

ROŚLINNOŚĆ – STREFY PRZEJŚCIA I GRANICE

Vegetation – transitional zones and boundaries

Halina RATYŃSKA, Wojciech SZWED

Summary. Recently an increase of interest in transitional zones and boundaries is observed. This article presents the review of literature giving the definitions, opinions and trends of investigations, especially of transitional zones and boundaries between plant communities, their complexes and units of geocomplexes („a structure composed of elements and of relations between them. It is not considered synonymous with ecosystem, but as a carrier or linkage of ecosystems. It can be described further by its external appearance, internal biological, chemical and physical processes, and the intra – and interactions of internal and external properties, plus the cultural, e.g. technical, input of man.” [11]).

At present, one treats ecotone as a transition zone between ecological systems. Such organizations can have a zonal or mosaic character. The other form of spatial system, with not sharp outlines, characterized by a transitional stage between neighbouring communities, is ecocline. And the vegetation continuum is treated as an uninterrupted population sequence, but not as a mosaic of separate units.

This review does not enclose the whole problem of boundaries and transitional zones but gives the overview of the topic.

Key words: review, transitional zones, ecotone, ecocline, continuum

Dr Halina Ratyńska, Katedra Botaniki, Wyższa Szkoła Pedagogiczna, ul. Chodkiewicza 51, 85–667 Bydgoszcz; Zakład Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego, Pracownia Lasów i Zadrzewień Krajobrazu Rolniczego, Polska Akademia Nauk, ul. Szeherazady 74, 60–184 Poznań

Dr Wojciech Szwed, Katedra Botaniki Leśnej, Akademia Rolnicza, ul. Wojska Polskiego 71d, 60–625 Poznań; Zakład Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego, Pracownia Lasów i Zadrzewień Krajobrazu Rolniczego, Polska Akademia Nauk, ul. Szeherazady 74, 60–184 Poznań

WSTĘP

Jednym z elementów krajobrazu, rozumianego jako geokompleks [9, 11, 85], jest szata roślinna. W niniejszym artykule nasza uwaga skupia się na strefach przejścia, granicach między jednostkami roślinnymi różnej rangi, np. płacami, zespołami roślinnymi, kompleksami zbiorowisk, krajobrazami roślinnymi itd. Odgrywają one ważną rolę w przemieszczaniu się grup roślin i zwierząt; z jednej strony mogą być barierami ekologicznymi, z drugiej elementami łączącymi sąsiadujące ekosystemy. Podkreślana jest również stabilizacyjna, buforowa rola stref eko-tonowych [17, 42, 57, 110].

Ekologowie zainteresowani są strefami granicznymi z kilku względów, między innymi są to miejsca o relatywnie większej różnorodności, zbiorowiska odznaczają się tu większą produktywnością [77]. Strefy przejściowe stanowią interesujący obiekt badań modelowych ze względu na intensywność zachodzących w nich procesów. Warunki życiowe dla populacji przynajmniej niektórych gatunków są tu zbliżone do ekstremalnych i w związku z tym strefy przejścia można uważać za bioindykatory wszelkich zmian zachodzących w środowisku [38].

Problematyka granic jest ważna również z tego powodu, że umożliwia oddzielenie, uporządkowanie i klasyfikację jednostek roślinno-

ści, a co z tego wynika, ich ujęcia kartograficzne.

Od wczesnych lat osiemdziesiątych strefy przejściowe stały się jednym z podstawowych obiektów badań w ekologii krajobrazu. Prowadzono je w ramach różnych międzynarodowych programów, między innymi SCOPE (Scientific Advisory Committee on Ecotones) oraz MAB i UNESCO. IALE (International Association for Landscape Ecology) przeprowadza regularnie międzynarodowe seminaria poświęcone strukturze i funkcjonowaniu krajobrazu.

Z polskich badaczy tematyką tą zajmowali się m.in. Traczyk [93], Faliński [28, 29], Polakowska [80], Matuszkiewicz J. [64], Dąbrowska-Prot, Łuczak, Wójcik [21], Balcerkiewicz, Kasproicz [5], Falińska [27], Szwed, Ratyńska [91], Wojterska [111], Dąbrowska-Prot, Hilbricht-Ilkowska [20].

Niniejsze opracowanie jest próbą przedstawienia różnych ujęć, definicji i poglądów na zagadnienia granic i stref przejściowych w szacie roślinnej. Artykuł ten traktujemy jako przegląd wielu prac rozmaitych autorów, jako próbę przybliżenia spojrzenia różnych badaczy na problematykę stref przejścia. Ma on za zadanie zainicjować zagadnienia i główne kierunki badań w tym zakresie.

PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ I LITERATURY

Problematyką stref przejściowych zainteresowano się z początkiem obecnego stulecia. Pojęcie ekotonu wiąże się z pracami Livingstona [53], Clementsa [16] i Curtisa [18]. Rozumiano go początkowo jako pas przejściowy między formacjami roślinnymi.

