

ROMAN CIEŚLIŃSKI, JUSTYNA RAŚKIEWICZ

EWOLUCJA HYDROGRAFICZNA JEZIOR PTASI RAJ I KARAŚ (POLSKA PÓŁNOCNA)

ZARYS TREŚCI

Jeziora Ptasi Raj i Karaś stanowią przykład zbiorników, których geneza powstania związana jest w początkowym stadium z działalnością naturalną, a w następnym okresie z działalnością antropogeniczną. Obserwuje się tu charakterystyczne zjawiska występujące w typowych jeziorach przybrzeżnych. Ich wody wyróżniają się bardzo dużym zasoleniem, jednym z największych wśród jezior polskiej strefy brzegowej. Z kolei liczne procesy zlewniowe prowadzą do zmniejszenia powierzchni obu jezior. Pomimo bardzo interesujących warunków hydrologicznych panujących w zlewniach obu jezior nie obserwuje się większego zainteresowania nauki polskiej tymi obiektami. Dlatego też celem pracy jest przedstawienie warunków hydrologicznych panujących w zlewniach jezior Ptasi Raj i Karaś. Jednocześnie analizą objęto oddziaływanie wód Zatoki Gdańskiej i silnej antropopresji na oba zbiorniki. Równie ważne wydaje się opracowanie charakterystyki limnologicznej samych zbiorników włącznie z wykonaniem dla obu planów batymetrycznych i obliczeń morfometrii niecek.

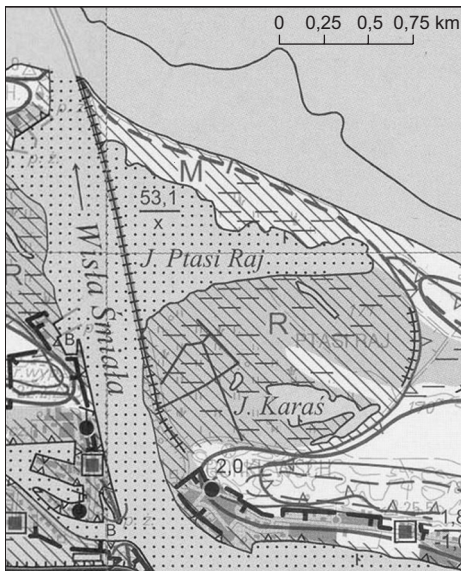
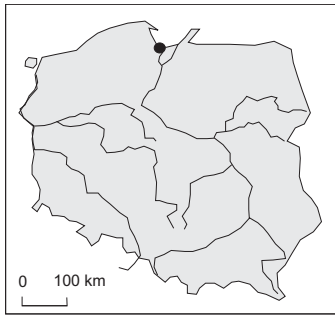
WPROWADZENIE

W dziejach delty Wisły zapisały się wydarzenia, których śladem jest współczesny obraz sieci hydrograficznej (MIKULSKI 1989). Przykładem takiego obrazu jest powstanie jeziora Ptasi Raj. Połączone siły natury oraz działalność człowieka doprowadziły do powstania jeziora i jego dalszej ewolucji, efektem czego było wyodrębnienie z niego w wyniku procesów łądowania jeziora Karaś.

Usytuowanie jezior na styku środowiska deltowego i mierzejowego oraz lokalizacja w strefie brzegowej południowego Bałtyku wymaga traktowania jezior Ptasi Raj i Karaś jako zbiorników o charakterze poligenetycznym (jeziro deltowe, śródwydumowe, przybrzeżne). Dodatkowo lokalizacja na terenie miasta Gdańska stwarza specyficzne warunki kształtowania się obarczonych antropopresją stosunków wodnych zlewni obu jezior.

Głównym celem pracy jest określenie ewolucji stosunków wodnych w zlewniach dwóch niewielkich jezior Ptasi Raj i Karaś, zlokalizowanych w strefie brzegowej południowego Bałtyku. W artykule przedstawiono również warunki hydrologiczne panujące w ich zlewniach, przy uwzględnieniu wpływu Zatoki Gdańskiej oraz silnej antropopresji, oraz charakterystykę limnologiczną samych zbiorników, a także ustalono, jakie funkcje pełnią obecnie oba zbiorniki wodne. Dodatkowym celem jest szczegółowe rozpoznanie terenu badań, inwentaryzacja sieci hydrograficznej, a także wykonanie planów batymetrycznych zbiorników. Ostatni z celów jest tym ważniejszy, że w przypadku jeziora Karaś do chwili obecnej nie powstał plan batymetryczny, a dla jeziora Ptasi Raj wymagał on aktualizacji.

Zakres przestrzenny pracy obejmuje zlewnię jezior Ptasi Raj i Karaś wraz z ich zapleczem alimentacyjnym (rys. 1),



usytuowanych w Polsce Północnej, w delcie Wisły, u ujścia Wisły Śmiałej, na terenie miasta Gdańska.

METODY BADAŃ

Badania terenowe polegały na kartowaniu hydrograficznym zlewni, które zostało przeprowadzone w okresie suchym w dniach 19–20 lipca 2005 r. oraz w okresie wilgotnym 29 listopada 2005 r. Kartowanie terenowe miało na celu weryfikację działów wodnych oraz inventaryzację sieci hydrograficznej i elementów antropogenicznych. Wyznaczono współczesną linię brzegową jezior przy zastosowaniu odbiornika GPS. Równocześnie wykonano sondowania głębokości jezior. Jezioro Ptasi Raj zostało zbadane 21 października 2005 r. z łodzi przy użyciu echosondy Eagle oraz odbiornika GPS, natomiast pomiary morfometryczne jeziora Karas zostały przeprowadzone z lodu 22 lutego 2006 r. za pomocą tyczki pomiarowej i odbiornika GPS. Plany batymetryczne wykonano przy użyciu oprogramowań ArcGis 9.0 oraz MapInfo Professional 6.5. Po przeniesieniu danych z GPS najpierw wykonano interpolację w 3D analiz w ArcGis, a następnie obróbkę techniczną (wygładzanie izobat) w programie MapInfo.

