

Joanna Jokiel¹, Ewa Woźniak²

CZASOWE ZMIANY SYTUACJI HYDROGRAFICZNEJ SŁONYCH OBSZARÓW PODMOKŁYCH REZERWATU BEKA

Streszczenie: Słonawe podmokłości rezerwatu Beka znajdujące się w strefie kontaktu morza i lądu stanowią niezwykle interesujący i specyficzny system hydrograficzny odmienny od obserwowanych w innych rejonach Polski. W artykule podjęto próbę określenia warunków hydrologicznych sprzyjających powstawaniu tego typu obszarów. Porównano powierzchnie i występowanie zastoisk w 2011 roku do sytuacji w roku 2003.

Stwierdzono, iż wartości przewodności elektrolitycznej wody z czerwcowego kartowania terenowego (2011 r.) niejako obrazują wartości średnie uzyskanych wyników z badań wcześniej prowadzonych na tym obszarze. Z uzyskanych wyników powstała sekwencja map z przestrzennym rozkładem przewodności właściwej.

Słowa kluczowe: słonawe podmokłości, rezerwat przyrody Beka, zastoiska, przewodność właściwa wody

WSTĘP

Rezerwat Beka utworzono u ujścia Redy do Zatoki Puckiej w 1988 roku. Jego celem jest ochrona i zachowanie ze względów naukowych i dydaktycznych bogatej awifauny lęgowej i przelotnej oraz zróżnicowanych pod względem gatunkowym siedlisk roślinnych, w tym m.in. słonaw tzn. wilgotnych słonych łąk [Lenartowicz, Błaszowska, 1996]. Powierzchnia rezerwatu wynosi około 193,01 ha. Jego powierzchnia ulega ciągłym zmianom co wynika przede wszystkim z występujących procesów abrazyjnych i akumulacyjnych w strefie brzegowej [Cieśliński, 2004]. Według podziału fizyczno – geograficznego wg Kondrackiego [1998] rezerwat znajduje się w granicach podprovincji Pobrzeża Południowobałtyckiego, na terenie Pobrzeża Gdańskiego, w mezoregionie Pobrzeże Kaszubskie.

Od północy, południa i wschodu można wyznaczyć wyraźne hydrograficzne granice rezerwatu, są to: od południa rzeka Zagórska Struga wraz z Kanałem Łyskim, od północy Kanał Mrzeziński (przeptywający u podnóża Kępy Puckiej), od wschodu Zatoka Pucka, a zachodnią granicą jest wał przeciwpowodziowy.

¹ Katedra Hydrologii, Uniwersytet Gdański, ul. Bażyńskiego 4, 80-952 Gdańsk, e-mail: asia.krysiak@gmail.com

² Katedra Hydrologii, Uniwersytet Gdański, ul. Bażyńskiego 4, 80-952 Gdańsk, e-mail: remrem@o2.pl

Stanowi on pod względem hydrologicznym obszar marszy nadbrzeżnej leżącej w strefie morza zamkniętego, niezwykle rzadko spotykanej na europejskich wybrzeżach [Cieśliński, 2004].

CEL I ZAKRES

W pracy przedstawiono specyficzne warunki hydrologiczne sprzyjające powstaniu słonawych podmokłości na terenach młodoglacjalnych. Określenie długości i częstości występowania wody w postaci zastoisk, na badanym obszarze, daje przesłanki do opisanego jednej z faz obiegu wody jaką jest retencja powierzchniowa. Według jednej z definicji **retencja powierzchniowa** polega na zatrzymaniu wody w jeziorach, stawach, zbiornikach retencyjnych, zagłębieniach terenu, rzekach, bagnach i torfowiskach oraz śniegu i lodowcach [Pociask-Karteczka, 2006]. Definicję tę zmodyfikowano w oparciu o prace prowadzone w Katedrze Hydrologii UG [Drwal, Lange, 1985, Woźniak, 2009]. W pracach skupiano się na pomiarach wody retencionowanej w niewielkich zagłębieniach terenu, np. w obniżeniach na polach uprawnych. Zagłębienia muszą być jednak na tyle duże, aby możliwe było ich zmierzenie w trakcie kartowania hydrograficznego. Pominięto wodę związaną w utworach powierzchniowych i wypełniającą mikrodepresje.

