

Mirosław Tomasz Karasiewicz, Marcin Sobiech, Piotr Hulisz, Marcin Świtoniak

ZASTOSOWANIE GIS W BADANIACH PALEOGEOGRAFICZNYCH W REZERWACIE RETNO (BRODNICKI PARK KRAJOBRAZOWY)

Wstęp

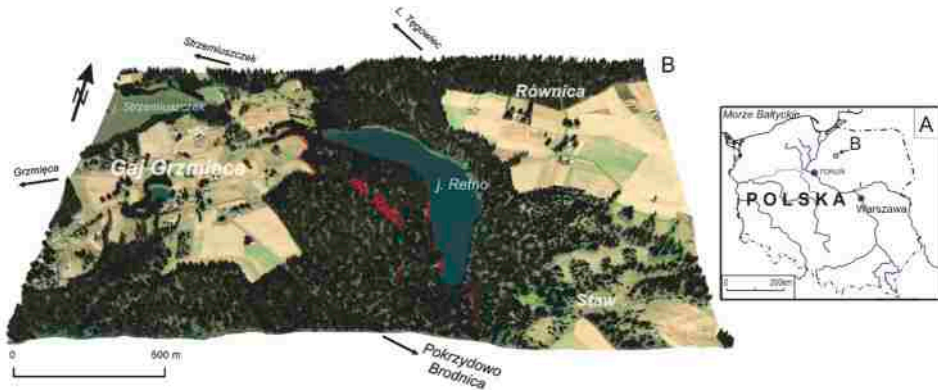
W analizach środowiska przyrodniczego często pojawia się pytanie czy możliwe jest jednoznaczne odróżnienie zmian pochodzenia naturalnego od tych związanych z działalnością człowieka. Jakie są mechanizmy, przyczyny i możliwe skutki tych zmian? Czy można oszacować ich tempo? W badaniach paleogeograficznych podejmowanych w kraju i zagranicą ciągle poszukuje się idealnego narzędzia do rozwiązania tych problemów. Pomimo złożoności geosystemu przyrodniczego istnieją metody badawcze pozwalające na określenie zarówno ilościowych, jak i jakościowych przemian środowiska w odległych i bliższych okresach czasu geologicznego. Idealnym obiektem badań do tego typu rozważań są bezodpływowe zagłębienia sedymentacyjne, które w krajobrazie młodogłacialnym są bardzo powszechnym elementem. Odgrywają one szczególną rolę w środowisku jako specyficzne „pułapki” materii i energii (Borówka, 1992; Frielinghaus i Vahrson, 1998; Ralska-Jasiewiczowa i in., 1998; Bindler, 2006; Magny i in., 2006; Latocha, 2012).

Jedno z takich zagłębień znajduje się w rezerwacie Retno, na Pojezierzu Brodnickim. Na tym obszarze przeprowadzono wiele szczegółowych badań, których celem była rekonstrukcja zmian warunków środowiskowych zachodzących w późnym glacie oraz holocenie (Karasiewicz i in., 2012; Karasiewicz i in., 2013). Ważnym aspektem przeprowadzonych badań była analiza przestrzenna zmian wybranych parametrów środowiska przyrodniczego z zastosowaniem GIS. Uzyskane rezultaty zostały omówione w niniejszej pracy.

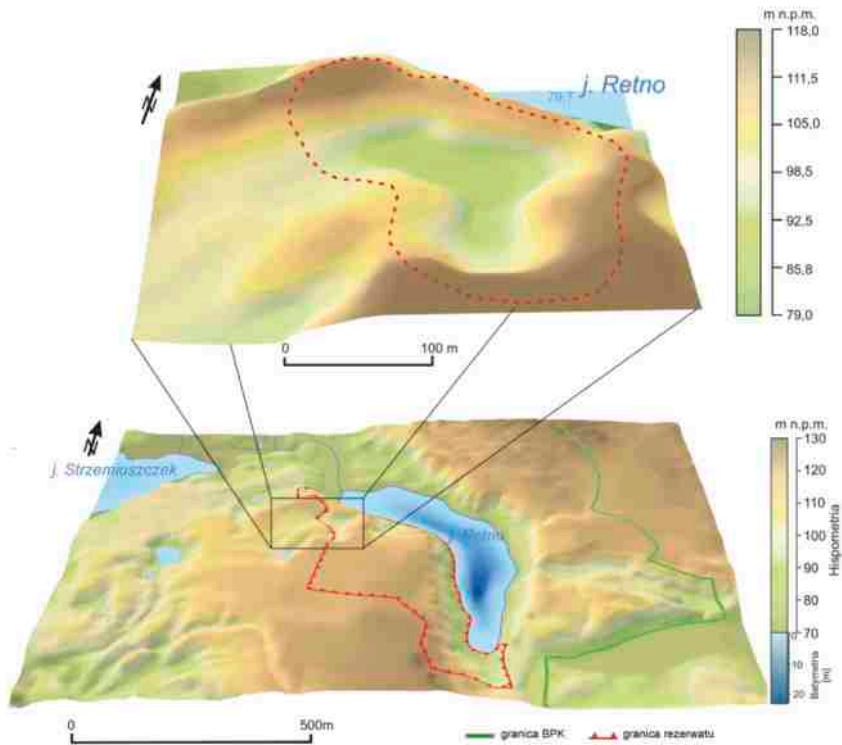
Obiekt badań i metody

Rezerwat Retno znajduje się we środkowo-wschodniej części Brodnickiego Parku Krajobrazowego (gmina Zbiczno, powiat brodnicki). Jest to rezerwat leśny, częściowy, o powierzchni zaledwie 33,6 ha, Od wschodu graniczy jeziorem Retno (pow. 24,1 ha) od którego rezerwat przyjął nazwę. Utworzono go w 1991 roku w celu ochrony kompleksu lasów liściastych porastających wyjątkowo strome i wysokie na 40 zbocza rynny jeziora Retno (Ryc. 1).

