

Anna Jarosiewicz¹

OPAD ATMOSFERYCZNY JAKO ŹRÓDŁO SUBSTANCJI BIOGENICZNYCH – NA PRZYKŁADZIE JEZIORA DOBRA (POLSKA PÓŁNOCNA)

Streszczenie. Badania pionowej dostawy substancji biogenicznych oraz określenia roli opadu atmosferycznego w kształtowaniu trofii jeziora Dobra przeprowadzone były w 2008 roku. Pomiary obejmowały oznaczenie wielkości opadu atmosferycznego, jego pH i przewodnictwo oraz ładunek substancji mineralnych (N-NO₃, N-NH₄ i P-PO₄). Obliczono również zawartość substancji biogenicznych w toni wodnej jeziora. Określono, że w ciągu roku bezpośrednio do jeziora Dobra, na skutek opadu atmosferycznego wprowadzone zostało 238 · 10³m³ wody, co stanowi około 18% całkowitej jego objętości. Wraz z opadem do jeziora w ciągu całego roku dostarczone zostało odpowiednio 74,3 kg N-NO₃, 82,1 kg N-NH₄ i 9,8 kg P-PO₄. W przeliczeniu na hektar powierzchni daje to ładunek rzędu 5,5kgN i 0,35kgP. Obliczono, że taka pionowa dostawa nutrientów stanowi około 30% zasobów całego zbiornika (32% N i 26% P). Ponadto ustalono, że roczna dostawa atmosferyczna jedynie mineralnych form azotu jak i fosforu do jeziora stanowi już około 50% ich dopuszczalnego ładunku. Tym samym sądzić można, że ten sposób pionowej obszarowej dostawy biogenów jest istotnym elementem wpływającym na jakość wód i produktywność jeziora Dobra.

Słowa kluczowe: azot, fosfor, opad atmosferyczny, zanieczyszczenia obszarowe, jezioro.

WSTĘP

Opad atmosferyczny jest istotnym elementem kształtującym naturalny obieg wody. W ekosystemach jeziornych jest on, obok parowania, składnikiem wymiany wody pomiędzy atmosferą a powierzchnią zbiornika. Stanowić może od 1 do kilkudziesięciu procent sumy bilansowej wymiany wody zbiorników wodnych [Bajkiewicz-Grabowska 2002]. Opad atmosferyczny może być również istotnym obszarowym źródłem zanieczyszczeń wód powierzchniowych. Co więcej jego oddziaływanie ogranicza się nie tylko do bezpośredniego wprowadzania do jeziora substancji chemicznych, ale polega również na oddziaływaniu pośrednim, poprzez zanieczyszczenie gleby i wód na obszarze całej zlewni [Marszelewski 2005]. Ładunek wprowadzanych do jeziora substancji chemicznych, w tym biogenów, przez opady jest silnie zróżnicowany przestrzennie i zależy od lokalnych warunków meteorologicznych, kierunku i siły

¹ Instytut Biologii i Ochrony Środowiska, Akademia Pomorska w Słupsku, 76-200 Słupsk, ul. Arciszewskiego 22b; e-mail: jarosiewiczza@poczta.onet.pl

wiatru oraz lokalizacji zbiornika w stosunku do obiektów przemysłowych czy rolnictwa, stanowiących potencjalne źródło zanieczyszczeń powietrza [Czyżyk i Rajmund 2011; Wetzel 2001]. Jednakże możliwość przenoszenia gazowych oraz pyłowych zanieczyszczeń powietrza przez wiatry na znaczne odległości oraz to, że wody opadowe przeważnie nie odpowiadają normatywom stawianym dla poszczególnych klas czystości wód powierzchniowych (przede wszystkim obniżone pH) [Twardowski i Gendolla 1993], stwarza konieczność badania składu chemicznego opadu atmosferycznego nawet w okolicach słabo uprzemysłowionych.

Celem niniejszej pracy była ocena wielkości ładunku substancji biogenicznych, wprowadzanych wraz z opadem atmosferycznym do jeziora Dobra oraz jego roli w postępującym procesie eutrofizacji zbiornika.

