



## Rafał Kot

Zakład Geomorfologii i Paleogeografii  
Czwartorzędu, Instytut Geografii  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika  
ul. Fredry 6/8, 87-100 Toruń  
rafalkot@geo.uni.torun.pl

Regionalne Studia Ekologiczno-Krajobrazowe  
Problemy Ekologii Krajobrazu, tom XVI  
Warszawa 2006

# Problem określenia georóżnorodności na przykładzie fordońskiego odcinka doliny dolnej Wisły

The problem of definition of the geodiversity  
on the example of the Fordon part  
of the lower Vistula valley

**Abstract:** The concept of geodiversity exists in natural sciences only recently. It was used for the first time according to C. Burek and J. Potter (2002) in 1991. At the beginning of the 90ies among geologists and geomorphologists it was used to describe the variability of the abiotic environment as well as in connection with the conception of geologic and geomorphologic protection (geoconservation). Such approach is called the geologic direction of the geodiversity study in the literature (Mizgajski 2001). Presently its dynamic development is observed in Australia. R. Eberhard (1997) defines geodiversity as variability in geologic structure, relief, soils, their systems and processes taking place among them. This concept is accepted in similar meanings also in the USA and Great Britain (Grey 2004).

S. Kozłowski (1997) and A. Kostrzewski (1998) define geodiversity as "differentiation of the abiotic environmental elements, i.e. geologic structure, relief, soils, climate, and surface and underground waters, as a whole on different synthesis levels of the geographical space and with different human influence."

The test study area of geodiversity evaluation is a fragment of the Lower Vistula Valley.

According to J. Kondracki's (2000) physical geographical regionalisations, it is situated in the range of four mezoregions: the Fordon Valley, the Świecie Moraine Plateau, the Chelmino Lakeland, and the Toruń Basin, respectively (fig. 1).

Within the area of the Fordon reach of the lower Vistula river valley, the variation of abiotic components of natural environment was evaluated using the method of point classes, and the means of achieving the end results of the evaluation consisted of two stages, which are: analysis of the environment and the evaluation itself (Kot 2005 a, b, c, d, e, Kot, Leśniak 2006). The delimitation of components refers to the works of T. Bartkowski (1971, 1986) and D. Sołowiej (1979), D. Sołowiej, H. Pasek (1979), D. Sołowiej (1992).

The first stage of the evaluation included analysis of natural environment which consists of distinguishing the features of five abiotic components: geological structure, soil, relief, surface waters and topoclimate. The distinguished features, which were also criteria for the evaluation, were grouped in a database of space information using the ArcView program (part of the GIS package), and digital maps of the components, e.g. natural relief, soil types, topoclimate, hydrographic objects, were made. The second stage, evaluation (tab. 2), consists of initial activities

and specific activities. Initial activities of the evaluation were defining the main goal and scale of the processing as well as the basic surface and evaluation criteria.

A basic area in the evaluation of methodology was a 500 m grid. The analysed area consisted of 1119 grids. Five components of the environment were evaluated by determining fourteen criteria.

Specific activities were organized at three levels while for each of them the three stages were determined including value typology, creation of classes row and point classes.

In geodiversity evaluation conducted by point classes method, the final result depends mostly on quality components recognition but also in a further sequence on their presentation in a specific model and scale. Important are also selection of evaluation criteria, size and shape of basic area, scale of representation, number of groups in classes row, and value of assigned points.

Geodiversity depends mainly on intensity, recurrence and the time length of processes, and factors that have been taking place in the past and nowadays as well anthropogenic modifications of the area.

**Key words:** geodiversity, nature conservation, complex physical geography, geocology, evaluation of natural environment, georeserve, lower Vistula valley

**Słowa kluczowe:** georóżnorodność, ochrona przyrody, geografia fizyczna kompleksowa, geoekologia, ocena środowiska przyrodniczego, georezerwat, dolina dolnej Wisły

## Zarys problemu

Obecnie ważnym problemem badawczym nauk przyrodniczych jest rozpoznanie różnicowania biotycznych i abiotycznych elementów środowiska przyrodniczego. W naukach biologicznych funkcjonuje od lat siedemdziesiątych pojęcie bioróżnorodności (ang. *biodiversity*, niem. *Biodiversität*), którego wyjaśnienie zaproponowali R.H. Whittaker (1972) i M.L. Cody (1975). Autorzy ci wyróżniają trzy poziomy bioróżnorodności, które określają jako alfa-różnorodność określającą złożoność ekosystemu, wyrażaną najczęściej poprzez liczbę gatunków, beta-różnorodność dotyczącą tempa zmian składu gatunkowego wzdłuż określonych gradientów siedliskowych oraz gamma-różnorodność ujmującą łącznie dwa pierwsze poziomy i określającą bogactwo gatunkowe w skali regionalnej. Później charakterystyką bioróżnorodności i wyznaczaniem jej poziomów zajmowali się między innymi E.P. Odum (1982) oraz J. Gliwicz (1992) i E.P. Odum (1994), za A. Richlingiem i J. Solonem (1996), a także K. Falińska (2004).

