



GŁÓWNY INSPEKTORAT OCHRONY ŚRODOWISKA
Regionalny Wydział Monitoringu Środowiska
w Bydgoszczy

STAN CZYSTOŚCI
JEZIORA BORÓWNO

Opracowanie: J.Goszczyński

Bydgoszcz, marzec 2020

Wstęp

Badania stanu czystości jeziora Borówno prowadzone były przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Bydgoszczy w latach 1984, 1992, 2002, 2009 i 2017. Z uwagi na zmiany zarówno metodyki pomiarowej, a przede wszystkim zasad klasyfikacji jakości wód, nie ma możliwości porównywania końcowej klasy czystości z poszczególnych cykli badawczych. Natomiast zebrane dane pozwalają na przeprowadzenie analizy trendu zmian na przestrzeni ponad 30. lat parametrów jakości najważniejszych dla oceny stanu czystości jeziora. Przy interpretacji danych należy jednak mieć na względzie fakt zmian jakim na przestrzeni lat podlegały metody analityczne, za pomocą których oznaczano parametry stanu czystości wód. Z uwagi na powierzchnię jeziora wynoszącą obecnie (2) 39,06 ha nie stanowi ono jednolitej części wód powierzchniowych (JCWP). Jezioro Borówno wraz z jez. Kusowo zostało włączone do JCWP *Kotomierzycza* o kodzie PLRW20001729295929.

Badania jeziora prowadzone były zgodnie z aktualnie obowiązującymi w Państwowym Monitoringu Środowiska metodykami. Pobory prób odbywały się w okresie homotermii wiosennej oraz podczas stratyfikacji letniej. W zależności od warunków meteorologicznych w danym roku terminy te przypadały odpowiednio od końca lutego do końca marca oraz na koniec lipca do połowy sierpnia. W 2009 i w 2017 r. dodatkowe kontrole jakości wód wykonane zostały zgodnie ze zmienionymi przepisami na początku stratyfikacji letniej (czerwiec) a w 2017 r. także w okresie miksjii jesiennej (październik). Próby pobierano za pomocą czepacza Ruttnera z epilimnionu jako próbę uśrednioną z podpróbek pobieranych co 1 metr na stanowisku zlokalizowanym w najgłębszym punkcie jeziora. Do 2009 r. latem pobierano także próbę z hypolimnionu tj. z głębokości 1 m nad dnem. Profil termiczno-tlenowy wyznaczano co 1 metr głębokości, z wykorzystaniem sondy terenowej WTW OXI różnych modeli. Jedynie w 1984 r. zastosowano metodę Winklera. Analizę fizykochemiczną i biologiczną przeprowadzono w akredytowanym laboratorium WIOŚ zgodnie z Polskim Normami. Fosfor i azot ogólny oznaczano metodą spektrofotometryczną na aparacie UV-VIS Varian Cary 50. Chlorofil „a” oznaczano metodą ekstrakcji z alkoholem a następnie na spektrofotometrze Cadas 200. Przy ocenie biomasy fitoplanktonu wykorzystano metodę Utermöhla a liczebność szacowano w mikroskopie odwróconym Nikon Eclipse Ts2R.

Aktualny stan czystości.

Na podstawie danych z 2017 r. dokonano oceny stanu ekologicznego, na podstawie zapisów rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych z dnia 21 lipca 2016 roku (Dz.U. poz.1187). Jezioro odpowiada typowi abiotycznemu 3a.

Analiza wyników badań wskazuje na:

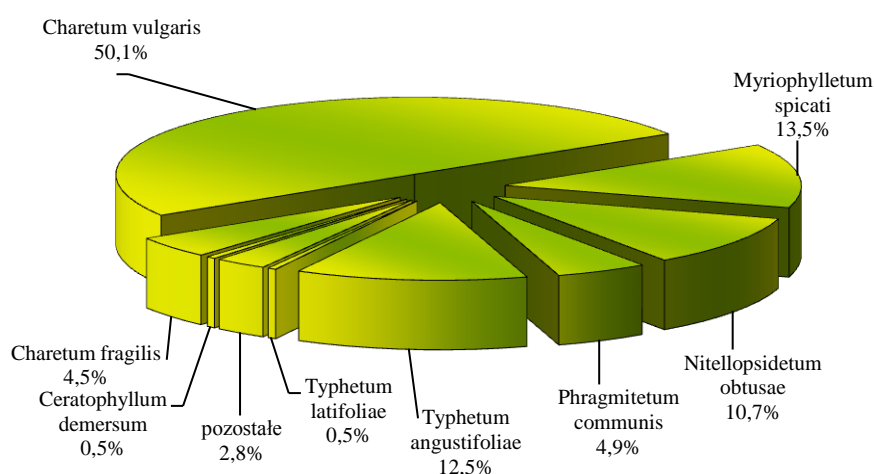
- Latem profil termiczny był charakterystyczny dla jezior o niepełnej stratyfikacji termicznej. Wykształcił się tylko epi- i metalimnion. Warstwa skoku termicznego rozpoczynała się poniżej głębokości 5 m. Gradient temperatury wynoszący maksymalnie 2,4 °C nie był ostry. Woda w warstwie naddennej była ciepła (9,7°C). Termika jeziora w zasadniczy sposób zwiększa tempo dekompozycji sedymentującej z warstwy trofogenicznej materii organicznej. Z punktu widzenia ochrony jakości wód jest to cecha pożądana. Pozwala także na szybkie wyrównanie temperatur w profilu pionowym w okresach homotermii i zwiększa zdolność mas wody do krążenia w całej objętości misy jeziora. Świadczą o tym pomiary przeprowadzone w połowie października, które wykazały już jednolitą temperaturę praktycznie w całym słupie wody. Dla zachowania wysokiej jakości wody jest to z jednej strony niekorzystne, bowiem szybciej włącza do obiegu związki fosforu eksportowane z osadów dennych, jednak z drugiej, pozwala na szybsze i intensywniejsze natlenienie warstw przydennych, co z kolei redukuje proces wydzielania fosforu z osadów dennych.
- Przebieg krzywej tlenowej podczas stagnacji letniej miał charakter heterogradu. Już w metalimnionie następowało drastyczne zmniejszenie zawartości tlenu. Od 8 metra głębokości rozpoczyna się strefa azoiczna. Nie odnotowano w niej jednak obecności siarkowodoru. Występowanie w okresie stagnacji w strefie przydennej deficytów tlenowych zasadniczo rzutuje na obieg związków biogennych – głównie wspomnianego powyżej fosforu. Brak tlenu uruchamia mechanizm wewnętrznego wzbogacania jeziora w ten główny pierwiastek biofilny i może być odpowiedzialne za rozkręcenie spirali eutrofizacji.
- Średnia widzialność krążka Sechiego (SD), podstawowego miernika przezroczystości wody, wyniosła 2,6 m i minimalnie przekraczała wartość graniczną ustaloną dla stanu bardzo dobrego odpowiadającemu I klasie czystości. W cyklu rocznym wahała się od

2,0 m w październiku do 3,5 m w czerwcu. Parametr ten z uwagi na swoją wysoką dodatnią korelację z stężeniem „chlorofilu „a” jest bardzo dobrym wskaźnikiem stopnia zaawansowania trofii wód stojących.