Badania przeprowadzono w zagłębieniu bezodpływowym, którego znaczna część znajduje się w obrębie rezerwatu Retno (na południowy zachód od rynny jeziora Retno i na wschód od miejscowości Gaj; N 53°20'40.2", E 19°27'13.4") – rycina 2. Dno tego zagłębienia, otoczone wysokimi i stromymi zboczami, zostało wypełnione osadami organicznymi. Duże nachylenia zboczy (miejscami przekraczające nawet 20°) i częściowe



Ryc. 1. Położenie rezerwatu Retno.



Ryc. 2. Ukształtowanie powierzchni w rezerwacie Retno, bliskim otoczeniu i w badanym zagłębieniu (zlewnia bezpośrednia badanego zagłębienia została obwiedziona czerwoną przerywaną linią).

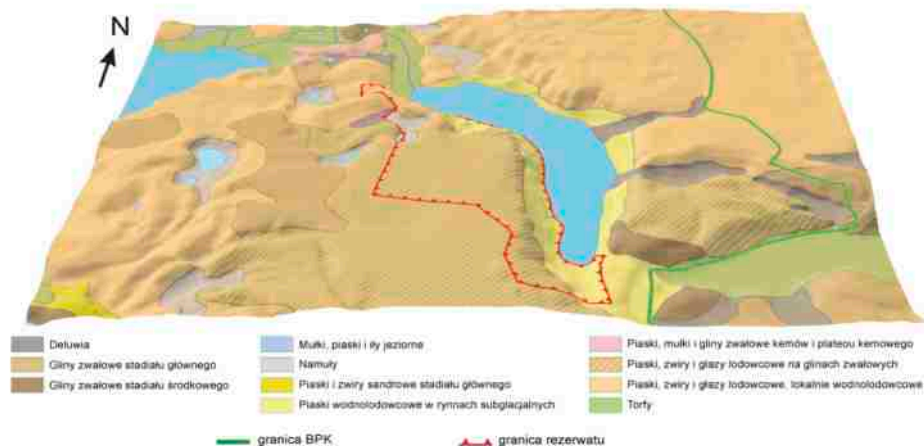
odlesienie zlewni wpływają na intensyfikację procesów stokowych. Obecnie zlewnia topograficzna zagłębienia jest użytkowana jako las, odłóg i pole orne.

Do analiz pobrano rdzeń osadów biogenicznych o nienaruszonej strukturze (profil Retno) za pomocą sondy Więckowskiego. W próbkach tych osadów wykonano analizy: palinologiczną, makroszcątków roślinnych oraz geochemiczne. Ponadto w obrębie

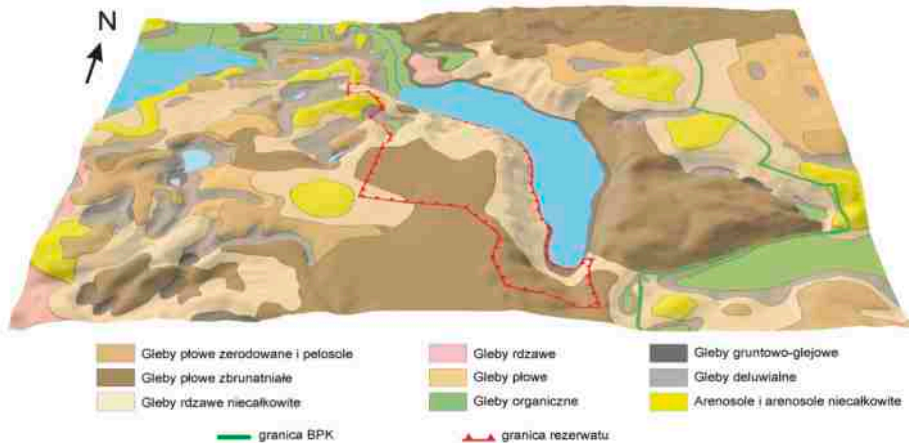
zagłębienia oraz jego zlewni bezpośredniej prowadzono także badania fitosocjologiczne, gleboznawcze i geomorfologiczne. Szczegółowy opis metod znajduje się w pracy Karasiewicza i in. (2012).

Litologia i stratygrafia osadów

Dno zagłębienia w rezerwacie Retno wypełniały torfy, mursze oraz osady stokowe (Karasiewicz i in., 2012). Spąg profilu stanowiła sekwencja osadów jeziornych o miąższości 1,59 m, tj.: piaski, gytie ilaste, gytie drobnodetrytusowe. Nad nimi zalegały osady jeziorno-bagienne (gytia grubodetrytusowa) o miąższości 1,03 m. Powyżej głębokości 4,10 m zmieniał się wyraźnie charakter sedimentacji i do powierzchni występowały osady bagienne (torfy torfowisk przejściowych i wysokich). Z punktu



Ryc. 3. Powierzchniowa budowa geologiczna rezerwatu Retno i bliskiego otoczenia na podstawie SmgP w skali 1:50 000, arkusz Skarlin (Lichwa, Wełniak, 2003) i kartowania własnego.



Ryc. 4. Pokrywa glebowa rezerwatu Retno i bliskiego otoczenia (Świtoniak i in., 2012, zmienione).

widzenia genezy badanego zagłębienia szczególnie interesujące wydaje się występowanie na głębokości pomiędzy 1,56–1,54 m poniżej terenu cienkiej warstewki jasnoszarego iltu w obrębie osadów torfowych. Strop profilu stanowiły torfy torfowiska przejściowego (0,40–0,10 m p.p.t.), a warstwę powierzchniową (0,10–0,00 m p.p.t.) – mursz, powstały w wyniku rozkładu torfu.