Pojęciem komplementarnym do bioróżnorodności jest georóżnorodność (ang. *geodiversity*, niem. *Geodiversität*, ros. *георазнообразие*). Bioróżnorodność i georóżnorodność oraz antropogeniczne przekształcenia środowiska przyrodniczego decydują wspólnie o różnorodności krajobrazu (ang. *landscape diversity*, niem. *Landschaftsdiversität*). Różnicowanie krajobrazu określa się jako bogactwo struktur komponentów biotycznych i abiotycznych oraz ich cech, decydujących wspólnie o zmienności różnej rangi geokompleksów i ekosystemów i to zarówno w ujęciu przestrzennym, funkcjonalnym, jak i czasowym. Różnorodność krajobrazu jest ostatnio rozpoznawana i opisywana przede wszystkim na podstawie zmienności: użytkowania ziemi, pokrycia terenu (*From land cover... 2000*) lub roślinności (Solon 2002).

Pojęcie georóżnorodności jest stosowane w naukach przyrodniczych od niedawna. Po raz pierwszy zostało ono użyte według C. Burek i J. Potter (2002) w 1991 roku. Na początku lat 90. XX wieku w środowisku geologów i geomorfologów używano go dla opisanego zmienności środowiska abiotycznego, a także w odniesieniu do koncepcji ochrony geologicznej i geomorfologicznej (*geoconservation*). Takie podejście nazywane jest w literaturze kierunkiem geologicznym (Mizgajski 2001), a jego dynamiczny rozwój odbywa się obecnie w Australii. R. Eberhard (1997) georóżnorodność określił jako zmienność budowy geologicznej, rzeźby, gleb, ich systemów oraz zachodzących pomiędzy nimi procesów. W podobnym znaczeniu pojęcie to pojmowane jest również w USA i Anglii (Gray 2004).

W nieco innym znaczeniu pojęcia georóżnorodność używa się w Niemczech. Wielu badaczy niemieckich uważa, że georóżnorodność jest podstawą dla bioróżnorodności i wspólnie decydują o ekoróżnorodności (Barthlott, Biedinger i in. 1999, Barthlott, Kier i in. 1999, Jedicke 2001). E. Jedicke (2000) uważa, że georóżnorodność to zmienność czynników i komponentów tej samej rangi, takich, jak: rzeźba, budowa geologiczna, gleby, wody powierzchniowe i podziemne oraz atmosfera, które tworzą przestrzenno-funkcjonalne fizjotopy, a wspólnie z rozpoznaną bioróżnorodnością – ekosystemy. W innej pracy E. Jedicke (2001) proponuje wybór komponentów oraz zestaw cech, które mogą być kryteriami oceny georóżnorodności. Autor wskazuje, że może być ona badana na poziomie integracji komponentów lub jednostek (fizjotopów, geosystemów), badanych względem zmienności: przestrzennej (np. katen glebowych), czasowej (np. dynamiki wód gruntowych), funkcjonalnej (np. buforów, przepływu materii), a także jednostkowej (np. typów gleb). Rozumienie georóżnorodności przez badaczy niemieckich, uwzględnia zatem wszystkie komponenty abiotyczne, ale ściśle wiąże je z bioróżnorodnością w celu ostatecznego określenia oraz charakterystyki ekoróżnorodności.

Poza dwoma wymienionymi kierunkami badań nad georóżnorodnością, rozwijanymi w krajach anglosaskich i w Niemczech, warto za A. Mizgajskim (2001) zwrócić uwagę na trzecie podejście badawcze, które rozwinęło się ostatnio w Polsce. S. Kozłowski (1997, 2002) i A. Kostrzewski (1998) określają georóżnorodność jako zróżnicowanie całokształtu elementów abiotycznych środowiska, tj. budowy geologicznej, rzeźby, gleb, klimatu oraz wód powierzchniowych i podziemnych na różnych poziomach syntezy przestrzeni geograficznej oraz przy różnym oddziaływaniu człowieka. Na potrzebę badania georóżnorodności zwrócono uwagę w Polsce w Państwowym Instytucie Geologicznym już podczas Programu Ochrony Litosfery realizowanego w latach 1990–1994 (Kozłowski 1992, 1996, 1998, 2000). Pierwsze definicje, metody i zasady badań zaproponowano później w ramach prac nad Programem Ochrony Georóżnorodności, prowadzonym w latach 1996–1999 (Kostrzewski 1997, Kozłowski 1999, 2002). Poza rozpoznananiem zróżnicowania środowiska, waż-

nym celem tych programów było wskazanie obiektów abiotycznych cennych i wartościowych dla występujących w Polsce krajobrazów, a w badaniach szczegółowszych, niezdegradowanych i reprezentatywnych dla określonych regionów kraju. Badania te realizowano ostatnio w naszym kraju w ramach określenia zasad ochrony geosfery, przy udziale pracowników z Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie, Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu oraz Instytutu Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk w Krakowie (Alexandrowicz, Poprawa – red. – 2000, Gawlikowska 2000, Wróblewski 2000). Zainteresowanie tematyką geoochrony jest obecnie na świecie coraz większe, a Polska wnosi do tych badań nowe treści.

Za obszar badań georóżnorodności przyjęto typowy dla krajobrazu młodoglacjalnego Niziu Polskiego fragment doliny dolnej Wisły z charakterystycznymi rozszerzeniami i zwężeniami wraz z jej najbliższym otoczeniem. Powierzchnia obszaru badań wynosi 279,75 km<sup>2</sup>. Według regionalizacji fizycznogeograficznej J. Kondrackiego (2000), położony jest on w obrębie czterech makroregionów: Doliny Dolnej Wisły, Pojezierza Południowopomorskiego, Pojezierza Chełmińsko-Dobrzyńskiego oraz Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej, oraz czterech mezoregionów, odpowiednio: Doliny Fordońskiej, Wysoczyzny Świeckiej, Pojezierza Chełmińskiego i Kotliny Toruńskiej. W dnie doliny dolnej Wisły, w obrębie badanego fragmentu mezoregionu Doliny Fordońskiej, T. Gacki i J. Szukalski (1982) wydzielili sześć mikroregionów, tj.: brucki, kokocki, ostromecki, fordoński, kozielecki i świecki.