TEREN I METODY BADAŃ

Jezioro Dobra (Dobrskie) ($54^{\circ}23,4'$; $17^{\circ}20,3'$) położone jest na Pojezierzu Zachodniopomorskim w gminie Dębica Kaszubska, w strefie występowania wysoczyzny morenowej. Jest to obszar ubogi w większe zbiorniki wodne, o klimacie ukształtowanym przez ścierające się masy powietrza polarnomorskiego i kontynentalnego, powodującego dużą zmienność stanów pogody. Na terenie tym przeważają wiatry z sektora południowo zachodniego (W, S, SW) o średniej prędkości rzędu 3msek^{-1} [Program...2009; Kosiński 2002]. W bezpośredniej okolicy nie ma żadnych dużych źródeł zanieczyszczeń atmosfery. Pochodzić mogą one jedynie z lokalnych kotłowni czy palenisk domowych oraz z rolnictwa. Zgodnie z informacjami podanymi w Programie ochrony środowiska dla tego obszaru [Program...2009] średnie stężenie tlenków azotu w powietrzu wynosiło dla wielolecia około $6,3\ \mu\text{g m}^{-3}$.

Samo jezioro jest niewielkim (28,5 ha) zbiornikiem rynnowym o głębokości średniej nieco poniżej 5 metrów i głębokości maksymalnej rzędu 12 m. Jego zlewnię stanowią lasy i pola uprawne. Średnia przejrzystość wód jeziora wynosi około 2 metrów. Stężenie substancji biogenicznych w jeziorze Dobra silnie skorelowane jest z przemiennymi cyklami stagnacji i cyrkulacji wód a stan troficzny jeziora określany jest jako mezo/eutroficzny [Jarosiewicz i Hetmański 2009]. Ze względu na swoje parametry morfometryczne (niski iloraz objętości jeziora i długości linii brzegowej) oraz niewielki procent stratyfikacji wód w okresie stagnacji jezioro jest słabo odporne na działanie czynników zewnętrznych (na granicy II i III klasy podatności).

Badania pionowej dostawy substancji biogenicznych oraz określenia roli opadu atmosferycznego w kształtowaniu trofii jeziora Dobra przeprowadzone były w 2008 roku. Próbkę mokrych opadów atmosferycznych zbierano w cylindrycznym polietylenowym kolektorze, zainstalowanym około 10 km od jeziora. Pobór próbek prowadzono systemem dobowym. Każdorazowo mierzono wielkość opadu atmosferycznego (objętość próbek z kolektora porównywana była z wielkością opadu zmierzonego deszczomierzem Hellmana). Pomiar pH (pH-metr C-315, Elmetron) przewodnictwa

(CC-401, Elmetron) oraz stężenia substancji biogenicznych (N-NO₃, N-NH₄, P-PO₄) w opadzie wykonywane były, gdy dobowo jego ilość wynosiła powyżej 5mm. Metodykę przeprowadzonych oznaczeń chemicznych oparto na opracowaniu Hermanowicza i in. [1976]. Wszystkie oznaczenia kolorymetryczne wykonano, używając spektrofotometru SP-830 plus Metertech.

Ładunek substancji biogenicznych, wnoszony bezpośrednio do wód jeziora obliczany był na podstawie równania:

$$Lm_x = P_m \cdot \left(\frac{\sum_{i=1}^n c_x}{n} \right) \cdot A$$

gdzie:

Lm_x – miesięczny ładunek składnika x wprowadzany bezpośrednio do jeziora; gdzie x to odpowiednio N-NO₃, N-NH₄, P-PO₄,

P_m – miesięczny opad atmosferyczny,

$\left(\frac{\sum_{i=1}^n c_x}{n} \right)$ – średnie miesięczne stężenie: N-NO₃, N-NH₄, P-PO₄ w opadzie,

A – powierzchnia jeziora.