- Zawartość chlorofilu „a” jest podobnie jak SD miarą zasobności wód w związku biogenne. Odzwierciedla jednak przede wszystkim stopień rozwoju fitoplanktonu. Średnie stężenie tego barwnika fotosyntetycznego wyniosło 7,4 µg/l. Najwyższe wartości występowały w okresach homotermii wiosennej i jesiennej, a maksimum wynoszące 8,9 µg/l odnotowano w październiku. Sama ilość chlorofilu nie jest obecnie normowana, jednak zgodnie z wcześniej obowiązującym rozporządzeniem klasyfikacyjnym wartość ta mieściła się w I klasie czystości. W przypadku oceny poziomu eutrofizacji, to stężenia chlorofilu w jeziorze wskazują na jego charakter zbliżony do mezotrofii. Stan taki jest charakterystyczny dla wód o wysokiej jakości.
- Fitoplankton jest podstawowym elementem biologicznym służącym ocenie jakości wód stojących. Wchodzi w skład indeksu fitoplanktonowego IFPL, który dla jeziora Borówno wyniósł 0,826 co odpowiada stanowi bardzo dobremu. Zdecydowała o tym jego niewielka biomasa oraz nikły udział w składzie sinic. W sierpniu, będącym miesiącem newralgicznym z punktu widzenia wykorzystania rekreacyjnego, w jeziorze ta grupa organizmów stanowiła jedynie około 10% biomasy fitoplanktonu. Głównym komponentem w tym okresie była bruzdnica *Ceratium hirundinella* budująca zespoły fitoplanktonowe w czystych jeziorach o niskiej trofii. Najwyższą biomasę – 1,39 mg/l, fitoplankton osiągnął podczas miksji wiosennej. Zdecydowała o tym obecność okrzemek, a przede wszystkim *Fragillaria ulna* var. *acus*. Biomasa tego taksonu stanowiła 65,7 % całej biomasy fitoplanktonu. Z kolei minimum biomasy - 0,25 mg/l stwierdzono w sierpniu.
Zarówno ilość i skład fitoplanktonu jak i zawartość chlorofilu „a” oraz przezroczystość wód były ze sobą dobrze powiązane i wykazywały identyczne prawidłowości.
- Makrofity stanowią kolejny element biologiczny decydujący o klasyfikacji wód jeziornych. W jeziorze Borówno indeks makrofitowy wyznaczono podczas badań przeprowadzonych w 2009 r. Z uwagi na stabilność zespołów roślinności zanurzonej oraz możliwość stosowania zasady dziedziczenia wyników, ocenę z roku

przeprowadzenia badań przeniesiono na ostatni cykl monitoringowy. Wskaźnik ESMI wyniósł 0,832 wskazując na najwyższą jakość wód tj. stan bardzo dobry. Wynika to przede wszystkim z obecności w składzie flory jeziora licznych zespołów makroglonów budowanych przez ramienicę *Chara vulgaris*. Pokrywała ona 50% fitolitoralu tworząc zwarte łąki podwodne. Towarzyszył jej wywłócznik kłosowy *Myriophyllum spicatum*, który pokrywał 13% powierzchni dna (rycina 1). Maksymalna głębokość występowania roślin wyniosła 7,5 m a całkowita powierzchnia zajęta przez roślinność to 16,76 ha.

Zespoły roślinne występujące w jeziorze mają zasadnicze znaczenie dla stabilizacji jakości jego wód na wysokim poziomie.



Ryc. 1. Skład gatunkowy (w %) makrofitów jeziora Borówno w 2009 r.

- Do elementów fizykochemicznych wspomagających ocenę biologiczną, oprócz wymienionych wcześniej widzialności krążka Sechiego oraz zawartości tlenu rozpuszczonego należy także koncentracja fosforu - podstawowego pierwiastka biogennego decydującego o trofii jeziora. W jeziorze Borówno średnia ze wszystkich sezonów limnologicznych dla fosforu ogólnego wyniosła 0,036 mg/l przy normie dla I klasy czystości wynoszącej $\leq 0,045$ mg/l. Dane te świadczą o niskim poziomie żyzności wód i w pełni potwierdzają wysoki status jakości wód wyznaczony przez elementy biologiczne.

Na podstawie monitoringu przeprowadzonego w 2017 r. jezioro Borówno uzyskało oceną wskazującą na **bardzo dobry stan ekologiczny**.

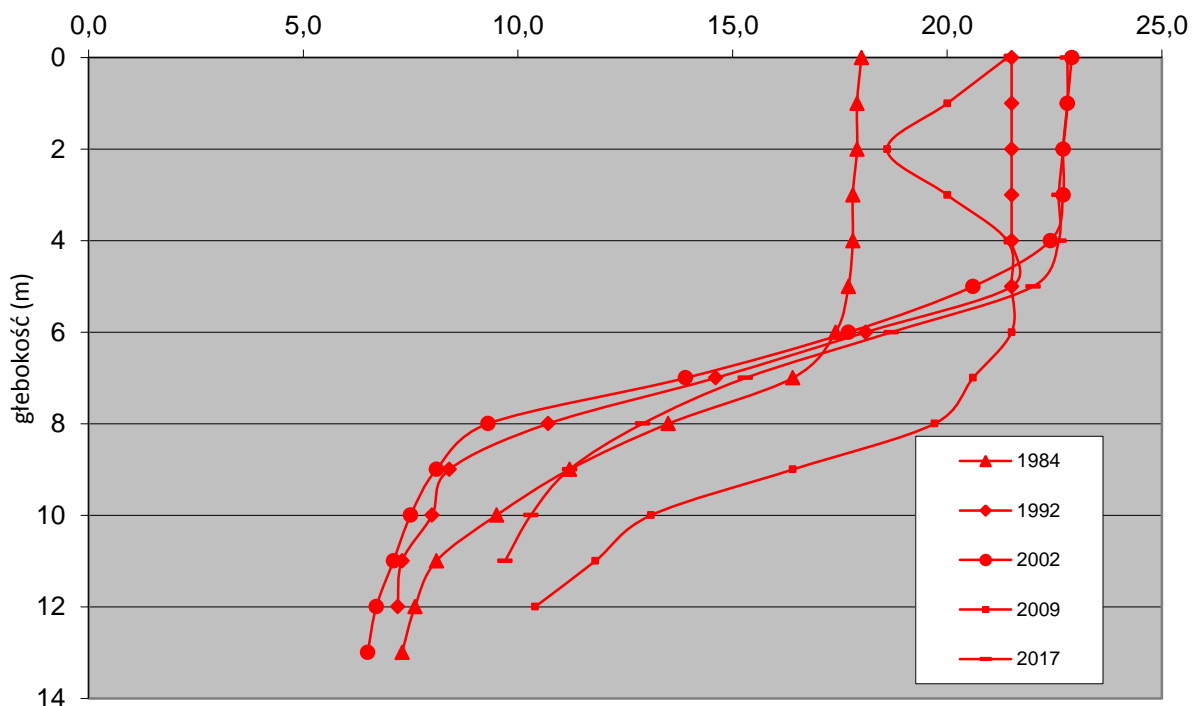
Pod względem stanu troficznego jezioro odpowiada typowi przejściowemu mezo-eutroficznemu (4).