Według typologii krajobrazu naturalnego Polski A. Richlinga (1992) badany obszar położony jest w obrębie sześciu gatunków krajobrazów naturalnych: glacialnych równinnych i falistych, pagórkowatych, fluwioglacjalnych równinnych i falistych, eolicznych pagórkowatych, równin zalewowych w terenach nizinnych oraz równin tarasowych w terenach nizinnych. Wydzielaniem typów krajobrazów naturalnych zajmował się również na tym terenie R. Galon (1984), który w granicach byłego woj. toruńskiego wyróżnił 10 typów, a wszystkie one są reprezentowane na badanym fragmencie doliny dolnej Wisły.

Według T. Bartkowskiego (1986) w ramach współczesnej geografii fizycznej rozwijane jest syntetyzujące podejście badawcze. Polega ono na wypracowaniu prawidłowości i uogólnień w badaniach krajobrazów. Taki kierunek badań realizowany jest przede wszystkim w ramach geografii fizycznej kompleksowej, ale także ekologii krajobrazu oraz geoekologii. Oceny środowiska przyrodniczego sporządzane dla różnych celów i w oparciu o różne metody, są ważnym elementem coraz intensywniej rozwijającego się kierunku syntetyzującego. Poziom wiedzy o ewolucji krajobrazu, przestrzennym rozmieszczeniu poszczególnych elementów środowiska przyrodniczego oraz o zachodzących w nich procesach, ma bezpośredni wpływ na jakość oceny oraz kompleksową waloryzację krajobrazu.

## Metodyka oceny georóżnorodności środowiska przyrodniczego

Do tej pory nie wypracowano jednej obiektywnej metody określenia zróżnicowania abiotycznych elementów środowiska przyrodniczego. W ostatnich latach w wielu publikacjach różnorodność biologiczną, różnorodność krajobrazu lub strukturę krajobrazu określa się za pomocą licznych wskaźników, nazywanych także miarami lub metrykami krajobrazowymi (Turner 1989, Turner, Gardner 1991, McGarigal, Marks 1995). W Polsce niektóre z nich opisywali i stosowali m.in. A. Richling (1976, 1992), M. Przewoźniak (1987), M. Pietrzak (1989), A. Richling, J. Solon (1996), A. Nienartowicz i in. (2001, 2002), K. Ostaszewska (2002), J. Solon (2002). W kontekście oceny różnorodności jednym z najczęściej stosowanych, jest wskaźnik różnorodności C.E. Shannona (SHDI) (Shannon 1948, Shannon, Weaver 1949). Jak podają A. Richling i J. Solon (1996), nie istnieje jedna uniwersalna miara różnorodności, która uwzględniałby jednocześnie wszystkie aspekty teoretyczne i praktyczne. Każda miara stosowana samodzielnie może dawać wyniki trudne do zinterpretowania (Goodman 1975, Richling, Solon 1996, Blaschke 1997, Kot, Leśniak – 2006). Stąd jak sugerują A. Richling i J. Solon (1996) powinny zostać wypracowane zestawy uzupełniających się wskaźników, by uzyskane końcowe wyniki określenia zróżnicowania były obarczone jak najmniejszym błędem. W najnowszych badaniach J. Solon (2002) proponuje, by dla porównywania krajobrazów, także w odniesieniu do ich zróżnicowania, nie stosować analizy wartości samych wskaźników, a uwzględniać związki pomiędzy nimi.

Na obszarze fordońskiego odcinka doliny dolnej Wisły zróżnicowanie komponentów abiotycznych środowiska przyrodniczego oceniono metodą bonitacji punktowej, a sposób dochodzenia do wyników końcowych oceny składał się z dwóch etapów, tj. analizy środowiska oraz oceny właściwej (Kot 2005a, b, c, d, e, Kot – w druku), (tab. 1). Ich wydzielenie nawiązuje do prac T. Bartkowskiego (1971, 1986), D. Sołowiej (1979), D. Sołowiej, H. Pasek (1979) oraz D. Sołowiej (1992). Pierwszy etap oceny obejmował analizę środowiska przyrodniczego, polegającą na rozpoznaniu cech pięciu komponentów abiotycznych, tj. budowy geologicznej, gleb, rzeźby terenu, wód powierzchniowych i topoklimatów. Dla rozpoznanych cech, będących także kryteriami oceny stworzono w oprogramowaniu ArcView (należącym do pakietu GIS) bank informacji przestrzennej i wykonano w skali 1:25 000 (układ 1942, poziom odniesienia Kronsztadt) cyfrowe mapy komponentów, np. naturalnych typów rzeźby, typów gleb, topoklimatów, obiektów hydrograficznych. Etap drugi oceny nazwano oceną właściwą, która składa się z czynności wstępnych oraz czynności właściwych. Czynności wstępne oceny właściwej, polegały na określeniu celu, skali opracowania, pola podstawowego oraz kryteriów oceny.

Celem oceny georóżnorodności środowiska przyrodniczego było wypracowanie metody oceny zmienności wszystkich komponentów abiotycznych,

tj. budowy geologicznej, rzeźby terenu, wód, gleb i topoklimatów na wybranym obszarze Niżu Polskiego. Podstawowym problemem było również zaproponowanie odpowiednich kryteriów oceny w odniesieniu do szczegółowej skali opracowania i do geometrycznych pól podstawowych w kształcie kwadratu.

