung führt hier sogar im Falle eines gleichen absoluten Feuchtigkeitsgehaltes zu

einer kleineren relativen Feuchtigkeit, als im Gebirgsland, oder auf den westlichen Gebieten des Landes. Das Jahr kann auf eine feuchtkalte und eine trocken-warme Periode geteilt werden. Im Winter und im Frühling ist die Verdunstung schwach, im Sommer und im Herbst dagegen sehr bedeutend. Im Sommer ist das Vorkommen einer Dürre von 2—4 Wochen nicht selten. (Tabelle 1.).

Tabelle 1. Trockenperiode. Wahrscheinlichkeit der länger als 5 (A) und 10 Tage (B) dauernden niederschlagsfreien Perioden in % den Jahren 1930—1960, im südlichen Teil der Tiefebene. (Nach den Angaben von VITUKI).*

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
(A)	17	21	28	17	14	17	32	30	39	30	19	20
(B)	4	7	12	5	4	2	11	12	15	11	6	6

* Vízgazdálkodási Tudományos Kutatóintézet (Forschungsinstitut für Wasserversorgung).

Die Menge der Jahresniederschläge beträgt 500—600 mm, welche Summe in Anbetracht der starken Verdunstung auch selbst wenig ist, aber infolge der Niederschlagsverteilung noch ungünstiger wird. Das Gebiet neigt im Sommer zur Dürre, demgegenüber kommen nicht selten Platzregen von hohem Ertrag vor.

Das Klima, welches im obigen kurz und skizzenhaft beschrieben wurde, ruft in den stehenden Gewässern und in deren Umgebung extreme Verhältnisse hervor. Eine seiner wichtigsten Wirkungen besteht darin, dass die alkalischen Teiche sozusagen ausnahmslos astatisch sind. Aber auch die sich in dem Lokal- und Mikroklima zeigenden grossen Unterschiede können auf Kosten dieses Makroklimas geschrieben werden.

Rolle der Strahlung und der Lichtverhältnisse im Klima der Teiche

Im Klima der Teiche und ihrer Umgebung ist die Strahlung einer der wichtigsten Faktoren. Die Verteilung der an die Oberfläche gelangenden Sonnenergie führt zu einer Erwärmung von verschiedenem Wärmegrade, und folglich zu der Herausbildung von differenten Mikroklimaten. Die Kulminationshöhe der Sonne ist im südlichen Teil der Tiefebene — unserer geographischen Lage entsprechend — an der Sommersonnenwende 67.0°, an der Wintersonnenwende 20°. Der berechnete Wert der globalen Bestrahlung macht 104—106 kg/cal/cm²/Jahr aus. Von dieser nimmt an dem Wärmeumsatz der Oberfläche jährlich eine Energiemenge von 80—90 kg/cal/cm² teil. Annähernd 50% dieser entfällt auf die Sommerperiode. (Tabelle 2.).

Tabelle 2. Jahresverteilung der Energie im südlichen Teil der Tiefebene in kg/cal/cm². (In Mitteln, gerechnet aus der globalen Strahlungssumme). (Nach Bacsó—Dobosi.)

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
3,0	4,6	8,1	10,8	14,0	15,2	15,8	13,8	9,4	6,0	2,9	2,0

Der Energieumsatz der Sommerperiode ruft in der Temperatur, in den Lichtverhältnissen und in den Biozöosen der Teiche quantitative und qualitative Änderungen hervor (12). Die Änderung ist besonders in den hydrologischen Verhältnissen beachtenswert. Infolge der starken Verdunstung ist der Wasserverlust manchmal im Sommer derart bedeutend, dass dieser von dem Niederschlag der Jahreszeit nicht ersetzt werden kann (*Tabelle 3/a, 3 b.*)

Tabelle 3/a. Gerechnete mittlere Monatswerte der Verdunstung auf dem Gebiet (A), mit den in je 20 Jahren zu erwartenden maximalen (B) und minimalen (C) Abweichungen in mm, im südlichen Teil der Tiefebene. (Nach den Angaben von VITUKI.)*

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
(A)	7	9	22	48	85	92	91	70	50	26	13	7
(B)	+7	+7	+15	+42	+30	+25	+19	+11	+48	+11	+11	+7
(C)	-7	-7	-13	-28	-37	-73	-77	-69	-47	-9	-9	-5

Tabelle 3/b. Mittlere monatliche Verdunstung der freien Wasserfläche in mm, und der Jahreswert in % im südlichen Teil der Tiefebene (Nach den Angaben von VITUKI.)*

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Jahr
mm	7	10	23	52	91	110	130	104	71	35	10	7	650
%	1,0	1,5	3,6	8,0	14,0	17,0	29,0	16,0	11,0	5,4	1,5	1,0	100,0

* Vízgazdálkodási Tudományos Kutatóintézet (Forschungsinstitut für Wasserversorgung).

Die hochgradige Verdunstung übt einen bedeutenden Einfluss auf die Schwankung der Wasserhöhe der Oberflächengewässer aus. Auf unserem Gebiet beträgt die Menge der Verdunstung im Sommerhalbjahr um 70—120 mm mehr, als die des Niederschlags. Im Falle der Teiche im südlichen Teil der Tiefebene macht die Jahresschwankung 0.5—0.8 m aus. Diese Abnahme der Wasserhöhe meldet sich im Zeitabschnitt von Mitte Juni bis Mitte Oktober. Die während der Sommerperiode erfolgte

grosse Änderung wirkt auch auf andere Naturprozesse des Wasserlebens bedeutend aus. So zB nimmt infolge der Eindampfung des Wassers der Salzkonzentrationsgrad, sowie die Menge sämtlicher schwebenden Stoffe, zu. In den Teichen, deren Tiefe weniger als 1 m beträgt, wächst die Menge sämtlicher gelösten Stoffe von 2.500 mg/lit. zu 4.000 mg/lit. an, (hier ist noch die Mikrofauna der sodahaltigen Gewässer bedeutend), aber infolge der starken Verdunstung kann auch die Austrocknung des Teiches eintreten. Wir können demgegenüber bei den Teichen von grösserer Tiefe (1—2 m) — wegen Mangels an völliger Verdunstung — im allgemeinen nur einen Zuwachs von 2.500—3.000 mg/lit. in der Beziehung sämtlicher gelösten Stoffe beobachten.

In der territorialen Verteilung der an die Oberfläche gelangenden Energie bestehen — infolge der verhältnismässig kleinen Ausdehnung des südlichen Teiles der Tiefebene — keine grosse Unterschiede. Demnach mag behauptet werden, dass die Erwärmung der Teiche und ihre Abkühlung im grossen und ganzen von identischem Verlauf sind. Die stehenden Gewässer frieren im Winter im allgemeinen ein, die seichteren öfters bis auf ihren Grund. Mit dem Erscheinen des Eises können wir Ende November, Anfang Dezember rechnen, manchmal erfolgt aber die Eisbildung bereits im Oktober. Die Periode der Schmelze tritt in der zweiten Hälfte des Monats Februar, und Anfang März ein, kann sich aber auch auf Ende März, Anfang April verschieben.

In mikroklimatischem Sinn können sich bereits kleine Unterschiede in der Sonnenergie in der Beziehung von Strahlung und Oberfläche verschiedene Verhältnisse herausbilden. Die verschiedenen Gesteinmateriale der die Teiche umgebenden Oberfläche und ihre differente Exposition ist vom Standpunkt der Teichwasser-Temperatur nicht gleichgültig. Im südlichen Teil der Tiefebene gelangen — von der Exposition abhängig — differente Energiemengen an die wegen der kleinen Reliefenergie für die Umgebung der Teiche charakteristischen Abhänge mit einem Neigungswinkel von 5—10° *Abbildung 2*. Die verschiedene Energiemenge kommt im Mikroklima der Teichumgebung zum Ausdruck, die abweichende Temperatur wirkt aber auch auf das Klima des Teiches zurück.

Im Falle der Abhänge mit einem Neigungswinkel von 5° kommen die Abhänge von südöstlicher-, südlicher- und südwestlicher Exposition zu einer grösseren Energiemenge, darum sind diese in allen Jahreszeiten — bei Strahlungswetter — verhältnismässig wärmer (14). Im Sommer gelangt in der Zeit des höchsten Sonnenstandes (21,6) um 2—3%, während der Frühlings- und Herbstnachtgleiche (21,3 und 23,9) um 7—8%, in der Zeit des niedrigsten Sonnenstandes im Winter (21, 12) aber eine um 20—24% grössere Energiemenge auf die obenerwähnten Abhänge als auf ebene Flächen. Deshalb sind diese Abhänge im Winter in einer viel günstigeren Lage, als im Sommer. Die östlichen und westlichen Abhänge mit einem Neigungswinkel von 5° werden beinahe einer gleichen Energieversorgung teilhaft, als die ebenen Flächen (kleiner Einfallswinkel, kürzere Beleuchtungsdauer, usw.). An den nördlichen, nordöstlichen

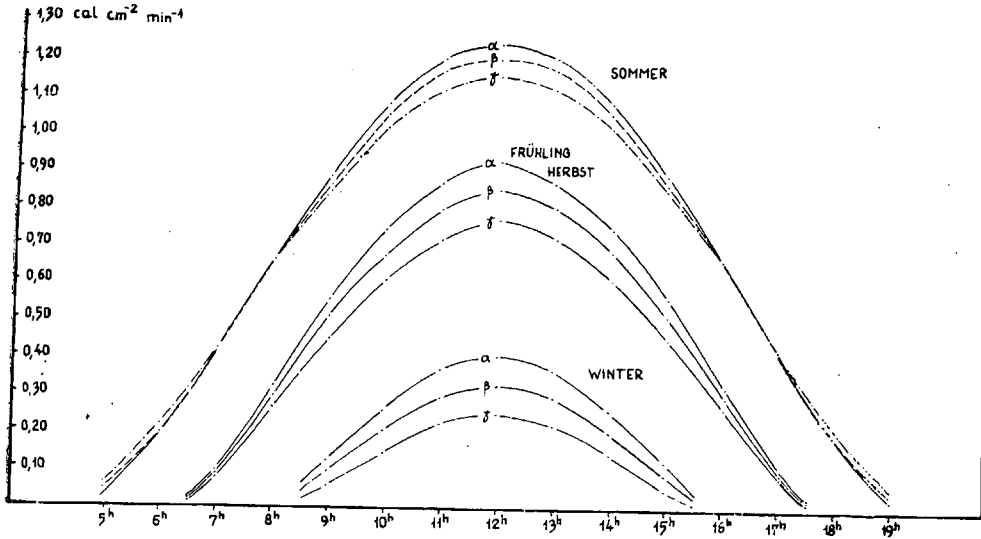


Abb. 2. Verteilung der an die Oberfläche gelangenden Sonnenenergie während der Sommer- und Wintersonnenwende, sowie in der Zeit des Äquinoktiums, im südlichen Teil der gr. ung. Tiefebene.
 α = am südlich exponierten Abhang von 5° β = an ebener Fläche γ = am nördlich exponierten Abhang von 5° .

und nordwestlichen Abhängen ist die Energiemenge noch kleiner. Ein, vom Standpunkt des Mikroklimas wesentlicher Temperatur-Unterschied besteht nur im Sommer, die Differenz mag jedoch in kleinerem Masse auch in den übrigen Jahreszeiten wahrgenommen werden.