Zbocza zagłębienia zbudowane były głównie z osadów piaszczystych, piaszczysto gliniastych i deluwialnych (Ryc. 3).

Na osadach polodowcowych i holocenijskich w rezerwacie Retno i jego otoczeniu wykształciły się różne gleby, których rozmieszczenie przestrzenne charakteryzowała struktura mozaikowata (Ryc. 4). Było to odzwierciedleniem różnego stopnia przekształceń rzeźby terenu związanych z procesami stokowymi. W części rolniczej zlewni bezpośredniej zagłębienia w wyniku procesów denudacji doszło niemal do całkowitego zerodowania pierwotnych gleb w górnych częściach stoków i akumulacji deluwii u ich podnóża. W części zlewni porośniętej przez las zaobserwowano natomiast bardzo niewielki wpływ procesów stokowych na pokrywę glebową. Potwierdza to antropogeniczny charakter procesów denudacyjnych, wywołanych rolniczą działalnością człowieka (Świtoniak i in., 2012).

Stratygrafię osadów określono na podstawie datowań radiowęglowych oraz wyników analizy palinologicznej (Noryśkiewicz, 2012; Karasiewicz i in., 2013). Zgodnie z wynikami datowań, sedymentacja osadów organicznych w dnie badanego zagłębienia rozpoczęła się w czasie późnego glacjału, na przełomie bölingu i starszego dryasu (12 040±260 BP; GdS-1062). Wiek osadów starszych (poniżej głębokości 6,25 m p.p.t.) był niemożliwy do określenia ze względu na ich niewielką zasobność w materię organiczną oraz brak pyłku roślin. Akumulacja typowych osadów jeziornych trwała natomiast do końca preboreału (8 490±30 BP; GdA-2108). Pozostałe datowania obejmowały już okres holocenu.

Uzyskane daty były skorelowane z wynikami analizy palinologicznej (Noryśkiewicz, 2012), która pozwoliła na wyróżnienie 9 lokalnych poziomów pyłkowych (LPAZ), nawiązujących do rozwoju roślinności w Polsce północno-środkowej (Noryśkiewicz, 1987; Ralska-Jasiewiczowa, 1998). Historię roślinności lokalnej uzupełniono także wynikami badań makroszczątków (Krześlak, Stachowicz-Rybka, 2012), wyróżniono 11 lokalnych poziomów roślinnych (LMAZ).

Zastosowanie GIS w badaniach zmian środowiska przyrodniczego w rezerwacie Retno

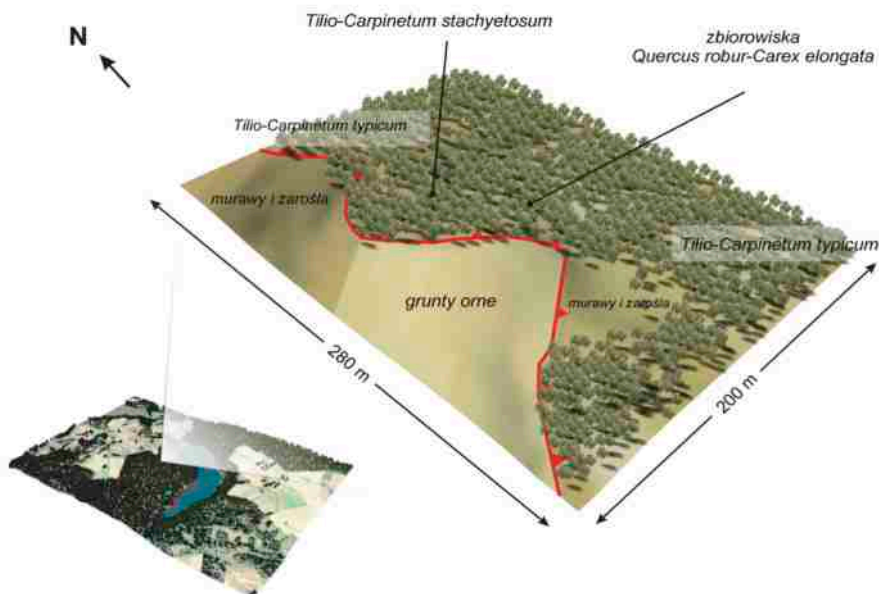
Systemy Informacji Geograficznej (GIS) są od kilkunastu lat wydajnym narzędziem wspomagającym badania przyrodnicze, w tym aktywność geomorfologów (m in. Reinfelds i in., 2004; Finalayson i Montgomery, 2003; Federini, Spagnolo, 2004; Sobiech, 2012). Szerokie możliwości wprowadzania, magazynowania, przetwarzania i analizowania oraz wizualizacji danych spowodowały, że GIS są jednym z głównych narzędzi do zarządzania projektami naukowymi. Użytkownicy, którzy zetknęli się z tą stosunkowo

nową technologią podkreślają jej przewagę nad tradycyjnymi metodami realizacji badań. Do niewątpliwych zalet GIS należy łatwość rozbudowy stworzonego systemu oraz możliwość prowadzenia szybkich analiz przestrzennych w celu rozwiązania postawionych problemów badawczych (Iwaniak, 2003).

Wdrożenie GIS w ramach badań nad historią zagłębienia bezodpływowego w rezerwacie Retno na Pojezierzu Brodnickim stało się niezbędne ze względu na zakres prowadzonych działań, a w szczególności na interdyscyplinarny charakter całego przedsięwzięcia. W celu wspólnej analizy bardzo dużej liczby danych pochodzących z różnych źródeł, tj. pomiarów terenowych, prac kameralnych i laboratoryjnych konieczne było znalezienie wydajnego narzędzia umożliwiającego kompleksową analizę przestrzenną. W ciągu całego okresu prowadzenia badań, systemy informacji geograficznej w istotny sposób towarzyszyły badaniom stając się łącznikiem i wspólną platformą wymiany informacji między członkami zespołu. Budowa systemu zarządzania projektem badawczym przebiegała w kilku etapach, które w pewnych odcinkach czasowych przebiegały równoległe.