Obecnie ekoton definiowany jest w zbliżony sposób przez różnych autorów [65], [74, 75], [81], [15], [42], [58] jako pewna, wyraźnie widoczna, forma strefy przejścia pomiędzy sąsiadującymi ekologicznymi systemami. Strefa ekotonowa różni się w sposób zasadniczy od sąsiadujących fitocenonów. Układy takie mogą mieć postać strefową (zwykle węższą od sąsiadujących zbiorowisk) lub mozaikową. Wielu autorów jak np. Leopold [52], Odum [73], Kershaw [46], Brzeg [14] uważają, że strefa przejścia jest

bogatsza w gatunki niż sąsiadujące z nią jednostki. Zjawisko to zostało nazwane efektem styku albo efektem brzeżnym („edge effect”). Ten wzrost liczby gatunków zależy od stopnia zróżnicowania konkretnych zbiorowisk, warunków środowiskowych i nasilenia antropogenicznych czynników. Rambouskova [82] zwraca uwagę, że wzrost liczby gatunków i ich zagęszczenie w ekotonie nie musi być regułą, potwierdzają to także nasze badania [91].

Inną formą układu przestrzennego, o nieostrych zarysach, w przeciwieństwie do ekotonu, obrazującą stopniowe przejście między sąsiadującymi zbiorowiskami jest ekoklina. Termin ten został wprowadzony w roku 1938 przez Huxley’a [43]. Posługują się nim także Westhoff [98], Whittaker [102], van der Maarel [54, 58], van der Maarel, Westhoff [59].

Amerykańscy ekologowie [18, 60, 101, 104, 106, 107 oraz 37] używają ponadto określenia continuum roślinne. Traktują oni roślinność jako ciągłość populacji gatunków, a nie jako mozaikę odrębnych jednostek. Matuszkiewicz [64] używa określenia „względne continuum” oznaczającego przechodzenie jednej fitocenozy w drugą.

Granica to coś co oddziela dwie jednostki. Mogą to być linie lub obszary przejściowe. Jest rzeczą oczywistą, że w przyrodzie istnieją różnego rodzaju granice środowiskowe i graniczne strefy przejściowe. Nas, jako geobotaników, interesuje zakres od populacji do krajobrazu, a szczególnie strefy przejścia między zbiorowiskami roślinnymi, ich kompleksami i jednostkami krajobrazowymi.

Ustalenie granic zależne jest od skali i poziomu organizacji. W realnie istniejącej roślinności Zonneveld [114], Westhoff [99], Walter [95], Walter, Box [96], van der Maarel [56, 57] wydzielają 6 poziomów. Są to:

1. kępy roślin, skupienia populacji jednego lub więcej gatunków,
2. podzespoły, facje, synuzje (merocoenoses),
3. zespoły,
4. kompleksy zbiorowisk,
5. regiony roślinności (krajobrazy roślinne),
6. formacje roślinne.

W badaniach nad roślinnością wyróżniono trzy kategorie granic:

1. rzeczywiste-nieciągłe w terenie – rozdzielające dwie konkretnie istniejące jednostki roślinności.
2. abstrakcyjne granice między klasyfikowanymi jednostkami – zależne od systemów klasyfikacji.
3. kartograficzne granice, linie na mapie [114].

Granice między jednostkami szaty roślinnej wyznacza się w oparciu o zmiany zachodzące w szacie roślinnej, będące wynikiem zróżnicowania czynników ekologicznych (Ryc. 1).

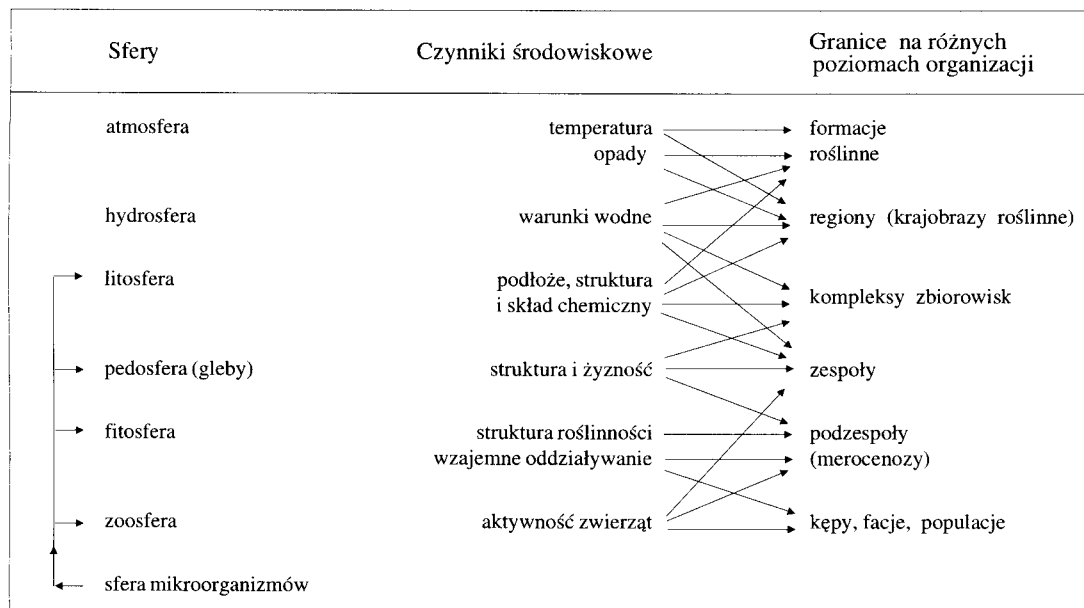
Praktycznym zastosowaniem uzyskanych efektów może być np. planowanie przestrzenne. Mając indeks zbiorowisk i kartograficzne rozpoznania roślinności rzeczywistej tworzy się mapę roślinności potencjalnej, a następnie mapę waloryzacji przyrodniczej. Ta z kolei jest podstawą racjonalnej ochrony przyrody i wykorzystania, walorów przyrodniczych danego terenu [3, 13, 19, 90, 106, 112].