Im Klima der Gewässer ist ausser der räumlichen Verteilung der Sonnenergie auch die Strahlungsdauer ein wichtiger Faktor. In unserem Land ist die Summe der Stundenzahl der Sonnenstrahlung im südlichen Teil der Tiefebene am höchsten; über ihre zeitliche Verteilung gibt auf Grund vieljähriger Durchschnittswerte *Tabelle 4. Information. (Tabelle 4.)*

Tabelle 4. Theoretisch mögliche Zeitdauer der Sonnenstrahlung in Stunden (A). Monats- und Jahressumme der Sonnenstrahlung in Stunden (B). Tatsächliche Sonnenstrahlung im Prozent der theoretisch möglichen Summe (C). (Nach Daten von OMI.)*

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Jahr
(A)	279	287	367	404	461	469	475	437	376	338	283	268	4445
(B)	63	92	140	184	249	266	304	285	202	150	80	50	2068
(C)	23	32	38	46	54	57	64	65	54	44	28	19	47

* Országos Meteorológiai Intézet (Landesamt für Meteorologie).

Der Tabelle ist zu entnehmen, dass die Teiche und ihre Ufergegend in der Vegetationsperiode einer bedeutenden Lichtmenge teilhaft werden. Für die Wasserbiozönose ist sowie die direkte wie auch die zerstreute Strahlung gleichermaßen wichtig. Im Falle eines niedrigen Sonnenstandes wird vom Wasser nur sehr wenig Licht absorbiert, weil ein Teil der an den Teichspiegel gelangenden Strahlen zurückgeworfen wird. Die reflektierte Lichtmenge macht im Falle eines Einfallswinkels von 90° nur 1—2% aus. Dieser Einfallswinkel ist bei den Teichen der südlichen Tiefebene höchstens $65,5^\circ$, bei welchem sich die Lichtreflektion auf das Zwei-Dreifache erhöht. Mit der Änderung des Sonnenstandes wird zB. bei einem Einfallswinkel von 10° , 34,8%, bei demjenigen von 2° aber 78% der an die Wasseroberfläche gelangenden Strahlen reflektiert. Diese Erscheinung ruft im Klima des Teiches am Tage eine periodische Änderung der Temperatur hervor. Besonders in den Nachmittagsstunden erfolgt infolge der Änderung des Sonnenstandes eine rasche Abnahme der Wassertemperatur (Abbildung 3.). Die Temperatur der oberfläch-

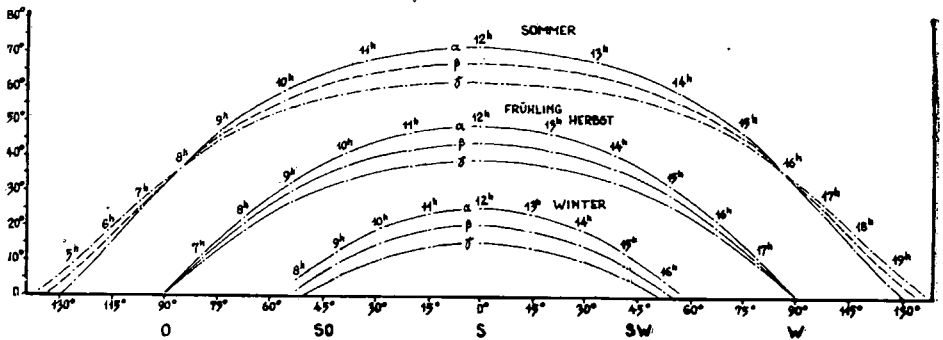


Abb. 3. Änderungen im Einfallswinkel der Sonnenstrahlen während der Sommer- und Wintersonnenwende, sowie in der Zeit des Äquinoktiums, im südlichen Teil der gr. ung. Tiefebene.
 α = am südlich exponierten Abhang von 5° β = an ebener Fläche γ = am nördlich exponierten Abhang von 5° .

lichen Wasserschicht kann sich am Nachmittag während 5—6 Stunden sogar um 8 — 10° C abkühlen.

Bei der Lichtabsorption fällt der Durchsichtigkeit, als einer der charakteristischen Eigenschaften des Wassers, eine bedeutende Rolle zu. Nach Kalitin gelangt die ins Wasser eindringende Lichtenergiemenge (100%), den in der Tabelle angezeigten %-Werten entsprechend in verschiedene Wassertiefe:

Tiefe in mm:	0,0	0,1	1,0	10,0	100,0	1000,0	10000,0
%:	100,0	95,0	86,0	73,0	55,0	36,0	18,0

Obige Daten sind aber nur auf Teiche von reinem Wasser gültig. Unsere Teiche im südlichen Teil der Tiefebene sollten — infolge ihrer Seichtheit — der Gruppe der bis an den Grund durchleuchteten stehen-

den Gewässer angehören, sie verfügen aber, angeregt durch die Wasserfarbe, die Durchsichtigkeit, die Dichte der Wasservegetation und andere Faktoren, über voneinander abweichende Lichtverhältnissen.

Auf Grund der Wasserdurchsichtigkeit, bzw. ihrer Durchleitung können die von mir untersuchten Teiche in zwei Gruppen eingereiht werden:

1. Verhältnismässig gut durchleutete Teiche. Ihre wichtigsten Charakterzüge: Durchsichtigkeit über 200 mm/auf Grund der Schel-schen Schriftprobe), Tiefe 1—2 m. Wasserfarbe hell braun-gelbgrün. Ihre Ersetzung mit Grundwasser nimmt im Sommer stark ab, der oberflächliche Zufluss ist gering, oder fehlt ganz. Ihre Wasservegetation wird an den ufernahen Gebieten von höheren Pflanzengesellschaften, die Wassermenge des Teiches aber von dichten Laichkraut-Assoziationen gebildet. Auch eine höhere Wasserfauna ist kennzeichnend. In diesen Typus können folgende Teiche eingeordnet werden:

- Kunfehér-Teich (1)
- Nagybüdös-Teich (2)
- Ószeszék-Teich (3)
- Szegeder Fehér-Teich (4)
- Kakasszék-Teich (5)

2. Weniger durchleutete Teiche. Ihre wichtigsten Charakterzüge: Durchsichtigkeit unter 200 mm, Wassertiefe unter 1 m. Wasserfarbe hell (grauweiss, unklar), sehr viele schwebende Stoffe. Die Ersetzung des Teichwassers ist teilweise periodisch, und erfolgt durch schwache Grundwasserströmung; der oberflächliche Zufluss ist gering. Im Sommer, während der Dürreperiode wird das Wasser dieser Teiche völlig verdampft, ihr Grund von dickem sodahaltigem Schlamm bedeckt. Bei diesem Wassertyp ist das Auftreten von höheren Pflanzengesellschaften, sowie Leichkraut-Assoziationen unbedeutend. Hierher können eingeordnet werden:

- Dongér-Teich (6)
- Kardoskuter-Teich (7).

Laut der Untersuchungen verändert sich das Mass der Durchsichtigkeit im Laufe eines Jahres. Es ist zu beobachten, dass der Durchsichtigkeits-Wert in den Sommermonaten — besonders bei den weniger durchleuchteten Teichen — im Verhältnis zu der Winterperiode auf die Hälfte zurückfällt. Die Durchsichtigkeit steht in enger Beziehung zum Wasserklima. Diese Beziehung beeinflusst zu gleicher Zeit auch die Lichtabsorption, was sich in der veränderlichen Temperatur meldet, und auf das Mass der Durchsichtigkeit zurückwirkt. Darum ändert sich die Durchsichtigkeit des Wassers je nach den hydrometeorologischen Verhältnissen auch im Laufe eines Tages während der Strahlungsperiode.

Bei den weniger durchleuchteten Teichen wird die Strahlungsenergie infolge der schwächeren Durchsichtigkeit in der oberen, verhältnismässig dünnen Wasserschicht verteilt, und so ist die Temperatur dieser Schicht höher. Die untere Schicht der verhältnismässig gut durchleuchteten, aber seichten Gewässer ist in den Vormittagsstunden wärmer als die obere, weil der Teichgrund zu dieser Zeit das tätige Niveau bildet. Diese Erscheinung hat im Teich die Akzeleration der vertikalen ausgleichenden Strömung zur Folge. Das Wasser nimmt mit der turbulenten Bewegung an schwebenden Stoffen zu, wodurch das Mass der Durchsichtigkeit, bzw. das Eindringen des Lichtes in die Tiefe verringert wird. Dieser Umstand führt aber zu der höheren Temperatur der oberflächlichen Wasserschicht.

Die Änderung der Lichtdurchlässigkeit spielt dennoch eine unmittelbare Rolle in der Gestaltung der Temperatur des Teiches (*Tabelle 5.*).

Tabelle 5. Durchsichtigkeit und Wassertemperatur im Falle von weniger durchleuchteten Teichen (Kardoskuter-Teich).

Jahr	Monat	Tag	Durchsichtigkeit in mm	Wassertemperatur in °C	pH	sämtliche schwebenden Stoffe in mg/lit.	Ort der Probeentnahme
1963	IV	6	32	10,5	8,58	509	in der Nähe des Ufers „A“
1963	V	25	15	30,0	9,15	420	„ „A“
1963	VII	6	9	33,0	10,0	2862	„ „A“
1964	IV	8	12	11,6	8,20	55	„ „A“
1964	IV	8	3	11,6	8,20	457	„ „B“
1964	V	28	27	22,5	8,90	164	„ „A“
1964	V	28	25	22,5	9,00	45	„ „B“
1964	VII	15	7	30,2	9,15	1244	„ „A“
1964	VII	15	11	31,8	6,40	1609	„ „B“
1964	XII	11	25	0,1	8,90	61	„ „A“
1964	XII	11	11	0,1	8,20	42	„ „B“

Bei jenen Teichen, wo die Lichtenergie infolge der grösseren Durchsichtigkeit auch in die tieferen Wasserschichten eindringt, weist die oberflächliche Wasserschicht eine verhältnismässig niedrigere Temperatur auf. Bei den Teichen von diesem Typus ist die Wassertemperaturschichtung nicht so bedeutend, auch die Konvektions-Strömung der Wassermoleküle ist zu gleicher Zeit schwächer. Dieser Prozess kann die Menge des schwebenden Materials bei Windstille und klarer Temperatur bedeutend beeinflussen. (*Tabelle 6.*).

Die durch die stärkere Windbewegung hervorgerufene Wellung spielt aber eine wesentlich grössere Rolle in der Frage der Menge der schwebenden Stoffe und der Durchsichtigkeit des Wassers als die wärmeausgleichenden turbulenten Bewegungen im Falle einer Windstille.

Tabelle 6. Änderung sämtlicher schwebenden Stoffe in Teichen mit einer Durchsichtigkeit über 200 mm. (mg/lit.). (Kunfehér-Teich).

Jahr	Monat	Tag	Wasser- temperatur in °C	pH	sämtliche schwebende Stoffe in mg/lit.	Ort der Probeentnahme
1964	IV	7	11,5	9,6	96	vom Ufer 20 cm entfernt
1964	V	27	20,8	9,4	97	"
1964	IV	13	23,6	10,0	12	"
1964	X	15	—	8,6	209	"
1964	XII	10	1,0	9,6	101	"
1964	IV	7	10,0	9,6	26	vom Ufer 100 m entfernt
						Wasserprobe an der Fläche
1964	V	27	19,2	9,3	105	"
1964	VII	13	22,3	10,0	33	"
1964	X	15	—	8,6	33	"
1964	IV	7	10,2	9,6	41	vom Ufer 100 m entfernt
						Wassertiefe 1 m,
						Qualmwasser Probe
1964	V	27	19,2	9,3	50	"
1964	VII	13	21,8	10,0	44	"

Die Temperatur, als eine der wichtigsten Umgebungsfaktoren

Vom Standpunkt der Biozöosen aus betrachtet ist die Wassertemperatur eine der wichtigsten Umgebungsfaktoren, welche eine unmittelbare sowie mittelbare Wirkung ausübt. Die periodischen Temperaturänderungen der Luft wirken auf die ganze Masse unserer seichten Gewässer sowie im Aufwärmungs-, wie auch im Abkühlungsprozess, ein. Im Sommer nimmt die Temperatur von der Wasseroberfläche nach unten ab, und diese Erscheinung führt bei den verschiedenen Teichtypen zu differentiellen Temperatur-Schichtungen. Die obere Wasserschicht der weniger durchleuchteten Teiche wärmt sich bei Strahlungswetter, im Sommer, verhältnismässig stark auf. In der 10 cm tiefen bedeckten Wasserschicht sodahaltiger Lachen besteht zwischen dem Oberflächen- und dem Qualmwasser sogar ein Unterschied von 5—6° C, und so ist im allgemeinen die untere Wasserschicht in der Strahlungsperiode kühler (Tabelle 7/a. 7 b.)