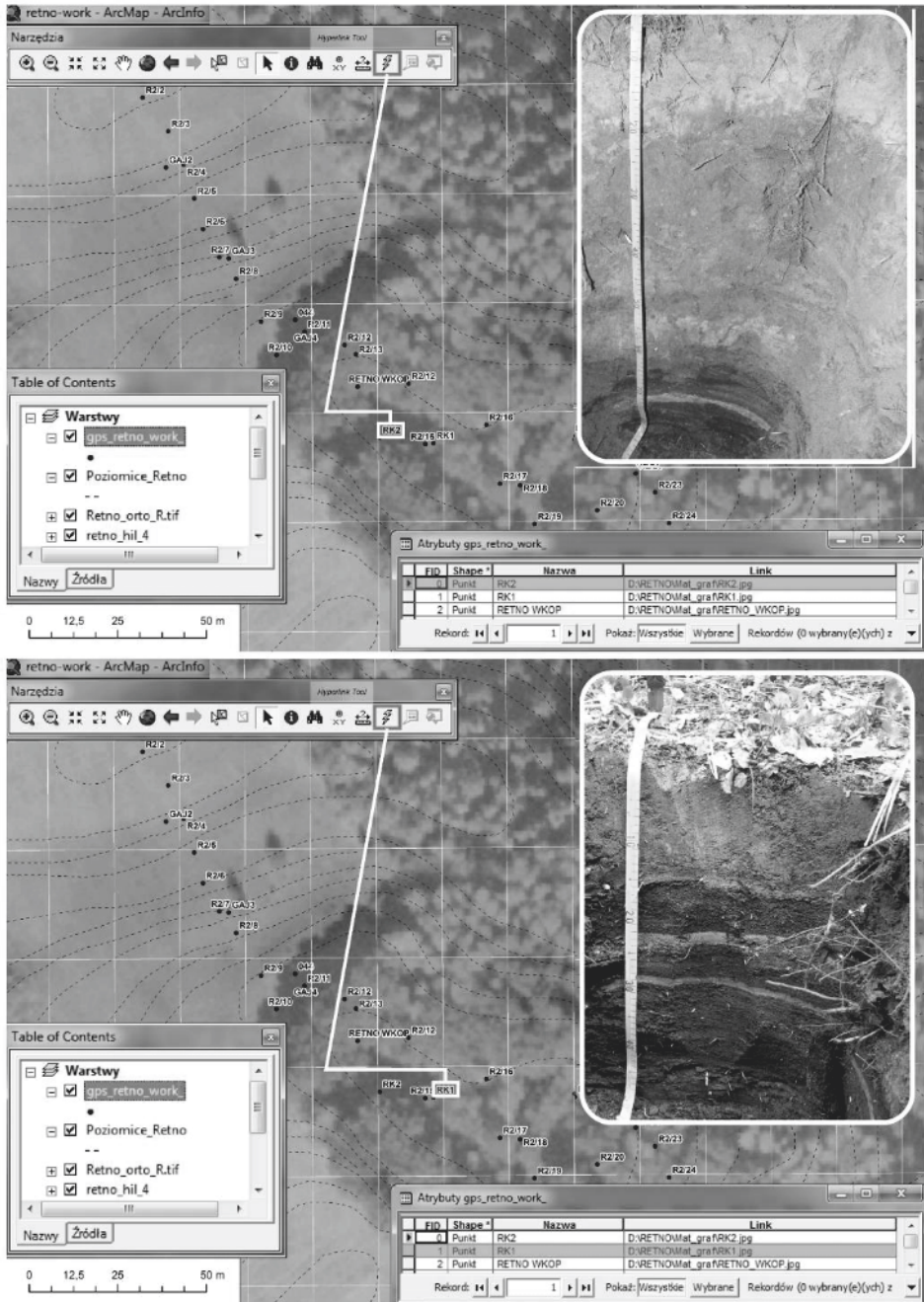
Etap I – budowa georeferencyjnej bazy danych obszaru badań

W pierwszym etapie dokonano selekcji danych pochodzących głównie ze źródeł archiwalnych. Dane te zostały następnie wprowadzone do systemu AcrGIS. W ten sposób powstała jednorodna baza danych o środowisku naturalnym analizowanego obszaru. Zestawiono ze sobą materiały kartograficzne i teledetekcyjne, na bazie których stworzono warstwy informacyjne obejmujące Numeryczny Model Terenu (NMT), budowę geologiczną, rys geomorfologiczny, pokrywę glebową, hydrografię oraz współczesną



Ryc. 5. Zbiorowiska roślinności rzeczywistej w obrębie badanej formy terenu (Załuski, 2012; zmodyfikowane).

ZASTOSOWANIE GIS W BADANIACH PALEOGEOGRAFICZNYCH
W REZERWACIE RETNO (BRODNICKI PARK KRAJOBRAZOWY)



Ryc. 6. Praca z bazą punktów terenowych połączoną z interaktywną bazą danych.

i pierwotną szatę roślinną tego obszaru. Stworzona baza stała się punktem odniesienia do dalszych badań terenowych.

