

MARIA BOMBOWNA

Zakład Biologii Stawów PAN w Krakowie

## Sezonowe i dobowe zmiany pH, alkaliczności i tlenu rozpuszczonego w wodzie stawów rybnych

### Zadania i cel pracy

W biologicznych i hydrologicznych badaniach zbiorników wodnych zwraca się dużą uwagę na oznaczanie zawartości tlenu rozpuszczonego oraz alkaliczność i odczyn wody. Cechy te, obok temperatury, należą do najważniejszych czynników kształtujących zbiorowiska roślinne i zwierzęce w wodach.

Wielu badaczy poświęca temu tematowi szereg prac. W odniesieniu do stawów rybnych i w ogóle płytkich zbiorników wodnych znane są szczególnie prace Gessnera (1932) i Weinmanna (1933, 1935, 1936, 1940...). Gessner w badaniach swoich stara się uchwycić granice dziennych wahań chemizmu wody pod wpływem gęstego zarostu roślin. W stawach karpioowych w Miliczu, w których występowało masowe śnięcie ryb, Weinmann stwierdził w godzinach nocnych zupełny zanik tlenu w wodzie, mimo że po południu była ona silnie nasycona tlenem.

W latach 1953 i 1954 w toku doświadczeń nawozowych prowadzonych w stawach gospodarstw doświadczalnych Polskiej Akademii Nauk w Ocha-bach, zbadano w kilku stawach zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie, alkaliczność i pH. Celem badań było poznanie zmian sezonowych, jakim cechy te podlegają w miejscowych warunkach, oraz wpływu na te zmiany czynników pośrednich, jak nawożenie organiczne przez kaczki i nutrie chowane na stawach czy też — nawożenie mineralne superfosfatem.

Ponieważ zarówno chemizm wody, jak i zbiorowiska wodne są jedynie zewnętrznym wyrazem przemiany materii w wodzie, zbadano jeszcze dodatkowo zmiany tych składników w ciągu doby. W ten sposób spodziewano się uzyskać różnicę między stawami nawożonymi a nie nawożonymi, wychodząc z założenia, że jedynie dynamiczne ujęcie procesu obiegu materii i ich natężenia może określić istotne, charakterystyczne cechy danej wody. Dobowe profile zmian przede wszystkim zawartości tlenu, mogą

bowiem dostarczyć najdokładniejszych danych o przemianie materii w wodzie. Rytmiczne wahania koncentracji  $O_2$  w ciągu doby związane są z wahaniami w promieniowaniu świetlnym, a więc z fotosyntezą w dzień i brakiem jej w nocy, a następnie z wahaniami substancji organicznych podlegających biochemicznemu utlenieniu. Przebieg dobowych wahań składników chemicznych w stawach nawożonych i nie nawożonych może więc wykazać nie tylko różnice w chemizmie wody, ale i przemiany materii wyrażające się wzmożonym zużyciem tlenu.

### Metodyka

W ciągu pięciu miesięcy (od maja do września) pobierano próby i dokonywano oznaczeń dokładnie co dwa tygodnie. Próby wody pobierano z głębokości 20—30 cm,  $pH$  i alkaliczność oznaczano bezpośrednio na stawie. Wodę do  $pH$  pobierano w 5 cm<sup>3</sup> próbówce i oznaczano je kolorymetrycznie według skali Czernyego, w roku 1953 z dokładnością do 0,5 stopnia, a w roku 1954 z dokładnością do 0,2 stopnia. Alkaliczność oznaczano w cm<sup>3</sup> n/10 HCl/1 w obecności metyloranżu, posługując się słoikiem wykalibrowanym na 100 cm<sup>3</sup> i zaopatrzonym w 5 cm<sup>3</sup> biuretę umieszczoną w korku. Próby wody dla oznaczenia tlenu pobierano do zamkniętej flaszeczki tlenowej, którą otwierano i napełniano wodą dopiero po zanurzeniu do żądanej głębokości.

Zawartość tlenu oznaczano metodą Winklera bez bromowania. Użyte wyniki zestawiono na tablicach i wykresach.

### Wyniki badań

#### a) Obserwacje na stawach o nawożeniu organicznym przez kaczki

Badania te wykonano w Landeku na dwu stawach karpowych różnej wielkości (Faroży — 1 ha, Księżok Landecki Wielki — 14 ha), na których prowadzono dodatkową hodowlę kaczek. Jako staw kontrolny przyjęto nie obsadzony kaczkami i nie nawożony nawozami mineralnymi staw Księżok Rudzicki. Uzyskane wyniki podane są w tablicy I.

Wykazują one, że we wszystkich trzech stawach odczyn wody utrzymywał się na poziomie alkalicznym,  $pH$  mieściło się w granicach 7,25—8,50; poniżej 7,0  $pH$  nie wystąpiło w żadnym wypadku. Alkaliczność, we wszystkich badanych stawach dość wysoka, wahała się od 12,0—21,0 ml n/10 HCl/1. Zmiany alkaliczności w ciągu sezonu podane są na ryc. 1. We wszystkich stawach są one zasadniczo podobne. Alkaliczność, dość wysoka na wiosnę, spadała w okresie letnim i znowu podnosiła się znacznie

Tablica I

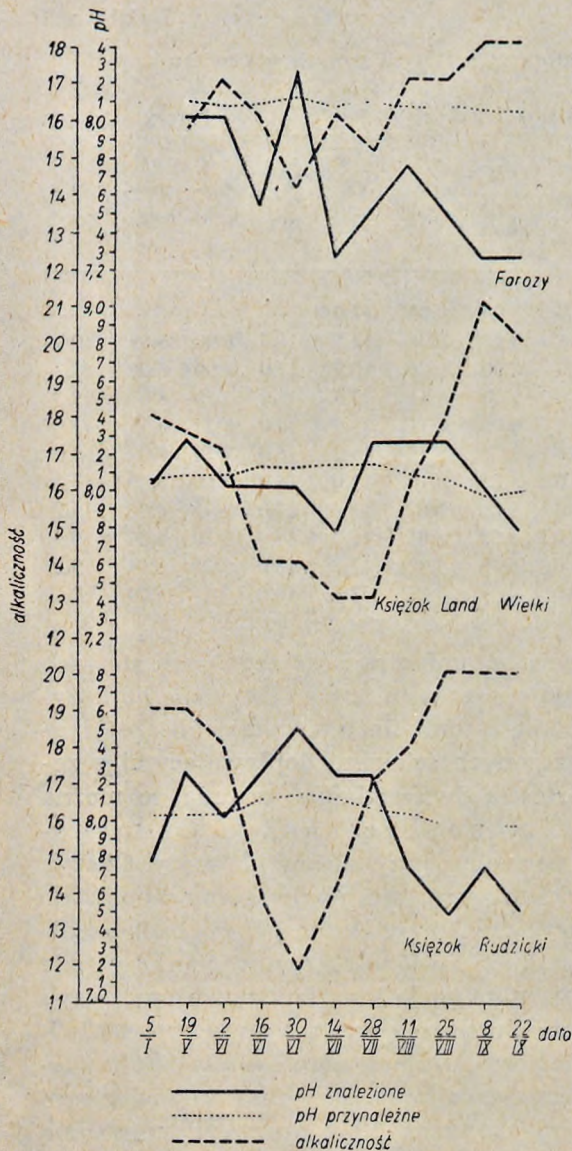
Alkaliczność, *pH* i zawartość tlenu w niektórych stawach w Landeku