Tabelle 7/a. Tagesgang der Wassertemperatur in °C, bei Klarem Strahlungswetter. (Dongér-Teich, 5—6, 9, 1965).

Stunde:	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	2	4
2 cm Wassertiefe	14,0	16,0	20,4	25,7	26,8	24,8	21,6	18,4	16,8	18,0	17,4	16,5
10 cm Wassertiefe	16,0	16,0	17,0	19,0	20,8	20,8	20,0	20,0	19,0	19,0	18,5	17,0
Δ	-2,0	0,0	3,4	6,7	6,0	4,0	1,6	-1,6	-2,2	-1,0	-1,1	-0,5

Tabelle 7/b. Gestaltung der Temperatur in bedickten sodahaltigen Teichen, bei Strahlungswetter (Kardoskuter-Teich, 8, 9, 1963).

Stunde	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2 cm Wassertiefe	15,4	20,0	24,0	26,0	30,0	32,0	33,0	33,5	33,0	31,5	30,5
10 cm Wassertiefe	17,5	19,5	21,0	23,0	25,5	28,5	29,5	29,5	29,0	28,5	28,0
Δ	-2,1	0,5	3,0	3,0	4,5	3,5	3,5	4,0	4,0	3,0	2,5

In der Temperaturschichtung der verhältnismässig gut durchleuchteten, tieferen Teiche ist kein so grosser Unterschied zwischen der Oberfläche und dem Qualmwasser wahrzunehmen, als in den seichten Gewässern. Anlässlich der Messungen bei Kunfehértó haben wir Unterschiede von 2,0—2,5 °C beobachtet (Tabelle 8).

Tabelle 8. Wassertemperatur-Schichtung zu Mittag, an einem windstillen, besonnenen Sommertag. (Kunfehér-Teich, 31, 6. 1964).

Tiefe in cm	2	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
°C	27,4	27,0	26,8	26,4	26,2	26,0	26,2	26,2	26,2	26,0	25,8	25,6	25,4	25,4	25,2	25,0

Auf Grund der Werte von Tabelle 8, können im Teich drei Zonen unterschiedet werden. Eine reicht von der Oberfläche bis 50 cm Tiefe, eine andere von 50 cm bis 90 cm Tiefe, und endlich die letzte von 90 cm Tiefe bis zum Grund. Während die obere Zone (0—50 cm) auf die Änderungen der Tagestemperatur empfindlich reagiert, mag der mittlere Teil in Hinsicht auf die Wärmeschichtung als eine neutrale isotherme Zone betrachtet werden. Unter 90 cm sinkt aber die Temperatur parallel mit der Tiefe. Die Wassertemperatur des Teiches spiegelt in dieser Tiefe nicht mehr das Ergebnis eines Tages, sondern dasselbe einer längere Zeit in Anspruch nehmenden, sukzessiven Erwärmung, bzw. Abkühlung, wider.

In der Wassertemperatur der Teiche spielt auch die Wasservegetation eine bedeutende Rolle. Während der Erwärmung am Tage wird die räumliche (vertikale und horizontale) Temperaturverteilung durch die Wasservegetation ansehnlich modifiziert. Die unter dem Wasserniveau bis an eine Tiefe von 20—30 cm hinaufreichende dichte Bestandsoberfläche der bewurzelten Laichkraut-Assoziationen wandelt sich während der Einstrahlung in eine primäre, aktive Oberfläche um, und diese Schicht wird sogar wärmer als die Wassertemperatur über ihr. Infolge der starken Erwärmung entsteht hier eine Sprungsschicht, welche den regelmässigen Gang der Wassertemperatur-Schichtung verletzt. Im 20 cm langen Querschnitt der dichten Laichkraut-Assoziationen zeigt sich sogar ein Unterschied von 5—6 °C. (Abbildung 4.).

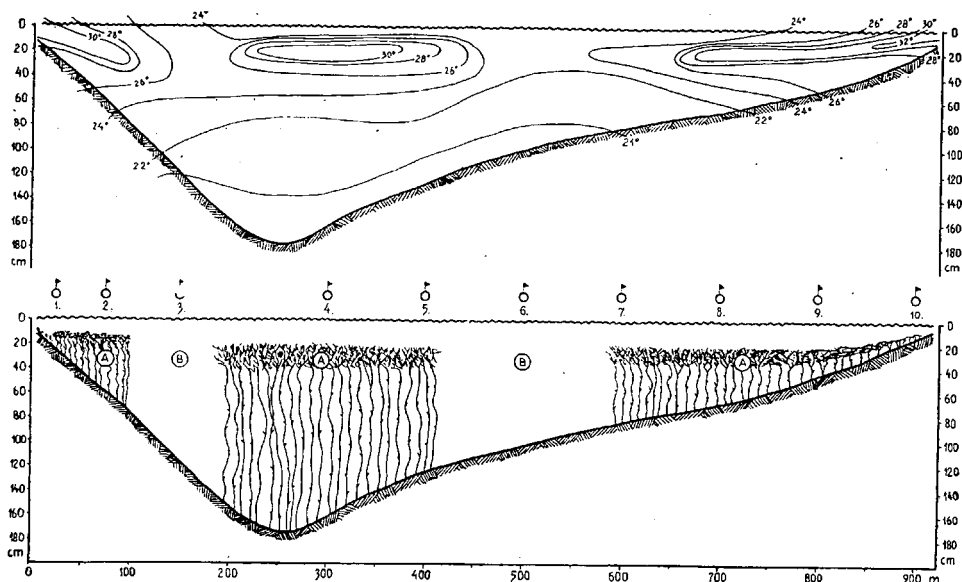


Abb. 4. Temperaturschichtung in $^{\circ}\text{C}$, im Wasser mit (A) und ohne (B) Laichkraut im Kunfehér-Teich.
1—10: Stellen der untersuchten Querschnitte.

Dadurch wird der astatische Charakter der Teiche im südlichen Teil der Tiefebene im Sommer bedeutend gesteigert, zu gleicher Zeit kann aber auch die Konvektion und die Turbulenz-Vermischung hemmende Rolle der Vegetation (Laichkraut-Assoziationen) festgestellt werden. Letztere Erscheinung kann im Sommer — zur Zeit der hohen Wassertemperaturen — sogar, schädigende Auswirkungen ausüben, wie zB. der Oxigenmangel, der Anwuchs von Gasstoffen organischen Ursprungs und im Zusammenhang damit das Aussterben von Fischen, usw.

An den Stellen, wo die schwebende Laichkraut-Assoziationen fehlen, besteht eine regelmässige Wassertemperatur-Schichtung (Tabelle 9.).

Tabelle 9. Wassertemperatur-Schichtung (in $^{\circ}\text{C}$) auf einem Gebiet ohne Laichkraut (Dongér-Teich 21, 6, 1965).

Tiefe in cm	11 ^h	12 ^h	13 ^h	14 ^h
0	26,5	26,8	27,1	27,4
5	26,0	26,6	27,0	27,2
15	25,0	26,2	26,7	26,8
25	24,9	26,0	26,2	26,2
35	22,0	24,1	24,7	25,0
45	21,7	22,3	22,6	23,2
55	20,9	21,0	21,7	22,0

Die stärkere Windbewegung und die durch den Wind hervorgerufene Wellung kann den Teich bis an seinen Grund aufwirbeln. Demzufolge wird in den seichteren Teichen die obere und die untere Wasserschicht vermischt, und dadurch die vertikale Temperatur-Schichtung ausgeglichen. In den tieferen Teichen befindet sich die kälteste Wasserschicht in der mittleren Zone des Teich-Querschnittes (*Tabelle 10.*).

Tabelle 10. Temperaturschichtung bei einer durch den Wind hervorgerufenen starken Wellung (Ószeszék-Teich. 23, 6, 1965). (in °C).

Tiefe in cm	10 ^h	11 ^h
0	24,2	26,0
2	24,3	25,8
5	23,9	23,0
20	23,9	25,4
35	23,4	23,0
50	23,4	26,0
65	25,2	25,5
80	25,1	25,9

Unter dem Einfluss der durch den Wind hervorgerufenen Strömungen erfolgt eine plötzliche Abkühlung oder eine starke Aufwärmung der ganzen Wassermasse zu jedweder Jahreszeit (die Periode des Zufrierens ausgenommen). Als eine kritische Windgeschwindigkeit kann der Wert um 4 m/sec betrachtet werden, da bei einem solchen Wind ein starkes Gewoge des Teichwassers erfolgt. Die Windverhältnisse des Gebietes bilden ein sehr wichtiges Element im Klima des Teiches, weil sie indirekterweise einen der das Wasserklima modifizierenden Faktoren darstellen können. Der Mittelwert der Windgeschwindigkeit wird auf unserem Gebiet durch die Angaben von *Tabelle 11* gekennzeichnet (*Tabelle 11.*).

Tabelle 11. Mittelwert der Windgeschwindigkeit (m/sec) von 10 Jahren (1931—40) in Szeged. (Nach Bacsó).

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Jahr
2,4	2,8	2,8	2,8	2,8	2,7	2,8	2,5	2,4	2,5	2,4	2,2	2,7

Im Jahresgang der Windstärke ist eine Belebung im Frühling und eine Abschwächung (Minimum) im Herbst wahrzunehmen. Die Erstärkung der Luftbewegung im Frühling zeigt die gemeinsame Wirkung der mit der Strahlungszunahme verbundenen stärkeren Konvektion und der lebhafteren Advektion. Die Strahlungsabnahme im Herbst bildet zusammen mit der Advektionsabnahme den herbstlichen Tiefpunkt (6) aus.

Ausser der Windstärke fällt auch der Windrichtungs-Häufigkeit eine gewisse Rolle im Klima der Teiche zu. Das ist besonders bei jenen Teichen wahrzunehmen, welche durch Deflation ausgebildet wurden. So ist die Berücksichtigung der Windrichtung besonders im Falle der Teiche im Donau-Theiss-Zwischenstromland wichtig, da hier die Oberflächenformen — im Falle der einzelnen Windrichtungen — Windschatten zu Folge haben. Wir stellen die Windrichtungs-Häufigkeit auf Grund der Ergebnisse vieljähriger Beobachtungen mittels Angaben der untenstehenden meteorologischen Stationen dar (Tabelle 12.).

Tabelle 12. Verteilung der Windrichtung in % an den meteorologischen Stationen Kecskemét (I.) und Ásotthalom (II.) (Nach den Angaben von OMI).*

Windrichtung	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Calme
I.									
Januar	10	17	8	8	8	10	13	12	14
April	7	15	7	12	10	10	15	15	9
Juli	11	10	4	6	6	10	19	20	14
Oktober	7	14	7	11	10	12	12	12	15
II.									
Januar	14	9	6	12	10	11	10	20	8
April	15	12	7	12	12	12	10	15	5
Juli	14	7	5	6	6	10	14	30	8
Oktober	11	9	6	14	13	12	9	15	11

* Országos Meteorológiai Intézet (Landesamt für Meteorologie).