Etap II – wstępna analiza poszczególnych elementów środowiska

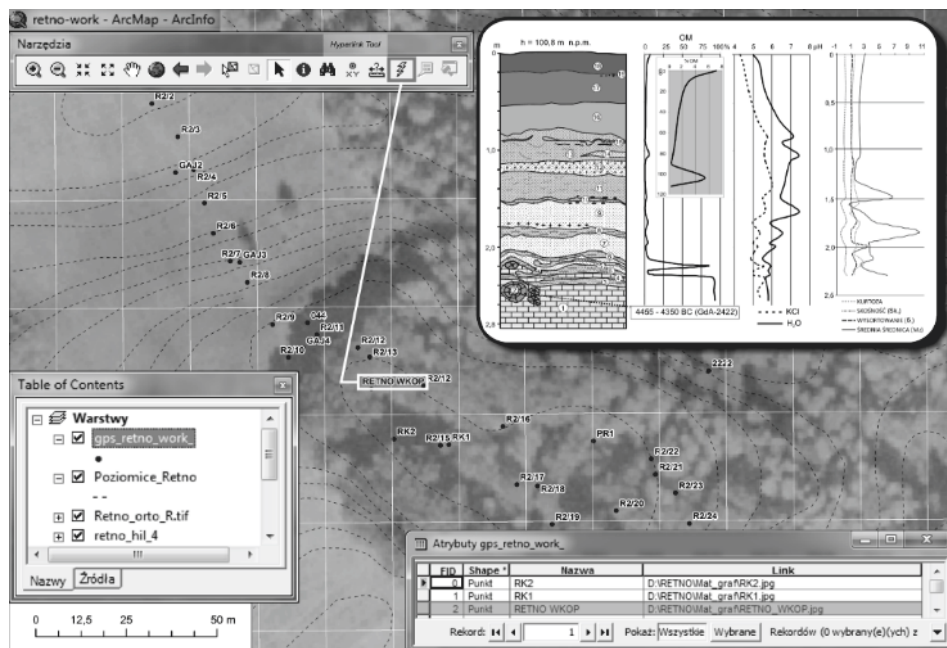
Analiza przestrzenna danych, m.in. w wyniku wzajemnego nakładania warstw, drapowania na obraz NMT, umożliwiła prześledzenie i poznanie zależności między poszczególnymi elementami środowiska przyrodniczego. Efektem takich prac może być np. mapa zbiorowisk roślinności rzeczywistej wykonana na podstawie badań Załuskiego (2012) – rycina 5.

Etap III – wprowadzenie danych pochodzących z badań terenowych

Wyniki prac terenowych wraz z dokumentacją fotograficzną były na bieżąco wprowadzane do systemu, umożliwiając śledzenie wykonanych już prac i wprowadzanie ewentualnych korekt do planu badań terenowych. Pomiarzy położenia punktów pomiarowych, tj. wkopów i sond ręcznych wykonywano z wykorzystaniem pozycjonowania GPS. Uzyskane lokalizacje wprowadzono do oprogramowania ArcGIS tworząc warstwę tematyczną z lokalizacją punktów pomiarowych. Dla opracowywanych punktów stworzono interaktywną bazę danych wykorzystując możliwości oprogramowania GIS (Hyperlink Tool; Ryc. 6).

Etap IV – analiza danych terenowych/wprowadzanie wyników badań laboratoryjnych

Wyniki badań laboratoryjnych próbek pochodzących z wkopów i rdzeni osadów zostały wprowadzone do systemu i powiązane z innymi elementami bazy danych. Przykład takiego zestawienia przedstawiono na rycinie 7.



Ryc. 7. Zestawienie wyników badań wkopu w dniu obniżenia bezodpływowego włączone do interaktywnej, zbiorczej bazy danych.

**ZASTOSOWANIE GIS W BADANIACH PALEOGEOGRAFICZNYCH
W REZERWACIE RETNO (BRODNICKI PARK KRAJOBRAZOWY)**

Etap V – kompleksowa analiza danych/prezentacja i wizualizacja wyników

Końcowy etap obejmował analizę wszystkich zgromadzonych danych, ich interpretację i zaproponowanie scenariusza rozwoju badanego obniżenia. Podjęto próbę odtworzenia lokalnych warunków środowiskowych od około 13 ka BP do czasów współczesnych. Wyróżniono 6 zasadniczych faz rozwojowych badanego zagłębienia, których charakterystyka znajduje się w Tabeli 1 (Karasiewicz i in., 2013).

Tab. 1. Paleogeograficzna rekonstrukcja warunków hydroklimatycznych w zagłębieniu w rezerwacie Retno (za Karasiewicz i in., 2013, zmodyfikowane).