Najbardziej spektakularnymi strefami przejść są granice między lądem a wodą [70]. Jednym z najważniejszych typów ekotonów jest

również skraj lasu. Dierschke [26], Balcerkiewicz, Kasprowicz [5], Larsen [50], Balcerkiewicz i inni [6, 7], Bałazy i inni [8] analizując skraj lasu w aspekcie strefy granicznej uważają, że warunki tam występujące przyczyniają się do wybitnego wzbogacenia inwentarza asocjacji w wyniku skupienia fitocenozy tych asocjacji na bardzo małej powierzchni.

Kryteriami wyróżniania jednostek graniczących ze sobą są ich skład i struktura (np. zróżnicowanie gatunkowe, populacyjne). Ich jakościowe kryteria to pozycja taksonomiczna, formy życiowe, formy wzrostu i inne ekologiczne oraz geograficzne wskaźniki. Kryteriami ilościowymi są liczba jednostek roślinnych i indywiduów jak również populacyjne cechy dające się wyrazić w frekwencji, pokrywaniu, biomase oraz rozmieszczeniu i zagęszczeniu [35, 46, 51, 55, 57, 58, 69, 83, 94, 100, 114].

Zagadnienia różnorodności gatunkowej mogą być rozpatrywane w różnych skalach. Na poziomie florystycznym – zróżnicowanie alfa (diversity), pomiędzy zbiorowiskami wzdłuż gra-



Ryc. 1. Schemat oddziaływania czynników środowiskowych i ich kompleksów na strefy przejściowe na różnych poziomach organizacji roślinności (za Van der Maarelem [56], zmienione).

Fig. 1. Supposed principal environmental factors and factors complexes determining plant community boundaries on various integration levels (according to van der Maarel [56], changed).

dientu siedliskowgo – zróżnicowanie beta (diversity) oraz na poziomie krajobrazu czy regionu – zróżnicowanie gamma (diversity). Syntetyczne opracowania tego zagadnienia przedstawiają m.in. Whittaker [103, 105, 108], Pielou [79], Merriam [67], Kozova i inni [49], Magurrau [61], Delcourt, Delcourt [23].

Teoretyczne rozważania dotyczące funkcjonowania krajobrazu w małej skali zawarte są w pracach Formana [30, 31, 32, 33.], Formana, Godrona [34, 35], Godrona, Formana [36], di Castri i in. [15], Jagomaegi i in. [44] i Hansena, di Castri [39], Wiens i in. [109]. Forman (lc.) wyróżnia trzy główne kategorie struktury krajobrazu:

1. płaty – stosunkowo niewielkie i mniej lub bardziej jednorodne powierzchnie,
2. korytarze – linie ciągłe takie jak ciekі wodne, drogi, pasowe zadrzewienia itp,
3. matryce – rozumiane jako wielkopowierzchniowa część krajobrazu zawierająca płaty i korytarze. Strefy przejściowe wyznaczają granice między nimi [15, 35]. Studia nad funkcjami korytarzy ekologicznych zawarte są m.in. w pracach Baudry'ego [12], Tabacchi i inni [92].

Koncepcja przejść między różnymi poziomami organizacji, typami roślinności wyraża się także zmianami czynników abiotycznych, na przykład stosunków wodnych, glebowych (porównaj m.in. [88, 89, 97]). Charakteryzując strefy graniczne uwzględnić należy również konfigurację terenu. Pojęcie granic jest ściśle powiązane z czasem i przestrzenią [42] oraz wpływem czynników antropogenicznych [70, 71].

Niższe poziomy organizacji charakteryzują się małą skalą przestrzenną (np. znikomy areal) i małą skalą czasową (np. duża częstotliwość cykli). Wyższe poziomy scharakteryzowane są większymi skalami przestrzennymi i czasowymi (duże arealy i wolne tempo przemian) – [1, 2, 76, 94].

Posługując się kryteriami czasu i przestrzeni Delcourt i inni [24], Delcourt, Delcourt [22, 23, 25] wyróżniają cztery zakresy oddziaływań: mikroskalę przedstawiającą zmiany poszczególnych płatów zbiorowisk roślinnych ($1-500 \text{ lat}$; $1 \text{ m}^2 - 10 \text{ m}^2$),

mezoskalę ilustrującą zjawiska na poziomie krajobrazu ($500-10.000 \text{ lat}$; $10 \text{ m}^2 - 10 \text{ m}^2$), makroskalę obejmującą oddziaływania w cyklach zlodowaceń na terenie prowincji, subkontynentu ($10.000-1.000.000 \text{ lat}$; $10 \text{ m}^2 - 10 \text{ m}^2$), megaskalę – globalna, analizuje czas i przestrzeń w odniesieniu do kontynentów i całej Ziemi ($1 \text{ milion} - 4,6 \text{ bilionów lat}$; $< 10 \text{ m}$).