Weil eben unsere Teiche grösstenteils eolische Depressionen von nordwestlich-südöstlicher Achse sind, stehen sie den Winden von nordwestlich-südöstlicher Richtung offen. Wie das auch der Tabelle zu entnehmen ist, herrscht auch gegenwärtig eine nordwestliche Windrichtung vor, und so ist bei unseren Teichen öfters wahrzunehmen, dass der lokale Klimacharakter (Mikroklima) erschwächt wird. Dagegen mag aber festgestellt werden, dass auch Windstille zu einem bedeutenden Prozent vorkommt, zu welcher Zeit die mikroklimatischen Eigenheiten in völligem Masse zur Geltung kommen.

Durch die Absorption der aus der Einstrahlung und der Luft stammenden Wärme nimmt die Temperatur unserer Gewässer im Frühling, nach der Eisschmelze, rasch zu. Während dieser Zeit üben die Substrate der Umgebung der Teiche auf die Wassertemperatur einen bedeutenden Einfluss aus. Die Temperatur des oberflächlichen Wassers ist im Sommer und Herbst höher als das Tagesmittel der Lufttemperatur, gleichzeitig ist aber das Maximum der Wassertemperatur niedriger als das der Lufttemperatur (Tabelle 13.).

Tabelle 13. Vergleich der Luft (A)- und Wasser (B)- Temperaturmaxima auf Grund von Pentaden-Mittelwerten, in °C. (Kunfehér-Teich, 1964).

	1	2	3	4	5	6 Pentaden
Juni						
A	26,0	25,0	28,0	28,0	27,0	29,0
B	23,0	22,0	23,0	24,0	24,0	26,0
	3,0	3,0	5,0	4,0	3,0	3,0
Juli						
A	32,0	25,0	25,0	28,0	30,0	28,0
B	30,0	22,0	22,0	23,0	22,0	23,0
	2,0	3,0	3,0	5,0	8,0	5,0
August						
A	21,0	25,0	23,0	25,0	24,0	28,0
B	19,0	22,0	19,0	22,0	22,0	22,0
	2,0	3,0	4,0	3,0	2,0	6,0
September						
A	20,0	22,0	23,0	23,0	15,0	19,0
B	15,0	19,0	16,0	15,0	14,0	16,0
	5,0	3,0	7,0	8,0	1,0	3,0

Die Oberflächen-Wassertemperatur folgt dem Maximum der Lufttemperatur im allgemeinen mit einem Unterschied von 3—5 °C nach. Im Falle der Wärmeadvektion mag dagegen auch eine Differenz von 7—8 °C bestehen.

Im Winter verteilt sich die Wärme unter der Eisdecke — gegenüber der Wärme-Schichtung im Sommer — umgekehrt. Das Wasser des Teiches befindet sich auch um diese Zeit in keiner Ruhe, obwohl sich die Bewegung der Wassermoleküle im Vergleich zu der Sommerperiode, stark verringert. Wie bekannt, das Ruhestadium der Wassermasse des Teiches erfolgt im Falle einer Temperatur von + 4 °C. Praktisch besteht ein solcher Umstand in unseren Teichen nur während einer kurzen Zeit, vor dem Zufrieren der Wasserfläche, sowie nach dem Verschwinden des Eises. Die Gestaltung der Wassertemperatur in der Winterperiode mag durch zahlreiche Faktoren beeinflusst werden. In dieser Zeit muss mit der Einströmung wärmeren Grundwassers, sowie mit der die Temperatur ändernden Wirkung der Ufervegetation besonders gerechnet werden. So friert zB. die Wasserfläche zwischen den Bünten des am Ufer gelegenen Röhrichtes im Vergleich zum offenen Wasserspiegel nur später zu, obgleich das Einfrieren des Teiches im Falle eines pflanzenlosen Uferandes bereits hier beginnt. Zwischen den Bünten des Röhrichtes und des Schilfgrases ist noch keine Spur vom Eis zu bemerken, als sich auf dem offenen Wasserspiegel und längs des pflanzenlosen Ufers bereits eine Eisschicht von 5—6 cm Dicke gebildet hat. Die eintwickelte Ufervegetation ruft in der räumlichen Verteilung des Wassers auch im Winter einen scharfen mikroklimatischen Unterschied hervor (Tabelle 14.).

Laut unserer Untersuchungen haben die verhältnismässig wärmeren Mikroklima-Verhältnisse auf eisfreien Gebieten eine Konvergenz der

Tabelle 14. Gestaltung der Temperatur bei 30 cm Wassertiefe neben einer Eisschicht von 6 cm Dicke. (Kunfehér-Teich. 14h, 5, 12, 1962).

	Lufttemperatur in °C	Wassertemperatur in °C	Temperatur des Schlammes in °C
1. Eine Gegend mit Röhricht und Bünten, in der Schicht zwischen 5—10 cm	+3,9	+4,2	+6,2
2. Pflanzenlose, eisbedeckte Wasserfläche in der Nähe des Ufers, in der Schicht zwischen 5—10 cm	—5,2	+0,2	+2,8

Wasserbiozönose zur Folge, welche die winterliche Vogelwelt der sodahaltigen Teiche an sich zieht.

In den mikroklimatischen Verhältnissen der sodahaltigen Teiche spielt auch die Wechselwirkung zwischen der Wassermasse und der sich mit letzterer berührenden Luft, besonders im Sommer, bei Strahlungswetter, eine bedeutende Rolle. Im Luftraum der Teiche im südlichen Teil der Tiefebene wird die Temperaturschwankung des Makroklimas bedeutend gemässigt (Tabelle 15.). Über dem Teichspiegel ist der Tages-

Tabelle 15. Extremwerte der für das Makro (A)- und Mikro (B)-Klima charakteristischen Temperatur und ihre Differenz in °C.

Name des Teiches	Datum	(A)			(B)						
		Max.	Min.	Δ	in 10 cm Höhe			in 150 cm Höhe			
					Max.	Min.	Δ	Max.	Min.	Δ	
Kunfehér-Teich	1963										
	16. 7.	28,0	11,0	17,0	27,8	13,2	14,6	27,8	12,6	15,2	
	17. 7.	30,0	12,0	18,0	29,0	12,8	16,2	29,2	12,8	16,4	
	18. 7.	30,0	14,0	16,0	28,8	16,9	11,9	29,2	16,2	13,0	
19. 7.	32,0	14,0	18,0	30,2	18,8	11,4	31,0	18,5	12,5		
Kunfehér-Teich	1964										
	28. 7.	28,0	16,0	12,0	27,0	17,2	9,8	27,2	17,0	10,2	
	29. 7.	30,0	17,0	13,0	28,6	19,3	9,3	28,8	19,0	9,8	
	30. 7.	28,0	18,0	10,0	27,2	19,4	7,8	27,3	19,2	8,1	
31. 7.	27,0	15,0	12,0	26,4	13,6	12,8	26,8	13,4	13,4		
Öszeszék-Teich	1965										
	20. 6.	28,0	17,0	11,0	27,2	16,8	10,4	26,6	17,0	9,6	
	21. 6.	28,0	17,0	11,0	26,3	17,2	9,1	26,3	17,2	9,1	
	22. 6.	27,0	19,0	8,0	26,2	18,2	8,0	25,8	19,6	6,2	
23. 6.	28,0	17,0	11,0	28,4	18,2	10,2	28,3	17,8	10,5		
Dongér-Teich	1965										
	4. 9.	21,0	15,0	6,0	21,8	16,2	5,6	21,2	14,6	6,6	
	4. 9.	26,0	9,0	17,0	25,6	14,2	11,4	26,4	13,8	12,6	
	6. 9.	23,0	12,0	11,0	23,4	13,2	10,2	23,8	12,2	11,6	
7. 9.	21,0	11,0	10,0	21,8	13,0	8,8	21,2	12,7	8,5		

schwankungswert der Lufttemperatur um 2—3 °C niedriger, welche Tatsache auf die langsame Erwärmung der Wassermasse und auf ihr gutes Wärmespeichungsvermögen zurückzuführen ist. Die Wirkung der Wärmespeicherung zeigt sich in der Abkühlungsperiode, am Nachmittag und in der Nacht am stärksten. Auch die Radiationsminima der Temperatur weisen darauf hin (Abbildung 5.). Die Werte der Radiations-

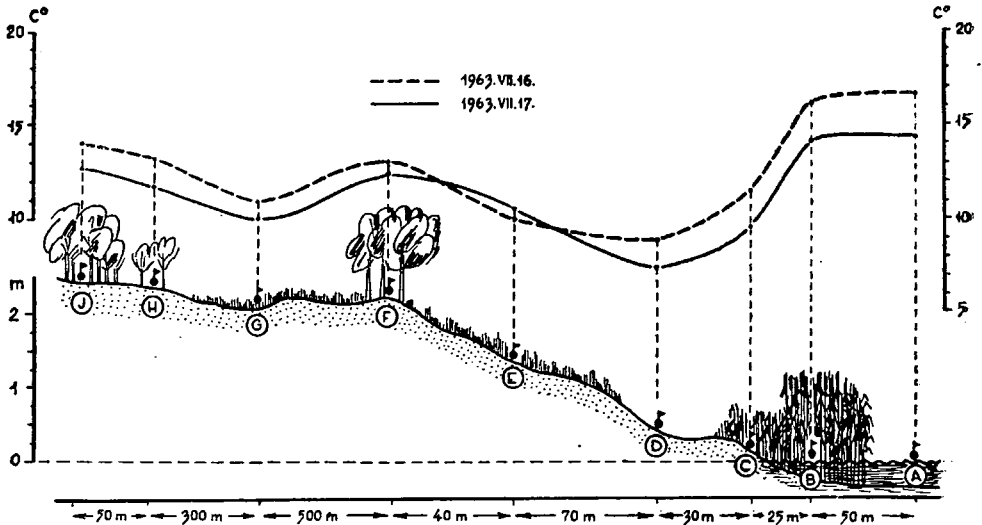


Abb. 5. Radiationsminima in °C im Raume des Kunfehér-Teiches.
A—J: Untersuchungsplätze.

minima nehmen aber mit der Vergrößerung der Entfernung von den Teichen nicht eindeutig ab, weil die verschiedenen Substrate eine modifizierende Wirkung ausüben. Es tritt im allgemeinen die Erscheinung auf, dass die kühlere Luftmasse der höher liegenden Umgebung in die Vertiefungen der Teiche abfließt, und sich am Ufersaum demzufolge eine Mischungszone bildet, in der eine sehr starke Kondensation stattfindet. Laut unserer Beobachtungen erfolgt in dieser Saumzone während der Sommerperiode eine reichliche Taubildung. Infolge einer stärkeren Abkühlung kommt aber öfters auch eine lokale Nebelbildung vor. Wir sind nicht imstande uns hier mit der auf die Ufervegetation ausgeübten beschädigenden Wirkung letzterer Erscheinung zu beschäftigen, wir erwähnen aber, dass nach unserer Meinung die rostfleckige Erkrankung des Blätterwerks der Pflanzen zu dieser in engem Zusammenhang steht.

Bei der Abkühlung ist die Wärmeverteilung der Lufttemperaturschichtung normal. Eine Temperaturinversion tritt — wie wir das an einer trockenen Raumfläche wahrnehmen können — hier nicht auf. Infolge der Abkühlung von verschiedenem Masse ist die Luft über dem Wasserspiegel-verhältnismässig wärmer, als über einer trockenen Fläche. Veranlasst dadurch bildet sich zwischen der kühlen und warmen Luft-

masse eine lokale Zirkulation aus. Diese Erscheinung ruft unmittelbar nach Sonnenuntergang eine zweite Erwärmung (Kleinmaximum) im Luft-raum der Uferumgebung, hervor (Abbildung 6.).

