

Bogactwo flory naczyniowej a wskaźniki synantropizacji w dolinie rzecznej na przykładzie dolnego Sanu

Species richness and synanthropization rates of the vascular flora in the lower San river valley

RAFAŁ KRAWCZYK

R. Krawczyk, Zakład Ochrony Przyrody, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, ul. Akademicka 19, 20-033 Lublin; e-mail: Rafal.Krawczyk@umcs.lublin.pl

ABSTRACT: The paper presents spatial variation in floristic indices in the medium-size valley of the San River. Indices of species richness and synanthropization rates were calculated for 366 1 x 1 km cartogram squares. The Spearman rank correlation coefficient was used to analyze the relationships between individual indices. Species richness in individual basic plots ranges from 102 to 391, with a mean of 248. The share of anthropophytes ranges from 0.9% to 35.5% , with a mean of 18.1%. In general, the flora of the present valley floor is characterized by a higher species richness and a higher anthropophytization rate than glacial terrace. There was a positive correlation between species richness and the number of anthropophytes present, but no correlation between species richness and the anthropophytization rate. In individual basic plots, their values can be very divergent.

KEY WORDS: vascular flora, species richness, synantropization rates, river valley, San River, SE Poland

Wstęp

Różnorodność gatunkowa jest zjawiskiem złożonym i zmiennym w czasie, a jej wartość zależy od przyjętej skali. Ingerencja człowieka w środowisko naturalne rozpatrywana pod kątem zmian różnorodności ma dwukierunkowy charakter, tzn. może powodować zarówno jej wzrost jak i spadek. W makroskali działalność człowieka początkowo zdecydowanie sprzyjała wzrostowi bogactwa gatunkowego. Związane to było ze zmianą struktury krajobrazu oraz z napływem obcych gatunków korzystających z nowych warunków. Prawdopodobnie

KRAWCZYK R. 2011. Bogactwo flory naczyniowej a wskaźniki synantropizacji w dolinie rzecznej na przykładzie dolnego Sanu. *Acta Botanica Silesiaca* 7: 63–77.

największe wartości różnorodności gatunkowej roślin w Europie przypadły na czasy bezpośrednio poprzedzające rewolucję przemysłową (Kornaś 1981). Po tym okresie obserwuje się wyraźny spadek związany z intensyfikacją gospodarki, wynikiem której było ustępowanie niektórych gatunków, w pierwszej kolejności rodzimych taksonów stenotopowych, a następnie również starszych przybyszów związanych z ekstensywnym rolnictwem i prymitywnym osadnictwem (Zajac i in. 2009). Na poziomie ekosystemu czy zbiorowiska wpływ wkraczania obcych gatunków na bioróżnorodność zależy od stopnia ich ekspansywności, w przypadku taksonów inwazyjnych wiąże się to najczęściej ze spadkiem wskaźników różnorodności (Parker i in. 1999; Hejda i in. 2009). W skali krajobrazowej (ponad-ekosystemalnej) zależności pomiędzy wskaźnikami bogactwa i synantropizacji są bardziej skomplikowane i nie muszą mieć charakteru przyczynowo-skutkowego.

Doliny rzeczne w umiarkowanej szerokości geograficznej stanowią najlepszy model do badań nad różnorodnością gatunkową, procesami synantropizacji i dynamiką flory. Wynika to z dużego naturalnego zróżnicowania siedliskowego jak również z wielowiekowej historii wykorzystania przez człowieka terenów nadrzecznych do różnych celów. Doliny rzeczne pełnią rolę korytarzy ekologicznych (Burkart 2001), a nierzadko funkcjonują jako centra różnorodności (Naiman i in. 1993; Solon 1999; Kucharczyk 2001, 2002, 2003a; Nobis 2008). Istotne znaczenie ma tu również podatność nadrzecznych ekosystemów na wnikanie obcych geograficznie gatunków roślin (Pyšek, Prach 1993; Hood, Naiman 2000; Dajdok, Kącki 2003; Kucharczyk 2003a; Kucharczyk, Krawczyk 2004; Tokarska-Guzik 2005).

Celem pracy jest charakterystyka przestrzennego zróżnicowania wartości wskaźników bogactwa gatunkowego i synantropizacji flory w dolinie rzecznej średniej wielkości oraz określenie wzajemnych relacji pomiędzy nimi.

1. Charakterystyka terenu badań

San to największy karpacki dopływ Wisły. Dolina dolnego Sanu jest szeroką bruzdą erozyjną (ok. 10 km) o rozbudowanym systemie teras rzecznych (Kondracki 2002). Cechuje ją dojrzała rzeźba, a dobrze wyodrębnione strome zbocza występują tylko na krótkich odcinkach. Na dno doliny składają się dwa podstawowe poziomy – współczesne dno doliny (z terasami rędziną i łęgową) wyłożone osadami madowymi, oraz piaszczysta terasa plejstoceńska. W ich obrębie wydziela się jeszcze kilka drobnych stopni terasowych (Buraczyński, Wojtanowicz 1966; Szumański 1986). Dolny San ma małą krętość a szerokość koryta waha się od 80 do 200 m. Po częściowym uregulowaniu i obwałowaniu na przełomie XIX i XX w. San płynie po szerokopromiennych łukach wykazując nadal cechy rzeki roztokowej. W okresie niskich stanów wód San tworzy nieregularnie rozmieszczone piaszczyste odsypy.