W ramach prac terenowych przeprowadzono także pomiary przewodności właściwej wody przy użyciu konduktometru CC – 211 firmy Elmetron. Dodatkowo w latach 2002–2006 w 12 terminach dokonano poboru próbek wody

Rys. 1. Hydrograficzne położenie zlewni jezior Ptasi Raj i Karas na tle Polski

Fig. 1. The hydrographic position of the Ptasi Raj and the Karas catchments on background of Poland

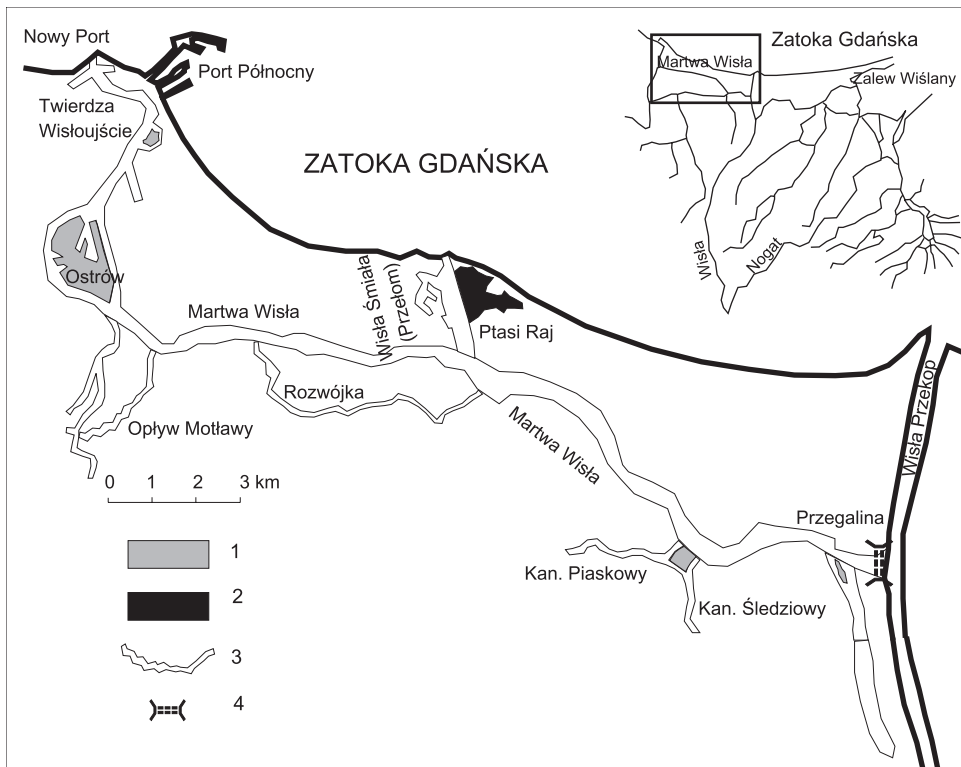
Źródło (Source): Podział hydrograficzny Polski, 1980; BOROWIAK 2005

w celu określenia stężeń głównych kationów i anionów. Analizy chemiczne pobranych prób wody wykonano w laboratorium Katedry Hydrologii UG.

GENEZA JEZIOR

Jezioro Ptasi Raj i Karaś powstało w wyniku działalności sił natury (Morze Bałtyckie, rzeka Wisła), a następnie zostało przemodelowane przez działalność człowieka. Okresowo zdarzały się sytuacje, kiedy jednocześnie na oba zbiorniki oddziaływały, a nierzadko przenikały się czynniki naturalne i antropogeniczne.

W przeszłości sieć rzeczna delty Wisły (rys. 2) ulegała ciągłym zmianom. W XV w. prace regulacyjne w delcie Wisły rozwijał Zakon Krzyżacki, który nadał lewemu ujściowemu ramieniu Wisły większe znaczenie w odprowadzaniu wód wiślanych (MIKULSKI 1964). Skierowanie do Leniwki głównej masy wód rzecznych w okresie zimowym było przyczyną częstych zatorów lodowych, które groziły powodzią, zwłaszcza na odcinkach słabiej obwałowanych. W 1840 r. nastąpił najważniejszy moment w okresie powstania jeziora Ptasi Raj (rys. 2). W ostatnich dniach stycznia, kiedy Nogat i Szkarpowa były pokryte lodem,



Rys. 2. Jezioro Ptasi Raj na tle sieci rzecznej delty Wisły

1 – wyspy, 2 – jeziora, 3 – rzeki, 4 – śluza

Fig. 2. Lake Ptasi Raj on background of river net of Vistula delta

1 – islands, 2 – lakes, 3 – rivers, 4 – floodgate

rozpoczął się na Wiśle pochód lodu, który przejęła w miarę jeszcze drożna Leniwka. W nocy z 31 stycznia na 1 lutego na dawno już zagrożonym odcinku Gdańsk–Górki utworzył się zator lodowy, dzieląc osadę na część wschodnią i zachodnią. W wyniku zatoru nastąpiło spiętrzenie wód Wisły o 6 m ponad średni poziom (MAJEWSKI 1969). Napór wód przerwał 1,5 km pas wydm, skracając bieg rzeki o 14 km, i nad ranem nadmiar wód rzecznych uformował nowe ujście Wisły o szerokości rzędu 280–300 m, a maksymalnie 753 m przy granicy z morzem (ŁOMNIEWSKI 1960). O randze tego wydarzenia świadczą zachowane doniesienia prawdopodobnie naocznych świadków powstania Przełomu Wisły. Przypuszczalnie pierwszy opis nowego ujścia Wisły zamieszczony został w zapomnianej już rozprawie historycznej Krzyżanowskiego z roku 1843, który napisał:

... tak się właśnie stało dnia 31 stycznia na dzień 1 lutego roku 1840 w chwili, w której się lękano, aby Wisła, wzdąwszy się nad tamę zabezpieczającą od jej wylewów gdańskie Żuławy, nie zalała tych ostatnich.

I dalej

I wnet na drugą stronę tak obalanej piaskowej zapory dostał się prąd wiślany, a stamtąd do morza: i rozdzielił na 1000 kroków ten sam swój spadek ujściowy, który w dawnym korycie od Neufahr (Górki) do Mindy (Wisłoujście) był rozłożony na dwie mile. Przez tak rozpruty w gdańskiej nizinie kanał przedarłszy się wzdęte wały Wisły i napiętrzone zatory, wyorały głębokie i przestronne koryto aż do samego morza i w tym potonęły. Taki był początek i utwór nowego od roku 1840 ujścia Wisły (MAJEWSKI 1969).