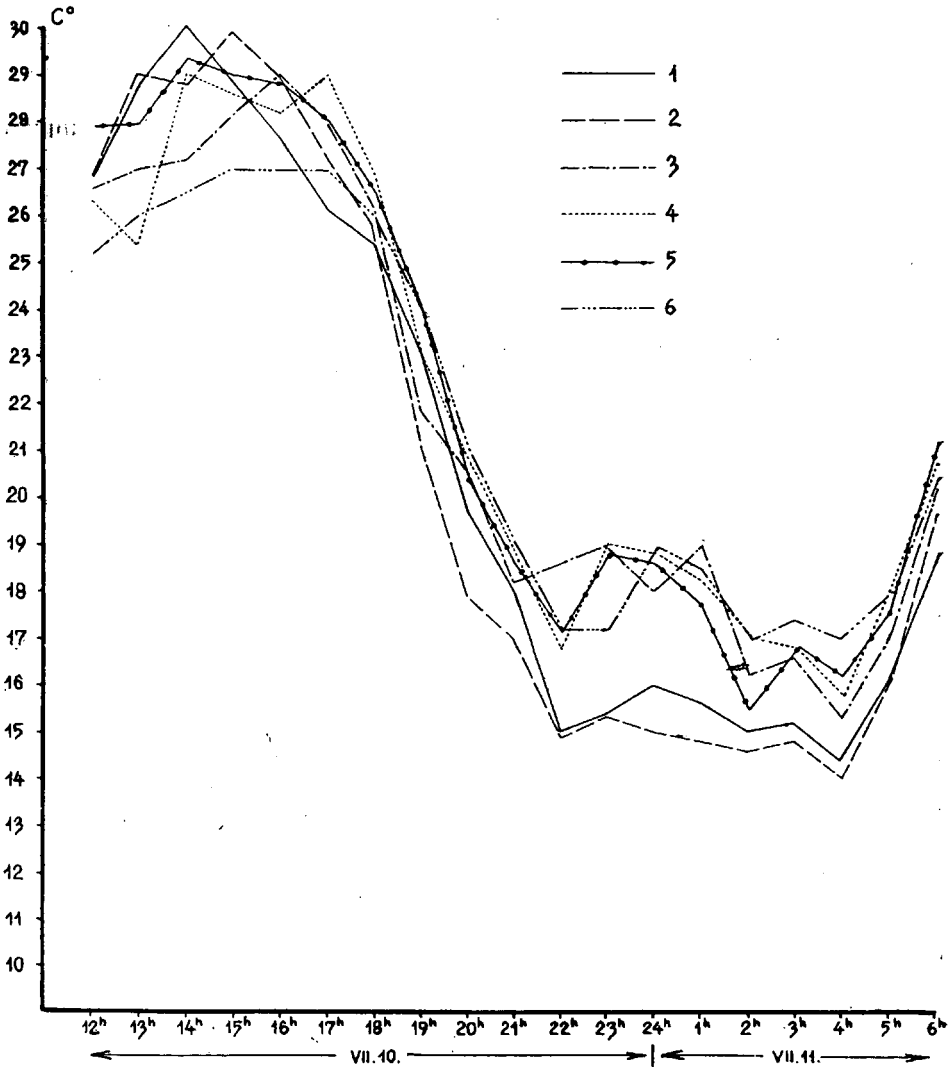


Abb. 6. Kunfehér-Teich, 10–11, 7, 1962. Stundentemperaturwerte während der Abkühlung, über verschiedenen Flächen des Wasserrandes, in der Höhe von 150 cm.

1. in einem unter Wasser stehenden Röhricht
2. im Röhricht von trockenem Substrat
3. an feuchter Schlammoberfläche
4. an trockener Sandfläche
5. im grasigem Terrain
6. in spärlichem Robinienbestand.

Es ergibt sich aus der langsamen Aufwärmung des Wassers, dass bei Tage öfters eine Inversion in der Luftschicht über dem Wasser auftritt. Diese Erscheinung kommt auch über der feuchten Schlammoberfläche austrocknender Teiche vor. Im Laufe unserer Untersuchungen im Kardoskuter-Teich (s. Abb. 1.) haben wir bei windstillem, klarem Strahlungswetter über dem feuchten Schlamm eine für die Luftschicht über den stehenden Gewässern charakteristische Temperaturschichtung wahrgenommen, während über der Fläche eines in unmittelbarer Nähe befindlichen (50 m) trocken-sodahaltigen Teiches die Temperaturverteilung der Luft bereits normal war (Tabelle 16). An der feuchten soda-

Tabelle 16. Lufttemperatur-Verteilung über einer trockenen (I.) und feuchten (II.) sodahaltigen Schlamm-Fläche in °C. (Kardoskuter-Teich. 7. 7, 1963).

	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h
I. in 10 cm Höhe	23,8	28,4	30,5	34,4	34,6	33,8
in 150 cm Höhd	23,2	28,6	29,2	32,0	32,8	33,2
II. in 10 cm Höhe	21,4	24,4	29,2	30,6	31,7	31,8
in 150 cm Höhe	21,8	24,6	29,6	30,0	31,8	31,9

haltigen-schlammigen Oberfläche wird der Erwärmungsgrad gemässigt, auch die Tagesschwankung der Temperatur verringert sich. Nach einer Woche haben wir nach der völligen Austrocknung des Teichsgrundes bereits eine normal verteilte Temperaturschichtung beobachten können. Auch dies rechtfertigt, dass die periodischen Teiche im klimatischen Sinn ihren Teichcharakter verlieren. Über den stehenden Gewässern wird die Erwärmung in erhöhtem Grade gemässigt, aber der Abfall der Lufttemperatur steht in kleinem Verhältnis zu der Dicke der Wasserschicht, das heisst, der Gang der räumlichen und zeitlichen Temperaturverteilung ist über den Teichen von verschiedener Tiefe annähernd derselbe.

Die langsamere Aufwärmung der Wassermasse verursacht im Vergleich zu der trockenen Fläche die Verspätung der Temperatur-Maximumzeit der mit dem Wasser in Berührung stehenden Luft. Das Temperaturmaximum trifft im allgemeinen über dem Wasserspiegel im Sommer, bei klarem, windstillem Wetter mit einer Verspätung von 2—3 Stunden ein. Diese Erscheinung ruft eine schwache lokale Luftzirkulation auch am Frühnachmittag zwischen der Wasserfläche und der Ufergegend hervor. Zu dieser Zeit ist im Ufersaum der Feuchtigkeitsgehalt der Luft höher.

Beziehungen zwischen dem Teich und seiner unmittelbaren Umgebung

Mittels der durch die allgemeine Luftbewegung, sowie die lokalen Temperaturdifferenzen entstandenen Zirkulationen steht das Klima des Luftraumes über dem Wasserspiegel in enger Beziehung zum Klima des Ufersaumes. Die durch die Zirkulation hervorgerufene Wechselwirkung kann besonders in den Lufttemperatur- und Luftfeuchtigkeits-Verhältnissen beobachtet werden. Das Mikroklima des Uferrandes benimmt sich in einigen Fällen dem Klimacharakter der Wasserfläche, in anderen dagegen dem der trockenen Fläche entsprechend, je nachdem, ob

während der Zirkulation die Luftmasse des Wassers, oder die der trockenen Fläche in den Vordergrund rückt. Jene Gebiete bilden eine Ausnahme, wo ein höherer Pflanzenbestand (Wald, Röhricht) Windschutz gegen die Luftbewegung bietet (5). Das Röhricht verfügt als eine charakteristische Uferpflanzen-Gesellschaft in den Beziehungen zwischen dem Teich und der trockenen Fläche über ein spezielles Mikroklima. Das Zufrieren des Teiches betreffend haben wir bereits auf ihre, das Mikroklima modifizierende Rolle hingewiesen.

Im Sommer müssen wir zwischen dem im Wasser stehenden und auf festem Boden befindlichen Röhricht einen Unterschied machen, weil sich in ihnen verschiedene Mikrokimate herausbilden. In dem im Wasser stehenden dichten Röhricht bildet sich bei Strahlungswetter in der Temperaturverteilung eine ständige Inversion aus. Demgegenüber ist die Temperaturschichtung im Röhricht von trockenem Substrat bereits im Laufe der Aufwärmung normal. Die Differenz wird in diesem Fall nicht durch die Gegenwart des Wassers, sondern durch die verschiedenen Strahlungsverhältnisse hervorgerufen, weil infolge der Abtrocknung des Blätterwerks im Röhricht-Bestand von festem Boden die Strahlungsbedingungen im Gegensatz zu der noch immer vegetierenden, im Wasser stehenden Röhricht-Gesellschaft geändert werden. Hier befindet sich die aktive Oberfläche im Substrat des Bestandes, während diese im Bestand des unter Wasser stehenden Röhrichtes im obersten Drittel zu finden ist. Infolge der Schirmwirkung der Belaubung wird bei letzterem der Einstrahlungswert in der unteren Schicht bedeutend verringert. Der ständigen Schirmwirkung zufolge erwärmt sich hier die Wasserschicht weniger (Abbildung 7.). Die Wassertemperatur kann auch im horizon-

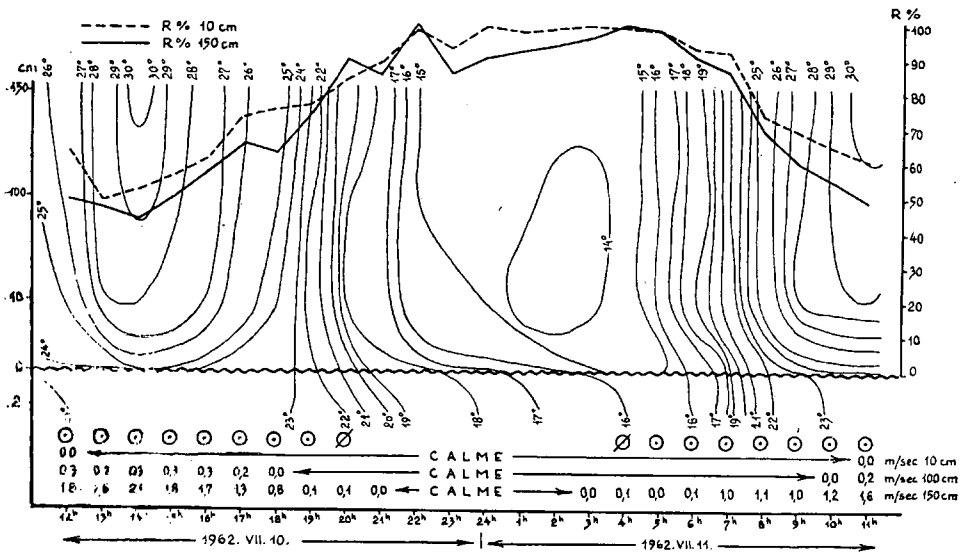


Abb. 7. Temperaturisoplethen des unter Wasser stehenden Röhrichtes und das Verhältnis der relativen Luftfeuchtigkeit ($R\%$) im Kunfehér-Teich.

talen Sinn nicht ausgeglichen werden, weil die Strömung des Wassers von der dichten Vegetation verhindert wird. So erfolgt die Aufwärmung nur mittels Wärmeabsorption aus der Luft, weil aber in den dichten Beständen die Luftbewegung auf 0 m/sec absinkt, so wird auch dieser Vorgang geschwächt. Demzufolge ist hier die Temperatur der Wasseroberfläche sogar um 5—6 °C niedriger, als die der Luft in 10 cm Höhe; zu gleicher Zeit beträgt die Differenz über dem offenen Wasserspiegel nur 2—3 °C.