Całkowite zasoby substancji biogenicznych w jeziorze w poszczególnych miesiącach 2008 roku obliczone zostały jako suma zawartości N lub P w kolejnych jego strefach (epi-, meta- i hypolimnionie) na podstawie równania:

$$Zm_x = \left(\frac{\sum_{i=1}^n cE_x}{n} \right) \cdot V_E + \left(\frac{\sum_{i=1}^n cM_x}{n} \right) \cdot V_M + \left(\frac{\sum_{i=1}^n cH_x}{n} \right) \cdot V_H$$

gdzie:

Zm_x – zasoby składnika x w danym miesiącu, gdzie x to odpowiednio N-NO₃, N-NH₄, P-PO₄,

$\left(\frac{\sum_{i=1}^n cE_x}{n} \right)$, $\left(\frac{\sum_{i=1}^n cM_x}{n} \right)$, $\left(\frac{\sum_{i=1}^n cH_x}{n} \right)$ – średnie stężenie N-NO₃, N-NH₄, P-PO₄ kolejno w epilimnionie (E), metalimnionie (M) i hypolimnionie (H) jeziora Dobra w danym miesiącu,

V_E , V_M , V_H – objętość poszczególnych stref jeziora.

Niezbędne do obliczeń stężenie mineralnych form azotu i fosforu w wodach jeziora mierzone było w miesięcznych odstępach czasu od lutego do października 2008 roku. Woda do tych pomiarów pobierana była zazwyczaj z czterech stanowisk, zlokalizowanych wzdłuż dłuższej osi jeziora. Na każdym stanowisku próbki wody pobierane były z warstwy powierzchniowej i przydennej, jak również nad i pod termokliną.

WYNIKI I DYSKUSJA

Rozkład wielkości opadów atmosferycznych w regionie jeziora Dobra oraz średnie miesięczne i roczne wartości ich parametrów fizyko-chemicznych przedstawiono w tabeli 1. Zmierzona roczna suma opadów w 2008 roku była większa o około 10% od przeciętnej wartości obliczonej dla wielolecia 1950 – 2001 z najbliższego posterunku

meteorologicznego (Słupsk) [Kosiński 2002] i wyniosła 836mm. Łącznie odnotowano 179 dni z opadem, w tym 36 dni z opadem stałym (śnieg, grad). Stosunek wysokości opadów śniegu do całkowitej sumy opadów rocznych wynosił nieco powyżej 19% i był zbliżony do wartości podawanych dla całego obszaru Polski północnej (20-22%) [Kupczyk 1997]. Około 52% rocznej sumy opadów stanowiły opady półrocza letniego (maj-październik), 48% półrocza zimowego. Okres badań charakteryzował się dużym zróżnicowaniem miesięcznych sum opadów (tab. 1). Miesiącami o największym opadzie atmosferycznym były kolejno: marzec (145 mm), sierpień (118mm) i listopad (105 mm), najmniej opadów, bo zaledwie 17 mm, odnotowano w maju (jedynie 4 dni deszczowe).

Średnia roczna wartość odczynu pH zebranych wód opadowych w 2008 roku wskazywała na ich kwaśny charakter (5,34) (tab. 1). Zmierzona wartość pH mieściła się w zakresie od 4,14 (25.06.2008) do 6,25 (28.06.2008), przy czym prawie w 60% pobranych prób była ona niższa od 5,6, czyli od wartości odpowiadającej naturalnemu odczynowi wód opadowych. Opady atmosferyczne charakteryzowały się również zróżnicowaniem ilości rozpuszczonych substancji mineralnych, wyrażonym wielkością przewodnictwa elektrolitycznego, którego średnie miesięczne wartości zmieniały się od 10,5 μScm^{-1} w sierpniu do prawie 40 μScm^{-1} w grudniu.