Wydaje się, że dla większości naszych badań należałoby stworzyć termin „submicroskali” obejmujący zmiany roślinności (zarówno pod wpływem czynników naturalnych jak i antropogenicznych) w czasie od jednego sezonu wegetacyjnego do kilkudziesięciu lat. Większość rozpoznawień geobotanicznych operuje bowiem taką właśnie skalą czasową. Problem czasu i przestrzeni w badaniach geobotanicznych poruszany był w czasie spotkań Sekcji Geobotanicznej Polskiego Towarzystwa Botanicznego w Warszawie.

Inne rodzaje skal, też czasowo-przestrzennych, przedstawiają np. Urban i inni [94] i King [47].

Kryteria doboru metod do badań stref przejścia narzuca skala i poziom organizacji analizowanego obiektu. W badaniach geobotanicznych, obejmujących zakres od populacji do krajobrazu, najczęściej stosowane są:

1. Metody transektów w oparciu o serię jednakowych powierzchni,
2. Metody transektów w oparciu o wyznaczenie rzeczywiście istniejących jednostek,
3. Metody analizy florystycznej.

Florystyczne różnice wskazujące na istnienie granic pomiędzy powierzchniami pokazują Patton [78], van der Maarel [57], Harris i inni [40] i cytowana tam literatura. Wyrażone są one przy pomocy formuł matematycznych.

Przy systemowym ujęciu krajobrazu, traktując go jako wysoce skomplikowany układ, cenną metodą badawczą jest zastosowanie teledetekcji. Pozwala ona na szczegółową, obiektywną analizę i modelowanie numeryczne układów środowiskowych [68].

Rozpoznania jednostek na poziomie geokompleksów – krajobrazów [4, 9, 10, 48, 62, 63, 72, 84, 85, 86, 87, 110] wymagają często współpracy z geografami. Wśród metod regionalizacji

stosowanych w naukach geograficznych w Polsce wymienić należy dwa sposoby identyfikacji geokompleksów: integracja *a posteriori* i integracja *a priori* [45]. Pierwszy z nich polega na syntezie wcześniejszych badań analitycznych, a drugi rozpoczyna się od delimitacji wydzielen, w których granicach prowadzi się następnie badania analityczne.

Od lat osiemdziesiątych wielkim przebojem metodycznym stał się tzw. GIS (Geographic Information System) mający również zastosowania w badaniach nad strefami przejścia i granicami. Jest to komputerowy system umożliwiający przechowywanie, odtwarzanie i przetwarzanie informacji przestrzennych. Jedną z jego technologicznych zalet jest „automatyczne” kartowanie. GIS może być używany do łączenia kartograficznych (przestrzennych) i czasowych danych poprzez ich dodawanie, selekcję czy łączenie. System ten jest bardzo przydatny do gromadzenia danych, ich uzupełniania, dodawania, selekcji i tworzenia nowych kombinacji danych wybranych cech, ponadto wydzielenia danych biofizycznych oraz łączenia przestrzennych, socjologicznych i ekonomicznych danych z biofizycznymi jednostkami jakości krajobrazu niezbędnymi do oceny jego wartości [41, 66, 113].

Pewnym zagrożeniem przy stosowaniu GIS może być zbyt duża wiara w możliwości interpolacji danych przy użyciu metod numerycznych. Bardzo ważne staje się w tym momencie stworzenie możliwie dużej i wszechstronnej bazy danych.

W ostatnich latach ukazało się wiele publikacji o bardzo szerokim spektrum tematycznym wykorzystujących GIS. Omawianie ich stanowić może jednak przedmiot oddzielnej publikacji.

WNIOSKI

W przeglądzie tym nie wyczerpujemy wszystkich problemów związanych ze strefami przejściowymi. Przy tak bogatej literaturze i ograniczonych możliwościach wydawniczych jest to niemożliwe, a ponadto nie traktujemy prezentowanej pracy jako pełnej bibliografii przedmiotu.

Mamy nadzieję, że przedstawiony szkic

wraz z przeglądem podstawowej literatury będzie pomocą dla polskich, szczególnie młodych, geobotaników we wszelkich opracowaniach dotyczących stref przejścia i granic w szacie roślinnej.