Wincenty POL (1875), któremu Wisła Śmiała zawdzięcza swą nazwę, opisał to wydarzenie w następujących słowach:

Od połowy stycznia 1840 roku sparły się wody średniej Wisły (...). Wisła nie mając w ten sposób, kiedy ułać wód swoich, wezbrała na brzegach i zagrażała zniszczeniu całej okolicy. Aż 1 lutego 1840 roku w nocy wyrznęła się nowym

korytem wprost ku morzu (...). To nowe koryto nie ma dotąd nazwiska; a że się Wisła tak pocziwie i rażno ku morzu przebrała – nazwijmy ją tutaj Śmiałą Wisłą.

Utworzenie się Wisły Śmiałej (rys. 2) w znacznej mierze wpłynęło na układ hydrologiczny delty. Po pierwsze, przemieniło odcinek dawnej Wisły Gdańskiej między Nowym Portem a Płonią w martwą odnogę. Ponadto skrócenie biegu rzeki i zwiększenie się spadku uruchomiło rozwój erozji dennej, w wyniku której u frontu Przełomu Wisły nastąpiło narastanie stożka ujściowego. Rozbudowa stożka spowodowała przesunięcie się izobaty 10 m o 2 km w głąb morza w kierunku NNW (ŁOMNIEWSKI 1960). Dopiero otwarcie w 1895 r. Przekopu Wisły pod Świbnem (rys. 2) zatrzymało rozwój stożka i prawdopodobnie przez przejście osadów przyczyniło się do jego degradacji.

Następnie w XIX w. została wybudowana kamienna grobla o szerokości ok. 1,5 m i długości ok. 1 km, oddzielająca dziś jezioro Ptasi Raj od Wisły Śmiałej. Dokładna data budowy grobli nie jest znana. Niemniej jednak z map Winkela, zamieszczonych w pracy MAJEWSKIEGO (1969), wynika, iż grobla istniała już w 1888 r. Być może istnieje związek między tym faktem a nazwą miejscowości Przegalina, położonej na Wyspie Sobieszowskiej u rozwidlenia ramion Wisły, której niemiecki odpowiednik brzmi „Einlage” i oznacza obszar pozostawiony między groblami dla stworzenia miejsca dla lodu i wezbranych wód powodziowych.

W cieniu wielkiego wydarzenia, jakim było powstanie Wisły Śmiałej, oraz budowy grobli począł się kształtować pierwotny akwen, który dał początek istnieniu jezior. Od północy utworzyła się mierzeja, dziś znana jako Mierzeja Messyńska, która odgrodziła jezioro od wód Zatoki Gdańskiej. Tworzenie się

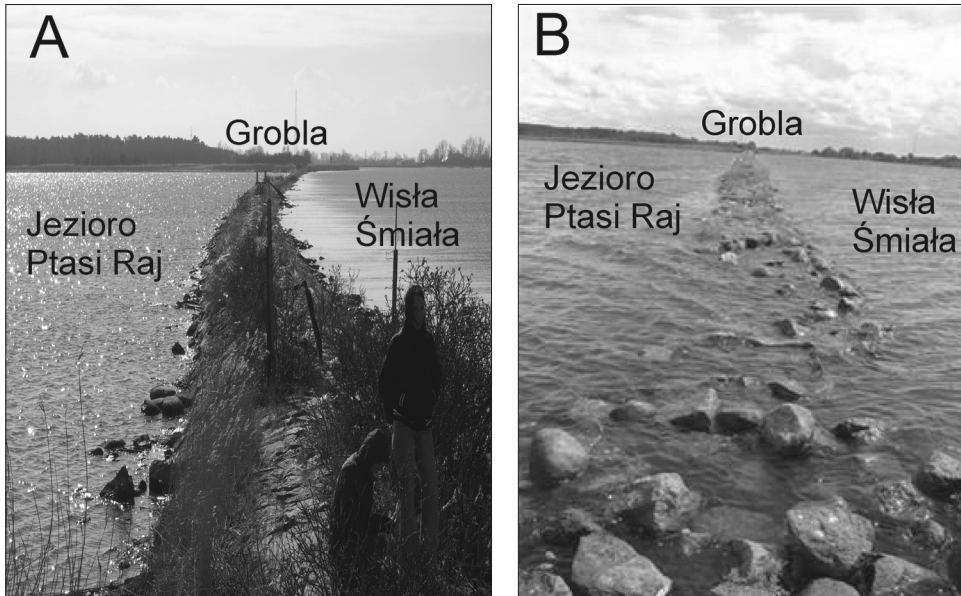
mierzei polegało najpierw na wypłyca- niu się obszaru ujściowego, a następnie na odkładaniu się materiału piaszczyste- go. Ostateczne uformowanie się mierzei, które odpowiada równocześnie defini- tywnemu powstaniu jezior (jeszcze wów- czas połączonych), nastąpiło w XIX w. W tym czasie jezioro Ptasi Raj zostało odcięte od Morza Bałtyckiego. Z kolei wyodrębnienie się jeziora Karaś z Pta- siego Raju nastąpiło prawdopodobnie w pierwszej połowie XX w., na co wska- zuje stosunkowo silnie wylądowiona przestrzeń między zbiornikami.

CHARAKTERYSTYKA HYDROLOGICZNA ZLEWNI

Skomplikowany charakter stosunków wodnych obszaru badań najlepiej od- dają słowa W. LANEGO i W. MAŚLANKI

(1996), którzy stwierdzili, że usytuowa- nie zlewni jeziora Ptasi Raj i Karaś w wysuniętej części delty Wisły, czyli na styku środowiska morskiego, potamicz- nego i lądowego, decyduje o nieczytel- ności granic obiegu wody, a w konsek- wencji o braku stabilności funkcjono- wania systemu hydrograficznego.

Jeziora Ptasi Raj i Karaś oddzielone są od Morza Bałtyckiego wąskim pa- sem mierzejowym, o średniej szerokości ok. 300 m. Jeszcze mniej wyraźna jest granica północno-zachodnia zlewni, któ- rą wyznacza nieszczelna grobla o sze- rokości ok. 1,5 m (DRWAL i in. 2007). Przepusty umożliwiają stałą wymianę wód rzecznych i jeziornych. Dodatkowo, podczas wysokich stanów wód wywo- łanych cofkami w ujściowym odcinku Wisły Śmiałej w nieszczelnych fragmen- tach grobli następują przelewy (rys. 3).