Za pole podstawowe oceny w wypracowanej metodyce przyjęto kwadrat o boku 500 m, których na obszarze badań wydzielono łącznie 1119. Kształt pola podstawowego wybrano ze względu na powszechność stosowania kwadratów oraz łatwość konstrukcji ich siatki. Wielkość pola ustalono metodą praktyczną, polegającą na przeprowadzeniu oceny w różnych kwadratach i wyborze najodpowiedniejszej długości boku.

Dla pięciu komponentów środowiska przyrodniczego wyznaczono w sumie 14 kryteriów oceny, po dwa kryteria dla budowy geologicznej, gleb i topoklimatów, tj. liczbę typów jednostek i liczbę jednostek (ryc. 1), cztery kryteria dla rzeźby terenu, tj. liczbę typów rzeźby, liczbę jednostek rzeźby, różnicę wysokości w polu podstawowym i zakres średnich spadków pikseli w każdym z pól podstawowych, a także cztery kryteria dla wód, tj. powierzchnię wód stojących, długość cieków, powierzchnię obszarów podmokłych i liczbę źródeł.

A	B	A	B
---	---	---	---

Ryc. 1. Różnica między liczbą jednostek a liczbą typów jednostek w polu podstawowym: liczba typów (A, B) – 2; liczba jednostek ( $2 \times A$ ,  $2 \times B$ ) – 4

Fig. 1. Differences between the number of units and number of unit types in a grain size: number of types (A, B) – 2; number of units ( $2 \times A$ ,  $2 \times B$ ) – 4

Czynności właściwe realizowano w trzech poziomach, przy czym dla każdego z nich wyróżniono trzy etapy działań: typologię wartości, tworzenie szeregu bonitacyjnego i bonitację punktową. W poziomie pierwszym (tab. 1 III–V) określono wartości każdego z czternastu kryteriów w każdym z 1119 pól podstawowych i poddano je typologii. Uzyskane wartości pogrupowano w cztery przedziały i w ramach bonitacji punktowej przydzielono im wartości punktów bonitacyjnych 1, 2, 3, i 4, a w przypadku wód 0, 1, 2 i 3. Najsłabsze przedziały uzyskały najmniejszą, a najlepsze najwyższą wartość punktów. W taki sposób dokonano oceny każdego z 14 kryteriów. W poziomie drugim czynności właściwych (tab. 1 VI–III) zsumowano wartości punktów bonitacyjnych w każdym kwadracie przydzielonych dwóm lub czterem kryteriom oceny każdego z pięciu komponentów. W ten sposób uzyskano typologię wartości dla rzeźby (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16), wód (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) oraz budowy geologicznej, gleb i topoklimatów (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8).

Tab. 1. Etapy, czynności i poziomy oceny georóżnorodności środowiska przyrodniczego na przykładzie fordońskiego odcinka doliny dolnej Wisły

Tab. 1. Stages, activities and levels of the geodiversity evaluation of the environment on the example of the Fordon part of the lower Vistula valley

I	MAPY CECH I KRYTERIÓW  szczegółowa mapa geologiczna, mapa typów rzeźby, mapa typów gleb, mapa obiektów hydrograficznych, mapa topoklimatów		ANALIZA ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO	
II	CEL OCENY	ocena georóżnorodności środowiska przyrodniczego		Czynności wstępne oceny
	WYBÓR POLA PODSTAWOWEGO	kwadrat 500 × 500 m		
	SKALA OCENY	1:25 000		
	KRYTERIA OCENY	budowa geologiczna; rzeźba terenu; wody; gleby; klimat		
III	Nalożenie siatki 1119 pól podstawowych i obliczenie wartości 14 kryteriów w każdym kwadracie – typologia wartości 14 kryteriów	Poziom I 16 kryteriów		Czynności właściwe oceny
IV	Szeregi bonitacyjne (zawsze 4 przedziały) z wartości kryteriów oceny			
V	Bonitacja punktowa przedziałów kryteriów 1, 2, 3, 4 pkt.			
VI	Typologia sumy punktów bonitacyjnych wszystkich kryteriów (min. 2, a max. 4) dla każdego z pięciu komponentów rzeźba 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 wody 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 bud. geologiczna, gleby, topoklimat 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	Poziom II 5 komponentów		
VII	Szeregi bonitacyjne z sumy punktów bonitacyjnych wszystkich kryteriów (zawsze 4 przedziały, ale różne ich wartości) rzeźba 4–6; 7–9; 10–12; 13–16 wody 0–1; 2–3; 4–5; 6–9 bud. geologiczna, gleby, topoklimat 2; 3–4; 5–6; 7–8			
VIII	Bonitacja punktowa przedziałów komponentów najsłabszy przedział; punktów 1. zróżnicowanie małe średni przedział; punktów 2. zróżnicowanie średnie dobry przedział; punktów 3. zróżnicowanie duże bardzo dobry przedział; punktów 4. zróżnicowanie bardzo duże			
IX	Typologia sumy punktów bonitacyjnych za wszystkie komponenty (5) min 5 × 1 pkt. = 5 pkt. max 5 × 4 pkt. = 20 pkt. 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20	Poziom III Ocena georóżnorodności środowiska przyrodniczego		
X	Szeregi bonitacyjne złożone z sum bonitowanych punktów pięciu komponentów metoda jednakowego przedziału 5–8; 9–12; 13–16; 17–20 metoda naturalnej przerwy 5–8; 9–11; 12–14; 15–20 metoda odchylenia standardowego 5–7; 8–10; 10,605 średnia; 11–13; 14–16; 17–20			
XI	Ocena georóżnorodności – 4 przedziały oceny mała średnia duża bardzo duża			
			OCENA WŁAŚCIWA	