Pojęcie **zastoiska** rozumiane jest jako „obszar zlokalizowany w naturalnych bądź sztucznych zagłębieniach terenu, stale lub okresowo wypełniony wodą pochodzącą z opadów atmosferycznych, zanikających rozlewisk, zasilania morskiego, działalności wód roztopowych lodowca itd.” [Sprawozdanie końcowe..., 2004, str. 13].

Analiza przestrzennego rozkładu przewodności elektrolitycznej właściwej wody na obszarze badań zaobserwowana 15 czerwca i 6 grudnia 2011 roku umożliwia wnioskowanie o genezie wody stagnującej na powierzchni rezerwatu. Przewodność właściwa zależy przede wszystkim od ilości rozpuszczonych w wodzie soli i ich rodzajów. Ta cecha fizyczna jest więc ściśle związana z obecnością w wodzie przede wszystkim jonów chlorkowych i sodu. Przyjmuje się, że o wodach zasolonych mówimy wówczas, gdy posiada ona przewodność o wartościach powyżej 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, co związane jest z okresowymi intruzjami wód morskich. Rezerwat Beka należy do takich obiektów, gdzie wartości na części obiektów zdecydowanie przekraczają wartość 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. [Sprawozdanie końcowe..., 2004]

Pierwsze badania na obszarze rezerwatu przez Katedrę Hydrologii UG prowadzone były w okresie od lipca 2002 roku do czerwca 2004 roku. Rezultaty kartowania z grudnia 2003 roku porównano z wynikami kartowań hydrograficznych przeprowadzonymi w od czerwca do grudnia 2011 roku.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Na terenie rezerwatu rozpoznanie geologiczne dotarło do utworów trzeciorzędowych, których strop sięga do głębokości około 20 – 35 m p.p.m. [Błaszowska

i in., 1996]. Jednakże o unikatowości tej części pradoliny decydują przede wszystkim utwory powierzchniowe.

Utwory plejstoceńskie są reprezentowane głównie przez osady lodowcowe i wodnolodowcowe. Wykształciły się one przeważnie jako seria żwirowo – piaszczysta z występującymi miejscami przewarstwieniami glin zwałowych oraz mułków i iłłów [Błaszowska i in., 1996].

Osady holoceniowe są reprezentowane przez facje wykształcone w środowiskach sedymentacyjnych różniących się od środowisk plejstoceńskich. Na obszarze rezerwatu Beka w holocenie rozwinęły się głównie torfy, które są przewarstwione piaskami i namułami rzecznyymi. Torfy tworzą ciągłą warstwę, której średnia miąższość wynosi około 3 m. Warstwa ta jest podścielona namułami piaszczystymi, szarymi, z niewielką domieszką substancji organicznej [Miotk-Szpiganowicz, 2002]. Ich miąższość waha się od kilku do kilkunastu metrów. Aktualna grubość złoża torfu tylko lokalnie przekracza 3 m i jest to złożo mało zróżnicowane. Składa się ono z masy torfowej złożonej ze szczątków torfowców, trzcin i turzyc.

Rezerwat Beka leży w dnie Meandra Kaszubskiego u ujścia pradoliny Redy do Zatoki Puckiej. Występują tu również takie formy terenu jak: współczesne stożki ujściowe (rzeki Redy i dużo mniejszy Zagórskiej Strugi), dawny stożek ujściowy rzeki Redy wyrównany przez procesy brzegowe, dawne i współczesne wały brzegowe i niewielkie formy wydmowe, fragment półki deluwialnej u podnóża stoków Kępy Puckiej. Na granicy wody i ładu, w ujściu pradoliny, buduje się najmłodsza forma geomorfologiczna jaką jest niski wał brzegowy. W południowym krańcu osiąga około 100 m szerokości, natomiast w części północnej (pomiędzy Kanałem Mrzezińskim a Kanałem Beka) podlega abrazji. Podczas sztormów brzeg jest rozmywany, czego skutkiem jest brak plaż na wielu odcinkach, a brzeg stanowi półka torfowa zanurzona w wodach zatoki. W okolicach ujścia Kanału Bezimiennego brzeg ma tendencję do akumulacji. Wał brzegowy jest tutaj większy i rozbudowuje się w kierunku południowym. Powoduje to zahamowanie odpływu wód z tej części rezerwatu, co skutkuje tworzeniem się zastoisk na tyłach wału. Powierzchnia wału ulega zwydmieniu.