Analiza zmian w latach 1984-2017.

Zebrana baza danych pozwala na prześledzenie tendencji zmian zachodzących w wodach jeziora.

➤ Termika

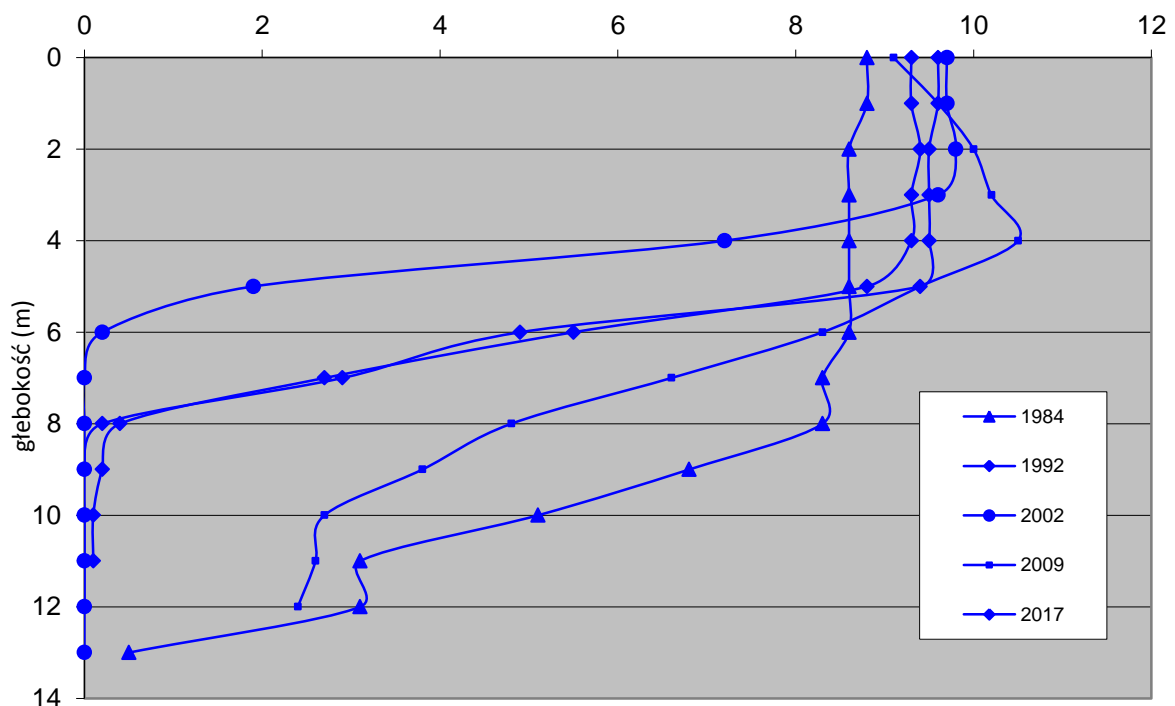
Na podstawie przebiegu krzywych termicznych podczas stagnacji letniej można wnioskować o stratyfikowanym charakterze jeziora (rycina 2). Epilimnion obejmował masy wody do 4 metra głębokości. Stanowią one blisko 50% całkowitej objętości jeziora. Na podstawie wartości skrajnych tj. pochodzących z 1984 i 2017 r. widać wzrost temperatury warstwy powierzchniowej. Przyczyną mogą być zarówno odmienne warunki pogodowe w poszczególnych latach badań jak i głębsze zmiany klimatyczne. Warstwa skokowa kończyła się przeciętnie na głębokości 8 m, a gradient temperaturowy w jej obrębie nie jest wysoki. Powstający hypolimnion ma małą miąższość, zmniejszającą się dodatkowo w wyniku spadku poziomu wody w jeziorze. W związku z tym temperatura warstwy naddennej jest wyższa w stosunku do występującej w jeziorach głębszych. Charakter termiki jeziora wpływa na stosunkowo niewielką stabilność mas wody, a tym samym na potencjalnie większą produktywność.



Ryc. 2 Zmiany temperatury (w °C) w profilu pionowym jez. Borówno w stratyfikacji letniej w latach 1984-2017

➤ Tlen rozpuszczony

Stałą cechą pionowego rozkładu zawartości tlenu w pionowym profilu jeziora w okresie letniej stratyfikacji termicznej jest występowanie poniżej metalimnionu deficytów tlenowych (rycina 3). Już w 1992 r. w strefie naddennej odnotowano występowanie siarkowodoru. Był on także wykryty w 2002 r. Strefa beztlenowa obejmowała 50% powierzchni dna. Na taki wynik ma wpływ kształt misy jeziornej, dzięki któremu najgłębsze partie dna mają duży udział w jego powierzchni ogólnej. Pierwsze badania stanu czystości z 1984 r. w odniesieniu do ilości tlenu nie wskazywały na występowanie aż tak głębokich deficytów. Na głębokości 12 metrów oznaczono jeszcze 3,1 mg O₂/l. Jednak na taki wynik mogła mieć wpływ stosowana wówczas metoda pomiarowa oznaczenia zawartości tego gazu z utrwalonych w terenie próbek w laboratorium, która w kolejnych latach zastąpiona została pomiarami *in situ*. Zmniejszanie głębokości jeziora mające wpływ na zmianę charakteru termicznego pociąga za sobą także zmiany w odniesieniu do rozkładu tlenu. Zwiększenie zdolności wód do mieszania poprawia kondycję tlenową jeziora. Osłabia to możliwość potencjalnego eksportu wewnętrznego fosforu z osadów dennych w okresie stratyfikacji letniej, jednak jednocześnie potencjalnie zwiększa tempo krążenia tego pierwiastka wpływając na wzrost produktywności.