Stężenie azotu azotanowego w wodach opadowych zmieniało się od 0,01 mgNdm^{-3} w sierpniu i październiku do prawie 0,9 mgNdm^{-3} w styczniu. Średnie roczne stężenie N- NO_3 wyniosło 0,357 mgNdm^{-3} , przy czym zdecydowanie niższą jego koncentrację odnotowywano w drugim półroczu 2008 roku (tab. 1). Średnia roczna zawartość

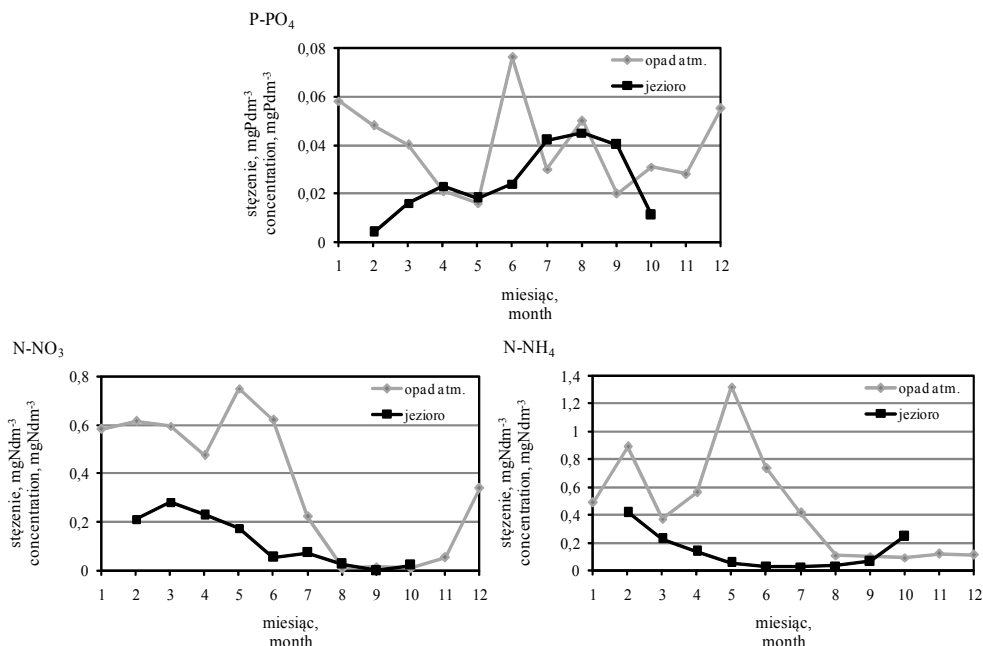
Tabela 1. Średnie miesięczne i roczna wielkość opadu atmosferycznego (w mm) oraz parametrów fizyko-chemicznych wód opadowych w 2008 roku, (okolice jeziora Dobra)

Table 1. Mean monthly and annual precipitation (in mm) and physico-chemical parameters of precipitation in 2008, (region of Dobra Lake)

Miesiąc Month	Opad Precipitation		pH	Przewodnictwo Conductivity, μScm^{-1}	N- NO_3 mgNdm^{-3}	N- NH_4 mgNdm^{-3}	N- NO_3 +N- NH_4 mgNdm^{-3}	P- PO_4 mgPdm^{-3}
	mm	dni days						
I	61	21	4,30	23,10	0,583	0,488	1,071	0,058
II	37	12	4,69	37,46	0,615	0,887	1,502	0,048
III	145	25	4,79	36,96	0,594	0,369	0,964	0,049
IV	44	12	5,27	37,40	0,475	0,561	1,036	0,021
V	17	4	5,96	36,15	0,749	1,318	2,067	0,016
VI	68	12	5,98	28,15	0,621	0,736	1,357	0,076
VII	80	13	5,94	13,27	0,223	0,413	0,634	0,03
VIII	118	16	5,74	10,5	0,010	0,109	0,119	0,05
IX	47	17	5,94	20,27	0,014	0,101	0,115	0,02
X	73	16	5,38	11,93	0,010	0,092	0,102	0,031
XI	105	14	5,36	24,74	0,054	0,121	0,175	0,028
XII	41	17	5,14	39,91	0,339	0,110	0,449	0,055
2008	836	179	5,34	28,81	0,357	0,442	0,799	0,041