Każda typologia wartości punktów stanowiła podstawę dla stworzenia oddzielnych szeregów bonitacyjnych, składających się z czterech przedziałów dla każdego komponentu. Każdemu z przedziałów przyznano wartości punktów 1, 2, 3 lub 4. Tak uzyskano odrębne oceny zróżnicowania wszystkich pięciu komponentów. W poziomie trzecim w każdym polu podstawowym zsumowano wartości punktów bonitacyjnych przyznanych w ocenie wszystkich komponentów w poziomie drugim. Uzyskane sumy wartości stworzyły ich typologię (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20). Następnie sumy wartości punktów bonitacyjnych podzielono na cztery przedziały i uzyskano małą, średnią, dużą, bardzo dużą ocenę georóżnorodności środowiska przyrodniczego.

### **Wyniki i dyskusja**

Wyniki oceny georóżnorodności metodą bonitacji punktowej przedstawiono na mapie w postaci kartogramu (ryc. 2). Na podstawie jej analizy można wskazać obszary najbardziej i najslabiej zróżnicowane pod względem zmienności abiotycznych elementów środowiska przyrodniczego. Na obszarze badań obszary o największej georóżnorodności środowiska przyrodniczego, poza kilkoma miejscami, występują najczęściej w niewielkich skupiskach. Do najbardziej zróżnicowanych zaliczyć można fragmenty zachodniego zbocza doliny Wisły w okolicach:

- Topolinka, Topolna oraz Parowu Cieleczyńskiego;
- Trzęsacza, Chelczonki, Gądeczka;
- Jaruzyna, Gośniewic;
- Czarnówka.

W obrębie wschodniego zbocza doliny Wisły na uwagę zasługują okolice:

- parowu w Kiełpie;
- parowu w Płutowie;
- zbocza pomiędzy Szymbornem i Gołotami;
- zbocza w okolicach wsi Gzin Górny;
- zbocza pomiędzy wsiami Pień, Mozgowina, aż do Ostromecka;
- zbocze i parów w pobliżu Wałdowa Królewskiego.

W obrębie wysoczyzn najbardziej zróżnicowane są tereny w pobliżu leśniczówki Raciniewo, a także niewielkie obszary w okolicach Rezerwatu Linje oraz na północ od Wałdowa Królewskiego.

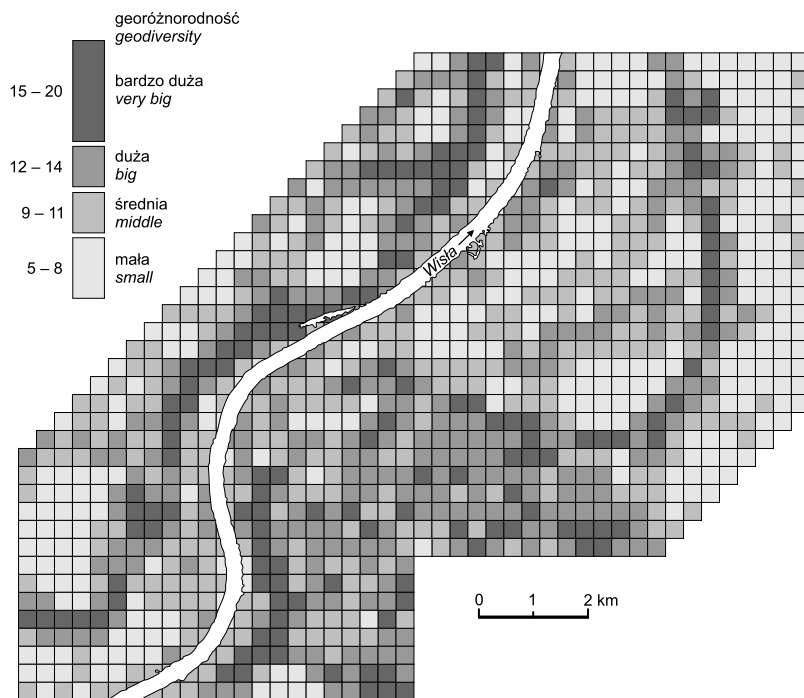
Występowanie obszarów o najmniejszej georóżnorodności środowiska przyrodniczego ma charakter dużych i zwartych płatów. Na Wysoczyźnie Świeckiej obszary takie spotyka się w okolicach:

- Mariampola Górnego;
- Włók;
- Kozielca;
- Konstantowa (nieco mniejszy powierzchniowo obszar).



Największy zwarty płat o małej georóżnorodności występuje na Wysoczyźnie Chełmińskiej. Stanowi go długi pas ciągnący się od Wałdowa, przez Kijewo Szlacheckie, Bągart, Stablewice, aż po Głazewo. W dolinie dolnej Wisły najmniej zróżnicowane są tereny w obrębie wyższych teras na wschód od Ostromecka oraz w pobliżu Czarnówka i Fordonu, a także w dnie Basenu Unisławskiego na zachód od Unisławia, w okolicy Czarzy, na południe od Kokocka i w pobliżu Bienkówki.