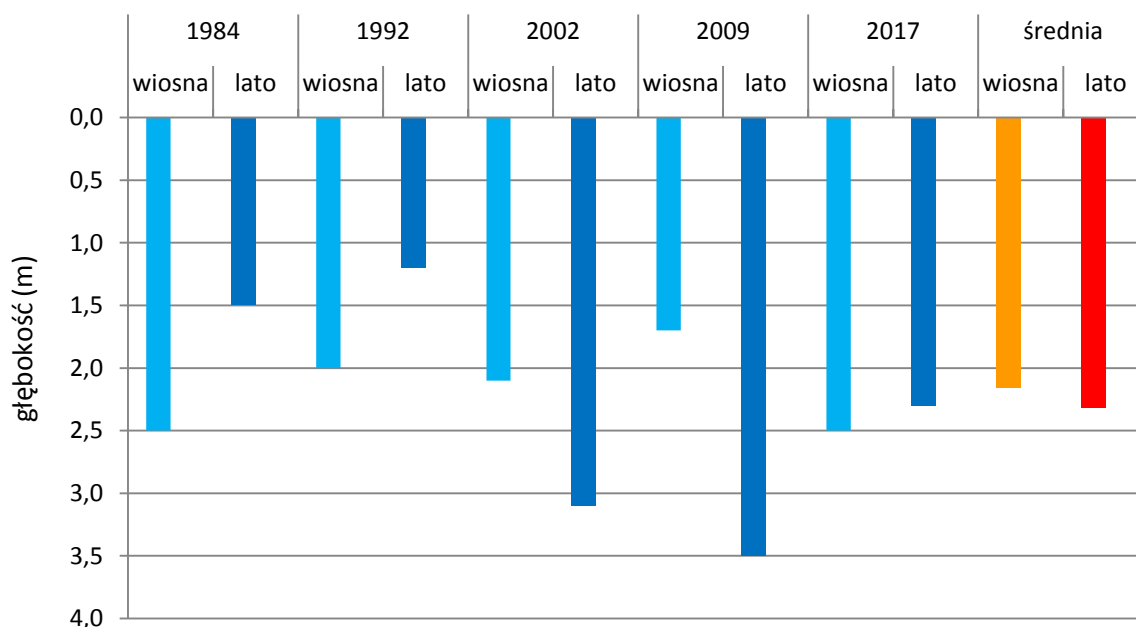


Ryc. 3 Zmiany zawartości tlenu (w mg O₂/l) w profilu pionowym jez. Borówno w stratyfikacji letniej w latach 1984-2017



➤ Przezroczystość wód

Analiza danych z wielolecia wskazuje na niejednoznaczną tendencję odnośnie sezonowości zmian przezroczystości wód jeziora (rycina 4). W głębokich jeziorach o niskiej żyzności z reguły w okresie wiosennym SD jest mniejsze niż latem, co jest spowodowane intensywnym zakwitaniem glonów w tym okresie. W jeziorze Borówno reguła ta nie jest potwierdzona. W stosunku do pierwszych kontroli stanu czystości dopiero ostatnie 3 cykle wskazują na większą przezroczystość wód latem. Osiągnęła ona wartość maksymalną 3,5 m w 2009 r. podczas gdy w 1992 r. wyniosła ona jedynie 1,2 m. Bezwzględne maksimum wynoszące 5,8 m stwierdzono wczesnym latem 2009 r. w tzw. fazie „czystej” wody. Dane te świadczą o nie pogarszaniu jakości wód w odniesieniu to tego parametru.

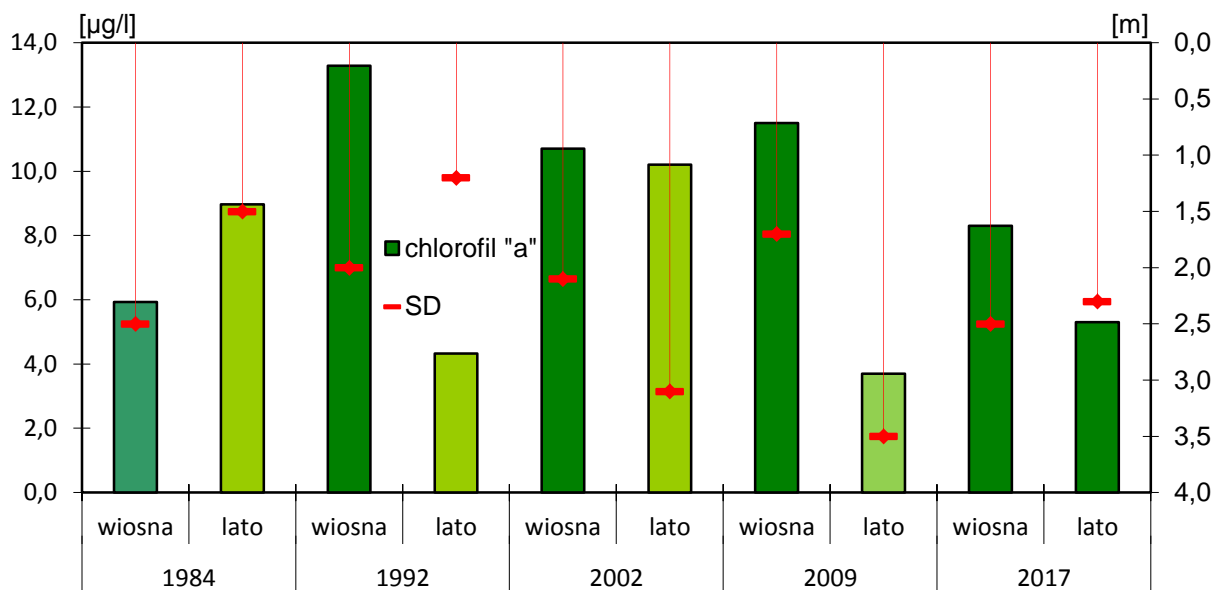


Ryc. 4 Zmiany widzialności krążka Sechiego (w m) w jez. Borówno w latach 1984-2017

➤ Chlorofil „a”

Z uwagi na istniejące korelacje z przezroczystością wód (rycina 5) i stężeniami fosforu, parametr ten jest dobrą miarą postępu eutrofizacyjnego. W jez. Borówno wykazuje typowy rozkład czasowy. Charakterystyczny szczyt występuje wiosną, w trakcie zakwitania okrzemkowego, natomiast latem warstwa trofogeniczna jest uboższa w ten barwnik (rycina 5), co jest związane ze spadkiem liczebności fitoplanktonu. Wynika to z wyczerpywania puli dostępnych biogenów warunkujących intensywność wzrostu glonów i sinic. Koncentracja chlorofilu w wielolecie nie wykazuje tendencji wzrostowych w żadnym z okresów

limnologicznych. Podlega jedynie stosunkowo niewielkim oscylacjom, które jednak mieszczą się w granicach I i II klasy czystości.



Ryc. 5 Stężenia chlorofilu „a” (w µg/l) i widzialności krążka Sechiego (w m) w jez. Borówno w latach 1984-2017

➤ Fitoplankton

W przypadku tego wskaźnika z uwagi na różnice metodologiczne, w pełni porównać można jedynie dane pochodzące z 2009 i 2017 r. Na ich podstawie można stwierdzić, że biomasa fitoplanktonu w tym okresie nie wskazywała na wzrastającą eutrofizację jeziora (tabela 1)