Rys. 3. Grobla oddzielająca jezioro Ptasi Raj i Wisłę Śmiałą w warunkach normalnych (A) i w okresie sztormowym (nieszczelność) (B)

Fig. 3. The dam of separating lake Ptasi Raj and river Wisła Śmiała in normal conditions (A) and in stormy period (leak) (B)

Południowo-wschodnia granica zlewni budzi także wiele kontrowersji. Niepewnym przebiegiem odznacza się dział wodny, który wyznaczają młode wydmy.

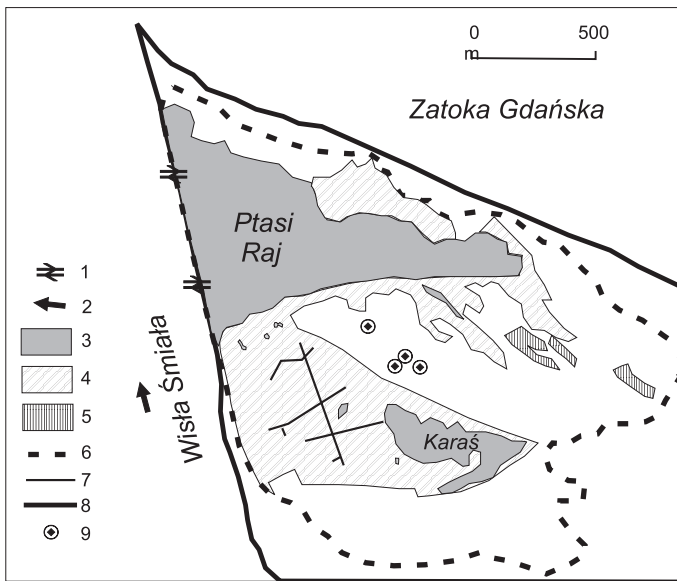
Powierzchnia zlewni całkowitej jezior równa się 2,4 km², z czego powierzchnia zlewni bezpośredniej jeziora Ptasi Raj – 1,4 km² (58% powierzchni całkowitej), a jeziora Karaś – 1 km² (RAŚKIEWICZ 2006).

Wody powierzchniowe reprezentowane są w zlewni prawie w całości przez wody jeziora Ptasi Raj i jeziora Karaś, których łączna powierzchnia wynosi 60,5 ha. Drugorzędnie obiekty wodne przejawiają się w postaci nielicznych oczek wodnych o łącznej powierzchni 0,5 ha. Liniowo ujawniają się w syste-

mie kanałów melioracyjnych położonych w bezpośredniej zlewni jeziora Karaś, o łącznej długości 1630 m i średniej szerokości 0,5 m.

W centralnej części zlewni występują izolowane zagłębienia bezodpływowe, które tylko w okresie wilgotnym wypełnione są wodą. Pochodzenie tych obiektów ma charakter antropogeniczny (leje pobombowe z okresu II wojny światowej), stąd też odznaczają się one podobnymi wymiarami – średnica od 1 do 1,5 m i głębokość ok. 0,5 m (RAŚKIEWICZ 2006).

Analizując zdjęcie hydrograficzne wykonane w zlewniach obu jezior w okresie suchym i wilgotnym (rys. 4), można



Rys. 4. Szkic hydrograficzny zlewni jezior Ptasi Raj i Karaś

1 – przepust hydrotechniczny, 2 – kierunek płynięcia, 3 – zbiorniki wodne, 4 – tereny podmokłe stale, 5 – tereny podmokłe okresowo, 6 – granica zlewni, 7 – kanały i rowy melioracyjne, 8 – linia brzegowa, 9 – izolowane zagłębienia bezodpływowe ewapotranspiracyjne pochodzenia antropogenicznego

Fig. 4. Hydrographic draft of the lake Ptasi Raj and Karaś catchment

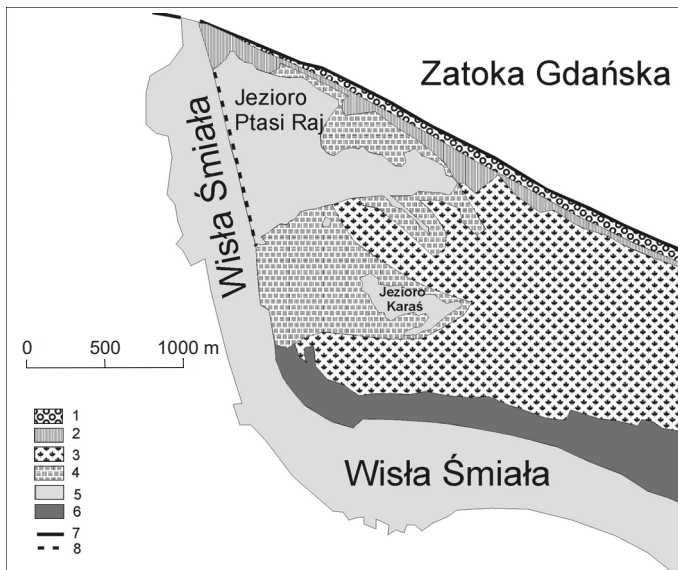
1 – hydrotechnical culvert, 2 – direction of flow, 3 – water reservoirs, 4 – constantly waterlogged areas, 5 – periodically waterlogged areas, 6 – catchment border, 7 – melioration canals and ditches, 8 – shoreline, 9 – isolated evapotranspiration hollows without outflow of anthropogenic origin

stwierdzić, że w badanym roku nie zaobserwowano większych różnic. Jedynie zmiany między sezonami dotyczyły zwiększenia się powierzchni terenów podmokłych, choć i tak w stosunku do całej zlewni była ona stosunkowo niewielka (9,1%). Zasięg terenów stale i okresowo podmokłych na obszarze obu zlewni był zbliżony z przebiegiem izobaty 1 m (DRWAŁ 1987).

W wyniku podniesienia się poziomu wód gruntowych w izolowanych zagłębieniach bezodpływowych (nr 9 na rys. 4) zlokalizowanych na terenie obu zlewni zaobserwowano szybkie wypełnienie ich wodą. Do tego czasu miały one charakter zagłębień chłonnych. Zjawisko pojawienia się wody w tych zagłębieniach obserwowano od listopada 2005 do końca marca 2006 r. Na terenie zlewni zidentyfikowano cztery takie obiekty.