Chronozon	Fazy rozwoju	Litologia	Głębokość [m p.p.t.]	Wiek ¹⁴ C BP (kaBP)	LPZA	LMAZ	Obserwacje geochemiczne	Warunki hydroklimatyczne
SUBTANTYK	niezależenie torfów	mułki	0,00-0,10	8,1909±0,12 8,1910±0,01	Beleto- Druus-NAP	<i>Lycopodium europaeum</i> Juncus sp. Zrzca okrasa	odczynn kwaśny, wysoka zawartość Corg, bardzo wysoka zawartość SiO ₂ , Fe>Mn, Ca>Mg, Na<K	osuszenie torfowiska w wyniku antropopresji, zmiany właściwości osadów
	torf torfowiska przejściowego, zamulony		0,10-0,40	8,1922±0,05		pojedyncze szczątki roślinne	odczynn kwasny, wysoka zawartość Corg, średnio wysoka zawartość SiO ₂ , Fe>Mn, Ca>Mg, Na<K	klimat bardziej wilgotny i chłodny, formacja przejściowa torfowiska, zamulenie, niestabilne warunki hydroklimatyczne
SB/SA	torfowisko I	torf torfowiska przejściowego	0,40-1,54	8,1922±0,05	Corpus	<i>Eriophorum vaginatum</i>	odczynn silnie kwaśny, bardzo wysoka zawartość Corg, zmniejszona zawartość SiO ₂ (od bardzo niskiej do wysokiej), Fe>Mn, Ca>Mg, Na<K	
	akumulacja pyłkowatna	P	1,54-1,86	1,3403±0,09 1,3033±0,05		<i>Eriophorum vaginatum</i> <i>Andromeda polifolia</i> <i>Scheuchzeria palustris</i>	odczynn kwaśny, niska zawartość Corg, bardzo wysoka zawartość SiO ₂ , Fe>Mn, Ca>Mg, Na<K	mało i krótkoczasowo podnoszenie się poziomu wody
	torfowisko I	torf torfowiska wysokiego	1,86-3,25	2,0471±0,22	Corpus- Oeruss- Tite	<i>Eriophorum vaginatum</i> <i>Scheuchzeria palustris</i> <i>Andromeda polifolia</i>	odczynn kwaśny, bardzo wysoka zawartość Corg, zmniejszona zawartość SiO ₂ (od bardzo niskiej do wysokiej), K>Mn, Ca>Mg, Na<K	klimat bardziej wilgotny i chłodny, funkcjonowanie torfowiska wysokiego, niestabilne warunki hydroklimatyczne
SUBBOREAL	torfowisko I	torf torfowiska przejściowego	3,25-4,10	5,1551±0,25		pojedyncze szczątki roślinne	odczynn kwaśny, bardzo wysoka zawartość Corg, zmniejszona zawartość SiO ₂ (od bardzo niskiej do wysokiej), K>Mn, Ca>Mg, Na<K	
	torfowisko I	torf torfowiska przejściowego	4,10-4,80	4,3073±0,15	Alnus- Ulmus- Quercus	<i>Oxyccoccus palustris</i> <i>Juncus</i> sect. <i>Albac</i>	odczynn kwaśny, bardzo wysoka zawartość Corg, bardzo niska zawartość SiO ₂ , Fe>Mn, Ca>Mg, Na<K	klimat ciepłszy, funkcjonowanie torfowiska przejściowego, przesuszenie powierzchni torfowiska w kierunku ogrodnictwa, wysoka transpiracja
ATLANTYK	torfowisko I	torf torfowiska przejściowego	4,80-5,13	4,5874±0,10		<i>Carex diandra</i>	odczynn kwaśny, bardzo wysoka zawartość Corg, bardzo niska zawartość SiO ₂ , Fe>Mn, Ca>Mg, Na<K	ocieplenie klimatu, końcowy etap zarostu a pastka, niestabilne warunki hydroklimatyczne, zaczętek powstawania torfowiska
	torfowisko I	torf torfowiska przejściowego	5,13-5,22	4,5874±0,10		<i>Betula</i>	odczynn kwaśny, bardzo wysoka zawartość Corg, niska zawartość SiO ₂ , Fe>Mn, Ca>Mg, Na<K	klimat chłodny, niskie transpiracja, pyłki, male, zarosnięte jezoro (eutroficzne)
BOREAL	torfowisko I	torf torfowiska przejściowego	5,22-6,00	4,5874±0,10	Corpus- Ulmus- Quercus	<i>Betula</i> sect. <i>Albac</i> <i>Picea sylvestris</i> <i>Larix laricina</i>	odczynn kwaśny, bardzo wysoka zawartość Corg, niska zawartość SiO ₂ , Fe>Mn, Ca>Mg, Na<K	mało ocieplenie klimatu, wzrost transpiracji, wypicie zbiornika, okresowy zanik wody
	torfowisko I	torf torfowiska przejściowego	6,00-6,25	4,2210±0,13	Beleto	<i>Polanoglossum</i> sp. <i>Carex</i> sp.	odczynn silnie kwaśny, niska zawartość Corg (bardzo wysoka zawartość SiO ₂), Fe>>>Mn, Ca>Mg, Na<K	klimat chłodny, rozwój strefy szuwarowej, powolne wypicie zbiornika
PREBOREAL	torfowisko I	torf torfowiska przejściowego	6,25-6,00	4,2210±0,13	Beleto	<i>Polanoglossum</i> sp. <i>Carex</i> sp.	odczynn silnie kwaśny, niska zawartość Corg (bardzo wysoka zawartość SiO ₂), Fe>>>Mn, Ca>Mg, Na<K	klimat chłodny, rozwój strefy szuwarowej, powolne wypicie zbiornika
MŁODSZY DRYAS	torfowisko I	torf torfowiska przejściowego	6,00-6,25	4,2210±0,13	Juncus- Saxi- Andromeda	<i>Polanoglossum</i> sp. <i>Carex</i> sp.	odczynn silnie kwaśny, niska zawartość Corg (bardzo wysoka zawartość SiO ₂), Fe>>>Mn, Ca>Mg, Na<K	klimat chłodny, rozwój strefy szuwarowej, powolne wypicie zbiornika
ALLERÖD	torfowisko I	torf torfowiska przejściowego	6,25-6,00	4,2210±0,13	Pinus- Betula	<i>Polanoglossum</i> sp. <i>Carex</i> sp.	odczynn silnie kwaśny, niska zawartość Corg (bardzo wysoka zawartość SiO ₂), Fe>>>Mn, Ca>Mg, Na<K	ocieplenie klimatu, wzrost trofii zbiornika, wzrost poziomu wody
	torfowisko I	torf torfowiska przejściowego	6,00-6,25	4,2210±0,13	Pinus- Betula	<i>Polanoglossum</i> sp. <i>Carex</i> sp.	odczynn silnie kwaśny, niska zawartość Corg (bardzo wysoka zawartość SiO ₂), Fe>>>Mn, Ca>Mg, Na<K	ocieplenie klimatu, wzrost trofii zbiornika, wzrost poziomu wody
preALLERÖD	torfowisko I	torf torfowiska przejściowego	6,25-5,72	5,25±0,12	Chenopodiaceae	<i>Chenopodiaceae</i>	odczynn zasadowy (CaC<C), niska zawartość Corg, bardzo wysoka zawartość SiO ₂ , Fe>Mn, Ca>Mg, Na<K	klimat chłodny i suchy, male jezoro oligotroficzne (pH 7-8), wysoki poziom wody, czysto prozoprytyczny