Data	Książek Rudzicki				Książek Landecki Wielki				Faroży			
	Alkal. ml n/10 HCl/l	<i>pH</i> zna- leżio- ne	<i>pH</i> przy- należ- ne	O <sub>2</sub> mg/l	Alkal. ml n/10 HCl/l	<i>pH</i> znale- zione	<i>pH</i> przy- należ- ne	O <sub>2</sub> mg/l	Alkal. ml n/10 HCl/l	<i>pH</i> zna- leżio- ne	<i>pH</i> przy- należ- ne	O <sub>2</sub> mg/l
5. V. 53	19,0	7,75	8,02	12,2	18,0	8,00	8,04	12,0	—	—	—	—
19. V. 53	19,0	8,25	8,02	12,7	17,5	8,25	8,06	12,5	15,5	8,00	8,09	10,9
2. VI. 53	18,0	8,00	8,04	12,7	17,0	8,00	8,06	12,9	17,0	8,00	8,06	11,2
16. VI. 53	14,0	8,25	8,11	15,6	14,0	8,00	8,11	13,5	16,0	7,50	8,07	12,3
30. VI. 53	12,0	8,50	8,14	15,1	14,0	8,00	8,11	13,9	14,0	8,25	8,11	11,9
14.VII. 53	14,0	8,25	8,11	11,6	13,0	7,75	8,12	11,2	16,0	7,25	8,07	8,0
28.VII. 53	17,0	8,25	8,06	4,8	13,0	8,25	8,12	11,0	15,0	7,50	8,09	7,5
11.VIII.53	18,0	7,75	8,04	12,2	16,0	8,25	8,07	13,6	17,0	7,75	8,06	11,2
25.VIII.53	20,0	7,50	7,98	10,3	18,0	8,25	8,04	15,7	17,0	7,50	8,06	9,9
7. IX. 53	20,0	7,75	7,98	10,4	21,0	8,00	7,96	12,5	18,0	7,25	8,04	9,2
22. IX. 53	20,0	7,50	7,98	9,5	20,0	7,75	7,98	9,3	18,0	7,25	8,04	7,5

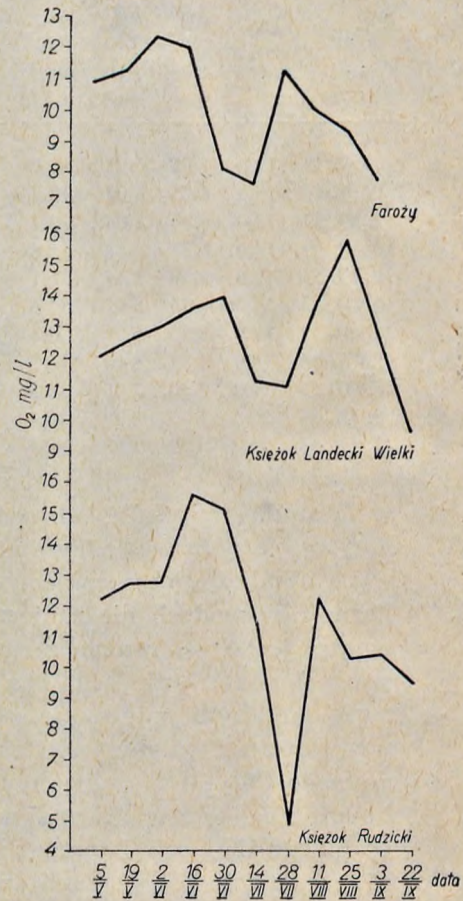
w sierpniu i wrześniu. Odmiennie są natomiast w poszczególnych stawach krzywe odczynu wody. Przebiegają one czasem antagonistycznie do krzywych alkaliczności, a czasem zgodnie z nimi. Jeśli się przyjmie, że alkaliczność w wodach nie zanieczyszczonych ściekami dopływającymi z zewnątrz jest równoważna z zawartością dwuwęglanów wapnia, to można w myśl wskazówek Tillmana, Schäperclausa i Czesnyego — odczytać z jej wysokości normalne, przynależne *pH* wody. Odczyn wody uwarunkowany jest stosunkiem zawartości dwuwęglanu wapnia do wolnego CO<sub>2</sub>. Można więc wyliczyć tzw. przynależne *pH* do badanej alkaliczności, odpowiadające normalnej zawartości dwuwęglanu wapnia i wolnego CO<sub>2</sub>, przy której to zawartości woda jest „równoważona“, czyli nie rozpuszcza już węglanu wapnia ani też nie wytrąca go w procesie odwapniania (zwanego zwykle biologicznym odwapnianiem). Jeśli *pH* znalezione w wodzie odpowiada obliczonemu, przynależnemu do znalezionej w tym samym czasie alkaliczności, wówczas ilość dwuwęglanu wapnia w wodzie nie ulega zmianie.

Gdy *pH* jest mniejsze, wówczas woda zawiera nadmiar CO<sub>2</sub> lub kwasów humusowych i rozpuszcza węglan wapnia, a jeśli zaś *pH* jest większe, świadczy to o niedoborze CO<sub>2</sub> i wytrącaniu się z wody stałego CaCO<sub>3</sub>.

Stosunek znalezionej *pH* do przynależnej, odczytanej z tablic Czesnyego, widoczny jest najlepiej z wykresów podanych na ryc. 1. Wykazują one, że w stawie Książoku Rudzickim od maja do sierpnia istniał niedobór CO<sub>2</sub>, a od sierpnia do września ilość dwutlenku węgla wzrosła,



Ryc. 1. Zmiany alkaliczności i pH w stawach landeckich w 1953 r.



Ryc. 2. Wahania tlenu rozpuszczonego w stawach landeckich w 1953 r.

w związku z czym wzrosła i alkaliczność. Księżok Landeckie Wielki wykazuje dwa okresy niedoboru  $\text{CO}_2$ : w maju i od końca lipca do września. W lecie (od czerwca do lipca) zapas  $\text{CO}_2$  był dostateczny. W Farozym jeźdynie 30 czerwca stwierdzono mały niedobór  $\text{CO}_2$ , poza tym występował on w nadmiarze wzrastającym ku jesieni, co było niewątpliwie związane

z nawożeniem organicznym spowodowanym przez stada kaczek trzymane na stawie.

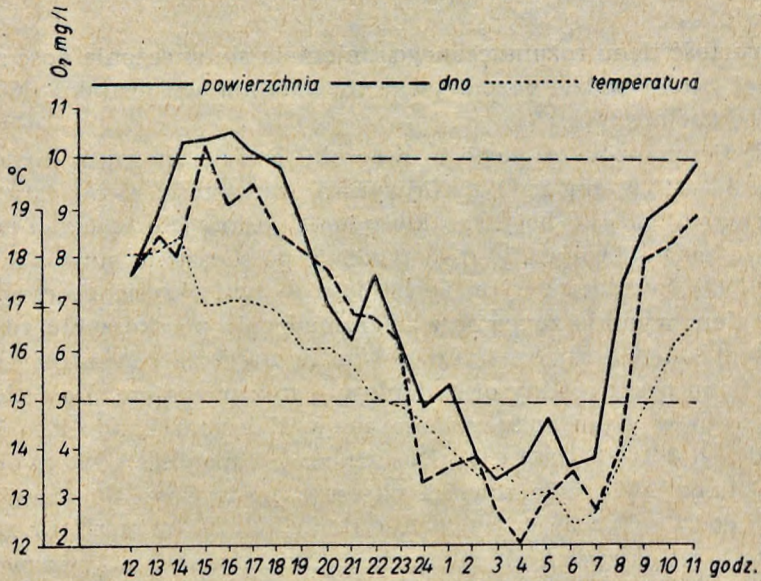
Zawartość tlenu rozpuszczonego zmieniała się w sezonie dość znacznie, najlepiej zatem będzie rozpatrywać te wahania w stosunku do każdego stawu oddzielnie (ryc. 2).

Ilość tlenu rozpuszczonego w Księżoku Rudzickim mieściła się w granicach 4,8—15,5 mg/l  $O_2$ . Najwyższą zawartość tlenu stwierdzono 16 czerwca w okresie bogatego kwitnienia jaskra (*Ranunculus aquatilis*), najniższą zaś — 28 lipca, w dwa tygodnie po skoszeniu stawu. Spadek do 4,8 mg/l  $O_2$  świadczy o tym, że istniały w tym okresie procesy pochłaniające tlen, wynikłe zapewne z nagromadzenia po skoszeniu roślin rozkładającej się materii organicznej i że przewyższały one znacznie produkcję tlenu przez rośliny oraz dopływ jego z powietrza. Ilość tlenu rozpuszczonego w ciągu roku wahała się w Księżoku Landeckim Wielkim w granicach 9,3—15,7 mg/l  $O_2$ . Dość znaczne zapadnięcie krzywej między 14 a 28 lipca odpowiada również okresowi po wykoszeniu stawu.