STRUKTURA UŻYTKOWANIA TERENU

Obecny obraz struktury użytkowania tego terenu (rys. 5) jest odbiciem genetycznej złożoności jezior. Ślady obecności człowieka odzwierciedlają się nie tylko w systemie kanałów melioracyjnych czy kamiennej grobli oddzielającej jezioro Ptasi Raj od Wisły Śmiałej, ale m.in. w nasadzeniach olszy czarnej, której uprawa całkowicie przekształciła charakter pokrywy glebowej w niektórych fragmentach zlewni. Zlewnia jezior Ptasi Raj i Karaś wolna jest od upraw rolnych. Największą powierzchnię w zlewni zajmują lasy – ok. 42% obszaru badań. Znamienny dla utrwalań obszarów wydmy położonych w południowo-wschodniej części zlewni jest brak powierzchniowej sieci hydrograficznej. Jedną z przyczyn tego stanu rzeczy jest infiltracyjny charakter inicjalnych gleb tego terenu.



Rys. 5. Struktura użytkowania terenu na obszarze zlewni jezior Ptasi Raj i Karaś
1 – plaże, 2 – wydmy, 3 – lasy, 4 – mokradła, 5 – wody, 6 – obszary antropogeniczne, 7 – linia brzegowa, 8 – grobla

Fig. 5. The structure of use area of the catchment terrain of the lake Ptasi Raj and Karaś
1 – beaches, 2 – dunes, 3 – forest, 4 – wetlands, 5 – waters, 6 – anthropogenic areas, 7 – shoreline, 8 – dam

Obszary wodne stanowią 25% powierzchni zlewni. Ponieważ wszystkie obiekty wodne znajdują się w fazie zaniku, to na obszarze zlewni obserwuje się systematyczny wzrost powierzchni terenów podmokłych. W przypadku jeziora Ptasi Raj zanik ten przejawia się nie tylko w zarastaniu, tak charakterystycznym dla jeziora Karaś, ale także w rozwoju procesów eolicznych, związanych z morfodynamiką Mierzei Messyńskiej, które, wypływając jezioro od północy, przesuwają jego granicę na południe, w głąb łąd (PRZEWOŹNIAK 1996). Powierzchnia terenów podmokłych systematycznie się zwiększa i obecnie jest na poziomie 29% powierzchni zlewni. Ich obecność należy odczytywać jako przejaw łądowania obszaru zlewni.

BATYMETRIA (MORFOMETRIA)

Pierwsze pomiary batymetryczne jeziora Ptasi Raj przeprowadzone zostały przez W. LANGEGO i W. MAŚLANKĘ w 1995 r.

(rys. 6A). Współczesne hydrologiczne rozpoznanie zbiornika (rys. 6B) było aktualizacją badań sprzed dekady. Analiza planów batymetrycznych oraz cech morfometrycznych zbiornika wyraźnie potwierdza jego dwojaką genezę.

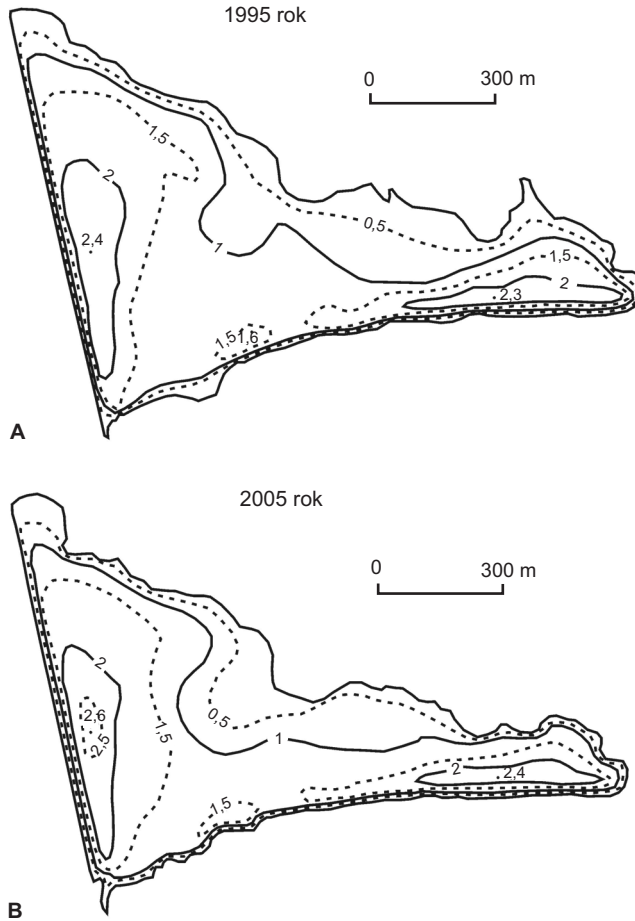
Przybrzeżny charakter jeziora odzwierciedla się przede wszystkim w znacznej otwartości zbiornika, tj. w jego stosunkowo dużej powierzchni (1995 r. – 61,5 ha, 2005 – 51,7 ha) przy niewielkiej średniej głębokości (1995 r. – 1,24 m, 2005 – 1,26 m). Jednocześnie według najnowszej mapy hydrograficznej powierzchni zbiornika jest szacowana na 53,1 ha (BOROWIAK 2005).

Dzięki dokonanej aktualizacji oceniono, iż w ciągu dekady parametry morfometryczne jeziora uległy znacznemu zmniejszeniu (tab. 1). Powierzchnia jeziora zmniejszyła się w ciągu 10 lat o ok. 10 ha. Zmiana jednego parametru automatycznie wpływa na spadek pozostałych. W ciągu dekady zmniejszyły się kolejno: długość jeziora o 86 m, szerokość maksymalna o 109 m, szerokość

Tab e l a 1. Cechy morfometryczne jeziora Ptasi Raj w roku 1995 i 2005 oraz jeziora Karaś w roku 2005
Table 1. The morfometric features of the Ptasi Raj lake in year 1995 and 2005 as well as of the Karaś lake in year 2005

Cechy morfometryczno-batymetryczne zbiornika	Ptasi Raj		Karaś
	1995*	2005	2005
Powierzchnia A_0 [ha]	61,5	51,78	8,81
Długość jeziora L [m]	1529	1443	587
Szerokość maksymalna B_{max} [m]	819	710	214
Szerokość średnia B_{sr} [m]	402	358	150
Głębokość maksymalna h_{max} [m]	2,4	2,6	2,5
Głębokość średnia h_{sr} [m]	1,24	1,26	0,68
Objętość V [tys. m ³]	762,9	655	60,5
Długość linii brzegowej l [m]	5100	4551	2145
Wskaźnik wydłużenia	1,87	2,03	2,74
Wskaźnik rozwinięcia linii brzegowej K	1,84	1,78	2,03
Wskaźnik trwałości basenu jeziornego BPI według KEREKESA (1977)	150	144	28,2

* według LANGE i MAŚLANKI (1996)



Rys. 6. Plan batymetryczny jeziora Ptasi Raj
A – 1995 r. (LANGE, MAŚLANKA 1996); B – 2005 r.