LITERATURA

- [1] ALLEN T. F. H., STARR T. B. 1982. Hierarchy: perspectives for ecological complexity. Chicago. University of Chicago Press. ss. 310
- [2] ALLEN T. F. H., O'NEILL R. V., HOEKSTRA T. W. 1984. Interlevel relation in ecological research and management: some working principles for hierarchy theory. USDA Forest Service General Technical Report RM-110. Rocky Mountain and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado. s. 1–11.
- [3] ANONYM 1970. Waldforschung und Vegetationsgrenzen im Hochgebirge. Mitt. Ostalpin-dinarische Ges. Vegetationskde. **11**, ss. 276.
- [4] ARMAND D. L. 1980. Nauka o krajobrazie. PWN. Warszawa. ss. 335.
- [5] BALCERKIEWICZ S., KASPROWICZ M. 1989. Wybrane aspekty synantropizacji szaty roślinnej ujawniające się na granicy kompleksów leśnych. Seminarium naukowe *Wpływ gospodarki leśnej na środowisko*. 10–11 listopada 1988. Wyd. Nauk. SGGW-AR, Warszawa. 7: 7–21.
- [6] BALCERKIEWICZ S., KASPROWICZ M., PIETRZAK M. 1990. Próba sformułowania teoretycznych podstaw typologii antropogenicznej granicy lasu. *Spraw. PTPN* **107** 1988. Wyd. Mat.-Przyr. Poznań: 139–141.
- [7] BALCERKIEWICZ S., KASPROWICZ M., PIETRZAK M. 1992. Landscape-geobotanical basis for a typology of the man-made forest boundary. *Ekologia (CSFR)* **11**: 29–47.
- [8] BAŁAZY S., RATYŃSKA H., SZWED W. 1990. Struktura przestrzenna lasów i zadrzewień śródpolnych okolic Turwi na tle roślinności rzeczynowej. W: L. RYSZKOWSKI, J. MARCINEK, A. KĘDZIÓRA (red.), *Obieg wody i bariery biogeochemiczne w krajobrazie rolniczym*. Wyd. Nauk. UAM, Poznań, s. 37–45.
- [9] BARSCH H. 1979. W sprawie pojęć dotyczących powłoki ziemskiej i jej przestrzennego rozczłonkowania w terminologii nauki o krajobrazie. *Przegl. Zagr. Lit. Geogr.* **2**.
- [10] BARTKOWSKI T. 1977. Metody badań geografii fizycznej. PWN. Warszawa-Poznań. ss. 543.
- [11] BARTKOWSKI T. 1984. Landscape or geocomplex – substratum of the ecosystem – as viewed in the light of the notion of geosystem. *Ekologia (CSSR)* **3**(2): 159–170.
- [12] BAUDRY J. 1984. Effects of landscape structure on biological communities: the case of hedgerow network landscapes. W: J. BRANDT, P. AGGER (red.), *Methodology in landscape ecological research and planning*. Roskilde University Center, Denmark, 1: 55–65.
- [13] BRAUN-BLANQUET J. 1964. Pflanzensoziologie, Grun-