Uzyskane wyniki oceny wskazują, że największa georóżnorodność na obszarze badań występuje w miejscach i na obszarach, w których na wykształcenie współczesnego środowiska przyrodniczego wywarły wpływ różne czynniki oraz nakładające się wielokierunkowe procesy. Stąd najwyższe oceny otrzymały: duże odcinki zachodniego zbocza doliny dolnej Wisły oraz płaty w południowej części obszaru badań. Zróżnicowanie środowiska przyrodniczego zależy też od złożonej ewolucji, a także od naturalnych i antropogenicznych przemian każdego z jego elementów. Uzyskane wyniki są reprezentatywne dla całego obszaru Nizy Polskiego. Wskazują one, że najwartościowszymi obszarami są takie, gdzie na niewielkich powierzchniach występuje dużo



Ryc. 2. Kartogram oceny georóżnorodności środowiska przyrodniczego fordońskiego odcinka doliny dolnej Wisły

Fig. 2. Environment's geodiversity evaluation (cartogram) of the Fordon part of the Vistula valley

śladów różnorodnych i intensywnych procesów, działających w przeszłości i obecnie. Uzyskane wyniki potwierdzają, że zastosowana metodyka oceny georóżnorodności pozwala na wskazanie obszarów najbardziej zróżnicowanych, z których najcenniejsze proponuje się objąć ochroną np. w formie georezerwatów (Kot 2005b).

## Wnioski

Przeprowadzone badania nad oceną georóżnorodności fordońskiego odcinka doliny dolnej Wisły umożliwiają sformułowanie następujących wniosków:

- Georóżnorodność to zmienność wszystkich elementów abiotycznych środowiska przyrodniczego. Może ona być rozpatrywana w kontekście jednej cechy geokomponentu, pojedynczego geokomponentu lub całego środowiska przyrodniczego. Georóżnorodność zależy od: pierwotnej struktury terenu oraz intensywności, powtarzalności i długości trwania procesów zachodzących na określonym obszarze w przeszłości i obecnie. Istotnym elementem determinującym georóżnorodność jest też działalność człowieka (stopień przekształceń antropogenicznych).
- Dla oceny zróżnicowania abiotycznych elementów środowiska przyrodniczego w szczegółowej skali najodpowiedniejsze są modele wektorowe, przedstawiające wybrane, rzeczywiste elementy jako obiekty punktowe, liniowe i poligonowe.
- Zaproponowana ocena metodą bonitacji punktowej, składająca się z dwóch etapów, tj. analizy środowiska przyrodniczego oraz oceny właściwej, do której zalicza się z kolei czynności wstępne i trzypoziomowe czynności właściwe, jest logicznym sposobem dochodzenia do końcowych wyników oceny georóżnorodności. Umożliwia ona kompleksową ocenę różnorodności wszystkich komponentów jak również każdego z nich.
- Zastosowana procedura waloryzacji cząstkowych umożliwia zwiększenie liczby kryteriów oceny georóżnorodności poszczególnych komponentów, co także nie powoduje zawyżania wyników końcowych oceny i pozwala porównywać elementy odmienne, ale ze sobą powiązane i od siebie zależne, np. rzeźbę terenu i gleby.
- W ocenie georóżnorodności przeprowadzonej metodą bonitacji punktowej wynik końcowy zależy przede wszystkim od jakościowego rozpoznania komponentów. W dalszej kolejności zależy od ich przedstawienia w określonym modelu i odpowiedniej skali, doboru kryteriów oceny, pola podstawowego, skali opracowania, liczby klas w szeregu bonitacyjnym i wielkości przyznanych im punktów.
- O zróżnicowaniu komponentów abiotycznych środowiska przyrodniczego decyduje przede wszystkim: liczba typów wydzieleń oraz ich rozdrobnienie w polu podstawowym oceny. W dalszej kolejności decyduje ich układ, powiązania oraz długości i charakter granic.

- W ocenie georóżnorodności środowiska przyrodniczego doliny dolnej Wisły i jej otoczenia, wielkość pola podstawowego i kryteria oceny zostały dobrane do jakościowego rozpoznania komponentów i ich cech przedstawianych na mapach w modelach wektorowych w skali 1:25 000. Wśród rozpoznanych obiektów i ich cech dominują obiekty poligonowe, ale występują także obiekty liniowe i punktowe.
- Zaproponowana metodyka oceny umożliwi obiektywne wskazanie obszarów najbardziej zróżnicowanych i najwartościowszych z punktu widzenia poszczególnych i wszystkich abiotycznych komponentów środowiska przyrodniczego w skali lokalnej, regionalnej i krajowej. Najcenniejsze z nich należy chronić i autor proponuje nazywać georezerwatami.
- Metoda bonitacji punktowej oceny georóżnorodności wraz z jej spójnym i konsekwentnym sposobem dochodzenia do końcowego wyniku oceny może być z powodzeniem stosowana na innych obszarach badawczych.