azotu amonowego w zebranych próbach opadu była wyższa o około 20% i wynosiła $0,442 \text{ mgNdm}^{-3}$. Najniższe stężenia N-NH_4 zaobserwowano w październiku ($0,092 \text{ mgNdm}^{-3}$), najwyższe zaś w maju ($1,318 \text{ mgNdm}^{-3}$). Ilość fosforu nieorganicznego w zebranych opadzie była zdecydowanie niższa niż azotu i zmieniała się w granicach od $0,016 \text{ mgPdm}^{-3}$ do $0,076 \text{ mgPdm}^{-3}$ odpowiednio w maju i czerwcu. Dla porównania, średnie roczne (dla roku 2008) stężenia azotu mineralnego dla obszaru monitoringu tła zanieczyszczenia atmosferycznego (stacja pomiarowa w Łebie) były wyższe o około 50% w przypadku N-NO_3 i około 15% dla N-NH_4 do wartości uzyskanych dla okolic jeziora Dobra i wynosiły odpowiednio $0,54 \text{ mgNdm}^{-3}$ i $0,517 \text{ mgNdm}^{-3}$ [GUS 2009]. Pomiary P-PO_4 nie były przeprowadzane w ramach Państwowego Monitoringu.

Porównując zawartość substancji biogenicznych w opadach z ich stężeniem w powierzchniowej warstwie wody jeziora Dobra (rys. 1.) można zaobserwować znaczną dysproporcję pomiędzy nimi. Szczególnie jest to widoczne w przypadku azotu mineralnego w pierwszej połowie roku. Stężenie azotu amonowego w opadzie na przełomie wiosny i lata było ponad 20 razy wyższe niż w wodach strefy epilimnionu. W tym samym okresie stężenie N-NO_3 w opadzie było również kilkakrotnie wyższe niż w powierzchniowej warstwie jeziora. Zawartości fosforu fosforanowego w opadzie atmosferycznym i jeziorze nie różniły się tak znacznie w ciągu roku, jednakże średnie



Rys. 1. Porównanie sezonowych zmian stężenia substancji biogenicznych (mgdm^{-3}) w opadzie atmosferycznym i powierzchniowej warstwie wody jeziora Dobra w 2008 roku

Fig. 1. Comparison of seasonal changes in nutrients concentration (mgdm^{-3}) in rainfall and Dobra Lake surface layer in 2008

roczne jego stężenie w opadzie ($0,041 \text{ mgPdm}^{-3}$) było prawie dwa razy wyższe niż w powierzchniowej warstwie wody jeziora ($0,022 \text{ mgPdm}^{-3}$). Największą różnicę, sięgającą 300%, odnotowano w czerwcu 2008 roku.

Wielkość ładunku substancji biogenicznych dostarczana w postaci bezpośredniego opadu atmosferycznego jest zależna zarówno od koncentracji danego składnika w opadzie oraz od wysokości opadu. W 2008 roku bezpośrednio do jeziora Dobra, na skutek opadu atmosferycznego wprowadzone zostało $238 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ wody, co stanowi około 18% całkowitej objętości jeziora. Oznacza to, że przy uwzględnieniu średnich miesięcznych stężeń poszczególnych biogenów, do jeziora Dobra z opadem dostarczone zostało miesięcznie od 0,2 do 24 kg N-NO₃, od 1,3 do 15,3 kgN-NH₄ i od 0,07 do około 1,5 kg P-PO₄ (rys. 2). W ciągu całego 2008 roku było to odpowiednio 74,3 kg N-NO₃, 82,1 kgN-NH₄ i 9,8 kg P-PO₄. W przeliczeniu na hektar powierzchni daje to ładunek rzędu 5,5kgN i 0,35kgP. Dla porównania depozycja atmosferyczna azotu mineralnego w okolicy Łeby wyniosła nieco powyżej 6 kgNha⁻¹ (wartość średnia dla wielolecia 1995-2004) [Dygas-Ciołkowska i in. 225]. Z kolei Sapek i in. [2003] podają, że na obszarach rolnych w ciągu roku na skutek pionowej dostawy wnoszony jest ładunek 18kgNha⁻¹ i 0,4 kgPha⁻¹. Bajkiewicz-Grabowska [2002] podaje, że roczna dostawa azotu mineralnego z opadem atmosferycznym wynosić może od 2 do nawet 27,5 kgNha⁻¹ w przypadku zlewni z wyraźnym wpływem przemysłu. Dostawa fosforu natomiast mieścić się może w zakresie od 0,2 do 1,63 kgPha⁻¹.