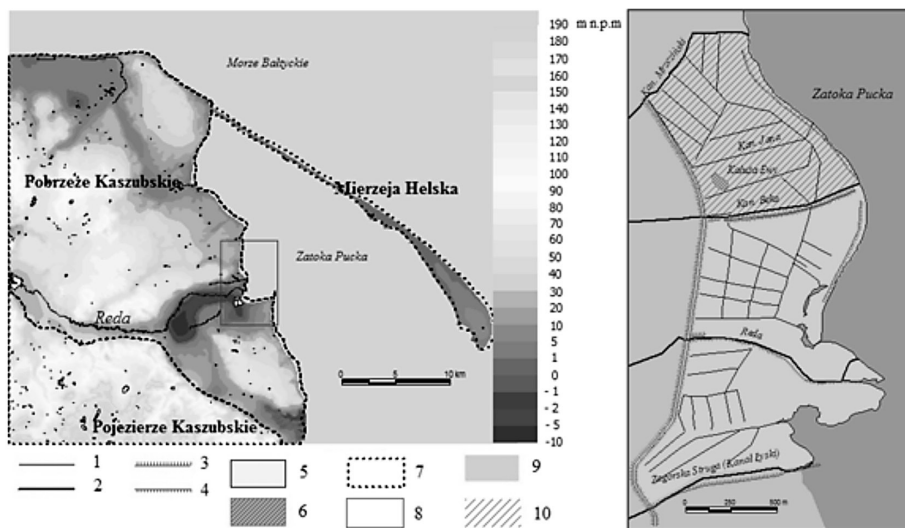
Sąsiedztwo Morza Bałtyckiego sprawia, że w klasyfikacjach klimatologicznych teren ten zaliczany jest do Krainy Pobrzeża Otwartego Morza i Wybrzeża Zatoki Gdańskiej [Kwiecień, Taranowska, 1974]. Zasadniczą cechą klimatu tego obszaru jest duża zmienność stanów pogody w cyklu dobowym i rocznym. Na ocieplający wpływ wód zatoki wskazują obserwacje średnich rocznych temperatur powietrza, które wahają się w granicach 6,5 – 7,5°C. W ciągu roku średnie najniższe temperatury występują w styczniu i lutym (-1,3°C), a najwyższe temperatury są notowane w lipcu i sierpniu (+17°C). Teren rezerwatu charakteryzuje się małą sumą opadów atmosferycznych w ciągu roku [około 600 mm]. Jest to spowodowane położeniem w cieniu opadowym wysoczyzny Pojezierza Kaszubskiego. Najwyższe sumy opadów notowane są w miesiącach letnich, przede wszystkim w czerwcu i lipcu. Najniższe opady występują w półroczu chłodnym, jednak jesienią są one wyższe niż wiosną [Jegliński, 2002].

Istotnym elementem meteorologicznym dla rezerwatu są wiatry, które decydują o częstości napływu wód słonych na teren Beki. W układzie rocznym przeważają tu wiatry z kierunków: południowo-zachodniego, zachodniego i północnego (około 60%). Dominują wiatry umiarkowane. Od listopada do stycznia rejestruje się największe średnie miesięczne prędkości wiatru [5–6 m/s], a od kwietnia do lipca najniższe (3–4 m/s). Ponadto w miesiącach ciepłych występują wiatry bryzowe [Cyberski, Szeffler, 1993].