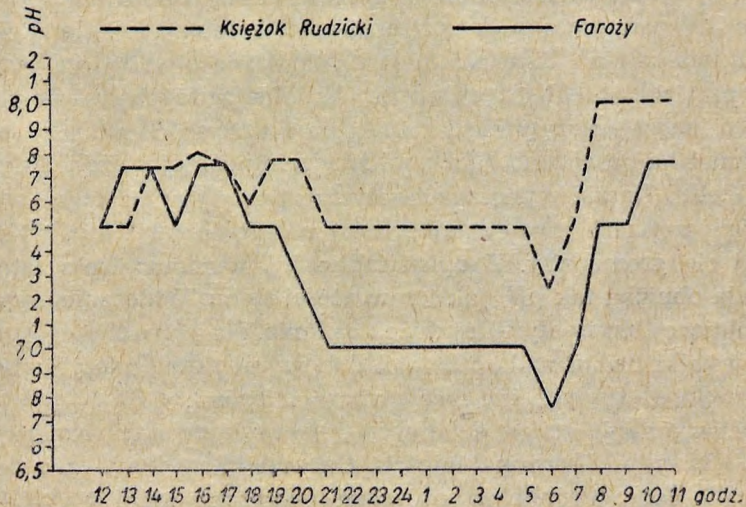
Jeśli codzi o Faroży, to zawartość tlenu była tutaj nieco niższa aniżeli w stawach rozpatrywanych poprzednio, chociaż układ krzywej właściwie jest bardzo podobny. Wahała się ona w granicach 7,5—12,3 mg/l  $O_2$ . Wpływ nawożenia odchodami kaczek wystąpił tylko na Farożym. Na Księżoku Landeckim Wielkim, który jest stawem dużym o powierzchni 14 ha, wpływ kaczek uwidocznił się jedynie w pobliżu wyspy mieszczącej się na środku stawu, na której zazwyczaj przesiadywały one gromadami. W małej części stawu odgraniczonej od reszty szuwarami stwierdzono parokrotnie wyraźną obniżkę  $pH$  oraz spadek zawartości tlenu. W porównaniu z kontrolnym Księżokiem Rudzickim nie stwierdzono w tym stawie, w partiach odleglejszych od jego środka, żadnych wyraźnych różnic.

Nieco inaczej ułożyły się stosunki na Farożym. Ten mały staw o powierzchni 1 ha obsadzono kaczkami znacznie później aniżeli Księżok Landeckim Wielki. Kaczki wykorzystywały tutaj cały staw, żerując we wszystkich jego częściach, nawet najbardziej odległych od budy, w której zazwyczaj się gromadziły. Z opisu tablic już wiadomo, że w stawie tym wystąpiła obniżka tak  $pH$ , jak i zawartości tlenu. Widocznie więc procesy pochłaniające tlen miały tutaj duże nasilenie. Na poparcie tego przytoczyć można wyniki badań nad zmianami dobowymi tlenu, odczynu i temperatury przeprowadzonych z 8 na 9 września (ryc. 3, 4 i 5).

Przy oznaczaniu zmian dobowych za staw kontrolny w odniesieniu do Farożego przyjęto Księżok Rudzicki. Oznaczenia wykonywano co godzinę przez całą dobę. Próbkę do oznaczeń pobierano stale w tych samych punktach, uwzględniając dwie głębokości: powierzchnię i dno. Jak widać z załączonego wykresu (ryc. 3), wahania  $pH$  na Farożym mieściły się w granicach jednego stopnia, między 6,75—7,75. Na Księżoku Rudzickim



Ryc. 3. Zmiany dobowe pH w stawie z kaczkami i kontrolnym 8/9. IX. 1953 r.



Ryc. 4. Zmiany dobowe zawartości tlenu i temperatury w stawie z kaczkami w gospodarstwie Landek 8/9 września 1953 r.

Przestawić podpisy rycin 3 i 4

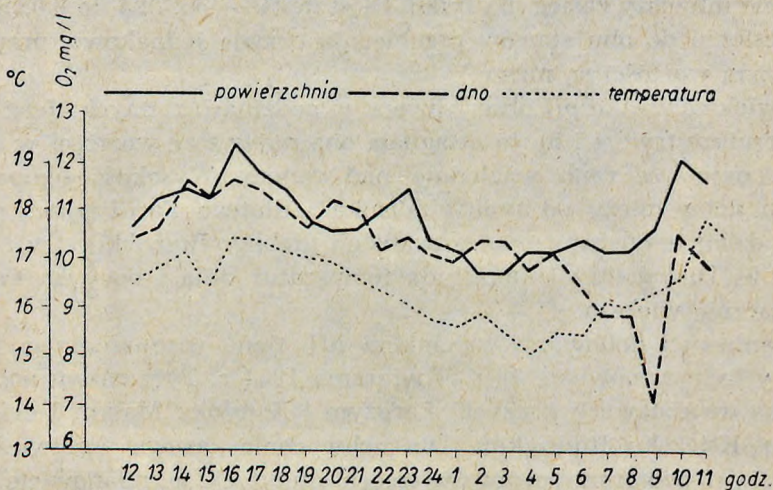
miały one mniejszy zasięg, bo tylko  $3/4$  stopnia — od 7,25 do 8,0. Krzywe w odniesieniu do obu stawów przebiegają prawie jednakowo, przy czym w Farożym wartości są niższe.

Największą zniżkę pH obserwowano w godzinach rannych. Jeśli chodzi o temperaturę (ryc. 4 i 5), to osiągnęła ona najwyższe wartości w okresie dnia, a najniższe rano względnie nad ranem. Wysokość temperatury w ciągu doby zależy od typu zbiornika i dlatego Faroży jako płytszy miał w dzień temperaturę wyższą aniżeli głębszy Rudzicki, a w nocy — odwrotnie. Dlatego też i amplituda temperatur dnia i nocy na Farożym była znacznie większa.

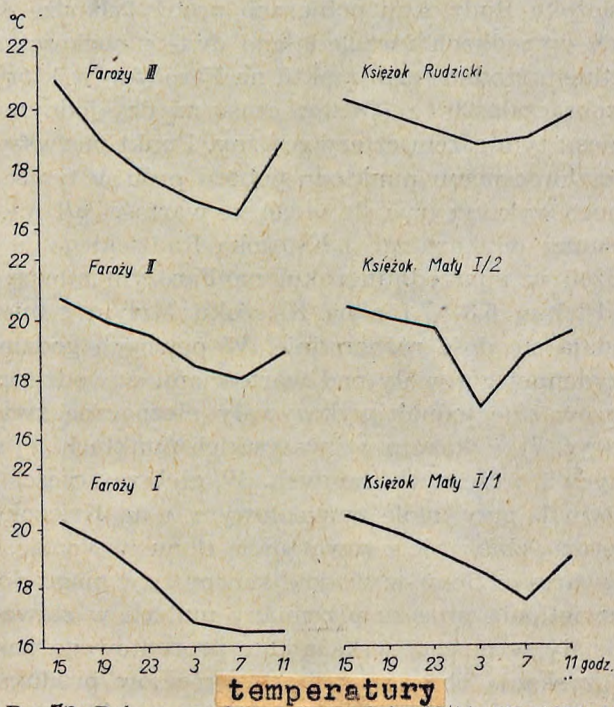
Badania nad dobowymi wahaniami pH, tlenu rozpuszczonego i temperatury były wznowione 13 i 14 września 1954 r. Tym razem pobierano próby na dwu stawach kaczyc: Farożym i Księżoku Małym I oraz kontrolnym, Księżoku Rudzickim. Dla uchwycenia zasięgu wpływu kaczek na Farożym pobierano próby w trzech punktach, a mianowicie blisko brzegu, w miejscu dość płytkim, gdzie kaczki najczęściej i najliczniej się gromadziły, na środku stawu wśród kęp szuwaru i wreszcie w najgłębszym punkcie, najodleglejszym od miejsca żywienia. Na Księżoku Małym I pobierano próby tylko w dwu miejscach, obok umieszczonego na wodzie stołu żywieniowego oraz w głębokiej części stawu koło mnicha odpływowego. Na Księżoku Rudzickim pobierano próby tylko ze środka stawu. We wszystkich wypadkach uwzględniano dwie głębokości: powierzchnię i dno, z wyjątkiem środkowego punktu na Farożym, w którym głębokość stawu nie przekraczała 20 cm. Odstęp czasu między jednym oznaczeniem a drugim wynosił tym razem cztery godziny. Punkt pierwszy na Farożym odpowiadał zeszłorocznemu punktowi poboru prób w tymże stawie.