Opisano: Corg - węgla organicznego, SiO₂ - tlenek krzemienia, węgla organicznego

Podsumowanie

Interdyscyplinarne badania nad historią zagłębienia bezodpływowego w rezerwacie Retno na Pojezierzu Brodnickim zostały wsparte narzędziami GIS. Jak wykazano w niniejszej pracy, okazało się to bardzo korzystnym rozwiązaniem z powodu bardzo szerokiego zakresu prowadzonych badań. Zastosowanie systemów informacji

geograficznej (interaktywnej bazy danych stworzonej w oprogramowaniu ArcGIS) usprawniło i przyspieszyło prace związane z rekonstrukcją i wizualizacją zmian środowiska przyrodniczego na analizowanym obszarze.

W przyszłości planuje się zwizualizować poszczególne etapy rozwoju badanego zagłębienia od późnego glacjału, poprzez wczesny holocen do czasów obecnych. Szczególnie zwrócona zostanie uwaga na zmienność szaty roślinnej, wahania poziomu wody, zanik jeziora i rozwój torfowiska oraz zmiany tempa denudacji na zboczach, natężenia sedymentacji i sedentacji w jego dnie.

Badania finansowane były z projektu MNiSW: nr N N306 282935 pt. *Późnovistuliańskie i holocenijskie osady basenów sedymentacyjnych jako zapis zmian paleogeograficznych na wybranych przykładach z młodoglacialnego obszaru północno-środkowej Polski*, realizowanego w latach 2008–2012.

Literatura:

- Bindler R., 2006. Mired in the past – looking to the future: Geochemistry of peat and the analysis environmental changes. *Global and Planetary Changes* 53: 209–229.
- Borówka K. R., 1992. *Przebieg i rozmiary denudacji w obrębie śródwysoczynowych basenów sedymentacyjnych podczas późnego vistulianu i holocenu*, UAM Poznań: 177 ss.
- Federici P.R., Spagnolo M. 2004. Morphometric analysis on the size, shape and areal distribution of glacial cirques in the Maritime Alps (Western French – Italian Alps), *Geografiska Annaler Series A-Physical Geography*, num. 3, 86 A: 235–248.
- Finlayson D.P., Montgomery D.R., 2003. Modeling large-scale fluvial erosion in geographic information systems, *Geomorphology* 53: 147–164.
- Frielinghaus M., Vahrson W-G., 1998. Soil translocation by water erosion from agricultural cropland into wet depressions (morainic kettle holes). *Soil & Tillage Research* 46: 23–30.
- Iwaniak A., 2003. Metodyka zarządzania projektami GIS, *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, vol. 13A: 87–96.
- Iwicki S., Zielski A. 1990. *Brodnicki Park Krajobrazowy, Przewodnik Przyrodniczo-Krajoznawczy*, Warszawa: 62 ss.
- Karasiewicz, M.T., Hulisz, P., Noryśkiewicz, A.M., Krześlak, I., Świtoniak, 2013. The record of hydroclimatic changes in the sediments of a kettle-hole in a young glacial landscape (north-central Poland), *Quaternary International* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2013.09.045>
- Karasiewicz, M.T., Hulisz, P., Świtoniak M., (red.), 2012. *Postglacialna historia zagłębienia bezodpływowego w rezerwacie Retno (Pojezierze Brodnickie)*, Wydawnictwo Naukowe UMK, 161 ss.
- Krześlak I., Stachowicz-Rybka R., 2012. Przemiany lokalnej szaty roślinnej na torfowisku w bezodpływowym zagłębieniu w rezerwacie Retno. [w:] M.T. Karasiewicz, P. Hulisz, M. Świtoniak (red.), *Postglacialna historia zagłębienia bezodpływowego w rezerwacie Retno (Pojezierze Brodnickie)*, Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń: 109–122.
- Latałowa, M., 2003. Późny Vistulian, Holocen. [in:] Dybowa-Jachowicz, S., Sadowska, A. (Eds.), *Palinologia*. Wyd. Instytutu Botaniki PAN. Kraków: 293–299.