Tab.1 Biomasa fitoplanktonu (w mg/l) w jeziorze Borówno

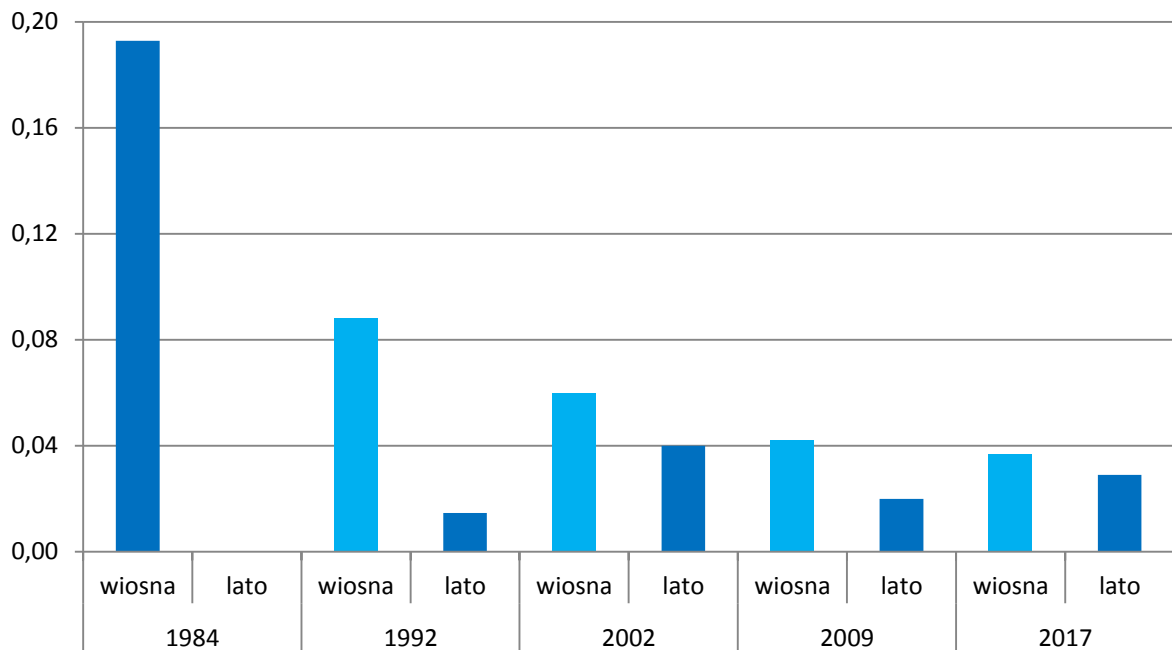
| okres | 2009 | 2017 |
|--------|------|------|
| wiosna | 1,36 | 1,39 |
| lato | 0,68 | 0,25 |

Natomiast analiza składu letniego fitoplanktonu w odniesieniu do ilościowego udziału sinic świadczy, że udział tego taksonu jest marginalny i w latach 2002, 2009 i 2017 oscylował wokół 4-5%. Latem, stale obecna była bruzdnica *Ceratium hirundinella*. W 2002 r. odnotowano duży udział zielenic stanowiących 58,5% i tobołków stanowiących 35,4% składu fykoflory. Zielenice są również w pozostałych latach znaczącym elementem fykoflory jeziora.

➤ Biogeny

Analiza zmian dotyczy koncentracji w jeziorze fosforu i azotu – podstawowych pierwiastków warunkujących stan trofii wód stojących.

W przypadku stężeń fosforu ogólnego to widoczne są większe ilości tego pierwiastka wiosną w stosunku do lata (rycina 6).



Ryc. 6 Zmiany stężeń fosforu ogólnego (w mg/l) w epilimnionie jez. Borówno w latach 1984-2017

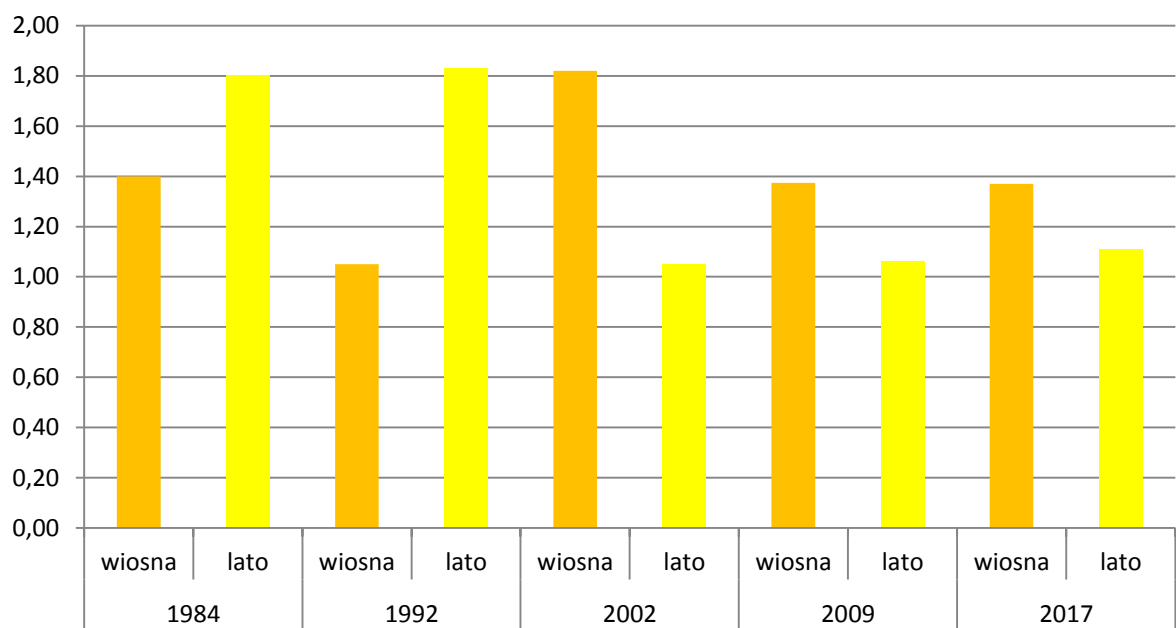
Jego pula w trakcie tej pory roku pozostaje na niskim poziomie niezmiennie od 1992 r. Wiosną, główny udział w fosforze ogólnym mają fosforany, których stężenia (w mg P-PO₄/l) w warstwie powierzchniowej wyniosły:

1984 – 0,13 2002 – 0,04
1992 – 0,023 2009 – ≤0,016

Ilość fosforanów w okresie wiosennej homotermii ma dużą wartość diagnostyczną. Pozwala stwierdzić jaka jest zasobność jeziora w ten pierwiastek, a w związku z tym jaka jest potencjalna predyspozycja zbiornika do eutrofizacji, przejawiającej np. letnimi zakwitami fitoplanktonu. Zebrane w trakcie monitoringu dane świadczą w tym przypadku o stosunkowo niskiej zdolności jeziora do intensywnej produkcji pierwotnej. Według kryteriów stosowanych we wcześniejszym systemie ocen jakości wód jezior, stężenia fosforanów z reguły mieściły się w II klasie czystości.

Wspomniany przy okazji omawiania kondycji tlenowej mechanizm wewnętrznego wzbogacania jeziora w fosfor wydzielany z osadów dennych znajduje potwierdzenie w analizach składu chemicznego wód naddennych. Z uwagi na zmiany w metodologii badawczej do dyspozycji są tylko dane z 1992, 2002 i 2009 r. Na ich podstawie można wnioskować, że w ww. okresie eksport tego pierwiastka z osadów występował tylko jednokrotnie w 2002 r., bowiem stężenie fosforanów w hypolimnionie w 1992 r. wyniosło 0,09 w 2002 r. 0,25 a w 2009 r. 0,03 mg P-PO₄/l. Wskazuje to na brak kierunkowego procesu odpowiedzialnego za wzrost stopnia eutrofizacji. Istotny wpływ na taki stan rzeczy ma, o czym wspomniano, występowanie deficytów tlenowych. Szczególnie istotna jest ich długotrwałość oraz intensywność. Dane te jednak uzmysławiają, że postęp eutrofizacji jeziora może dokonywać się w sposób samoistny, bez presji zewnętrznej.