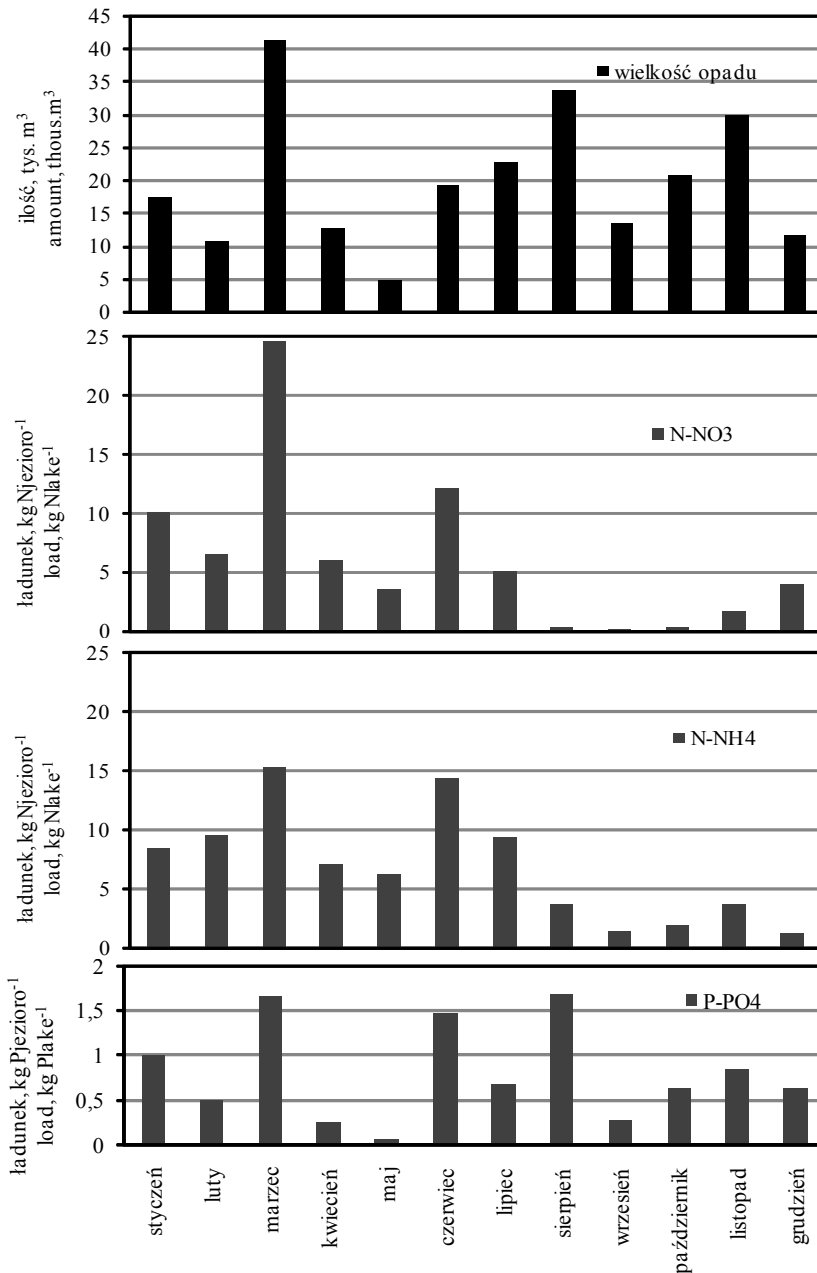
Zestawiając ilości substancji biogenicznych zasilających jezioro Dobra w postaci depozycji atmosferycznej z zasobami azotu i fosforu nieorganicznego w całej toni wodnej jeziora, które średnio rocznie wynoszą niecałe 330 kgN-NH₄, około 165 kg N-NO₃ i 37 kgP-PO₄ (tab. 2) można oszacować, że pionowa dostawa nutrientów stanowi około 30% zasobów zbiornika (32% N i 26% P). Biorąc pod uwagę to, że jezioro Dobra charakteryzuje się wyraźną stratyfikacją termiczną i chemiczną wód w sezonie letnim [Jarosiewicz i Hetmański 2009], zasadną wydaje się konieczność