Z załączonego wykresu (ryc. 6) widać, że wartości pH mieściły się tym razem w stosunku do Farożego i Księżoka Rudzickiego w cieńszych granicach aniżeli w poprzednim roku; na Farożym między 6,5—7,3, na Księżoku Rudzickim 6,8—7,1 a na Księżoku Małym I między 6,8—7,6. Krzywe układają się dość różnorodnie. W pewnych godzinach wartości w wodzie przydennej górowały nad wartościami w wodzie powierzchniowej, które przeważnie jednak wykazywały nieznaczną zwyżkę. Krzywe temperatury (ryc. 7) wykazują we wszystkich punktach jej spadek w godzinach nocnych i wczesnych rannych. W głębszej części Farożego, na Księżoku Małym I przy stole żywieniowym i na Księżoku Rudzickim wykazują wyraźną zbieżność z zawartością tlenu w wodzie.

Zmiany zawartości tlenu w wodzie stawowej w ciągu doby są doskonałą miarą oświetlenia procesu przemiany materii w stawach. Przedstawione one zostały w postaci wskaźników procentowego nasycenia wody tlenem. Dla uzyskania obrazu przebiegu procesów produkujących i zużywających tlen, procent nasycenia wody tlenem obliczony został w od-



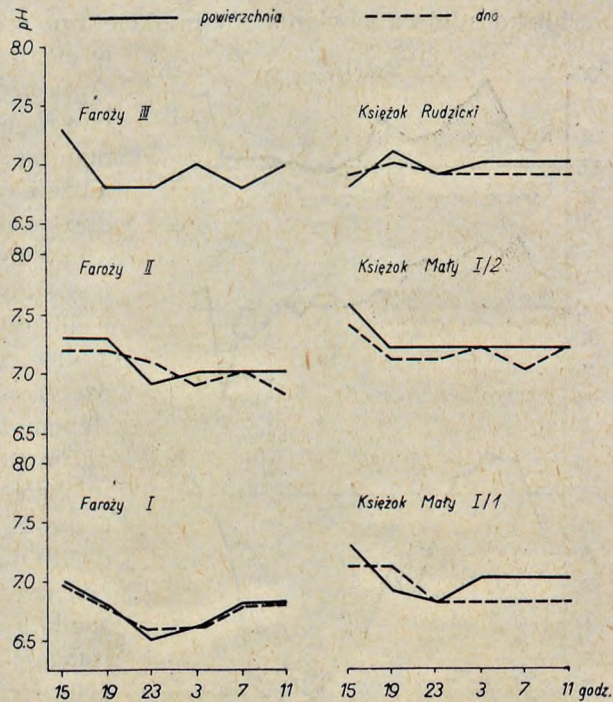
Ryc. 5. Zmiany dobowe zawartości tlenu i temperatury w stawie kontrolnym Rudzickim w gospodarstwie Landek 8/9 września 1953 r.



Ryc. 6. Dobowe zmiany temperatury w dniu 13/14. IX. 1954 r.



Ryc. 9. Dobowe zmiany pH w dniu 13/14. IX. 1954 r.



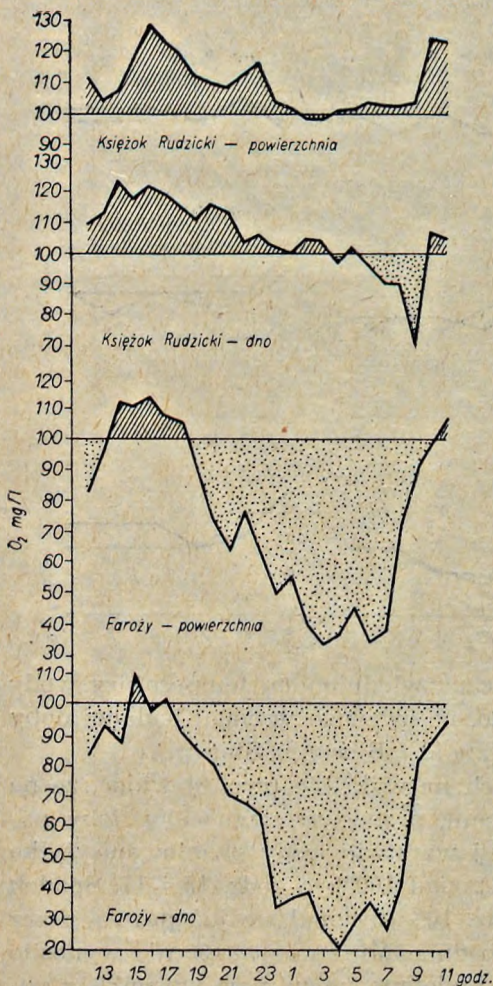
niesieniu do każdej godziny badań z uwzględnieniem temperatury wody i średniego ciśnienia atmosferycznego, notowanego w ciągu badanej doby przez stację meteorologiczną w Cieszynie i Bieruniu Starym.

Z danych 1953 roku, zestawionych na wykresie (ryc. 8) widać, że na stawie Farożym, obsadzonym kaczkami, prawie w ciągu całej doby panował niedosyt tlenu. W przydennej warstwie wody zanotowano tylko dwie wyrwykowe zwwyżki nasycenia ponad 100% o godz. 15 i 17. Spadek nasycenia, który rozpoczął się o godz. 18, utrzymał się już prawie przez całą dobę, aż do godz. 14 następnego dnia. Minimum nasycenia wynosiło 20,5% i przypadło rano na godz. 4. Podobnie ułożyły się stosunki w powierzchniowej warstwie wody, z tym jednak, że nasycenie tlenem mieściło się tu w granicach 33,5—112,9%, a zwwyżka nasycenia ponad 100% trwała od godz. 14 do 18.

Na kontrolnym stawie Księżoku Rudzickim procesy produkujące tlen przeważały nad procesami jego zużycia. Wyrażało się to w stałej, przez całą prawie dobę trwającej, zwwyżce nasycenia ponad 100% tak w powierzchniowej wodzie, jak i przy dnie. Minimum nasycenia nad ranem o godz. 3 wynosiło na powierzchni 97,8%, przy dnie zaś zanotowano je w wysokości 70,9% dopiero rano o godz. 9.