W odniesieniu do azotu ogólnego to jego relacje w jeziorze są w pierwszych 2 cyklach badawczych odmienne od występujących w 3 kolejnych (rycina 7).



Ryc. 7 Zmiany stężeń azotu ogólnego (w mg/l) w epilimnionie jez. Borówno w latach 1984-2017

Wydaje się, że ostatnie 3 lata monitoringu lepiej odzwierciedlają stan faktyczny. Wynika z nich, że poziom azotu, analogicznie jak fosforu, jest wyższy wiosną niż latem. Powodem tego jest zwiększona dostawa, przede wszystkim mineralnych form azotu ze zlewni jeziora, która w swojej wschodniej części jest zagospodarowana rolniczo. Stanowi więc potencjalne źródło zanieczyszczeń powierzchniowych. Stężenia azotanów (w mg N-NO₃/l)

w okresie wiosennym, kiedy ich migracja z pól jest najbardziej intensywna, w jeziorze Borówno w poszczególnych latach badań kształtowały się następująco:

1984 – 0,12 2009 – 0,09

1992 – 0,32 2017 – 0,23

2002 – 0,54

Dane te świadczą o braku presji na jezioro ze strony rolniczego zagospodarowania jego zlewni. Latem następuje wyczerpanie zasobów azotu mineralnego dostępnych w warstwie trofogenicznej przez rozwijający się fitoplankton oraz makrofity. Od 2002 r. obserwowany jest stabilny poziom azotu ogólnego. Jego wartości bezwzględne mieszczą się w granicach ustalonych dla stanu dobrego. Podobnie jak w przypadku fosforu analizie poddano także stężenia azotu w formie amonowej w hypolimnionie jeziora w 1992, 2002 i 2009 r. W okresie tym ilość azotu amonowego w sposób znaczący wzrosła z poziomu 0,49 mg N-NH₄/l w 1992 r. do wartości 2,58 mg N-NH₄/l w 2002 r. aby w kolejnych badaniach w 2009 r. obniżyć się do poziomu 0,31 mg N-NH₄/l.

➤ Ichtiofauna

Skład gatunkowy oraz stosunki ilościowe ichtiofauny są w świetle obowiązujących przepisów na podstawie których dokonuje się klasyfikacji stanu ekologicznego jezior, jednym z elementów oceny biologicznej. Indeks ichtiologiczny sporządzany jest na podstawie pomiarów prowadzonych przez Instytut Rybactwa Śródlądowego. Jezioro Borówno nie było jednak w tym zakresie badane. Stan ichtiofauny można więc oprzeć wyłącznie na informacjach uzyskanych od rybackiego użytkownika jeziora. Do 1978 r. było nim gospodarstwo rybackie w Ślesinie, a następnie Polski Związek Wędkarski. Na podstawie odłowów prowadzonych przez gospodarstwo stwierdzono, że najczęściej odławianymi gatunkami były: leszcz, płóc, węgorz, szczupak, okoń. Udział leszcza stanowił 20% odłowów, 5% stanowił szczupak a 3% węgorz. Średnia wydajność rybacka wyniosła 20 kg/ha. PZW zaprzestał połowów gospodarczych, a prowadził jedynie odłowu kontrolne. Jezioro było zarybiane. Na podstawie charakterystyki ichtiologicznej sporządzonej w 1996 r. dostępna jest informacja o zarybieniach prowadzonych w latach 1990-95. Ich głównym komponentem były następujące gatunki: karaś, karp a w dalszej kolejności lin, szczupak, węgorz, amur. Z punktu widzenia teorii ichtioeutrofizacji taki skład jest niekorzystny dla ochrony zasobów jakości wód jeziornych.

Stan czystości dopływów.

W wieloletnim badaniu jakości wód dopływów do jeziora przeprowadzono tylko wiosną 2002 r. Był to jedyny okres ich funkcjonowania w ciągu całego okresu badań poczynając od 1992 r. Kontrolą objęto dopływ północno-wschodni, wschodni, południowo-wschodni oraz odpływ z jeziora. Został on wykopany z uwagi na ekstremalnie wysoki poziom wód w jeziorze (fot.1) utrzymujący się od jesieni 2001 r., w celu odprowadzenia jej nadmiaru do przepompowni przyrzucającej wody do Strugi Augustowskiej. Analogiczna sytuacja wysokich stanów wody zarówno w jez. Borówno jak i sąsiednich: Dobrcz i Kusowo prowadzących do lokalnych podtopień miała miejsce w ekstremalnie wilgotnym roku 1980 r. jednak brak jest udokumentowanych źródeł mogących potwierdzić ten fakt.



Fot.1. Zalane brzegi jeziora Borówno w części południowej wiosną 2002 r.

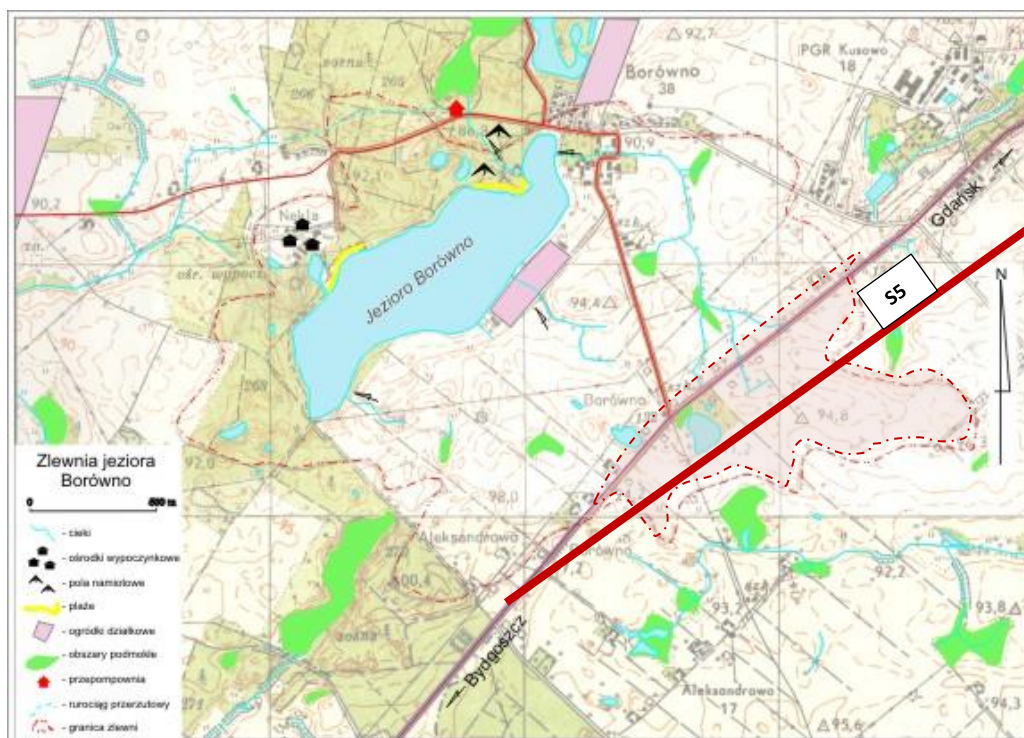
Najistotniejsze z punktu widzenia ochrony jeziora zawartości związków biogennych w przypadku azotanów wskazywała, że ich podwyższona ilość transportowana była dopływem północno-wschodnim. Stężenie azotanów w tym cieku wyniosło 6,60 mg N-NO₃/l. Natomiast w dopływie wschodnim ilość ta zmalała do 0,80 mg N-NO₃/l. W świetle zapisów Dyrektywy Azotanowej są to stężenia uznane za nie stwarzające zagrożenia zanieczyszczenia wód azotem pochodzenia rolniczego. W dopływie północno-wschodnim i południowo-wschodnim stwierdzono podwyższoną zawartość materii organicznej oznaczanej jako ChZT-Cr. Wyniosła ona odpowiednio 52,0 i 71,0 mg O₂/l. Takie koncentracje mogą być efektem dopływu substancji humusowych. Stan sanitarny dopływów nie budził zastrzeżeń.