- dzuege der Vegetationskunde, 3. Aufl., Springer, Wien-New York. ss. 865.
- [14] BRZEG A. 1988. Ciepłolubne zbiorowiska okrajkowe z klasy *Trifolio-Geranietea sanguinei* w Wielkopolsce. *Prace Kom. Biol. PTPN*, **71**: 1–65.
 - [15] CASTRI DI F., HANSEN A. J., HOLLAND M. M. 1988. A new look at ecotones. Emerging International Project on Landscape Boundaries. *Bio. Int. Spec.* **1**, **17**: 1–163.
 - [16] CLEMENTS F. E. 1905. Research methods in ecology. Univ. Publ. Co., Lincoln, Neb. ss. 334.
 - [17] CONSTANT P., EYBERT M. C., MAHEO R. 1976. Avifaune reproductrice du bocage de l'Ouest. Les bocages: historie, ecologie, economie. I. N.R. A., C. N.R. S., E. N.S. A. et Universite de Rennes, France, s. 327–332.
 - [18] CURTIS J. T. 1959. The vegetation of Wisconsin. An ordination of plant communities. The Univ. Wisconsin Press, Madison, Wisc. ss. 657.
 - [19] DAUBENMIRE R. 1968. Plant communities. A textbook of plant synecology. Harper, Row, New York. ss. 300.
 - [20] DĄBROWSKA-PROT E., HILLBRICHT-ILKOWSKA A. 1992. Ekologiczne problemy krajobrazu pojeziernego (Polska północno-wschodnia) W: L. RYSZKOWSKI S. BAŁAZY (red.), *Wybrane problemy ekologii krajobrazu*. PAN, Poznań. s. 82–104.
 - [21] DĄBROWSKA-PROT E., ŁUCZAK J., WÓJCIK Z. 1973. Ecological analysis of two invertebrate groups in the wet alder and meadow ecotone. *Ekol. Pol.* **49**: 753–812.
 - [22] DELCOURT H. R., DELCOURT P. A. 1988. Quaternary landscape ecology: relevant scales in space and time. *Landscape Ecology*, **2**(1): 23–44.
 - [23] DELCOURT P. A., DELCOURT H. R. 1992. Ecotone dynamics in space and time. W: A. J. HANSEN, F. DI CASTRI (red.), *Landscape boundaries consequences for biotic diversity and ecological flows*. *Ecological Studies* **92**: 19–54.
 - [24] DELCOURT H. R., DELCOURT P. A., WEBB T. III 1983. Dynamic plant ecology: the spectrum of vegetational change in space and time. *Quat Sci Rev* **1**: 153–175.
 - [25] DELCOUR P. A., DELCOURT H. R. 1987. Long-term forest dynamics of temperate zone. *Ecological Studies* **63**: 1–439.
 - [26] DIERSCHKE H. 1974. Saumgesellschaften im Vegetations- und Standortsgefälle an Waldrändern. *Scripta Geobotanica*, Goettingen. **6**: 1–246.
 - [27] FALIŃSKA K. 1990. Osobnik, populacja, fitocenoza. PWN, Warszawa. ss. 310.
 - [28] FALIŃSKI J. B., 1962. Variabilité saisonnière des frontières des phytocénoses. *Acta Soc. Bot. Pol.*, **31**: 239–263.
 - [29] FALIŃSKI J. B. 1986. Vegetation dynamics in temperate lowland primeval forests. Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht-Boston-Lancaster. *Geobotany* **8**: 1–537.
 - [30] FORMAN R. T. T. 1979. The Pine barrens of New Jersey an ecological mosaic. W: R. T. T. FORMAN (red.), *Pine barrens: ecosystem and landscape*. Academic Press New York s. 569–585.
 - [31] FORMAN R. T. T. 1981. Interaction among landscape elements: a core of landscape ecology. W: S. P. THALLING, A. A. DE VEER (red.), *Perspectives in Landscape Ecology*. Pudoc, Wageningen, s. 57–64.
 - [32] FORMAN R. T. T. 1983. Corridors in a landscape: their ecological structure and function. *Ekologia (CSSR)* **2**: 375–387.
 - [33] FORMAN R. T. T. 1984. Landscape ecology principles and landscape functions. W: J. BRANDT, P. AGGER (red.), *Proceedings of the first international seminar on Methodology in landscape ecological research and planning*. Roskilde University Center, Denmark, **5**: 4–15.
 - [34] FORMAN R. T. T., GODRON M. 1981. Patches and structural components for a landscape ecology. *BioScience* **31**, **10**: 733–740.
 - [35] FORMAN R. T. T., GODRON M. 1986. Landscape ecology. John Wiley and Sons, New York. ss. 619.
 - [36] GODRON M., FORMAN R. T. T. 1983. Landscape modification and changing ecological characteristics. W: H. A. MOONEY, M. GODRON (red.), *Disturbances and ecosystems components of responses*. Springer Verlag, New York s. 12–28.
 - [37] GOODAL D. W. 1963. The continuum and the individualistic associations. *Vegetatio* **11**: 297–316.
 - [38] GOSZ J. R., SHARPE P. 1989. Broad scale concepts for interactions of climate, topography and biota at biotransitions. *Landscape Ecology*, **3**: 229–243.
 - [39] HANSEN J. A., DI CASTRI F. (red.) 1992. Landscape boundaries. Consequences for biotic diversity and ecological flows. *Ecological Studies*, **92**: 1–452.
 - [40] HARRIS H. J., MILLIGAN M. S., FEWLES G. A. 1983. Diversity: Quantification and ecological evaluation in fresh water marshes. *Biol. Conserv.* **27**: 99–110.
 - [41] HIELKEMA J., HOWARD J. A., TUCKER C. J., VAN INGENSCHENAU H. A. 1986. The FAO/NASA/NLR ARTemis system: an integrated concept for environmental monitoring by satellite in support of food/feed security and desert locust surveillance. Proc. 20th Symp. on Remote Sensing of Environment, Nairobi, Kenya. s. 147–160.
 - [42] HOLLAND M. M. (red.) 1988. SCOPE/MAB technical consultations on landscape boundaries: report of a SCOPE/MAB workshop on ecotones. Biology International, *Special Issue*, **17**: 47–106.
 - [43] HUXLEY J. 1938. Clines: an auxiliary taxonomic principle. *Nature* **142**: 219–220.
 - [44] JAGOMAEGLI E., KUELVIK M., MANDER U., JACUCHNO V. 1988. The structural-functional role of ecotones in the landscape. *Ekologia (CSSR)* **7**: 81–94.
 - [45] JURDANT M., BELAIR J. L., GERARDIN V., DUCRUC J. P. 1977. L'inventaire du Capital-Nature. Service des Etudes Ecologiques Regionales. Pêches et Environnement, Canada, Quebec.
 - [46] KERSHAW K. A. 1978. Ilościowa i dynamiczna ekologia roślin. PWN, Warszawa, ss. 383.
 - [47] KING A. W. 1991. Translating models across scales in the landscape. W: M. G. Turner, R. H. Gardner (red.), *Quantitative methods in landscape ecology. The analysis and interpretation of landscape heterogeneity*. Springer Verlag s. 479–517.