Badania w roku 1954 (ryc. 9) potwierdziły, jeżeli chodzi o staw Faroży,

wyniki uzyskane w roku poprzednim. Jak widać z ryc. 9, w punkcie 1 tzn. blisko miejsca żywienia i w punkcie 3 na środku stawu, występowały



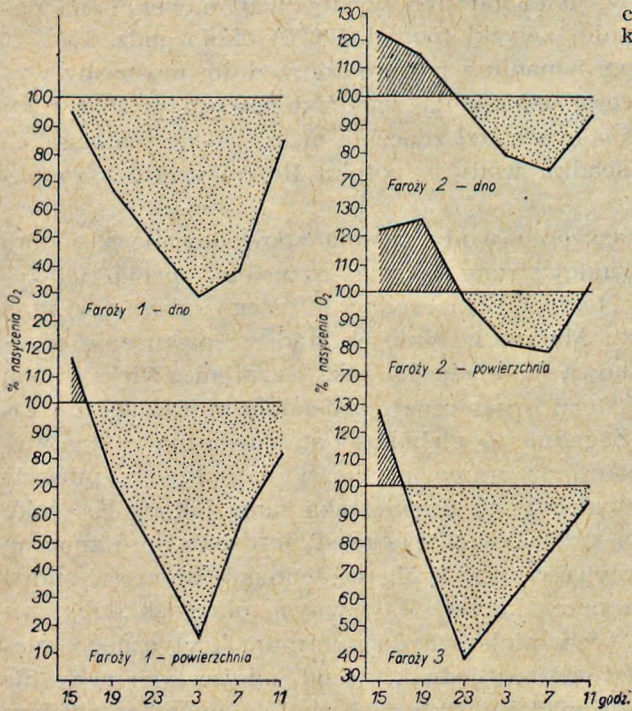
Ryc. 8. Zmiany dobowe nasycenia tlenem w stawie z kaczkami i kontrolnym w dniu 8/9. IX. 1953 r.

w ciągu całej prawie doby braki w nasyceniu tlenem. W punkcie 1 nad ranem o godz. 3 nasycenie tlenem na powierzchni było mniejsze aniżeli przy dnie (pow. 14,8%, dno — 28,6%). W punkcie drugim, który różnił się znacznie od dwu pozostałych punktów głębokością i odległością od miejsca żywienia, a więc od miejsca ciągłego gromadzenia się kaczek, układ nasycenia tlenem był bardziej dodatni. Tak na powierzchni, jak i przy dnie w godzinach popołudniowych, a nawet przedwieczornych (od 15 do 19) nasycenie wykazywało wyżkę ponad 100%, potem jednakże spadało i przez resztę doby nie osiągało już przy dnie nasycenia 100-procentowego, a na powierzchni osiągało już koło godziny 10. Minima na powierzchni w wysokości 78,2% a przy dnie w wysokości 72,8% przypadają na godz. 7.

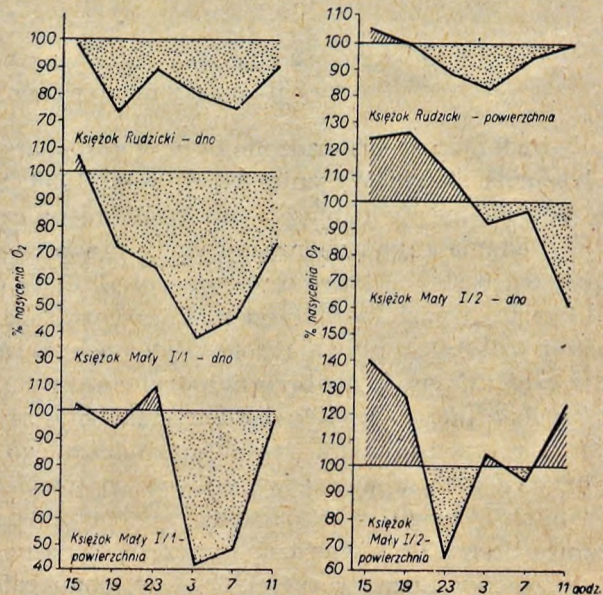
Na Księżoku Małym I (ryc. 10) w punkcie 1, tzn. tuż obok stołu żywnieniowego, otrzymano wyniki zbliżone do wyników uzyskanych na Farożym. Z wyjątkiem małej wyżki około godz. 23 obserwuje się tutaj w wodzie powierzchniowej trwały niedobór tlenu. Na tym samym stawie w punkcie drugim koło odpływu, układ krzywych na-

syceńca jest dość nieregularny. Stwierdzono tu dużą różnicę w czasie między wystąpieniem minimum nasycenia powierzchni i dna. Minimum nasycenia — 66,2% zanotowano na powierzchni o godz. 23 a przy dnie — 62,6% przed południem o godz. 11. Na Księżoku Rudzickim, przy dnie, stwierdzono w tym roku w przeciwieństwie do roku ubiegłego stały nie-

Ryc. 9. Zmiany dobowe nasycenia tlenem w stawie z kaczkami w dniu 13/14. IX. 1954 r.



Ryc. 10. Zmiany dobowe nasycenia tlenem w stawie z kaczkami i kontrolnym w dniu 13/14. IX. 1954 r.



dobór tlenu w ciągu doby. Niedobór ten występował nawet i na powierzchni z wyjątkiem małej wyżki (ponad 100%) około godz. 15.

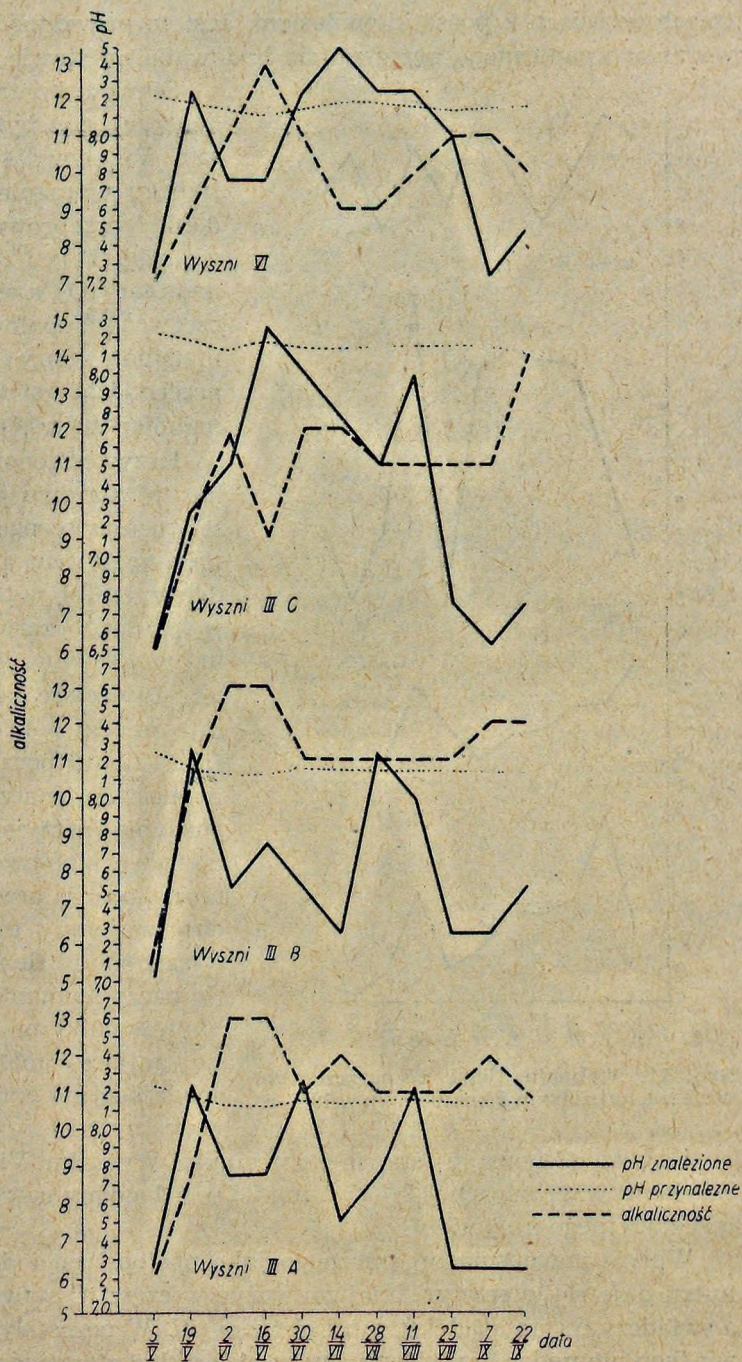
Różnicę nasycenia w porównaniu z rokiem poprzednim można by wytłumaczyć tym, że w okresie oznaczania wahań dobowych w 1954 roku poziom wody w badanych stawach był znacznie niższy od normalnego, co wynikało z gwałtownego spadku wody w potoku Hownicy, który zaopatrzuje stawy landeckie.