METODY

Postępowanie badawcze głównie opierało się na badaniach terenowych. W północnej części rezerwatu wyznaczono poligon badawczy, który sięga do Kanału Beka na południu. Jego niewielka powierzchnia (66,8 ha) umożliwiła wykonanie szczegółowych kartowań nawet podczas krótkich zimowych dni (rys. 1).

Wykonano serię zdjęć hydrograficznych na podstawie kartowania hydrograficznego z trzymiesięcznym krokiem czasowym (VI, IX, XII 2011 r.). Podczas kartowania dokonano: identyfikacji i inwentaryzacji obiektów hydrograficznych; pomiar wielkości zastoisk; pomiary podstawowych parametrów fizyczno-chemicznych wód powierzchniowych (tlen rozpuszczony, przewodność właściwa, pH wody) za pomocą



Rys. 1. Położenie obszaru badań: 1 – kanały, 2 – ciek, 3 – wał przeciwpowodziowy, 4 – naturalny wał brzegowy, 5 – zbiorniki wodne, 6 – stałe zastoiska, 7 – granice mezoregionów, 8 – obszar powiększony, 9 – rezerwat Beka, 10 – poligon badawczy

Fig. 1. Location of study area: 1 – channels, 2 – rivers, 3 – flood embankment, 4 – natural coastal barrier, 5 – water reservoirs, 6 – permanently stagnant water reservoirs, 7 – borders of mesoregions, 8 – zoomed area, 9 – the Beka nature reserve, 10 – research ground

terenowego miernika wieloparametrowego; wykonywano również dokumentacja fotograficzną. Podczas grudniowego kartowania posłużono się GPS'em (GARMIN) w celu dokładnego zweryfikowania powstałych zastoisk. Powstałe wówczas zdjęcie hydrograficzne poligonu badawczego pozwoliło na oszacowanie zasięgu badanych obiektów hydrograficznych.

Profile pomiarowe, w których mierzono parametry fizyczno-chemiczne wody, zlokalizowano na większych kanałach rezerwatu, w tym m.in. na Kanale Mrzezińskim, Beka, i Jana oraz na tworzących się zastoiskach. Ponieważ obszar badań jest bardzo dynamiczny pod względem hydrologicznym sieć pomiarowa ulegała ciągłym modyfikacjom na potrzeby zaistniałej sytuacji hydrologicznej.

Każde zdjęcie hydrograficzne archiwizowano w programie GIS (MapInfo 6.5) w postaci warstw wektorowych i dołączonych do nich tabel z dokładnym opisem obiektów. Głównym celem prac kameralnych było uzyskanie informacji o przestrzennym zróżnicowaniu przewodności właściwej wód, która jest pośrednią przesłanką umożliwiającą oszacowanie zasilania rezerwatu wodami z Zatoki Puckiej. W celu prezentacji wyników w postaci mapy dokonano interpolacji danych o przewodności właściwej, za pomocą nakładki do MapInfo -Vertical Mapper. Zastosowano metodę naturalnego sąsiedztwa (*Natural Neighbor*). Metoda ta jako jedna z wielu metod interpolacji daje dobre rezultaty przy nierównomiernym rozmieszczeniu profili pomiarowych [Urbański, 2008].

WYNIKI

Zaobserwowana powierzchnia zastoisk w 2011 r. wynosiła 5,31 ha natomiast 2,66 ha w 2003 r., co stanowi odpowiednio 8%, i 4% powierzchni poligonu badawczego. W obydwu przypadkach zastoiska utworzyły się w bezpośrednim sąsiedztwie głównych kanałów rezerwatu oraz tuż za wałem brzegowym (rys. 2). W 2003 roku największe zastoisko utworzyło się wzdłuż kanału Beka. Rozlało się ono również na pastwisko znajdujące się na południe od Kanału. W 2011 roku na tym samym pastwisku obserwowano duże zastoisko, jednakże woda w samym Kanale mieściła się w jego korycie. Stałym elementem wydaje się być „Kałuża Ewy” znajdująca się w centralno-zachodniej części poligonu badawczego.