- Latocha, A., 2012. Small catchments as sediment archives of past human activities, the example of Sudetes Mountains (SW Poland). *Zeitschrift für Geomorphologie* 56: 115–130.
- Lichwa M., Wełniak A. 2003. *Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Skarlin wraz z objaśnieniami*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Magny M., Aalbersberg G., Bégeot C., Benoit-Ruffaldi P., Bossuet G., Disnar J-R., Heiri O., Laggoun-Defarge F., Maizier F., Millet L., Peyron O., Vannié B., Walter-Simonnet A-W., 2006. Environmental and climatic changes in the Jura mountains (eastern France) during the Lateglacial-Holocene transition a multi proxy record from Lake Lautrey, *Quaternary Science Reviews* 25: 414–445.
- Mangerud, J., Andersen, S.T., Berglund, B.E., Donner, J.J., 1974. Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. *Boreas* 3: 109–128.
- Niewiarowski W. 1986. Morfogeneza sandru brodnickiego na tle innych form polodowcowych Pojezierza Brodnickiego. AUNC Toruń. *Geografia* XIX: 3–30.
- Niewiarowski W., Wysota W. 1986. Poziomy wysoczyznowe Wysoczyzny Brodnickiej i ich geneza. AUNC Toruń, *Geografia* XIX: 31–46.
- Noryśkiewicz A. M., 2012. Historia roślinności i klimatu zarejestrowana w małym bezodpływowym zagłębieniu w rezerwacie Retno. [w:] M.T. Karasiewicz, P. Hulisz, M. Świtoniak (red.), *Postglacjalna historia zagłębienia bezodpływowego w rezerwacie Retno (Pojezierze Brodnickie)*, Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń: 88–107.
- Noryśkiewicz B., 1987. History of vegetation during the Late-Glacial and Holocene in Brodnica Lake District in the light of pollen analysis of Lake Strażym deposits. *Acta Palaeobotanica* 27 (1): 283–304.
- Ralska-Jasiewiczowa, M., Goslar, T., Madeyska, T., Starkel, L. (red.) 1998. *Lake Gościąg, Central Poland. A Monographic Study*, W. Szafer red. Institute of Botany, Kraków. Part I: 340 ss.
- Reinfelds I., Cohen T., Batten P., Brierley G., 2004. Assessment of downstream trends in channel gradient, total and specific stream power: a GIS approach, *Geomorphology* 60: 403–416.
- Sobiech M., 2012. Geneza rzeźby glacialnej i dynamika ostatniego lądolodu w rejonie Górzna. *Praca magisterska*, Archiwum UMK, Toruń.
- Świtoniak M., Bednarek R., Mendyk Ł., Dzierzyk P., 2012. Wpływ denudacji antropogenicznej na pokrywą glebową zagłębienia w rezerwacie Retno. [w:] M.T. Karasiewicz, P. Hulisz, M. Świtoniak (red.), *Postglacjalna historia zagłębienia bezodpływowego w rezerwacie Retno (Pojezierze Brodnickie)*, Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń: 59–76.
- Załuski T., 2012. Współczesna roślinność zagłębienia wytopiskowego w rezerwacie Retno. [w:] M.T. Karasiewicz, P. Hulisz, M. Świtoniak (red.), *Postglacjalna historia zagłębienia bezodpływowego w rezerwacie Retno (Pojezierze Brodnickie)*, Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń: 75–85.

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki interdyscyplinarnych badań przeprowadzonych w obrębie bezodpływowego zagłębienia wytopiskowego. Badane zagłębienie wytopiskowe znajduje się w młodoglacjalnym obszarze wysoczyznowym Polski północnej (Pojezierze Brodnickie) w Brodnickim Parku Krajobrazowym. W celu zrekonstruowania faz ewolucji zagłębienia, z jego dna pobrano rdzeń osadów biogenicznych o miąższości 6,72 m. Analizy geochemiczne, palinologiczne i makroszczątków roślinnych umożliwiły wyodrębnienie szeregu etapów rozwoju –

od późnoglacialnego jeziora po współczesne torfowisko. W obrębie zlewni topograficznej zagłębienia występują różne formy użytkowania: las gospodarczy, pole orne i odłóg. Na podstawie szczegółowych badań gleboznawczych i geomorfologicznych stwierdzono występowanie silnych procesów stokowych w odlesionej części zlewni. Ważnym aspektem przeprowadzonych badań była analiza przestrzenna zmian wybranych parametrów środowiska przyrodniczego z zastosowaniem GIS. Wdrożenie Systemu Informacji Geograficznej było niezbędne ze względu na szeroki zakres i interdyscyplinarny charakter badań. Budowa specjalistycznej bazy danych przebiegała w kilku etapach: (I) budowa georeferencyjnej bazy danych obszaru badań; (II) wstępna analiza poszczególnych elementów środowiska; (III) wprowadzenie danych pochodzących z badań terenowych; (IV) analiza danych terenowych / wprowadzanie wyników badań laboratoryjnych; (V) kompleksowa analiza danych/prezentacja i wizualizacja wyników. Zastosowanie GIS usprawniło i przyspieszyło prace nad rekonstrukcją i wizualizacją zmian środowiska przyrodniczego badanego obszaru.

Słowa kluczowe: rezerwat Retno, paleogeografia, geochemia, GIS, wizualizacja.

THE USE OF GIS IN PALEOGEOGRAPHIC STUDIES IN THE RESERVE RETNO (BRODNICA LANDSCAPE PARK)

Summary

Detailed multidisciplinary studies were carried out within the small kettle hole in young glacial landscape of north Poland (the Brodnica Lake District). Topographic catchment of investigated kettle-hole is used as a forest, fallow and arable field. The bottom part of depression was filled with organic deposits with a total thickness of 6.72 m. Detailed analysis enabled to identify several stages in the development of the depression from Late Glacial lake to contemporary peat bog. In deforested part of the catchment were recorded strong slope processes. An important aspect of the study was spatial analysis of changes in selected environmental parameters using Geographic Information Systems. Implementation of GIS was necessary because of the wide range of interdisciplinary research. The database was created in several stages: (I) construction of geo-referenced research area database; (II) preliminary analysis of the individual elements of the environment; (III) input the field data; (IV) analysis of field data / input the laboratory data; (V) complex analysis of the data / presentation and visualization of results. The use of GIS improved and accelerated work on the reconstruction and visualization of environmental changes within site Retno.

Key words: Retno reserve, paleogeography, geochemistry, GIS, visualization.

Mirosław T. Karasiewicz

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Wydział Nauk o Ziemi
mtkar@umk.pl

Marcin Sobiech

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Wydział Nauk o Ziemi
marcin.geo.umk@gmail.com

Piotr Hulisz

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Wydział Nauk o Ziemi
hulisz@umk.pl

Marcin Świtoniak

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Wydział Nauk o Ziemi
swit@umk.pl