Zmiany dobowe w nasyceniu wody tlenem spowodowane z jednej strony asymilacją, a z drugiej strony — jego zużyciem, specjalnie wyraźnie występowały przy brzegu i na środku Farożego oraz przy stole żywieniowym na Księżoku Małym I. Wniosek stąd, że nawożenie organiczne, wywołane dodatkową hodowlą kaczek, a zatem zwiększeniem ilości rozkładającej się materii organicznej, podziało obniżająco na zawartość tlenu w wodzie. Zagadnienie głębokości stawu można w tym wypadku wyeliminować, ponieważ mimo płytkości Farożego w punkcie pierwszym amplituda wahań była tu prawie taka sama jak na Księżoku Małym I, na którym koło stołu żywieniowego stwierdzono dość znaczną głębokość. Strefa tych wpływów ograniczała się jednakże do części stawu najczęściej odwiedzanych przez kaczki. W pewnych okresach doby, zawartość tlenu spadała w tych miejscach do minimum krytycznego, niebezpiecznego dla ryb; stwierdzono jednak, że od miejsc tych ryby nie stroniły, lecz przeciwnie, gromadziły się w nich chętnie zwabione obfitym pokarmem. Związany z nimi brak tlenu nie był dla ryb groźny, gdyż pozostałe, głębsze partie stawu były weń obficie zaopatrzone.

#### b) Obserwacje na stawach o nawożeniu organicznym przez nutrie

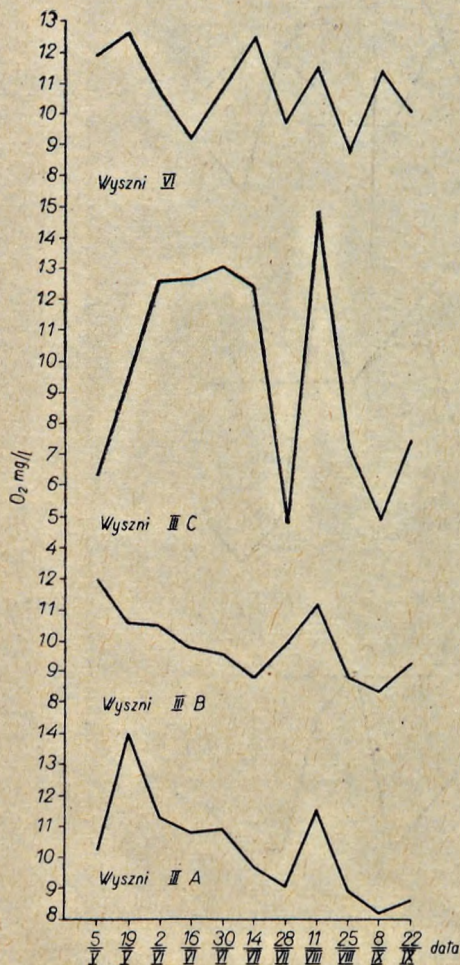
Badania przeprowadzone były w gospodarstwie doświadczalnym w Gołyszynie na stawie Wyszynim III w roku 1953. Staw ten jest duży (7,5 ha) i podzielony niedokończonymi groblami na cztery części.

Badania zmian chemizmu wody przeprowadzone były tylko na trzech częściach stawu, które oznaczono A, B, C. W części A pobierano próby na otwartej wodzie wolnej od roślin, w części B — wśród roślinności miękkiej (rdzestnica pływająca — *Potamogeton natans*) rozrzuconej kępami, w części C zaś, w nadbrzeżnej strefie szuwaru, w pobliżu stołu, na którym żywiono nutrie. Wyniki badań zestawione są na wykresie (ryc. 11). Graficzne przedstawienie stosunku znalezionej  $pH$  do przynależnego daje krzywe wskazujące, że we wszystkich trzech częściach stawu nutriowego istniał w ciągu całego sezonu wegetacyjnego nadmiar  $CO_2$ . Szczególnie duże ilości  $CO_2$  stwierdzono w części B od początku trzeciej dekady maja do połowy lipca, w części C — w ciągu całego maja, a we wszystkich



Ryc. 11. Zmiany alkaliczności i pH w stawie nutriowym i kontrolnym w 1953 r.

trzech częściach z początkiem jesieni. Jest to prawdopodobnie wynik nawożenia organicznego przez nutrie hodowane na stawie.



Ryc. 12. Wahania tlenu rozpuszczonego w stawie nutriowym i kontrolnym w 1953 r.

Stawem kontrolnym dla stawu „nutriowego“ był duży staw Wysznia VI (pow. 47 ha), w jednej trzeciej wyraźnie wypłycony. Badania przeprowadzone na nim w ciągu maja i czerwca wykazały nadmiar CO<sub>2</sub>, a w okresie od końca czerwca do połowy sierpnia jego niedobór, który stopniowo malał, przechodząc znowu w wyraźny nadmiar ku jesieni.

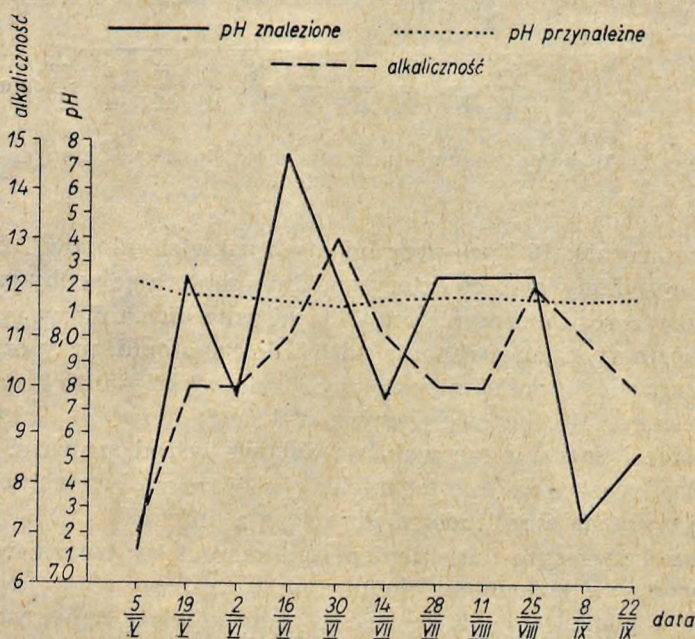
Krzywe tlenowe (ryc. 12) wykazują dla dwu pierwszych części stawu nutriowego najwyższe wartości na wiosnę, a potem stały spadek z małym tylko wzniesieniem w połowie czerwca. W części C krzywa tlenowa ma inny charakter. Zawartość tlenu waha się tutaj między 4,8—14,9 mg/l O<sub>2</sub>. Ilość tlenu początkowo nieduża, podnosi się znacznie i na jednym poziomie utrzymując przez cały czerwiec i połowę lipca. Pod koniec lipca i przez cały sierpień obserwujemy gwałtowne skoki w zawartości tlenu. Można je wytłumaczyć zahamowaniem w krążeniu wynikłym z nagromadzenia się gnijącej materii organicznej opadającej na dno w trakcie zerowania nutrii.

Krzywa tlenowa w stawie kontrolnym Wysznim VI wykazuje stałą oscylację w granicach 8,9—12,6 mg/l O<sub>2</sub> z łagodnym spadkiem w ciągu wegetacyjnego ku jesieni.

Wpływ nawożenia organicznego jako następstwa dodatkowej hodowli nutrii daje się więc wyraźniej zauważyć w części C stawu Wyszniego III, a świadczy o tym spadek tlenu i obniżka pH. W pozostałych częściach stawu tego nie widać, a występujący w nich układ stosunków fizykochemicznych wody zbliżony był raczej do stawu kontrolnego Wyszniego IV.