Fig. 6. Bathymetric chart of Lake Ptasi Raj
A – 1995 (LANGE, MAŚLANKA 1996); B – 2005

średnia o 44 m, zaś wynikającą z tych zmian różnicę w pojemności oszacowano na 108 tys. m³. Jak dotąd, nie zmienia się jedynie głębokość maksymalna, występująca w pobliżu grobli, i głębokość średnia jeziora, które w roku 1995 wyniosły odpowiednio 2,4 m i 1,24 m, natomiast w roku 2005 – 2,6 m i 1,26 m. Drugorzędny głęboczek występuje we

wschodniej części zbiornika (1995 r. – 2,3 m, 2005 r. – 2,4 m). Niewielkie różnice mogą wynikać z różnych technik sondowania.

Ewolucja jeziora najbardziej dynamicznie zachodzi od strony północnej, gdzie przyczyną jest wypływanie na skutek morfodynamiki pasa mierzejowego, oraz od strony południowo-wschodniej,

gdzie obserwuje się silne zarastanie zbiornika. Nie zmienia się jedynie zachodni fragment zbiornika, gdzie zasięg jeziora wyznacza wspomniana już XIX-wieczna grobla.

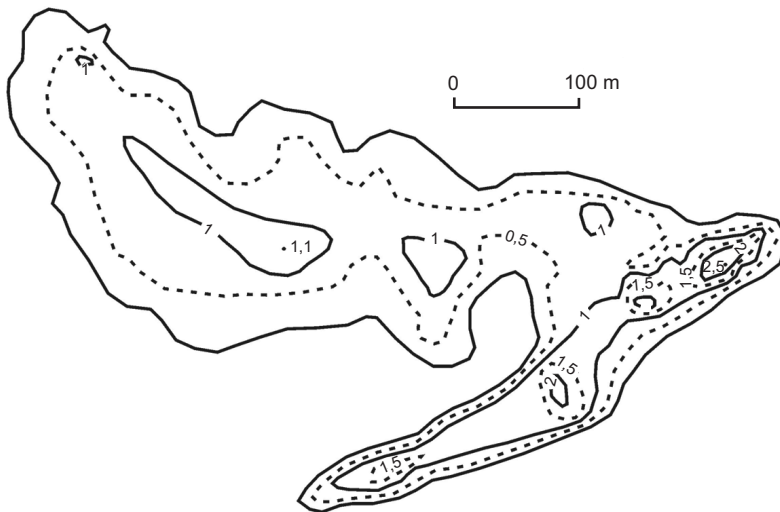
Analiza porównawcza planów batymetrycznych (rys. 6) wykazała również wypłykanie się zbiornika od strony Mierzei Messyńskiej na skutek zasypywania. W efekcie izobata 0,5 m przesunęła się o ok. 100 m, a izobata 1 m o ok. 50 m w głąb jeziora. Przy obecnym tempie zaniku trwałość basenu jeziornego według wzoru KEREKESA (1977) ocenia się na 144 lata. Niemniej jednak, wskaźnik ten odnosi się do jezior ogólnie i nie uwzględnia specyfiki jezior przybrzeżnych, których żywot jest nieporównywalnie krótszy. Przy obecnym tempie zaniku prawdopodobnie jeszcze w XXI w. jezioro ulegnie zmianie.

Pomiary batymetryczne jeziora Karaś wykonano 22 lutego 2006 r. (rys. 7). Powierzchnia jeziora wyniosła 8,8 ha, a jego średnia głębokość 0,68 m (tab. 1).

Jezioro ma dwa zupełnie różne akweny. Pierwszy obejmuje ok. 70% całkowitej powierzchni zbiornika i cechuje się niewielkimi głębokościami, nieprzekraczającymi 1,1 m (drugorzędny głęboczek). Układ izobat jest wyrównany (RAŚKIEWICZ 2006). Drugi z kolei akwen ma wyraźnie podłużny kształt i zajmuje ok. 30% całkowitej powierzchni jeziora. Układ izobat jest zagęszczony i właściwie niemal u samego brzegu jezioro Karaś osiąga w tym miejscu swoją maksymalną głębokość, tj. 2,5 m.

Granica między akwenami jest widoczna na planie batymetrycznym, gdzie występuje wyraźne przewężenie w kształcie jeziora i gdzie głębokości wynoszą ok. 60 cm. Ponieważ płyciznę porastają trzciny, szczególnie w okresie letnim zauważalna jest „linia graniczna” dzieląca akweny. Wobec powyższego kwestią czasu wydaje się rozczłonkowanie jeziora Karaś na dwa odrębne akweny.

Wskaźnik KEREKESA (1977) dla jeziora oszacowano na 28 lat trwałości basenu



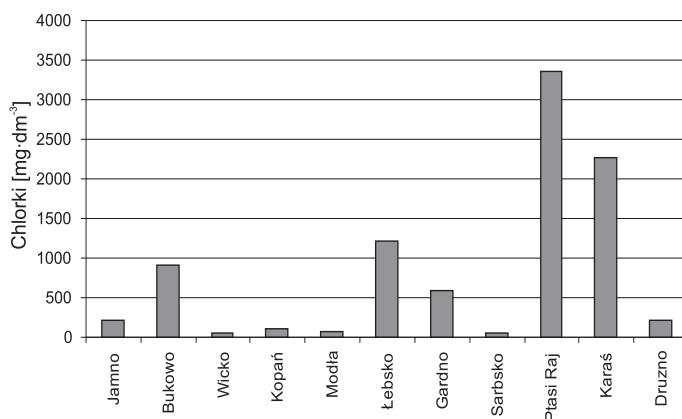
Rys. 7. Plan batymetryczny jeziora Karaś z 2006 r.