## Literatura

- Alexandrowicz Z., Poprawa D. (red.), 2000: *Ochrona georóżnorodności w polskich Karpatach z mapą chronionych obszarów i obiektów przyrody nieożywionej. 1:400 000*. Ministerstwo Środowiska i Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Barthlott W., Biedinger N., Braun G., Feig G., Mutke J., 1999: *Terminological and Methodological Aspects of the Mapping and Analysis of the Global Biodiversity*. „Acta Botanica Fennica”, 162: 103–110.
- Barthlott W., Kier G., Mutke J., 1999: *Globale Artenvielfalt und ihre ungleiche Verteilung*. Cour. Forsch. Inst. Senckenberg 215: 7–22.
- Bartkowski T., 1971: *O metodyce oceny środowiska geograficznego*. „Przegląd Geograficzny”, t. 53, z. 3: 263–281.
- Bartkowski T., 1986: *Zastosowania geografii fizycznej*. PWN, Warszawa.
- Blaschke T., 1997: *Landschaftsanalyse und -bewertung mit GIS. Methodische Untersuchungen zu Ökosystemforschung und Naturschutz am Beispiel der bayerischen Salzachauen*. Forschungen zur Deutschen Landeskunde, Band 243, Trier.
- Burek C., Potter J., 2002: *Setting the Context for Geological Conservation*. Local Geodiversity Action Plans, English Nature Contract No. EIT 31-02-188, <http://www.lgaps.org/report.pdf>
- Cody M.L., 1975: *Towards to theory of continental species diversity* [w:] Cody M.L., Diamond J.M. (red.) *Ecology and evolution of communities*. Belknap Press of Harvard University, Cambridge, MA.
- Eberhard R. (red.), 1997: *Pattern and Process: Towards a Regional Approach to National Estate Assessment of Geodiversity*. Australian Heritage Commission, Canberra.
- Falińska K., 2004: *Różnorodność biologiczna* [w:] *Ekologia roślin*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 265–284.
- From Land Cover to Landscape Diversity in the European Union*, 2000: Publication of the European Commission of Agriculture, Brussels, <http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/landscape/index.htm>

- Gacki T., Szukalski J., 1982: *Morfostruktura krajobrazu i zróżnicowanie regionalne* [w:] Augustowski B. (red.), *Dolina dolnej Wisły*. Wydawnictwo PAN Zakład Narodowy Ossolińskich, Wrocław: 219–238.
- Galon R., 1984: *Typy krajobrazu naturalnego i regiony fizycznogeograficznej* [w:] Galon R. (red.), *Województwo toruńskie przyroda – ludność i osadnictwo – gospodarka*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa-Poznań-Toruń: 251–259.
- Gawlikowska E., 2000: *Ochrona georóżnorodności na Dolnym Śląsku z mapą chronionych obszarów i obiektów przyrody nieożywionej 1:300 000*. Ministerstwo Środowiska i Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Gliwicz J., 1992: *Różnorodność biologiczna: nowa koncepcja ochrony przyrody*. „Wiadomości Ekologiczne” 38, 4.
- Goodman D., 1975: *The theory of diversity-stability relationship in ecology*. „The Quarterly Review of Biology”, 50: 237–365.
- Gray J.M., 2004: *Geodiversity Vluing and Conserving Abiotic nature*. John Wiley & Sons, England.
- Jedicke E., 2000: *Bio-, Geo-, Ökodiversität – Kriterien zur Bewertung der Landschaftsstruktur?* [w:] IALE-Region Deutschland, Hrsg., *Tagungsband mit Kurzfassungen der Beiträge zur 1. Jahrestagung der IALE-Region Deutschland*. Nürtingen: 10-11.
- Jedicke E., 2001: *Biodiversität, Geodiversität, Ökodiversität. Kriterien zur Analyse der Landschaftsstruktur – ein konzeptioneller Diskussionsbeitrag*. „Naturschutz und Landschaftsplanung”, 3, 2/3: 59-68.
- Kondracki J., 2000: *Geografia regionalna Polski*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kostrzewski A., 1997: *Opracowanie koncepcji i zasad georóżnorodności: definicja, zadania i cele georóżnorodności* [w:] *Opracowanie systemu ochrony georóżnorodności w Polsce*. Archiwum Państwowego Instytutu Geologicznego, Warszawa.
- Kostrzewski A., 1998: *Georóżnorodność rzeźby jako przedmiot badań geomorfologii* [w:] Pękała K. (red.) *Główne kierunki badań geomorfologicznych w Polsce stan aktualny i perspektywy*. IV Zjazd Geomorfologów Polskich, Wydawnictwo UMCS, Lublin: 11–16.
- Kot R., 2005a: *Georóżnorodność fordońskiego odcinka doliny dolnej Wisły i jej otoczenia na przykładzie oceny budowy geologicznej i gleb*. „AUNC, Geografia” XXXIII, Zeszyt 111, Toruń: 105–128.
- Kot R., 2005b: *Georóżnorodność-problem jej oceny i zastosowania w ochronie i kształtowaniu środowiska na przykładzie fordońskiego odcinka doliny dolnej Wisły i jej otoczenia*. Praca doktorska IG UMK, Toruń (manusc.).
- Kot R., 2005c: *Ocena georóżnorodności rzeźby terenu na przykładzie fordońskiego odcinka doliny dolnej Wisły i jej otoczenia w skali 1:25000* [w:] Kostrzewski A., Kolander R. (red.), *Funkcjonowanie geosystemów Polski w warunkach zmian klimatu i różnokierunkowej antropopresji*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Poznań: 475–484.
- Kot R., 2005d: *Ocena georóżnorodności klimatu na przykładzie fordońskiego odcinka doliny dolnej Wisły i jej otoczenia w skali 1 : 25 000* [w:] Szponar A., Horska-Schwarz S. (red.), *Struktura przestrzenno-funkcjonalna krajobrazu*. Problemy Ekologii Krajobrazu, t. XVII: 257-271.
- Kot R., 2005e: *Zagrożenia wybranych form ochrony przyrody województwa kujawsko-pomorskiego* [w:] Strzyż M. (red.), *Perspektywy rozwoju regionu w świetle badań krajobrazowych*. Problemy Ekologii Krajobrazu, t. XII, Kielce: 257–268.