Presje

Kontrole gospodarki ściekowej prowadzone w dawnym wojskowym ośrodku wypoczynkowym w m. Nekla nie wykazały odprowadzania zanieczyszczeń bytowych do jeziora. Potwierdzały to badania mikrobiologiczne na obecności bakterii Coli typu kałowego prowadzone w trakcie monitoringu jeziora do 2009 r. Dowiodły one braku skażenia bakteriologicznego. Zastrzeżeń dotyczących stanu sanitarnego nie wnoszą także prowadzone regularnie przez Inspekcję Sanitarną kontrole zorganizowanego kąpieliska na terenie Ośrodka Szkoleniowo-Wypoczynkowego Wodnego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego Województwa Kujawsko-Pomorskiego. Latem w dni wolne z ośrodka korzysta do 800 osób dziennie. Na plażę wykorzystywany jest także południowy brzeg jeziora.

Ocena podatności jeziora Borówno na eutrofizację

W kontekście wykonywanej oceny należy wrócić uwagę na problem określenia powierzchni zlewni jeziora. Dokonana korekta działów wodnych (2) ustalonych w Atlasie Podziału Hydrograficznego Polski uwzględniająca bezodpływowość jeziora Borówno oraz przebieg nowo wybudowanej drogi S5, pozwoliła na wyznaczenie zlewni bezpośredniej jeziora stanowiącej jednocześnie jego zlewnię całkowitą. Ma ona powierzchnię 3,35 km² (rycina 8). Dotychczasowe podział szacował ją na 20,2 km².



Ryc.8 Zlewnia jeziora Borówno (zaznaczono orientacyjny przebieg drogi S5)

Proces degradacji jezior zależy przede wszystkim od struktury zlewni, która może sprzyjać lub ograniczać spływ obszarowy. Jak wynika z analizy użytkowania ziemi zdecydowaną przewagę (około 50%) ma użytkowanie rolnicze. Degradację jezior determinują także parametry morfometryczne oraz reżim hydrologiczny, mogące w sposób mniej lub bardziej korzystny zachowywać istniejącą trofię.

W celu określenia podatności jeziora Borówno na eutrofizację wykorzystano system zaproponowany przez Bajkiewicz-Grabowską (1). Dla poszczególnych wskaźników stosuje się bonitację gdzie 0 oznacza oddziaływania korzystne, a 3 niekorzystne (tabela 2 i 3).

Tab.2 Ocena zlewni jeziora Borówno jako dostawcy materii biogennej

| Parametr | Wartość | Liczba punktów |
|--------------------------------|-----------------------|----------------|
| współczynnik Ohle'go | 9,58 | 0 |
| typ bilansowy jeziora | bezodpływowe | 2 |
| gęstość sieci rzecznej | 0,2 | 0 |
| średni spadek zlewni | 1,5 | 0 |
| obszary bezodpływowe | >60 | 0 |
| budowa geologiczna zlewni | piaszczysto-gliniasta | 1 |
| użytkowanie ziemi | rolnicza z zabudową | 3 |
| Średnia liczba punktów | 0,8 | |
| Grupa podatności zlewni | Grupa 1 | |

Na podstawie wyznaczonych parametrów zlewnia jezioro Borówno kwalifikuje się do pierwszej grupy podatności. Według przyjętej systematyki oznacza to silne ograniczenie spływu powierzchniowego przez zlewnię i praktyczny brak możliwości dostawy materii do jeziora. Największe znaczenie w dostawie materii do jeziora ma wysoka wartość parametru charakteryzującego użytkowanie zlewni.

W drugim etapie oceny przeanalizowano cechy jeziora, które warunkują jego odporność na wpływ zlewni.

Tab. 3 Odporność jeziora Borówno na degradację

| Wskaźnik | Wartość | Punktacja |
|---|-----------|-----------|
| Głębokość średnia (m) | 7,2 | 1 |
| Pojemność jeziora (tys. m ³) do długości linii brzegowej (m) | 0,74 | 3 |
| Stratyfikacja wód (%) | 11,4 | 2 |
| Powierzchnia dna czynnego (m ²) do pojemności epilimnionu (m ³) | 0,08 | 0 |
| intensywność wymiany wód | 10 | 1 |
| Współczynnik Schindlera (m) | 6,2 | 0 |
| Średnia liczba punktów | 1,2 | |
| Kategoria odporności | II | |

Otrzymany wynik świadczy o przeciętnej kategorii odporności jeziora na wpływ zlewni.

Bajkiewicz-Grabowska na podstawie zestawienia grupy podatności zlewni i kategorii odporności jeziora wydzieliła jeden z czterech typów układów ekologicznych zlewnia-jezioro o zróżnicowanym tempie naturalnej eutrofizacji.

Jezioro Borówno zakwalifikowano ostatecznie do typu pierwszego. Jest to układ ekologiczny zlewnia-jezioro, gdzie *„zarówno cechy naturalne zbiornika, jak i zlewni nie sprzyjają eutrofizacji wód jeziornych”*. Dlatego taki układ ma szansę na utrzymanie trofii na niskim poziomie.

Wnioski

Na podstawie analizy danych zebranych w trakcie monitoringu prowadzonego w latach 1984-2017 jezioro Borówno zostało zakwalifikowane jako stratyfikowane, jednak letnie uwarstwienie termiczne charakteryzuje się słabo wyodrębnionym hypolimnionem. Ogranicza to możliwości uruchomienia mechanizmów wewnętrznego wzbogacania jeziora. Wysoka temperatura warstwy naddennej przyspiesza tempo dekompozycji materii organicznej wytworzonej w epilimnionie i deponowanej w osadach dennych. Dzięki takiemu rozkładowi pionowemu temperatur mas wody, szybsze i głębsze są okresy jej mieszania, a krócej utrzymuje się stratyfikacja tlenowa z ubytkami tlenu nad dnem. Są to cechy sprzyjające utrzymaniu wysokiej jakości wód. Natomiast przeciwną opcją jest zwiększenie zdolności produkcyjności jeziora poprzez możliwość włączania do obiegu nutrientów zmagazynowanych w osadach pozostających w strefie krążenia wód.