- [48] KOŁOMYC E. T. 1987. Badania krajobrazu w strefach przejściowych. (w jęz. ros.). Nauka, Moskwa, ss. 117.
- [49] KOZOVA M., SMITALOVA K., VIZYOVA A. 1985. Use of measures of network connectivity in the evaluation of ecological landscape stability. VII Intern. Symp. on Problems of Landscape Ecol. Research. Panel No. 1, 2, Czechoslovakia, 21–26, 10, 1985.
- [50] LARSEN J. A. 1989. The northern forest border in Canada and Alaska: biotic communities and ecological relationships. *Ecological Studies* **70**: 1–255.
- [51] LEEUWEN C. G. van 1966. A relation theoretical approach to pattern and process in vegetation. *Wentia* **15**: 25–46.
- [52] LEOPOLD A. 1933. Game management. Charles Scribner's Sons, New York.
- [53] LIVINGSTON B. E. 1903. The distribution of the upland oocytes of Kent Country, Michigan. *Bot. Gaz.* **35**: 36–55.
- [54] MAAREL E. van der 1960. Rapport inzake de vegetatie van het duingebied van de Stichting „Het Zuid-Hollands Landschap” bij Oostvoorne, Delft. ss. 57.
- [55] MAAREL E. van der 1966. On vegetational structures, relations and systems, with special reference to the dune grasslands of Voorne. The Netherlands. Thesis, Utrecht. ss. 170.
- [56] MAAREL E. van der 1974. Small-scale vegetational boundaries; on their analysis and typology. W: W. H. SOMMER, R. TUEXEN (red.), *Tatsachen und Probleme der Grenzen in der Vegetation*. Ber. Symp. Intern. Ver. Vegetationskde. Lehre. J. Cramer, s. 75–80.
- [57] MAAREL E. van der 1976. On the establishment of plant community boundaries. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, **89**: 415–443.
- [58] MAAREL E. van der 1990. Ecotones and ecoclines are different. *J. Veget. Sc.*, **1**: 135–138.
- [59] MAAREL E. VAN DER, WESTHOFF V. 1964. The vegetation of the dunes near Oostvoorne, Netherlands (with one vegetation map). *Wentia*, **12**: 1–61.
- [60] MACINTOSH R. P. 1967. The continuum concept of vegetation. *Bot. Rev.* **33**(2): 131–187.
- [61] MAGURRAN A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. *Princeton University Press*, Princeton, Nw Jersey. ss. 179.
- [62] MARSZ A. 1966. Próba regionalizacji fizycznogeograficznej Wyspy Wolin. *Bad. Fizjogr. nad Polską Zach.* **17**: 59–108.
- [63] MARSZ A. 1974. A new method of physiographic regionalization. *Questiones Geographicae*. Poznań, **1**: 97–107.
- [64] MATUSZKIEWICZ J. 1972. Analiza zmienności przestrzennej runa w strefie kontaktowej dwu fitocenoz. *Phytocoenosis*, **1**: 121–149.
- [65] MATUSZKIEWICZ W., 1981. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. PWN. Warszawa. ss. 298.
- [66] MEIJERINK A. M.J., VALENZUELA C. R., STEWARD A. (red.), 1988. IL WIS: The integrated Land and Watershed Management Information System. ITC Publ. No. 7. Enschede. ss. 115.
- [67] MERRIAM G. 1984. Connectivity: a fundamental ecological characteristics of landscape pattern. Proc. I. Intern. Sem. IALE „Methodology in landscape ecological research and planning”, Roskilde Denmark, Oct. 15–19, **1**: 5–15.
- [68] MOZGAWA J. 1992. Teledetekcyjne metody charakterystryki krajobrazu. W: L. RYSZKOWSKI, S. BAŁAZY (red.), *Wybrane problemy ekologii krajobrazu*. Zakł. Bad. Środoń Rol. i Leś. PAN, Poznań, s. 67–81.
- [69] MUELLER-DOMBOIS D., ELLENBERG H., 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley Sons, New York. ss. 547.
- [70] NAIMAN R. J., DECAMPS H., 1990. The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones. *MAB series, UNESCO*, Paris, **4**: 1–316.
- [71] NAIMAN R. J., HOLLAND M. M., DECAMPS H., RISSER P. G. 1988. A new UNESCO programme: research and management of land/inland water ecotones. *Biology International, Special Issue*, **17**: 107–136.
- [72] NEEF E. 1967. Die theoretischen Grundlagen der Landschafts – Lehre. Gotha/Leipzig, ss. 152.
- [73] ODUM E. P. 1963. Ecology. Modern Biology Series. Holt, Rinehart and Winston, New York. ss. 152.
- [74] ODUM E. P. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science*, **164**: 262–270.
- [75] ODUM E. P. 1982. Podstawy ekologii. PWRiL, Warszawa. ss. 661.
- [76] O'NEILL R. V., DEANGELIS D. L., WAIDE J. B., ALLEN T. F.H. 1986. A hierarchical concept of ecosystems. Princeton New Jersey, Princeton University Press. *Monographs in Population Biology* **23**.
- [77] OVINGTON J. D., HEITKAMP D., LAWRENCE D. B. 1963. Plant biomass and productivity of prairie, savanna, oak-wood, and maize field ecosystems in central Minnesota. *Ecology* **44**: 52–63.
- [78] PATTON D. R. 1975. Diversity index of quantifying habitat hedge. *Wild Life Society Bull.* **3**, 4: 171–173.
- [79] PIELOU E. C. 1975. Ecological diversity. J. Wiley, New York. ss. 165.
- [80] POLAKOWSKA M. 1966. Analyse der Übergangszone zwischen Waldgesellschaften. *Ekol. Pol. A.* **14**: 1–24.
- [81] RABOTNOW T. A. 1985. Fitocenologia. Ekologia zbiorowisk roślinnych. PWN, Warszawa. s. 574.
- [82] RAMBOUSKOVA H. 1988. Comments on the ecostabilizing functions of small-scale landscape structures. I. Part. *Ecol. (CSSR)* **7**(4): 397–412.
- [83] REJMANEK M. 1977. The concept of structure in phytosociology with reference to classification of plant communities. *Vegetatio*, **35**: 55–61.
- [84] RICHLING A. 1976. Analiza struktury środowiska geograficznego i nowa metoda regionalizacji fizycznogeograficznej. *Rozprawy UW*, **104**. ss. 108.
- [85] RICHLING A. 1982. Metody badań kompleksowej geografii fizycznej. PWN. ss. 163.
- [86] RICHLING A. 1992. Kompleksowa geografia fizyczna. PWN. Warszawa. ss. 378.
- [87] RICHLING A. 1992. Krajobraz w ujęciu nauk geograficznych. W: L. RYSZKOWSKI, S. BAŁAZY (red.), *Wybrane problemy Ekologii krajobrazu*. Zakł. Bad. Środoń Rol. i Leś. PAN, Poznań. s. 27–39.
- [88] RISSER P. G. (red.) 1985. Spatial and temporal variability