Im Gegensatz zu der niedrigen Temperatur des Substrates ist die Temperatur in den oberen Schichten des Röhrlichtes verhältnismässig hoch, hier spielen sich auch rasche Temperaturänderungen ab. Die aktive Schicht ist in diesem Falle keine Oberfläche von gleichem Niveau, weil die Verteilung der Sonnenenergie im grösseren Querschnitt des Bestandes erfolgt. Die Lufttemperatur fällt im allgemeinen von oben nach unten herab. Im Laufe einer Abkühlung sickert die kühle Luft in das Substrat, wo dagegen die die Abkühlung mässige Wirkung des Wassers zur Geltung kommt. Diesen Wechselwirkungen zufolge werden die oberen Schichten wärmer; in der Nacht ist aber die mittlere Zone des Bestandes am kältesten.

In den Röhrlichten von trockenem Substrat dringt die Strahlung im Sommer, bei hohem Sonnenstand ganz bis in das Substrat hinein. Die höchste Temperatur entsteht im unteren Teil des Substrats, aber hier zeigt sich auch das Minimum während der Abkühlung (Abbildung 8.). Von mikroklimatischem Standpunkt haben wir bei zwei Typen desselben Bestandes verschiedene Lufttemperatur-Schichtungen gefunden.

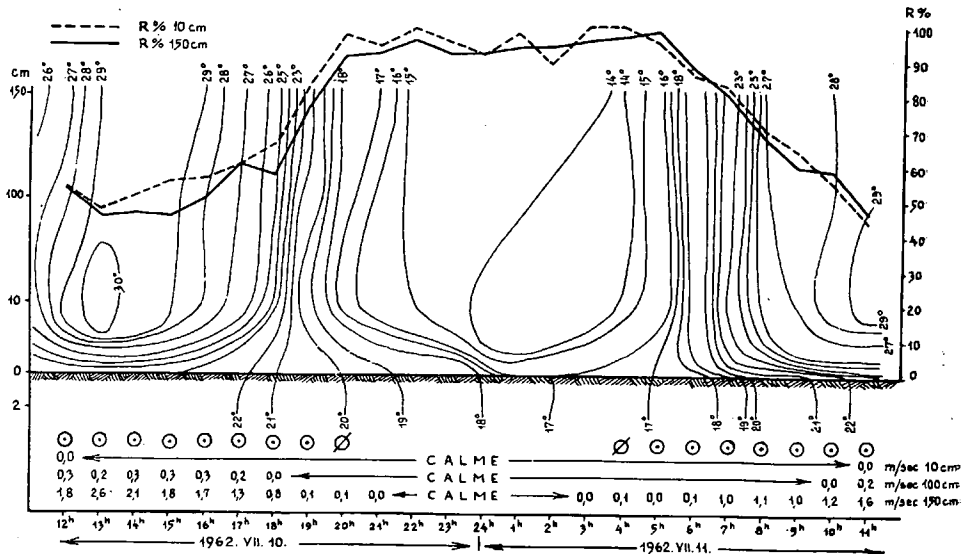


Abb. 8. Temperaturisoplethen des Röhrlichtes von trockener Oberfläche und das Verhältnis der relativen Luftfeuchtigkeit ($R\%$), im Kunfehér-Teich.

Die Trockenheit des Substrates ruft einer, unter Wasser stehenden Fläche gegenüber, in der Nähe der Oberfläche weder in den Werten der Luftfeuchtigkeits-Verhältnisse, noch in denen der Temperatur grosse Unterschiede hervor. Das Röhrlicht ist für uns nicht nur deswegen interessant, weil es ein spezifisches Mikroklima aufweist, sondern weil es in der Uferzone der Teiche im südlichen Teil der Tiefebene im allgemeinen einen breiten Streifen einnimmt, und auf diese Weise auch in der Gestaltung der Luftzirkulationen sowie der Verdunstungsverhältnisse der Teiche eine bedeutende Rolle spielt. Das Röhrlicht ist mit seinem eigenartigen Mikroklima auch für die Tierwelt des Teiches von Bedeutung. Es ist ein für den Nestbau der Wasservögel geeignetes Gebiet, weil letztere hier eines Temperatur- und Strahlungsschutzes teilhaft werden.

An den pflanzenlosen Oberflächen der Teichumgebung, — wo die freie Luftbewegung zur Geltung kommt — besteht eine engere Beziehung zwischen dem Mikroklima des Wassers und der trockenen-Fläche. Während der Erwärmung bei Tage macht sich in der Lufttemperatur- und Feuchtigkeitsverteilung der pflanzenlosen, feuchten Schlammoberfläche am Wasserrand grösstenteils die Wirkung der umgebenden trockenen Flächen geltend. Während der Abkühlung, bei windstillem Wetter ist dagegen die Wirkung des Wassers von grösserer Bedeutung (*Abbildung 9.*)

Zwischen den Luftschichten wird infolge der freieren Luftbewegung die Schichtung der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit ausgeglichen und der Trockenoberflächen-Charakter verstärkt. Bei windstillem Strah-

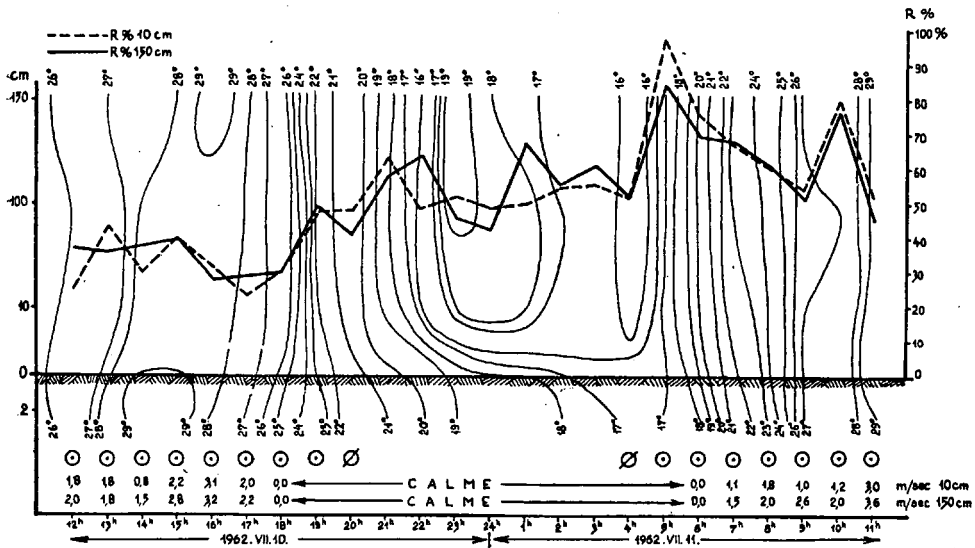


Abb. 9. Temperaturisoplethen der feuchten Schlammfläche und das Verhältnis der relativen Luftfeuchtigkeit ($R\%$), im Kunfehér-Teich.

lungswetter kommt dagegen die mässigende Wirkung der Wassermasse zur Geltung, welche Wirkung aber parallel mit der Entfernung vom Wasser verringert wird. Der rasche Übergang der territorialen Änderungen des Mikroklimas kann auch in der Pflanzengesellschaft des Uferlandes gut unterschieden werden; in einer Entfernung von 10—12 m vom Wasser kommen häufig xerophile Arten vor.

Auch die verschiedene Zusammensetzung des Materials der Oberfläche übt eine Wirkung auf die Gestaltung des Mikroklima aus. So ist zB. über dem trockenen Sandboden die Temperaturverteilung im Sommer, bei Strahlungswetter extrem. Bei Tag tritt in der Entfernung von 20—25 m vom Wasser eine hohe Temperatur und eine niedrige Luftfeuchtigkeit auf (Abbildung 10.). Die das Klima ändernde Wirkung der

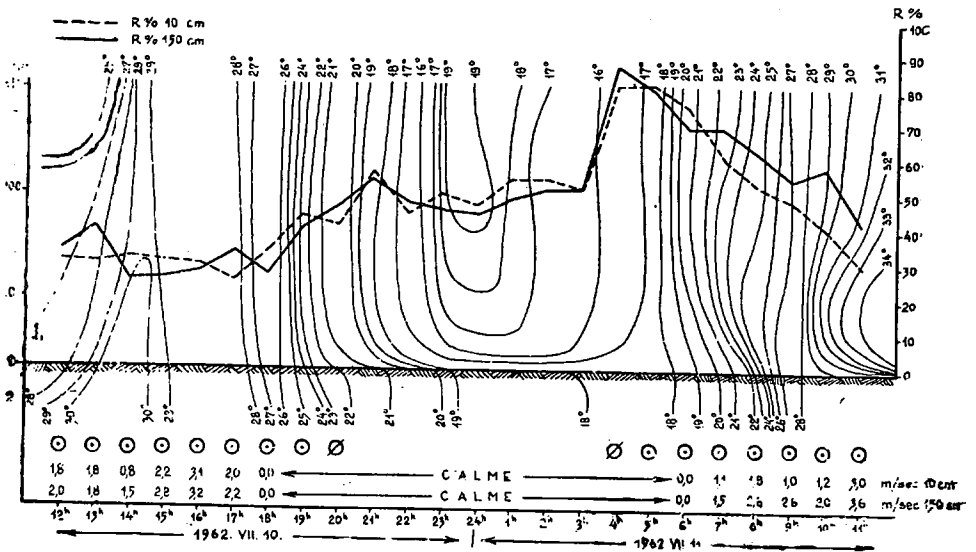


Abb. 10. Temperaturisoplethen der trockenen Sandfläche und das Verhältnis der relativen Luftfeuchtigkeit ($R\%$), im Kunfehér-Teich.

Wassermasse von 150—200 ha macht sich hier weniger geltend. Eine mässigende Wirkung ist nur während der Abkühlung wahrzunehmen, aber sie erlöscht schnell mit der Entfernung vom Wasser. Der Tagesgang der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit der vom Teich 100 m entfernten Sandfläche weist bereits einen (kontinentalen) extremen Charakter auf.

Ähnlich der pflanzenlosen Sandfläche können auch an der vom Wasser 50 m entfernten grasbedeckten Oberfläche während der Aufwärmung und Abkühlung extreme Verhältnisse beobachtet werden (Abbildung 11.). Auch dies weist darauf hin, dass die Wassermenge auf die Ufergend eine schwache Wirkung ausübt.

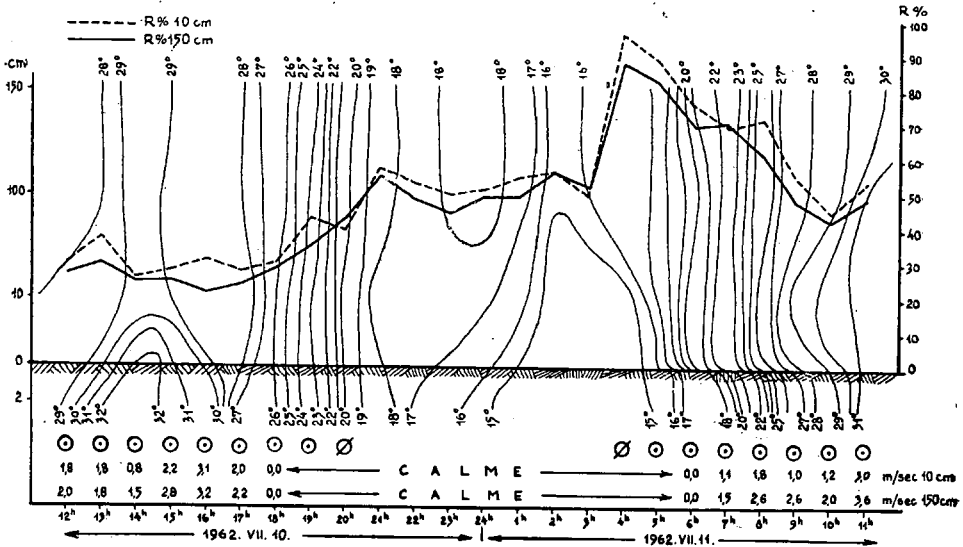


Abb. 11. Temperaturisopleten der Grasfläche und das Verhältnis der relativen Luftfeuchtigkeit ($R\%_0$), im Kurföhér-Teich.