Zarówno w czerwcu jak i w grudniu 2011 r. maksymalne wartości przewodności sięgały blisko 10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Najniższe wartości notowano w kanale Mrzezińskim, a najwyższe w kanale Beka. Wartości poniżej 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ zarejestrowane w północnej części poligonu badawczego, informują o roli tranzytowej jaką pełni dany obiekt.

Generalnie wartości przewodności właściwej wzrastają od północy ku centralnej części rezerwatu (rys. 3). Natomiast obserwowaną tendencją w grudniowym rozkładzie wartości wskaźnika zmineralizowania wody jest wzrost w miarę zbliżania się do linii brzegowej Zatoki Puckiej.

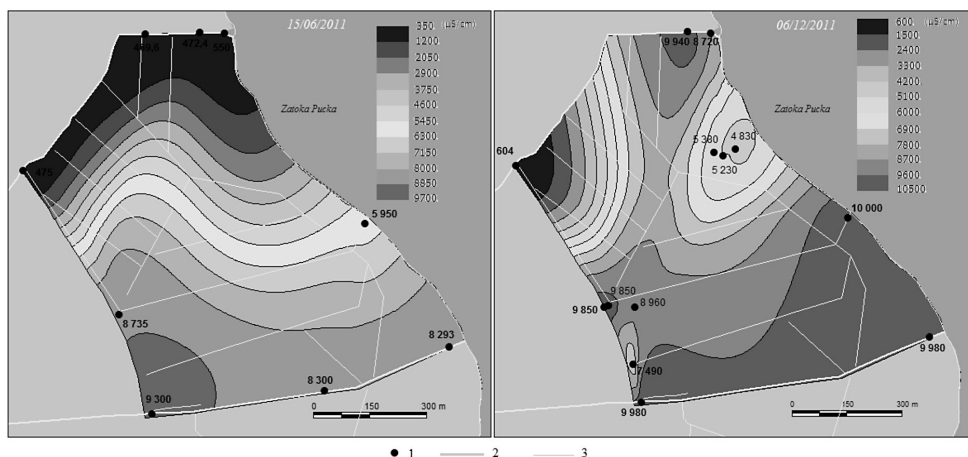


Rys. 2. Rozkład przestrzenny zastoisk. A – 6.12.2011r.; B – 12.12.2003 r. [Hrynyszak, 2007]: 1 – kanały, 2 – ciek, 3 – zastoiska, 4 – poligon badawczy; 5 – rezerwat Beka

Fig. 2. Spatial distribution of stagnant water reservoirs. A – 6.12.2011; B – 12.12.2003 [Hrynyszak, 2007]: 1 – channels, 2 – rivers, 3 – stagnant water reservoirs, 4 – area of study, 5 – the Beka nature reserve

Kolejną cechą obserwowaną w uzyskanych wynikach, była tendencja niższych wartości przewodności właściwej w odcinkach ujściowych cieków czy kanałów w stosunku do wartości obserwowanych w odcinkach oddalonych od linii brzegowej. Przykładem takiego układu przestrzennego może być sytuacja zaobserwowana w czerwcu 2011 r. na Kanale Beka, co należy wiązać z pozostałością wody z poprzedniej intruzji morskiej. Należy dodać, iż zarówno Kanał Beka jaki i Kanał Jana nie posiadały wówczas bezpośredniego połączenia z wodami Zatoki Puckiej (woda w tych obiektach stagnowała, a ujścia były zasypane naturalnie powstającym wałem brzegowym). Z kolei analiza grudniowa wykazuje podobne tendencje w przypadku Kanału Mrzezińskiego, jednak w tym przypadku kanał ten posiadał połączenie z Zatoką Pucką, wręcz dochodziło tam do szerokiej wymiany i dużego mieszania się wód.

Porównując sekwencje map uzyskanych z analizowanych wyników do wcześniejszych badań prowadzonych na danym obszarze przez Katedrę Hydrologii UG należy stwierdzić iż sytuacja czerwcową (2011) niejako obrazuje wartości średnie uzyskanych wyników (tab. 1).