- Kot R., 2005: *Ocena georóżnorodności wód na przykładzie fordońskiego odcinka doliny dolnej Wisły i jej otoczenia w skali 1:25 000* [w:] *Restrukturyzacja i projektowanie systemów terytorialno-krajobrazowych*. Problemy Ekologii Krajobrazu (w druku).
- Kot R., Leśniak K., 2006: *Ocena georóżnorodności za pomocą miar krajobrazowych – podstawowe trudności metodyczne*. „Przegląd Geograficzny”, 78, 1: 25–45.
- Kozłowski S., 1992: *Program ochrony litosfery na lata dziewięćdziesiąte*. „Przegląd Geologiczny”, 40, 1: 1–7.
- Kozłowski S., 1996: *Problemy ochrony litosfery*. „Annales UMCS, Sec. B”, 51 (4).
- Kozłowski S., 1997: *Program ochrony georóżnorodności w Polsce*. „Przegląd Geologiczny”, 45, 5: 489–496.
- Kozłowski S. (red.), 1998: *Ochrona litosfery*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Kozłowski S., 1999: *Koncepcja ochrony georóżnorodności przyrody nieożywionej w Polsce*. Archiwum Geologiczne PIG, Warszawa.
- Kozłowski S., 2000: *Ochrona geosfery*. „Przegląd Geologiczny”, 48, 9: 815–816.
- Kozłowski S., 2002: *Ekorozwój. Wyzwanie XXI wieku*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- McGarigal K., Marks B.J., 1995: *Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. U. S. Forest Service General Technical Report PNW: Portland OR, USA.
- Mizgajski A., 2001: *Odniesienie georóżnorodności do wybranych pojęć w naukach o środowisku* [w:] *Funkcjonowanie geoeosystemów w zróżnicowanych warunkach morfoklimatycznych monitoringu, ochrona edukacja*, pod red. A. Karczewskiego i Z. Zwolińskiego, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 369–375.
- Nienartowicz A., Kunz M., Deptuła M., Domin D., 2002: *Ecological Consequences of Changes in Landscape Structure in the Neighbourhood of Brusy in 19<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> century*, „Ecological Questions” 1/2002: 117–135.
- Nienartowicz A., Kunz M., Domin D., 2001: *Porównanie struktury krajobrazu na obszarach intensywnej i ekologicznie zrównoważonej gospodarki leśnej* [w:] Nienartowicz A., Kunz M. (red.), *GIS i teledetekcja w badaniach struktury i funkcjonowania krajobrazu*. Oficyna Wyd. „Turpress”, Toruń: 165–179.
- Odum E.P., 1982: *Podstawy ekologii*. Wyd. III, PWRiL, Warszawa.
- Odum E.P., 1994: *Diversity and the forest ecosystem* [w:] Cooly J.L., Cooly J.H. (red.) *Natural diversity in forest ecosystems*. Proc. of the Workshop November 29 – December 1, 1992, Inst. Ecol. Univ. Georgia.
- Ostaszewska K., 2002: *Geografia krajobrazu*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Pietrzak M., 1989: *Problemy i metody badania struktury geokompleksu*. Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- Przewoźniak M., 1987: *Podstawy geografii fizycznej kompleksowej*. Skrypty uczelniane UG, Gdańsk.
- Richling A., 1976: *Analiza i struktura środowiska geograficznego i nowa metoda regionalizacji fizycznogeograficznej (na przykładzie województwa białostockiego)*. Rozprawy UW 104, Wyd. Nauk UW, Warszawa.
- Richling A., 1992: *Kompleksowa geografia fizyczna*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Richling A., Solon J., 1996: *Ekologia krajobrazu*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Shannon C.E., 1948: *A Mathematical Theory of Communication*. „Bell Syst. Tech. J.” 27.

- Shannon C.E., Weaver W., 1949: *A Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Solon J., 2002: *Ocena różnorodności krajobrazu na podstawie analizy struktury przestrzennej roślinności*. „Prace Geograficzne IG i PZ PAN”, 185, Warszawa.
- Sołowiej D., 1979: *Zdjęcie uroczysk terenów położonych na północ od rynny jezior Rakowo i Komorze oraz jego wykorzystanie do oceny terenu dla potrzeb rekreacji*. „Bad. Fizjogr. nad Polską Zach., Seria A, Geografia Fizyczna”, t. 32, Poznań: 117–138.
- Sołowiej D., 1992: *Podstawy metodyki oceny środowiska przyrodniczego człowieka*. Wyd. Nauk. UAM, Poznań
- Sołowiej D., Pasek H., 1979: *Analiza struktury uroczysk strefy brzegowej Jeziora Jaroszewskiego w aspekcie ich wykorzystania rekreacyjnego*. „Bad. Fizjogr. nad Polską Zach., Seria A, Geografia Fizyczna”, t. 32, Poznań: 63–83.
- Turner M.G., 1989: *Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process*. „Ann. Rev. Ecol. Syst.”, 20: 171–197.
- Turner M.G., Gardner R.H. (red.), 1991: *Quantitative Methods in Landscape Ecology*. Springer, New York.
- Whittaker R.H., 1972: *Evolution and Measurement of Species Diversity*. *Taxon*, 21: 213–251.
- Wróblewski T., 2000: *Ochrona georóżnorodności w Regionie Świętokrzyskim z mapą chronionych obszarów i obiektów przyrody nieożywione 1:200 000*. Ministerstwo Środowiska i Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.