Fig. 7. Bathymetric chart of Lake Karaś of 2006

jeziornego. Przewidywane oddzielenie się akwenów jeziora Karaś będzie tego niewątpliwym znakiem. Paradoksalnie jednak szybszemu zanikowi ulegnie większy akwen, gdyż charakteryzuje go o połowę mniejsza głębokość niż akwenu mniejszego, a poza tym jest on bardziej narażony na ekspansję roślinności lądowej (trzciny).

CHEMIZM WÓD

Na podstawie uzyskanych wyników badań parametrów fizyczno-chemicznych wody można stwierdzić, że w wodach obu jezior stężenia dla wszystkich wskaźników odmorskich (poza wodorowęglanami) osiągały bardzo wysokie wartości, często porównywalne do wód Morza



Rys. 8. Stężenia chlorków w wodach wybranych jezior przybrzeżnych

Źródło: BOGDANOWICZ, CIEŚLIŃSKI 2007, zmienione

Fig. 8. The chlorides concentration in waters of chosen of coastal lakes

Source: BOGDANOWICZ, CIEŚLIŃSKI 2007 altered

Tabela 2. Średnie stężenia wybranych wskaźników fizyczno-chemicznych w okresie 2002–2006
Table 2. The averages concentration of chosen physical and chemical coefficients in period 2002–2006

Wskaźnik	Jednostka	Wartość		
		Ptasi Raj	Karaś	Bałtyk
Chlorki	[mg dm ⁻³]	3336	2209	4263
Sód	[mg dm ⁻³]	1690	1237	2385
Wapń	[mg dm ⁻³]	105	79	123
Magnez	[mg dm ⁻³]	203	155	276
Wodorowęglany	[mval dm ⁻³]	2,4	2,9	1,8
Siarczany	[mg dm ⁻³]	537	253	625
Potas	[mg dm ⁻³]	56	45	83
Przewodność właściwa	[μS cm ⁻¹]	8940	6441	12462

Bałtyckiego. Z kolei dla wodorowęglanów wartości były niskie (tab. 2). Zaobserwowano również stałą tendencję do wyższych stężeń w wodach jeziora Ptasi Raj w stosunku do jeziora Karaś (tab. 2). Jedyne odstępstwo dotyczy wskaźnika wodorowęglanowego. Uzyskane wartości świadczą mogą o większym oddziaływaniu wód ze strony Zatoki Gdańskiej na wody Ptasięgo Raju.

W obu przypadkach obserwuje się także wzrost wartości w kierunku linii brzegowej morza takich wskaźników, jak: chlorki, sól, potas, magnez, siarczany, wielkość przewodności właściwej oraz spadek wartości wapnia i wodorowęglanów. Dodatkowo należy stwierdzić, że wody obu jezior charakteryzują się najwyższymi wartościami stężeń wskaźników nazywanych potocznie odmorskimi ze wszystkich jezior przybrzeżnych polskiej strefy brzegowej południowego Bałtyku, przykładem czego mogą być wartości średnie chlorków (rys. 8).

WNIOSKI

Z racji położenia (strefa brzegowa) oraz specyficznych cech hydrologicznych i jakościowych występujących tu charakterystycznych ekosystemów przyrodniczych oba jeziora pełnią wspólnie wiele funkcji, zaczynając od krajoznawczej, poprzez rekreacyjną, naukową, a kończąc na ochronnej (oba jeziora wchodzi w skład rezerwatu Ptasi Raj). Są to obiekty hydrograficzne stanowiące rzadki przypadek zbiorników przybrzeżnych, których powstanie, a następnie powolny zanik możemy obserwować w relatywnie bardzo krótkim czasie. Stanowią one zatem niezwykle obiekty wodne, ciekawe z poznawczego punktu widzenia.

Zwykle jeziora Ptasi Raj i jeziora Karaś nie wymienia się wśród jezior przybrzeżnych. Gęsta sieć hydrograficzna

delty Wisły sprawia, że pozostają one w cieniu ujścia Wisły. W niniejszej pracy wykazano, iż pomijanie tych zbiorników w inwentaryzacji jezior przybrzeżnych jest nieuzasadnione.

Zbiorniki tego rodzaju łączy przybrzeżne usytuowanie oraz geneza powstania. Wszystkie jeziora przybrzeżne, w tym także Ptasi Raj i Karaś, powstały na skutek odcięcia mierzejami zatok morskich (CHOIŃSKI 1988). Wspólną ich cechą jest także stosunkowo rozległa powierzchnia przy jednoczesnej niewielkiej średniej głębokości (LANGE, MAŚLANKA 1996). Oba analizowane jeziora spełniają „warunek” głębokości, gdyż nie przekraczają wartości 6 m, którą przyjmuje się za graniczną dla jezior przybrzeżnych. Z kolei ich powierzchnia nie odpowiada tej proponowanej przez CHOIŃSKIEGO (1988), który zawęża definicję jeziora przybrzeżnego, mówiąc, że są to zbiorniki o powierzchni zwykle większej niż 10 km². Autor przyjmuje jednak pewien zakres tolerancji, który w wypadku obu jezior może być zastosowany. Jak wynika z uzyskanych danych morfometrycznych, jeziora Ptasi Raj i Karaś charakteryzuje wymagana „otwartość”, jak w przypadku innych dużych jezior przybrzeżnych.

Według JAŃCZAKA i SZIWY (1984) morfometria jeziora w dużym stopniu decyduje o jego podatności na degradację. Z kolei GALON (1954) trwanie jezior uzależnia przede wszystkim od parametrów batymetrycznych. Wydaje się to mieć szczególne znaczenie w przypadku jezior przybrzeżnych, gdyż typowa dla nich ekspansja trzcinowisk ogranicza zasięg zwierciadła wód zbiorników. Występowanie roślinności typu szuwarowego wespół z zachodzącymi procesami eolicznymi tłumaczy charakterystyczne dla jezior tego typu wypływanie. CHOIŃSKI (2001), wskazując przykład jeziora Jamno, większe znaczenie w trwaniu je-

zior przybrzeżnych przypisuje nie tyle zmniejszeniu ich powierzchni, ale właśnie wypłycaaniu, którego tempo oszacował na trzykrotnie większe od zarastania. Perspektywiczny czas zaniku jeziora Ptasi Raj i jeziora Karaś według wskaźnika KEREKESA (1977) wynosi odpowiednio 144 i 28 lat. Należy jednak dodać, że jest to wersja optymistyczna, gdyż wskaźnik ten nie uwzględnia położenia jezior w strefie brzegowej.