## c) Obserwacje na stawach o nawożeniu mineralnym superfosfatem

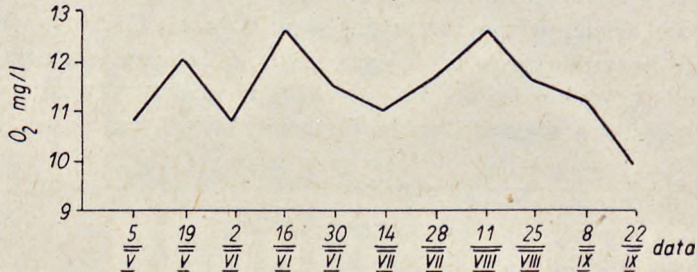
Badania przeprowadzone były w roku 1953 również w gospodarstwie Gołysz, na stawie Wyszni IV o pow. 6,50 ha, nawiezionym superfosfatem dnia 29. V. 1953 w stosunku 2 q na ha. Stawem kontrolnym przy tych badaniach był wspomniany już wyżej staw Wyszni VI. Stosunek znalezionej pH do przynależnej w zestawieniu z alkalicznością przedstawiony jest na ryc. 13. Wykazuje on, że ilość  $\text{CO}_2$  w wodzie Wyszniego IV oscylowała od początku maja do końca lipca między nieznacznym nadmiarem



Ryc. 13. Zmiany alkaliczności i pH w stawie nawożonym superfosfatem

a również niewielkim niedoborem. Przez cały sierpień daje się zauważyć nieznaczny niedobór dwutlenku węgla, we wrześniu natomiast stwierdzono jego nadmiar. Porównanie krzywych alkaliczności i pH stawu nawożonego superfosfatem z kontrolnym Wyszni VI nie wykazuje wyraźnych różnic. Krzywe tlenowe mają również przebieg bardzo podobny. Wykazują one dość równomierną oscylację, spowodowaną prawdopodobnie okresowymi wzrostami i zanikami zakwitów glonowych. Z równoległych badań nad suchą masą planktonu wynika pewna harmonia między zawartością tlenu, a ilością planktonu, występująca specjalnie wyraźnie na Wyszni VI. Spodziewany przyrost masy detritusu zachodził istotnie,

ale ponieważ w obu stawach był on prawie jednakowy, nie można go przypisywać wpływom nawożenia fosforowego. Równoległe z wpływem nawożenia fosforowego śledzono na tych stawach wpływ różnych zespołów roślinnych na wahania dobowe tlenu i odczynu. Przebadano je w ciągu



Ryc. 14. Wahania tlenu rozpuszczonego w stawie nawożonym superfosfatem

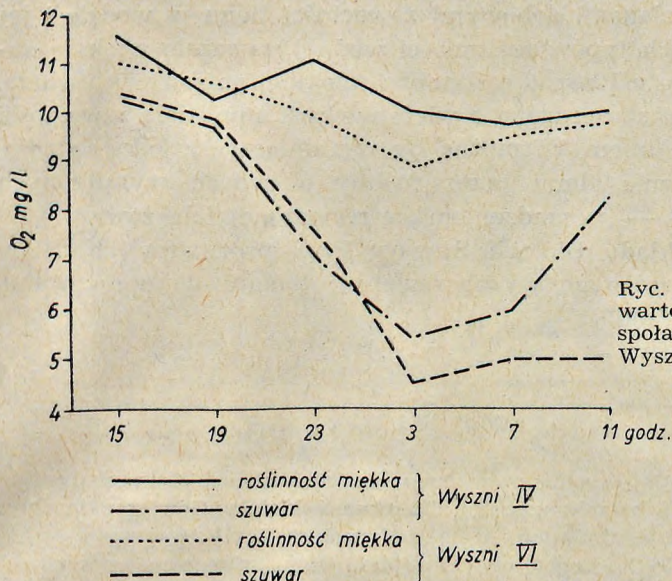
sezonu dwukrotnie: 15 lipca przy bogatym zakwicie glonów i 25 sierpnia. Oznaczenia wykonywano co cztery godziny, pobierając próby wody z szuwaru i spośród roślinności miękkiej. Oznaczenia pH za pierwszym, jak i za drugim razem wykazują wahania od 0,5 do 2,0 stopni, przy czym zawsze w środowisku roślinności miękkiej było ono wyższe aniżeli w szuwarze. Jak widać z ryc. 15, krzywe tlenowe wykazują mniejsze ilości tlenu, ale równocześnie i znaczniejsze wahania dobowe wśród szuwaru. Zawartość tlenu w środowisku roślinności miękkiej zawsze wyższa niż w szuwarze, ma mniej wyraźną amplitudę między nocą a dniem.

Z jeszcze większym natlenieniem spotkano się w wodzie wypełnionej rozwijającymi się kożuchami glonów.

Różny stopień natlenienia wody, w zależności od typu roślin zarastających poszczególne części stawu, tłumaczy G e s s n e r różnym sposobem wydzielania tlenu przez rośliny. Jego zdaniem, każda wyższa roślina wodna wydziela tlen w postaci małych pęcherzyków, które szybko wznoszą się ku górze i giną na powierzchni wody. W ten sposób znaczna część tlenu zostaje dla wody stracona. Inaczej sprawa ta wygląda w środowisku bogatym w plankton. Te mikroskopijne rośliny wydzielają tlen w tak doskonałym rozdrobnieniu, że rozpuszcza się on natychmiast w wodzie, co powoduje tym samym silniejsze jej natlenienie.

Inni badacze twierdzą jednak, że miękkie rośliny wodne mają szczególną zdolność magazynowania większych zasobów tlenu. Tlen, magazynowany przez rośliny w przestrzeniach międzykomórkowych, oddawany bywa w wodzie powoli nawet jeszcze po zachodzie słońca, gdy procesy asymilacji już ustały. Pogląd ten tłumaczyłby silniejsze natlenienie wody





Ryc. 15. Zmiany dobowe zawartości tlenu w różnych zespołach roślinnych na stawach Wyszni IV i Wyszni VI dnia 25/26. VIII. 1953 r.

wśród roślinności miękkiej, a w naszych badaniach potwierdzałyby go mała amplituda wahań między nocą a dniem.

### Streszczenie wyników

1. Oznaczanie zawartości tlenu oraz pH znalezionej i przynależnego na wszystkich stawach tak nawożonych, jak i nie nawożonych, wykazało w ciągu roku powolny spadek zawartości tlenu oraz zwiększającą się szczególnie ku jesieni ilość CO<sub>2</sub>, co świadczyłoby o potęgowaniu się procesów pochłaniających tlen.

2. Nawożenie organiczne stawów, spowodowane przez hodowane na nich stada kaczek lub nutrii, wywołało obniżkę zawartości tlenu w wodzie, szczególnie wyraźną w punktach najczęściej przez nie uczęszczanych.

3. Nawożenie fosforowe nie wywarło wyraźnego wpływu na sezonowe wahania odczynu tlenu i alkaliczności.

4. Na podstawie dobowego rytmu przemiany materii stwierdzono, że w wodzie przydennej badanych stawów, procesy pochłaniające przeważały nad procesami produkującymi tlen. Wynika stąd, że występowała tam intensywniejsza przemiana materii. Szczególnie wyraźnie ujawniło się to na stawach nawożonych organicznie, na których dni tworzyły się duże ilości szlamu. W stawach, które są zbiornikami płytkimi, szlam ten łatwo się nagrzewa i przewietrza, co przyspiesza przebieg procesów mikrobiologicznych i biochemicznych.

5. Badania nad zmianami dobowymi zawartości tlenu w wodzie i jej odczynu wśród różnych typów roślinności wodnej wykazało większą zawartość tlenu i wyższe  $pH$  wśród roślinności miękkiej aniżeli w szuwarze. W szuwarze natomiast stwierdzono o wiele większą amplitudę zawartości tlenu między nocą a dniem, co można by wytłumaczyć z jednej strony brakiem magazynowania tlenu przez rośliny o pędach wynurzonych z wody, z drugiej zaś — gromadzeniem się nanoszonej fałą zawiesiny.

Kierownikowi Zakładu Biologii Stawów PAN prof. drowi K. Starmachowi dziękuję bardzo za wyznaczenie mi tematu do opracowania i wskazówki.