Tabela 2. Zasoby substancji biogenicznych (kg) w jeziorze Dobra w poszczególnych miesiącach 2008 roku

Table 2. Dobra Lake nutrient resources (kg) in respective months of 2008

Składnik, Nutrient, kg	Miesiąc, Month										Średnia Mean
	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
N-NH ₄	E	342,8	184,9	111,8	45,2	19,7	22,2	29,6	53,4	202,2	112,4
	L	574,6	307,8	223,5	152,3	180,6	343,9	497,8	314,0	365,4	328,8
N-NO ₃	E	174,3	231,0	188,3	143	44,4	60,0	21,4	4,11	18,1	98,3
	L	288,6	386,8	303,6	263,9	77,2	92,7	33,3	7,6	38,0	165,7
P-PO ₄	E	3,3	13,1	18,9	14,8	19,7	34,5	36,9	32,8	9,0	20,3
	L	8,5	21,9	33,4	23,3	36,2	58,9	72,8	54,6	27,4	37,4

E – epilimnion, L – całe jezioro, whole lake.



Rys. 2. Ładunek substancji biogenicznych (kg) wprowadzanych miesięcznie bezpośrednio do jeziora Dobra

Fig. 2. Monthly nutrients load (kg) deposited in Dobra Lake

porównania również ilości depozycji atmosferycznej docierającej do jeziora w trakcie stratyfikacji (maj-wrzesień) do średniej zawartości biogenów w powierzchniowej warstwie wody w tym samym czasie. W wodach epilimnionu, w sezonie letnim zakumulowane było średnio około 88 kg azotu w formie jonów NO_3^- i NH_4^+ i prawie 28 kg fosforu mineralnego. W tym okresie bezpośrednio do jeziora wraz z opadem atmosferycznym wprowadzone zostało ponad 56 kg N i około 4 kg P. Stanowi to odpowiednio prawie 65% azotu i około 15% fosforu zgromadzonego w epilimnionie jeziora. Tym samym przypuszczać można, że w przypadku azotu, opad atmosferyczny jest jego podstawowym źródłem, natomiast pionowa dostawa fosforu odgrywa mniejszą rolę. W pewnym stopniu potwierdza to wcześniejsze przypuszczenia, że wzrost stężenia fosforu mineralnego w powierzchniowej warstwie wody w sezonie letnim spowodowany może być intensywną eksploatacją turystyczną jeziora [Jarosiewicz i Hetmański 2009].

Uwzględniając kryterium Vollenweidera o rocznej wielkości dopuszczalnych i niebezpiecznych ładunków azotu i fosforu, które dla jeziora Dobra wynoszą 10 (dopuszczalny) i 20 (niebezpieczny) kg N ha^{-1} oraz 0,7 (dopuszczalny) i 1,3 (niebezpieczny) kg P ha^{-1} można obliczyć, że roczna dostawa atmosferyczna jedynie mineralnych form azotu jak i fosforu do jeziora stanowi już około 50% ich dopuszczalnego ładunku. Tym samym sądzić można, że ten sposób pionowej obszarowej dostawy azotu i fosforu, jest istotnym elementem wpływającym na jakość wód i produktywność jeziora Dobra.