Im Donau-Theiss-Zwischenstromland kommt in der Umgebung der Teiche als eine häufige Pflanzengesellschaft (Pflanzenformation) auch der Wald vor, dessen spezifisches Mikroklima von denen der oben beschriebenen Substrate abweicht. Im Laufe unserer Untersuchungen haben wir in einem, sich vom Wasser in eine Entfernung von 150 m befindlichen Robinienwald, sowie in einem 250 m entfernten alten Eichenbestand Messungen durchgeführt. In beiden Wäldern haben sich die Temperatur- und Luftfeuchtigkeits-Verhältnisse unabhängig vom Wasser ausgebildet. Der Robinienbestand von kleiner Ausdehnung bietet keinen völligen Windschutz, demzufolge wird die Temperatur in dem Stammbestand unter der Laubschicht meistens ausgeglichen. Es ist trotzdem auch so die inverse Temperaturverteilung zu erkennen. In dem Eichenwald von grösserer Ausdehnung hat sich infolge des Windschutzes ein charakteristischeres Waldklima herausgebildet. Anlässlich unserer Messungen am 20. Juli, 1963, hat sich in der inversen Temperaturverteilung zwischen der Oberfläche und dem Laubzelt auf je 0,5 m ein Temperaturunterschied von 0,5 °C gezeigt. Im Waldbestand war die Luft in der Zeit des Temperaturmaximums im allgemeinen um 3 °C kühler, als auf einer freien Oberfläche. Wegen der starken Geschlossenheit des Laubwerkes bildete sich die aktive Schicht statt an der Bodenoberfläche in der Laubschicht des Waldes aus, und so fällt der unmittelbaren Bodenoberfläche in der Gestaltung der Temperatur nur eine sekundäre Rolle zu. Hier nimmt an der Ausbildung der Temperatur nur die aus einer zerstreuten Strahlung stammende Energie teil. Die Wärme-strömungen entstammen meistens der Laubschicht, demnach ist die

Laubzone als eine primäre aktive Schicht viel bedeutender als das Substrat. Während der Abkühlung fällt die Temperatur infolge der intensiven Ausstrahlung schnell ab, die schwerere, kühle Luft sickert aus der Laubzone in den Stammbestand, demzufolge ist die niedrigste Temperatur im Waldsubstrat zu finden (Abbildung 12.).

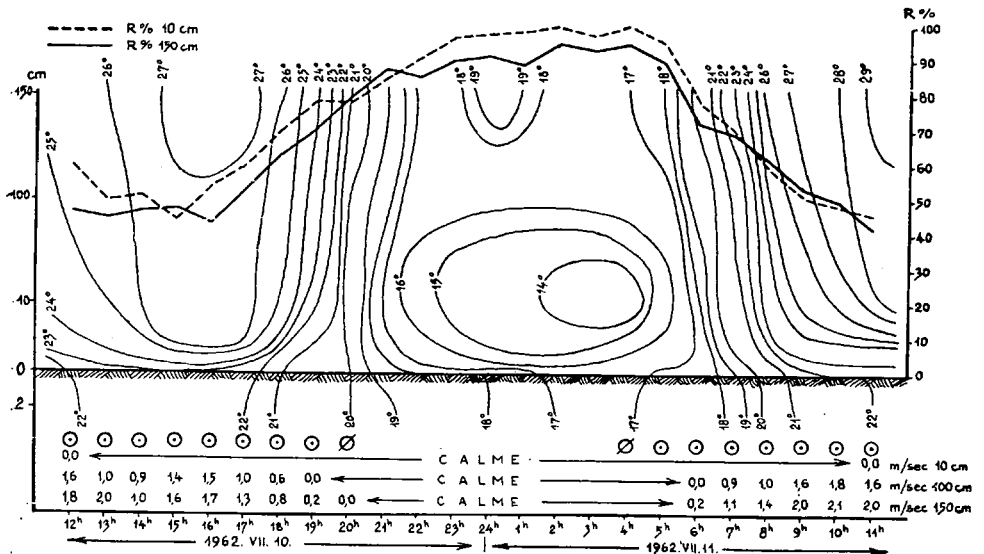


Abb. 12. Temperaturisoplethen des Stammbestandes eines Robinienwaldes und das Verhältnis der relativen Luftfeuchtigkeit ($R\%$), im Kunfehér-Teich.

In Bezug auf das Klima der Teiche können der Wald, das Röhricht, sowie die Sandfläche als die bedeutendsten Substrate betrachtet werden. Zwischen diesen besteht ein wichtiger qualitativer Unterschied, so zB. gelten der Wald und das Röhricht für lebendiges, der pflanzenlose Sand aber als totes Substrat. Während das lebendige Substrat die Verbreitung der Vegetation befördert übt das tote Substrat auf die Gestaltung der Vegetation eine vielmehr regressive Wirkung aus. Mit anderen Worten, das höhere lebendige Substrat mässigt das extreme Klima des Gebietes, und trägt durch diese Eigenschaft zu jener Wirkung, die der Teich auf das Mikroklima seiner Umgebung ausübt, sowie gleichzeitig auch zu dem Mikroklima des Teiches, bei. Demgegenüber wird durch die Flächen von regressiver Wirkung das Mass der Kontinentalität gesteigert. Im Klima des südlichen Teiles der ungarischen Tiefebene hat die trockene Fläche eine weit bedeutendere Wirkung, wobei das Klima der Teiche und ihre Wirkung auf die Umgebung in den Hintergrund gerückt wird. In klimatischem Sinn kommt diese Einseitigkeit in der starken Verdampfung des Wasservorrats der Teiche, sowie in ihrer verhältnis-

mässig hohen Temperatur zum Ausdruck, diese aber ziehen die weitläufige Änderung der Wasserbiozönose, der chemischen Gegebenheiten des Wassers, usw. nach sich.

Wichtigere chemische Eigenschaften des Wassers in Bezug auf das Klima

Es ist festzustellen, dass die chemischen Eigenschaften des Wassers in engem Zusammenhang zu dem Klima der Teiche stehen; diese Eigenschaften stehen laut unserer Untersuchungen in erster Reihe unter der Wirkung der die Ergänzung des Wasservorrats beeinflussenden Konzentrationsverhältnissen und der Verdampfung. Die Temperatur wirkt — einzelne chemischen Eigenschaften ausgenommen — nur als ein vermittelnder Faktor. In Verbindung mit unserer obigen Behauptung beschreiben wir, als Beispiel, die wichtigeren chemischen Charakteristiken eines sodahaltigen Teiches von ständigem Wasser, in welchem die Zusammensetzung des Wassers durch die Verdampfung und die Temperaturänderung im Laufe des Jahres bedeutend modifiziert wird (*Abbildung 13.*)

Die Änderung der Temperatur steht in erster Reihe zu der Oxigen-sättigung in enger Beziehung. Es mag beobachtet werden, dass die Verteilung des Oxigens im Frühling, infolge der niedrigeren Temperatur und einer durch den stärkeren Wind hervorgerufenen Strömung ziemlich gleichmässig ist, im Sommer dagegen ungleichmässig wird. Tabelle 17 zeigt die mit der Erwärmung verbundene Temperaturschichtung und die Tiefenverteilung des Oxigens (*Tabelle 17.*). Den hier erhaltenen

Tabelle 17. Gestaltung der Oxigenverhältnisse im Mai und Juli 1964.

	Wassertemperatur in °C		ursprünglicher O ₂ Verbrauch mg/lit.		gelöstes O ₂ mg/lit.		O ₂ -Sättigung in %	
Kunfehér-Teich	27,5	13,7	27,5	13,7	27,5	13,7	27,5	13,7
in der Nähe des Ufers	20,0	23,6	85,0	98,8	17,2	9,6	189,1	111,8
Quellwasser 100 m vom Ufer	19,2	22,3	92,0	96,4	17,1	8,3	183,8	85,1
	18,9	21,8	98,0	97,4	15,2	9,2	163,3	102,7
Kardoskuti-Teich	28,5	15,7	28,5	15,7	28,5	15,7	28,5	15,7
	18,8	31,8	55,7	283,2	7,74	∅	82,0	∅

Werten ist zu entnehmen, dass die Wassermasse im Sommer weniger O₂-Lösung enthält als wenn sie kalt ist, oder wenn die ganze Wassermasse in Strömung ist. Wir können aber annehmen, dass in den Teichen, wo sich dichte Laichkraut-Assoziationen befinden, das im Wasser absorbierte O₂ einen zweifachen Ursprung aufweist. Der eine ist die direkte Diffusion, welche aus der unmittelbaren Verbindung von Luftkreis und

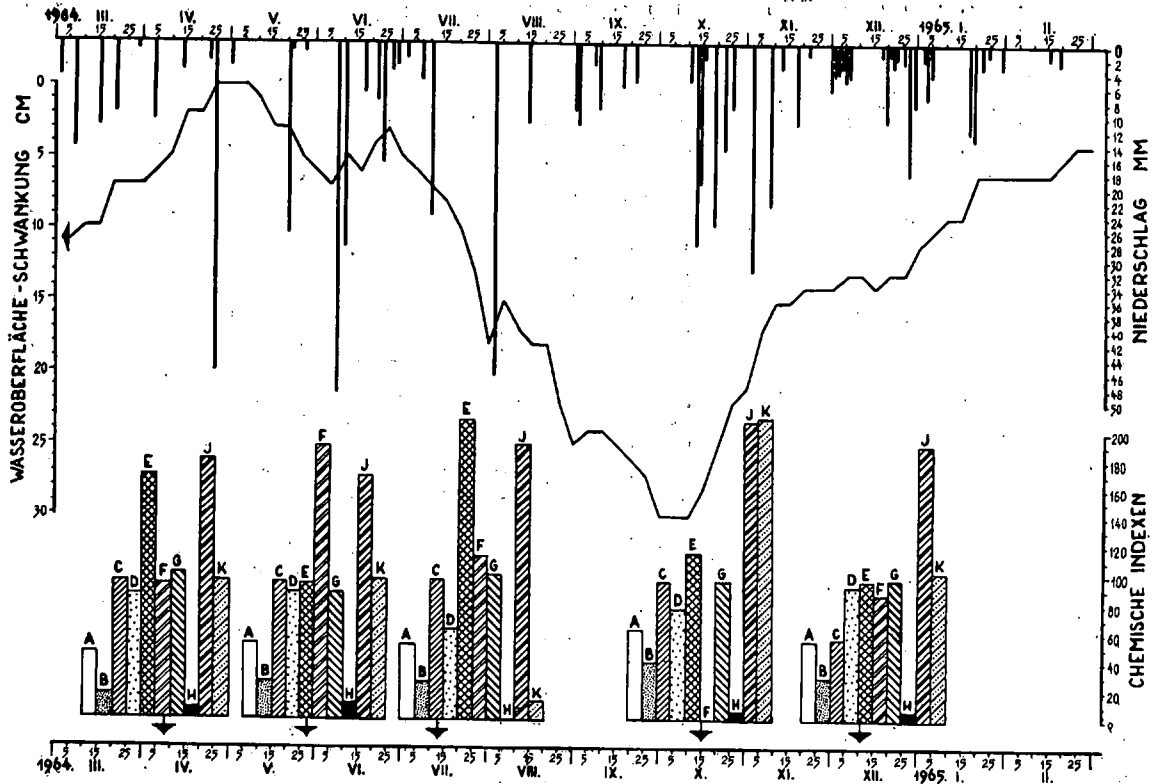


Abb. 13. Chemischer Charakter des Wassers des Kunfehér-Teiches in der Korrelation des Niederschlags, der Verdunstung und der Temperatur.
 A = Alkalität in W° B = Gesamthärte in nK° C = Magnesium in $\%$ D = Natrium in $\%$ E = Kalium in mg/lit F = Gelöste O_2 Sättigung in $\%$ G = O_2 -Verbrauch in mg/lit H = BOI (5 Tage alt) im mg/lit I = Gelöster Salz in 2.10^{-1} mg/lit K = Schwebendes Material in mg/lit,

Wasser entsteht, der andere aber das im Laufe der Assimilation der Wasserpflanzen befreite Oxigen.