- lity of biospheric and geospheric processes: research needed to determine interactions with global environmental change. The International Council of Scientific Unions Press, Paris, France. ss.
- [89] RISSE P. G., KARR J. R., FORMAN R. T. 1984. Landscape ecology: directions and approaches. Illinois Natural History Survey. Special Publication Number 2, Champaign, Illinois, USA. ss. 18.
- [90] SOMMER W. H., TUEXEN R. 1974. Tatsachen und Probleme der Grenzen in der Vegetation. *Symp. Intern. Ver. Vegetationskde.* J. Cramer, Lehre. ss. 431.
- [91] SZWED W., RATYŃSKA H. 1991. Vegetation transition and boundaries based on afforestation in the agricultural landscape (Middle-West Poland). *Phytocoenosis* 3 (N. S.) Suppl. *Cartograph. Geobot.* 2: 311–317.
- [92] TABACCHI E., PLANTY-TABACCHI A.-M., DECAMPS O. 1990. Continuity and discontinuity of the riparian vegetation along a fluvial corridor. *Landscape Ecology* 5(1): 9–20.
- [93] TRACZYK T. 1960. Badania nad strefą przejścia zbiorowisk leśnych. *Ekol. Pol.* A, 8: 85–125.
- [94] URBAN D. L., O'NEILL R. V., SHUGART H. H. 1987. Landscape ecology. *BioScience*, 37: 119–127.
- [95] WALTER H. 1976. Die oecologischen Systeme der Kontinente (Biosphaere), Fischer, Stuttgart. ss. 131.
- [96] WALTER H., BOX E. 1976. Global classification of natural terrestrial ecosystems. *Vegetatio* 32: 75–81.
- [97] WEAVER J. E. 1960. Flood plain vegetation of the central Missouri Valley and contacts of woodland with prairie. *Ecological Monographs*, 30: 37–64.
- [98] WESTHOFF V. 1947. The vegetation of dunes and salt marshes on the Dutch islands of Terschelling, Vlieland and Texel. Thesis, Utrecht. ss. 131.
- [99] WESTHOFF V. 1974. Stufen und Formen von Vegetationsgrenzen und Ihre metodische Annäherung. W: W. H. SOMMER, R. TUEXEN (red.), *Tatsachen und Probleme der Grenzen in der Vegetation*, ss. 431. Ber. Symp. Intern. Ver. Vegetationkde. 1968. J. Cramer, Lehre, s. 45–68.
- [100] WESTHOFF V., MAAREL E. van der 1973. The Braun-Blanquet approach. W: R. H. WHITTAKER (red.), *Handbook of vegetation science*. Part V: *Ordination and classification of communities*. Junk, The Hague. ss. 617–726.
- [101] WHITTAKER R. H. 1951. A criticism of the plant association and climax concepts. *Northwest Sci.*, 25: 17–31.
- [102] WHITTAKER R. H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecol. Monogr.* 30: 279–338.
- [103] WHITTAKER R. H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. *Science* 147: 250–260.
- [104] WHITTAKER R. H. 1967. Gradient analysis of vegetation. *Biol. Rev.* 42: 207–264.
- [105] WHITTAKER R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213–251.
- [106] WHITTAKER R. H. 1973. Ordination and classification. W: R. TUEXEN (red.), *Handbook of vegetation science*. Part V: Junk, The Hague. ss. 737.
- [107] WHITTAKER R. H. 1975. Communities and ecosystems. 2 wyd., MacMillan, New York. ss. 387.
- [108] WHITTAKER R. H. 1977. Evolution of species diversity in land communities. *Evol. Biol.* 10: 1–67.
- [109] WIENS J. A., CRAWFORD C. S., GOSZ J. R. 1985. Boundary dynamics: a conceptual framework for landscape ecosystems. *Oikos* 45: 421–427.
- [110] WIDACKI W. 1981. Kłasyfikacja granic geokompleksów. *Zesz. Nauk. UJ. Prace Geogr.*, 53: 19–26.
- [111] WOJTERSKA M. 1990. Mezofilne zbiorowiska zaroślowe Wielkopolski. *Prace Kom. Biol. PTPN*, 72: 1–128.
- [112] WOJTERSKI T., BALCERKIEWICZ S., LESZCZYŃSKA M., PIĄSZYK M. 1973. Szata roślinna jako wskaźnik do zagospodarowania Doliny Warty w Poznaniu dla celów rekreacyjnych. *Bad. Fizjogr. nad Polską Zach., Biol.* 24: 143–163.
- [113] ZEE D. VAN DER, HUIZING H. 1988. Automated cartography and electronic information system. W: KÜCHLER A. W., ZONNEVELD I. S. (red.), *Handbook of Vegetation Science*. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht. s. 163–190.
- [114] ZONNEVELD I. S. 1974. On abstract and concrete boundaries, arranging and classification. W: W. H. SOMMER, R. TUEXEN (red.), *Tatsachen und Probleme der Grenzen in der Vegetation*, ss. 431. Ber. Symp. Intern. 1968. J. Cramer, Lehre. s. 17–43.
- [115] ZONNEVELD I. S. 1989. The land unit – A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. *Landscape Ecology*, 3(2): 67–86.