Większa wrażliwość na oddziaływania ze strony zlewni jezior przybrzeżnych w stosunku do typowych jezior śródlądowych przejawia się przede wszystkim w cechach jakościowych ich wód. Przeciętne jeziora polskie charakteryzuje zwykle zasolenie typu węglanowego (ZDANOWSKI i in. 1988). Zróźnicowanie hydrochemiczne jezior zależy od warunków morfometrycznych ich niecki, składu chemicznego wód alimentujących jezioro i zaistniałej sytuacji hydrometeorologicznej. W składzie chemicznym jezior przybrzeżnych największą rolę odgrywają jony pochodzenia odmorskiego, czyli przede wszystkim chlorki i sól. Jest to o tyle istotne, że analizowane zbiorniki usytuowane są w strefie brzegowej Zatoki Gdańskiej, a nie otwartego morza, jak to ma miejsce w przypadku innych polskich jezior przybrzeżnych. Mimo zaplecza łądowego delty Wisły jeziora Ptasi Raj i Karaś spełniają kryterium hydrochemiczne właściwe zbiornikom strefy brzegowej Morza Bałtyckiego.

LITERATURA

- BOGDANOWICZ R., CIEŚLIŃSKI R., 2007: Specyfika problematyki oceny jakości wód jezior przybrzeżnych. [W:] R. Wiśniewski, J. Piotrkowiak (red.), *Ochrona i rekultywacja jezior*. Wyd. Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych, Toruń, 11–26.
- BOROWIAK M., 2005: Komentarz do mapy Hydrograficznej Polski w skali 1:50 000, arkusz N – 34 – 50 – D Gdańsk Zagobieszewo.
- CHOIŃSKI A., 1988: Wybrane zagadnienia z limnologii fizycznej Polski. UAM, Poznań.
- CHOIŃSKI A., 2001: Analysis of change in the area and water volume of lake Jamno. *Limnological Review*, 1, 41–44.
- DRWAŁ J., 1987: Komentarz do Mapy hydrograficznej Polski w skali 1:50 000, arkusz 315.4 Stegna. OPGK, Poznań.
- DRWAŁ J., CIEŚLIŃSKI R., CHŁOST I., 2007: Obieg wody w jeziorze przybrzeżnym na przykładzie jeziora Łebsko. [W:] Z. Michalczyk (red.), *Obieg wody w środowisku naturalnym i przekształconym. Badania hydrograficzne w poznawaniu środowiska*, t. VIII. Wyd. UMCS, Lublin, 185–193.
- GALON R., 1954: Wstępna wiadomość o opracowaniu dotyczącym zanikania jezior w Polsce. *Przegl. Geogr.*, XXVI, 2, 81–91.
- JAŃCZAK J., SZIWA R., 1984: Związek między głębokościami największymi a średnimi jezior. *Przegl. Geofiz.*, XXIX, 1, 65–74.
- KEREKES J., 1977: The index of lake basin permanence. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 62.
- LANGE W., MAŚLANKA W., 1996: Warunki hydrologiczne. [W:] M. Przewoźniak (red.), *Materiały do monografii przyrodniczej regionu gdańskiego*, t. I – Nadmorskie Rezerваты Przyrody (cz. 1). Wyd. Gdańskie, Gdańsk.
- ŁOMNIEWSKI K., 1960: Ujście Wisły. *Rocz. Polskiego Tow. Geolog.*, XXIX, 4.
- MAJEWSKI A., 1969: Rozwój hydrograficzny Delty Wisły w okresie historycznym. *Prz. Geofiz.*, XIV(XXII), 1, 3–41.
- MIKULSKI Z., 1964: Wiekowe zmiany hydrograficzne w delcie Wisły. *Gazeta Obserwatora PIHM*, 17, 3.
- MIKULSKI Z., 1989: Adrian Krzyżanowski i jego zapomniany opis nowego ujścia Wisły z 1840 r. *Prz. Geofiz.*, XXXIV, 4, 473–486.
- Podział hydrograficzny Polski – cz. II, 1980, Mapa 1:200 000. IMGW, Warszawa.
- POL W., 1875: Północny wschód Europy pod względem natury. Cz. II. Wstęp do hydrografii polskiej. Gdańsk.
- PRZEWOŹNIAK M., 1996: Materiały do monografii przyrodniczej regionu gdańskiego. T. I – Nadmorskie rezerваты przyrody (cz. 1). Wyd. Gdańskie, Gdańsk.
- RAŚKIEWICZ J., 2006: Stosunki wodne zlewni jezior Ptasi Raj i Karaś. Praca magisterska wykonana w Katedrze Hydrologii UG (mskr.).

ZDANOWSKI B., KORYCKA A., SZCZERBOWSKI J., 1988: Naturalne i antropogeniczne tendencje zmian warunków siedliskowych i troficznych w jeziorach północnej Polski. [W:] Z. Chur-

ski (red.), Naturalne i antropogeniczne przemiany jezior i mokradeł w Polsce. UMK, Toruń.

Recenzent: prof. UAM dr hab. Marek Marciniak

Katedra Hydrologii
Uniwersytet Gdański

HYDROGRAPHIC EVOLUTION LAKES PTASI RAJ AND KARASŃ (NORTHERN POLAND)

Summary

In the history of the Wisła Delta there were events whose traces are reflected in the present layout of the hydrographic network. The formation of Lake Ptasi Raj is an example of such a layout in the Wisła Delta. Combined forces of nature and man led to the formation of the lake and its further evolution, an effect of which was the separation from it of Lake Karaś as a result of processes of transformation into land.

The main goal of this paper is the presentation of the hydrological conditions present in the catchments of two small lakes (Ptasi Raj and Karaś) located in the coastal zone of the southern Baltic, in the Wisła Delta, at the mouth

of the Wisła Śmiała, taking into consideration the impact of the Gulf of Gdańsk and heavy anthropopressure. Another goal is the preparation of the limnological characteristics of the reservoirs together with performing bathymetric charts.

Lakes Ptasi Raj and Karaś are not normally quoted in the category of coastal lakes. The dense hydrographic network of the Wisła Delta makes them remain in the shadow of the Wisła mouth. Yet, the results of the paper revealed that omitting these reservoirs in the inventorying of coastal lakes is unjustified.