Rys. 3. Przestrzenny rozkład przewodności właściwej w wodach powierzchniowych rezerwatu Beka w czerwcu i grudniu 2011 r.: 1 – profil pomiarowy, 2 – ciek, 3 – kanały
Fig. 3. Spatial distribution of proper conductivity in the water surface of the Beka nature reserve in June and December 2011: 1 – monitoring point, 2 – rivers, 3 – channels

Tabela 1. Wielkość przewodności właściwej ($\mu\text{S}/\text{cm}$) w wodach rezerwatu Beka (Źródło: Sprawozdanie końcowe..., 2004, zmienione)

Table 1. Proper conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$) in the water surface of the Beka nature reserve (Source: Sprawozdanie końcowe..., 2004, zmienione)

Nazwa obiektu	Min.	Max.	Średnia
Kanał Mrzeziński	448	633	574
Kanał Jana	1183	11530	5618
Kanał Beka	1228	10890	6531

PODSUMOWANIE

Rozróżnia się trzy drogi wypełniania nierówności terenu wodą. Pierwsza to wlewy wody morskiej z Zatoki Puckiej, przy przekroczonym stanie alarmowym, z reguły z przyczyn meteorologicznych [Hryniszak, 2007]. Taka sytuacja miała miejsce w zarówno w grudniu 2011 i 2003 roku. Jest to typowy okres sztormowy dla regionów polski północnej. Ponieważ najwyższe średnie miesięczne stany wody notowane w Pucku występują we wrześniu i grudniu. [Sztobryn, Stepko, 2007] Woda o podwyższonym zasoleniu stagnuje w obiektach nie mających bezpośredniego połączenia z Zatoką Pucką i z czasem wtłaczana jest w kierunku zachodniej granicy Rezerwatu. Może to być przyczyną obserwowania okresowo wyższych wartości przewodności wraz z oddalaniem się od linii brzegowej, zarówno w kanałach jak i zastoiskach. W ciekach uchodzących do Zatoki woda wciskana jest w ujściowy fragment,

jednakże nurt nie pozwala na jej przedostawanie się w głąb lądu (Kanał Mrzeziński). Drugą drogą zasilania zastoisk jest woda z topniejącego śniegu, a trzecią przyczyną są opady deszczu. Nie wykluczone jest również zasilanie podziemne, zachodzące w wyniku podnoszenia się zwierciadła płytkich wód podziemnych podczas wysokich stanów w Zatoce Puckiej [Hrynyszak, 2007], jak i napływ słodkich wód podziemnych drenowanych przez pradolinę. Taką sytuację można było zaobserwować w czerwcu 2011 roku. Niska przewodność w Kanale Mrzezińskim i zastoiskach w północnej części Rezerwatu Beka może być spowodowana napływem wód słodkich z Kępy Puckiej.

Reasumując, należy stwierdzić, że słonawe podmokłości rezerwatu Beka znajdujące się w strefie kontaktu morza i lądu stanowią niezwykle interesujący i specyficzny system hydrograficzny, których cechy są zdecydowanie odmienne od obserwowanych w innych rejonach Polski. Okresowe intruzje Morza Bałtyckiego wpływają na obieg wody oraz cechy fizyczno-chemiczne wód słonych podmokłości polskiego wybrzeża południowego Bałtyku. Flora i fauna tych obszarów istnieje dzięki charakterystycznym cechom stosunków wodnych.