Trofia jeziora wskazuje na przeciętny poziom odpowiadający stanowi charakterystycznemu dla grupy przejściowej mezo-eutroficznej. Warstwa trofogeniczna jeziora nie jest zasobna w nutrienty, stąd produktywność jeziora wyrażona ilością chlorofilu „a” oraz przezroczystością wód jest niska. Potwierdza to liczebność, biomasa i skład gatunkowy fitoplanktonu. W tym komponencie uwagę zwraca stały, niewielki udział sinic w składzie planktonu letniego oraz niezmienna obecność bruzdnicy *Ceratium hirundinella*, uważanej za gatunek charakterystyczny dla czystych jezior. Podobne wnioski wynikają z innych obserwacji algologicznych (3).

Pozytywne znaczenie dla stabilizacji poziomu żyzności ma obecność we florze jeziora dużego skupiska ramienic. Podlegają one presji związanej z funkcjonującymi plażami. Duża liczba kąpiących się powoduje silne zmęcenie wody, co ma negatywny wpływ dla tej grupy roślin.

Potencjalne źródło dostawy soli pokarmowych, jakim jest w dużej części rolniczo użytkowana zlewnia bezpośrednia, nie stanowi w świetle dotychczasowych badań, istotnego zagrożenia. Wynika to przede wszystkim z periodycznego charakteru cieków powierzchniowych zasilających jezioro. Zagrożenia takiego nie stanowiły także zrzuty ścieków

Utrzymaniu niskiego tempa naturalnej eutrofizacji sprzyja układ ekologicznych zlewnia-jezioro.

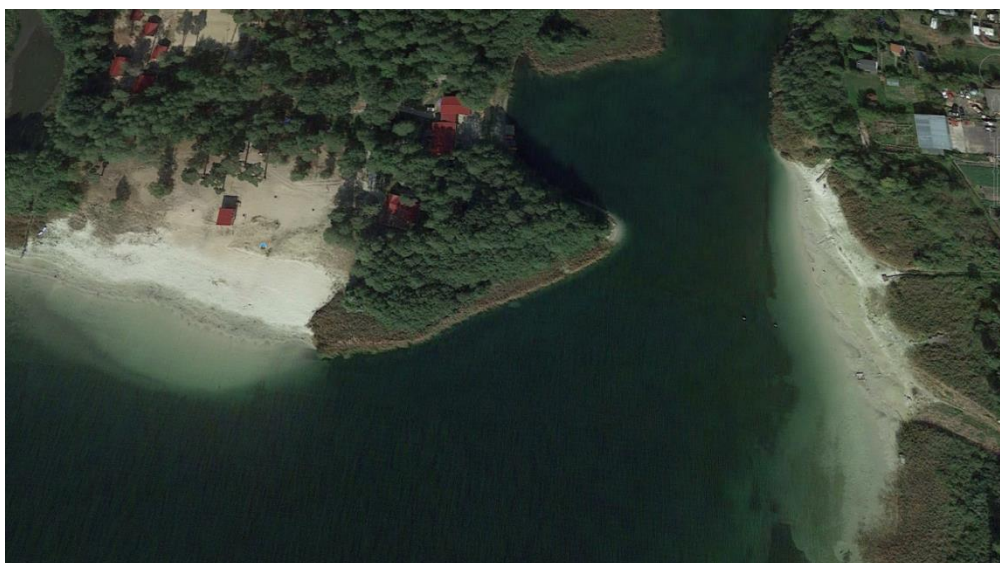
Powyższe cechy powodują, że jakość wód jeziora uznano za odpowiadającą wymaganiom Ramowej Dyrektywy Wodnej oraz, że dobry stan ekologiczny utrzymuje się na stałym poziomie w całym analizowanym okresie.

Aktualnie największym problemem jeziora są systematyczne spadki poziomu zwierciadła wody mogące mieć swoje negatywne konsekwencje dla stanu czystości jego wód. W opracowaniu (2) mającym na celu ustalenie przyczyn zanikania jeziora ustalono, że w latach 1964-2018 zmniejszyło ono swoją powierzchnię o 10,8% a obniżenie zwierciadła wody jezior pomiędzy rokiem 1912 a 2018 r. wyniosło 1,34 m (fot. 2).

Jednym z czynników wywołujących wahania poziomów wody w jeziorze są zmiany klimatyczne związane z wielkością opadów atmosferycznych i ich rozkładem rocznym oraz liczbą dni z opadem a także wielkością parowania wynikającą ze wzrostu temperatur powietrza. Istotną presję wywierać może także eksploatacja przez użytkowników działek rekreacyjnych, zlokalizowanych w zlewni jeziora, pierwszego użytkowego poziomu wodonośnego. Porównanie położenia zwierciadła wód podziemnych okolic jeziora Borówno (2), wskazuje na obniżenie w latach 2005-2018 pierwszego poziomu użytkowego o 0,3-2,0 m oraz obniżenie się od lat 70. XX zwierciadła wody głównego poziomu o maksymalnie o 1,4 metra w bezpośrednim sąsiedztwie ujęć wody.

Reperkusje związane z obniżaniem stanów wód obejmują cały ekosystem jeziora. Dotyczą zarówno termiki, kondycji tlenowej, obiegu biogenów a przez to także elementów biologicznych. Wpływają również negatywnie na wyznaczony typ układu ekologicznego. Zmiana takich parametrów związanych z zmianą położenia zwierciadła wody jak: głębokość średnia, procent stratyfikacji wód oraz powierzchnia dna czynnego obniża kategorię odporności jeziora na degradację. Natomiast zmniejszenie powierzchni jeziora zwiększa rolę zlewni w dostawie materii biogennej.

Wszystkie te czynniki sprzyjają wzrostowi poziomu eutrofizacja jeziora.



Fot. 2 Odsłonięte fragmenty litoralu w północnym fragmencie jeziora (źródło: *Google Earth*)

Literatura.

1. Bajkiewicz-Grabowska E., 1985, *Struktura fizycznogeograficzna zlewni jako podstawa oceny dostawy materii biogennej do jezior*. W: Prace i Studia Geogr., t. 7 (65-89).
2. Szumińska D. i inni. 2018. *Ocena aktualnego stanu środowiska gruntowo-wodnego jeziora Borówno wraz z koncepcją badań i obserwacji w celu ustalenia przyczyn zanikania jeziora*. Starostwo Powiatowe w Bydgoszczy. Mat. niepubl.
3. Wiśniewska M., Paczuska B. 2013. *Dynamics of the phytoplankton community in mesotrophic Lake Borówno*. W: Oceanological and Hydrobiological Studies, vol. 42 (202-208).
4. Zdanowski B. 1983. *Chemistry of the water in 41 lakes*. W: Ecological characteristics of lakes in northeastern Poland versus their trophic gradient, Ekol. Pol., 31 (287-308)