Die chemische Untersuchung der in verschiedenen Zeitperioden genommenen Wasserproben (am 7.4., 27.5., 13.7., 15.10.), weist auf weitere beachtenswerte Änderungen hin, welche meistens mit dem Klima eng verbunden sind. Der pH-Wert nimmt mit dem Temperaturanstieg zu. In Betracht jenes Umstandes, dass die Abhängigkeit des pH-Wertes von der Temperatur keinen linear, sondern einen logarithmischen Zusammenhang darstellt, war der während der Zeit zwischen 27. Mai und 13. Juni erfolgte Anstieg des pH-Wertes von 9.4 auf 10.0, von grosser Bedeutung. Diese Zunahme muss in erster Reihe mit der Verdunstung erklärt werden, aber auch ein biologischer Faktor trägt dazu bei, (die mikrobiologische Sulfatreduktion), worauf auch aus der sehr starken Abnahme der Sulfatisierung zu schliessen ist. Auch jene Beobachtung zeugt von der Sulfatreduktion, dass wir über der 10—20 cm dicken, feinen Grundschlammschicht, nachdem sie in Bewegung gesetzt wurde, in der Luft einen Schwefelhydrogen-Geruch wahrnehmen konnten. Die im Schlamm nachgewiesene Sulfidmenge machte 0,1 mg⁰/₀, aus. Die Abnahme der Sulfatmenge ist aber nur in der Nähe des Ufers bedeutend. Sie verschwindet hier manchmal sogar vollständig. Die zeitweise zerstörten, sich zersetzenden Wurzeln der das Ufer bedeckenden Vegetation sichern nämlich die Energiequelle der Sulfatreduktion. Deshalb ist der Boden des unter Wasser stehenden Uferstreifens in 1—3 cm vom Ferrosulfid tiefschwarz oder dunkelgrau gefärbt. Diese reduzierte Schicht wird von einem, von oxidiertem dünner Ferrooxid-Schicht begrenzten, hellen Horizont gedeckt. Der Schlamm enthält im Inneren des Teiches Vegetationsreste, so kann hier keine starke Sulfatreduktion stattfinden.

Die Zunahme an Hydrokarbonat-Ionen kann vielmehr durch die Verdunstung erklärt werden, aber auch die Aktivität der Wasserorganisationen spielt eine Rolle darin.

Der Temperaturanstieg zieht das Verschwinden der gelösten Kieselsäure nach sich, obwohl die Menge von SiO₂ parallel mit der zunehmenden Alkalität anwachsen müsste. Die Ursache hievon steht nach unserer Meinung darin, dass sich die im erwärmten Wasser in grosser Anzahl vermehrenden Kieselalgen die im Wasser gelöste Kieselsäure in Pektinergüste einbauen. Die im Winter oder im Herbst durchgeführten Messungen zeigen dagegen wiederholt eine bedeutende Menge von (6—12 mg/lit.). SiO₂ an, weil in der Kälte die durch die Kieselalgen eintretende biologische Bindung nicht eintritt.

Vom Standpunkt des Lebens der Fische ist zB. die Änderung der Ammonium-Ionen im Teich ausserordentlich wichtig. Laut der Analysen erreicht die Menge des Ammoniums im Sommer seinen Höhepunkt und steigt in je ein Liter über 1.5 mg. Unter Berücksichtigung der alkalischen Umgebung und der hohen Wassertemperatur findet die Umgestaltung des Ammoniums in freies Ammoniak, im allgemeinen bei 9.5 pH, statt. Die Menge des freien Ammoniaks bewegt sich zwischen 0.7—0.9 mg. Diese Menge ist für den im Wasser lebenden Fischbestand

von vergiftender Wirkung. (Die tödliche Dosis ist bei dem Karpfen über 0.5 mg $\text{NH}_3/\text{lit.}$).

Laut des Analysenbefundes der verhältnismässig gut durchleuteten Teiche von ständigem Wasser kann im Aussterben der Fische als den Tod herbeiführende Ursache der Mangel an Oxigen nicht in Rechnung gezogen werden, weil sich die Oxigenmenge in den besagten Teichen auch während des Sommers (sich zwischen 9—17 mg/lit. bewegend) über der optimalen Menge befindet. In den periodischen Teichen tritt im Sommer ein völliger Oxigenmangel auf, welcher nicht allein auf den Fischbestand eine beschädigende Wirkung ausübt (Abbildung 14.).

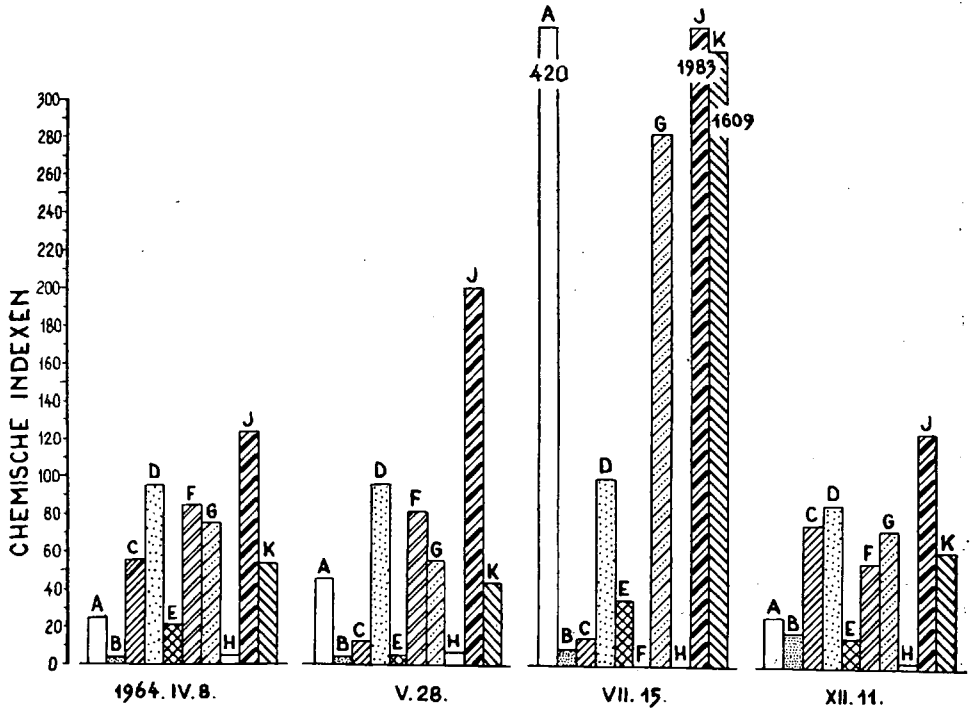


Abb. 14. Chemische Analyse des Kardoskuter-Teiches von periodischem Wasser. A = Alkalität in W° B = Gesamthärte in nK° C = Magnesium in $\%$ D = Natrium in $\%$ E = Kalium in mg/lit F = Gelöste O_2 Sättigung in $\%$ G = O_2 -Verbrauch in mg/lit H = BOI (5 Tage alt) in mg/lit J = Gelöster Salz in $2 \cdot 10^{-1} \text{ mg/lit}$ K = Schwebendes Material in mg/lit .

In der Abhandlung haben wir die klimatischen Verhältnisse der sodahaltigen Teiche nur in den wichtigsten Beziehungen behandelt. Unser Ziel war, dass wir auf Grund unserer, im südlichen Teil der ungarischen Tiefebene während eines halben Jahrzehntes ausgeführten Forschungsergebnisse auf jene klimatischen Eigentümlichkeiten hinweisen, welche in Betracht der Wasserbiozönose unbedingt berücksichtigt werden müssen.

Literatur

1. *Andó, M.*: Geomorphologische und Hydrographische Charakterisierung des Kunfehér-Sees und seiner Umgebung. — Acta Geogr. Szeged, 1961—1964.
2. *Andó, M.*: Die Einwirkung der Donau und der Oberflächenformen auf die mikroklimatischen Verhältnisse des Uferrandes bei Alsógöd. — Acta Climatologica, Szeged, 1959.
3. *Andó, M.*: Mikroklimatikus sajátosságok a Tisza-ártér déli szakaszán (Mikroklimatische Eigentümlichkeiten im südlichen Teil des Überschwemmungsgebietes der Theiss). — Földr. Ért., 1959. 8.
4. *Andó, M.*: Homoktérzsin mikroklimatikus hőmérsékletváltozása különböző időjárási viszonyok alkalmával (Mikroklimatische Temperaturänderungen eines Sandterrains unter verschiedenen Witterungsverhältnissen). — Földr. Ért., 10. 1961.
5. *Bába, K.—Andó, M.*: Mikroklima vizsgálatokkal egybekötött malakocönológiai megfigyelések ártéri kubikokban. (Mit mikroklimatischen Untersuchungen verbundene malakozönologische Beobachtungen in Kubikgraben von Überschwemmungsgebieten). — Tanárk. Főisk. Tud. Közl., Szeged, 1964.
6. *Bacsó, N.*: Magyarország éghajlata (Das Klima von Ungarn). — Budapest, 1959.
7. *Fehér, J.*: Morphogenesis of Lake Nagybüdös at Soltvadkert. — Acta Geogr., Szeged. 1961—1964.
8. *Geiger, R.*: Das Klima der Bodennahen Luftschicht. — Braunschweig, 1961.
9. *Kádár, L.*: Biogeográfia (Biogeographie). — Budapest, 1965.
10. *Megyeri, J.*: Az alföldi szikes vizek összehasonlító hidrobiológiai vizsgálata (Vergleichende hydrobiologische Untersuchung der sodahältigen Teiche in der Grossen Ungarischen Tiefebene). — Ped. Főisk. Évk., Szeged. 1959.
11. *Sajó, E.—Trummer, Á.*: A magyar szikesek (Die ungarischen Alkaliböden). — Budapest, 1934.
12. *Sebestyén, O.*: Bevezetés a limnológiába (Einführung in die Lymnologie). — Budapest, 1963.
13. *Smaroglay, F.*: Bugac szikes tavai (Die sodahältigen Teiche von Bugac). — Budapest, 1939.
14. *Treitz, P.*: A Duna—Tisza közti belvizek és hasznosításuk (Binnenwässer im Donau—Theiss-Zwischenstromland und ihre Nutzbarmachung). — Hidrológiai Közl. 10., 1930.