### Literatura

1. Czerny R., 1943. Untersuchungsverfahren zur chemischen Wasseranalyse.
2. Gessner F., 1932. Schwankungen im Chemismus kleiner Gewässer in ihrer Beziehung zur Pflanzenassimilation. Arch. f. Hydrob. t. XXIV.
3. Koźmiński Z., 1933. O sposobie obliczania deficytu tlenowego w jeziorach suwalskich. Arch. Hydrob. i Ryb. VII. 144—163.
4. Schäperclaus W., 1926. Die örtlichen Schwankungen der Alkalität und des  $pH$ 's, ihre Ursachen, ihre Beziehungen zueinander und ihre Bedeutung. Zeitschr. f. Fischerei.
5. Stangenberg M., 1937. Charakterystyka limnologiczna jezior grupy kleszczowieckiej i hańczańskiej na pojezierzu Suwalszczyzny. Wyd. I. B. L.
6. Stangenberg M., 1937. Szkic limnologiczny na tle stosunków hydrochemicznych pojezierza suwalskiego. Warszawa, Wyd. IBL.
7. Weinmann R., 1933. Hydrobiologische und hydrographische Untersuchungen an zwei teichartigen Gewässern. Beitr. z. bot. Zentralbl. Abt. II. Bd. 51. 397—476.
8. Weinmann R., 1936. Über Schwankungen des Sauerstoffgehaltes in schliesischen Karpfenteichen. Zeitschr. f. Fischerei.

### СОДЕРЖАНИЕ

М. Бомбовна, *Сезонные и суточные изменения  $pH$ , щелочности и количества растворённого кислорода в воде рыбных прудов*

Опыты с удобрением, проведённые на прудах Опытных хозяйств Польской Академии наук в Охабах дали возможность исследовать сезонные колебания содержания растворённого в воде кислорода,  $pH$  и щелочности прудовой воды.

Исследования касались как определения колебаний этих признаков (пробы брались раз в две недели), так и влияния, которое оказывает на эти изменения органическое удобрение обусловленное содержанием на прудах уток или нутрий, или же минеральным удобрением внесённым в виде суперфосфата. Влияние органического удобрения исследовалось в трёх прудах с утками и одним с нутриями. Влияние же минерального удобрения исследовалось в одном пруду. Параллельно велись исследования контрольных прудов.

Исследования сезонных изменений в прудах, получивших органическое удобрение были расширены двукратным исследованием изменений содержания кислорода в воде на протяжении суток, так как это является наилучшей мерой процессов превращения веществ и их интенсивности.

В пруду удобренном суперфосфатом о соответствующем ему контрольном пруду проведено кроме того исследования суточных изменений содержания кислорода и pH воды среди водной растительности различных типов.

Результаты исследований:

1) измерение содержания кислорода и значения pH найдённого и принадлежащего как в удобренных, так и неудобренных прудах указывают на медленное понижение в течение года содержания кислорода и увеличение, особенно к осени, количества  $\text{CO}_2$ , что объяснить можно лишь усилением процессов поглощения кислорода,

2) органическое удобрение вызывало понижение содержания кислорода в воде, особенно резкое в местах часто посещаемых утками и гусями,

3) фосфорное удобрение не оказало заметного действия на сезонные колебания pH, щелочности и содержания кислорода,

4) на основании суточного ритма превращения веществ установлено, что в придонной воде поглотительные процессы доминировали над процессами выделяющими кислород. Из этого следует, что здесь происходит более интенсивное превращение веществ. Особенно отчётливо видно это в прудах с органическим удобрением, в которых образовались на дне большие количества тины.

В прудах, как водоёмах мелких, тина эта легко нагревается и проветривается, что ускоряет микробиологические и биохимические процессы,

5) исследования изменений содержания кислорода в воде и её pH среди водной растительности разных типов установили большее содержание кислорода и высшее pH среди водной растительности „мягкой“, чем в камышах. В камышах же обнаружено значительно большую амплитуду суточного колебания содержания кислорода, что можно было бы объяснить отсутствием накопления кислорода растительностью с побегами над водой с одной стороны, и скоплением приносимой волной муты с другой.

#### ZUSAMMENFASSUNG

M. Bombówna, *Die während einer Jahreszeit und binnen 24 Stunden vorgehenden Veränderungen pH, der Alkalität und des im Fischteichwasser aufgelösten Sauerstoffes*

Die in den Teichen der Versuchswirtschaft der Polnischen Akademie der Wissenschaften in Ochaby durchgeführten Untersuchungen ermöglichten die Feststellung der Jahreszeit-Schwankungen des im Teichwasser gelösten Sauerstoffgehaltes, pH und der Alkalität des Teichwassers.

In diesen Untersuchungen handelte es sich um die Feststellung sowohl der Jahreszeit-Schwankungen dieser Kennzeichen — (Proben wurden je 2 Wochen genommen) — als auch des Einflusses, welchen auf diese Schwankungen einerseits die organische Düngung, welche als Produkt der Nebenzucht von Enten und Nutrien auf den Fischteichen auftritt, — und andererseits die mineralische Düngung mit Superphosphat — ausüben. Der Einfluss der organischen Düngung wurde auf drei Teichen mit Enten als Nebenzucht und auf einem Teich mit Nutrien als Nebenzucht untersucht. Der Einfluss der mineralischen Düngung dagegen — auf einem Teich.

In beiden Fällen wurden diese Forschungen in Anlehnung an Kontroll-Teiche durchgeführt. Die Forschungen nach Jahreszeit-Schwankungen auf organisch gedüngten Teichen wurden durch zweimalige Untersuchungen der Veränderungen an Sauerstoffgehalt im Wasser binnen 24 Stunden erweitert, da sie das beste Mass der Stoffwechselprozesse und ihrer Intensität sind.

Auf dem mit Superphosphat gedüngten Teich und dem ihm entsprechenden Kontroll-Teich wurden ausserdem noch Untersuchungen unternommen, die zur Feststellung der Veränderungen führten, welche binnen 24 Stunden im Sauerstoffgehalt und Wasserstoffjonenkonzentration des Wassers in Gegenwart von Wasserpflanzen verschiedener Typen vorgehen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind folgende:

1) Die Bestimmungen des Sauerstoffgehaltes, sowie des in allen Teichen — sowohl den gedüngten, wie den nicht gedüngten — gefundenen und ihnen zugehörigen  $pH$  — ergaben eine langsame Verminderung des Sauerstoffgehaltes und — besonders gegen den Herbst hin — eine Steigerung des  $CO_2$ , was auf Steigerung von Sauerstoff absorbierenden Prozessen hinweist.

2) Die durch die Zucht von Enten event. von Nutrien verursachte organische Düngung der Teiche rief eine Verminderung des Sauerstoffgehaltes im Wasser hervor, was besonderes deutlich in den durch Enten und Nutrien am öftesten besetzten Teichstellen aufgetreten ist.

3) Die Phosphor-Düngung übte keinen deutlichen Einfluss auf die Jahreszeit-Schwankungen der Wasserstoffjonenkonzentration, des Sauerstoffes und der Alkalität aus.

4) Auf Grund des Tag- und Nacht-Rythmus des Stoffwechsels wurde festgestellt, dass im Bodenwasser der untersuchten Teiche die absorbierenden Prozesse überwiegend waren, im Vergleich mit den Sauerstoff produzierenden. Daraus geht hervor, dass dort ein intensiverer Stoffwechsel vor sich ging. Besonders liess sich das deutlich beobachten in den organisch gedüngten Teichen, auf deren Boden sich grosse Mengen von Schlamm ansammelten. In Teichen, als seichten Behältern, wird solch ein Schlamm leicht erwärmt und durchlüftet, was alle mikrobiologischen und biochemischen Prozesse beschleunigt.

5) Die Untersuchungen der binnen 24 Stunden vorgehenden Schwankungen des Sauerstoffgehaltes im Wasser und der Wasserstoffjonenkonzentration des Wassers inmitten von Wasserpflanzen verschiedener Typen, zeigten inmitten weicher Pflanzen einen höheren Sauerstoffgehalt und  $pH$  als inmitten des Schilfes. Im Schilf dagegen wurden grössere Schwankungen des Sauerstoffgehaltes zwischen Tag und Nacht beobachtet, was durch einen Mangel an Sauerstoff Aufspeicherung durch aus dem Wasser hervortauchende Pflanzen einerseits, und einer Ansammlung von durch Wellen herangetragenen Detritus andererseits zu erklären ist.