LITERATURA

- Błaszowska B., Gerstmannowa E., Narwojsz A. 1996. Środowisko fizyczno-geograficzne. [W:] Z. Lenartowicz (red.), Monografia rezerwatu przyrody Beka. Materiały do monografii przyrodniczej regionu gdańskiego. Wyd. Gdańskie, Gdańsk: 88–99.
- Cyberski J., Szeffler K. 1993. Klimat Zatoki i jej zlewiska. [W:] K. Korzeniewski (red.) Zatoka Pucka Instytut Oceanografii UG, Gdańsk: 14–39.
- Drwal J., Lange W. 1985. Niektóre limnologiczne odrębności oczek. Zeszyty Naukowe Biologii, Geografii i Oceanologii UG. Geografia, nr 14, Gdańsk.
- Hrynyszak E. 2007. Rozlewiska i zastoiska. [W:] Fac-Beneda J., Ciesliński R (red.) Wody słonawych podmokłości delty Redy i Zagórskiej Strugi. GTN, FRUG: 87–92.
- Jankowska H., Łęczyński L. 1993a. Charakterystyka brzegów zatoki na tle budowy geologicznej. [W:] K. Korzeniewski (red.) Zatoka Pucka Instytut Oceanologii UG, Gdańsk: 303–308.
- Jankowska H., Łęczyński L. 1993b. Morfologia dna. [W:] K. Korzeniewski [red.] Instytut Oceanologii UG, Gdańsk: 316–319.
- Jegliński W. 2002. Budowa geologiczna i rozwój delty Redy w późnym holocenie, praca magisterska. UG, Gdańsk (maszynopis).
- Kondracki J. 2000. Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa: 61–63.
- Kwiecień K., Taranowska S. 1974. Warunki klimatyczne. [W:] J. Moniak (red.) Studium geograficzno - przyrodnicze i ekonomiczne woj. gdańskiego. GTN, Gdańsk.
- Lenartowicz Z., Błaszowska B. 1996. Informacje wprowadzające. [W:] Z. Lenartowicz (red.) Monografia rezerwatu przyrody Beka. Materiały do monografii przyrodniczej regionu gdańskiego. Wyd. Gdańskie, Gdańsk: 83–87.
- Miotk-Szpiganowicz G. 2002. Zarys historii roślinności okolic Pucka w oparciu o wyniki badań palingeograficznych, Materiały z sesji naukowej: Gmina Puck. Z prądziejów regionu nadmorskiego. Rzucewo, 22.10.2002.
- Pociask-Karteczka J. (red.) 2006. Zlewnia właściwości i procesy. Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków: 241–245.

- Sprawozdanie końcowe z projektu badań nt. „Wpływ sąsiedztwa Zatoki Puckiej na stosunki wodne rezerwatu Beka”. 2004. Maszynopis w Katedrze Hydrologii UG i w Ogólnopolskim Towarzystwie Ochrony Ptaków, s. 94.
- Sztobryn M., Stepko W. 2007. Wahania poziomu morza w Zatoce Puckiej. [W:] Fac-Beneda J., Ciesliński R (red.) Wody słonawych podmokłości delty Redy i Zagórskiej Strugi. GTN, FRUG: 77–87.
- Urbański J. 2008. GIS w badaniach przyrodniczych. Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk: 136–140.
- Witkowski A., Witak M. 1993. Budowa geologiczna dna zatoki. [W:] K. Korzeniewski (red.), Zatoka Pucka, Instytut Oceanologii UG, Gdańsk: 309–315.
- Woźniak E. 2009. Rola obszaru endoreicznego Linia w bilansowaniu opadu atmosferycznego. Rozprawa doktorska napisana w Katedrze Hydrologii UG. Promotor Drwal J., maszynopis w Katedrze Hydrologii UG.

TEMPORAL CHANGES IN THE HYDROGRAPHIC SITUATION IN SALT MARSHES OF THE BEKA NATURE RESERVE

Summary. The salty marshes of the Beka reserve situated within the zone of contact between the sea and land form an extremely interesting and unique hydrographic system whose features definitely differ from those observed in other regions of Poland. In the article attempted to determine the hydrological factors which condition the formation of this type of areas. Compared surface and the spatial distribution in stagnant water reservoirs in 2011, to the situation in 2003.

It was found that the value of water proper conductivity from field mapping of the June (2011) somehow reflect the average values of results from studies previously carried out in this area. The obtained results were used to prepare a sequence of maps with the spatial distribution of water proper conductivity.

Key words: salt marshes, the Beka nature reserve, stagnant water reservoirs, water proper conductivity.