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzić można, że wielkość opadów atmosferycznych, a przez to również ilość jak i jakość opadającej na powierzchnię jeziora Dobra wody opadowej była silnie zróżnicowana czasowo. Różnica wielkości opadu atmosferycznego pomiędzy skrajnymi miesiącami wyniosła ponad 800%. Ilość dostarczonego ładunku mineralnych form azotu i fosforu zmieniała się natomiast w zależności od miesiąca od 1,5 do prawie 40 kgN (w postaci N-NO_3 i N-NH_4) i od 0,1 do ponad 1,5 kg P . Wydaje się również uzasadnione stwierdzenie, że taka wielkość depozycji atmosferycznej stanowi istotny wkład w całkowitym ładunku substancji biogenicznych dostających się do jeziora ze zlewni, tym samym ważny element bilansu nutrietów dla jeziora Dobra.

BIBLIOGRAFIA

- Bajkiewicz-Grabowska E. 2002. Obieg materii w systemach rzeczno-jeziornych. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, pp. 274.
- Czyżyk F., Rajmund A. 2011. Ilości niektórych pierwiastków wnoszone do gleby z opadami atmosferycznymi w rejonie Wrocławia w latach 2002-2010. Inżynieria Ekologiczna, 27: 5-12.

- Dygas-Ciołkowska L., Toczko B., Brodowska M. (red). 2005. Zanieczyszczenie powietrza w Polsce w latach 2003-2004. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- GUS 2009. Ochrona środowiska. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, pp. 527.
- Hermanowicz W., Dożańska W., Dojlido J., Kosiorowski B. 1976. Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. Arkady, Warszawa.
- Jarosiewicz A., Hetmański T. 2009. Sezonowa zmienność stężenia substancji biogenicznych w wodach jeziora Dobra; poziom trofii jezior. Słupskie Prace Biologiczne, 6: 71–77.
- Kosiński S. 2002. Warunki klimatyczne. [W]: Lipczyński W. (red.). Zasoby przyrodnicze dorzecza Słupi i Łupawy, Grawipol, Słupsk: 10-25.
- Kupczyk E. 1997. Opad na powierzchni zlewni. [W]: Soczyńska U. (red.). Hydrologia dynamiczna. PWN, Warszawa: 108–121.
- Marszelewski W. 2005. Zmiany warunków abiotycznych w jeziorach Polski Północno-Wschodniej. Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, pp. 288.
- Program 2009. Program ochrony środowiska gminy Dębica Kaszubska. Uchwała Rady Gminy nr XXX/196/2009, Dębica Kaszubska.
- Sapek A., Nawalany P., Barszczewski J. 2003. Ładunek składników nawozowych wnoszony z opadem mokrym na powierzchnię ziemi w Falentach w latach 1995-2001. Woda, Środowisko, Obszary Wiejskie, 3 (6): 69–77.
- Twardowski R., Gendolla T. 1993. Chemizm opadów atmosferycznych na obszarze południowo-zachodniej Polski. Wiadomości IMGW, 16(4): 133–137.
- Wetzel R.G. 2001. Limnology. Lake and River Ecosystems, Academic Press, California, pp.1006.

PRECIPITATION AS A NUTRIENT SOURCE – ON THE EXAMPLE OF DOBRA LAKE (NORTHERN POLAND)

Summary. Studies of the vertical nutrients deposition and the role of precipitation in Dobra Lake productivity were carried out in 2008. Measurements included determination of precipitation volume, pH, conductivity and mineral nutrients forms (N-NO₃, N-NH₄, P-PO₄). Moreover nutrients content in whole lake was calculated. It was determined that in 2008 directly into the lake with precipitation was introduced $238 \cdot 10^3 \text{m}^3$ of water, which is about 18% of its total volume. Annual amount of nutrients brought along with precipitation was 74.3 kg N-NO₃, 82.1 kg N-NH₄ and 9.8 kg P-PO₄. It is about 5.5kgN and 0.35kgP per one hectare. It was calculated that such vertical nutrient supply constitute about 30% of all lake resources (32% N and 26% P). Moreover, it was determined, that atmospheric inputs represent highly significant loadings (about 50%) when compared with permissible nutrients loading. Therefore, it can be expected, that rainfall deposition is an important factor which influences on Dobra Lake trophy level.

Key words: nitrogen, phosphorus, precipitation, non point pollutions, lake.