Sposób użytkowania terenu w dolinie jest wyraźnie zróżnicowany. Terasę plejstoceńską w znacznej części pokrywają lasy natomiast na terasach współczesnej doliny przeważa krajobraz rolniczy. Na badanym odcinku doliny zlokalizowane jest średniej wielkości przemysłowe miasto Stalowa Wola, które wraz z Niskiem tworzy jeden z większych obszarów zurbanizowanych w regionie.

2. Materiał i metody

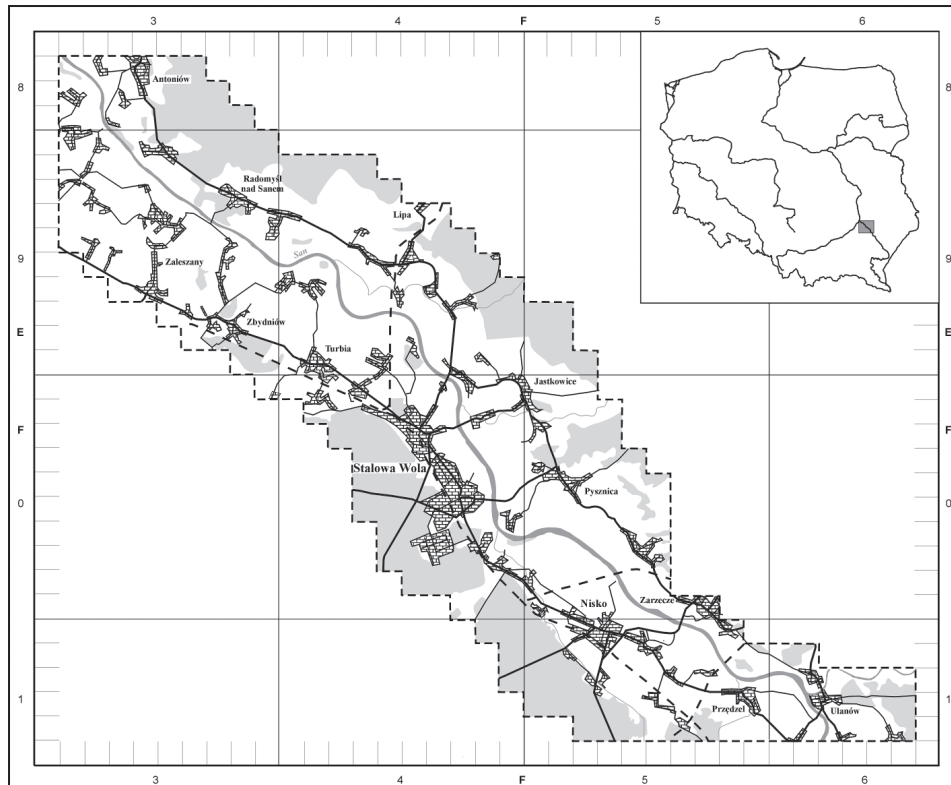
Dane florystyczne wykorzystane w pracy zostały zebrane w trakcie kartowania flory naczyniowej na 50-km odcinku doliny Sanu od Ulanowa do ujścia (ryc. 1). Badania terenowe przeprowadzone zostały w latach 2002–2008 z wykorzystaniem siatki ATPOL (Zajac 1978). Łącznie skartowano 366 pól badawczych o powierzchni 1 km². W analizie wykorzystano również aktualne (zebrane po roku 2000) dane z literatury. W pracy uwzględniono gatunki rodzime i zadomowione antropofity.

Dla każdego podstawowego pola badawczego wyliczono wartości następujących wskaźników:

- bogactwo florystyczne (B = liczba gatunków w jednostce kartogramu);
- walor florystyczny ($W_f = \Sigma(N-n)/N$) i odrębność florystyczna ($O_f = \Sigma W_f / l_k$), gdzie N – ogólna liczba jednostek kartogramu, n – liczba jednostek kartogramu, w których gatunek występuje, l_k – liczba gatunków w jednostce kartogramu (Géhu 1979);
- wskaźnik antropofityzacji (A = liczba antropofitów*100/ N), archeofityzacji (Ar = liczba archeofitów*100/ N), kenofityzacji (K = liczba kenofitów*100/ N), modernizacji (M = liczba kenofitów*100/liczba antropofitów), gdzie N oznacza liczbę wszystkich gatunków w jednostce kartogramu (Kornaś 1977; Jackowiak 1990).

Dla wymienionych wskaźników sporządzono kartogramy obrazujące ich wartości w sześciu przedziałach wielkości przedstawionych w skali szarości. Kartogramy wykorzystano następnie do opisu przestrzennego zróżnicowania wartości rozpatrywanych wskaźników.

W pracy podano także liczbę antropofitów N_{an} , liczbę archeofitów N_{ar} (Zajac 1979), liczbę kenofitów N_{kf} , liczbę agriofitów N_{ag} , liczbę epekofitów N_{ep} (Zajac i in. 1998) oraz liczbę taksonów zagrożonych rodzimego pochodzenia N_{en} (Zarzycki, Szeląg 2006, nieznacznie zmodyfikowane) występujących w poszczególnych jednostkach kartogramu. Dla wszystkim wymienionych wskaźników podano średnią arytmetyczną oraz odchylenie standardowe. Zależności liczbowe pomiędzy wskaźnikami zostały wyliczone przy pomocy współczynnika korelacji rang Spearmana z zastosowaniem pakietu Statistica 6.0.



Ryc. 1. Położenie terenu badań w siatce kwadratów ATPOL

Fig. 1. Location of the investigated area in the ATPOL square grid

3. Wyniki

Flora przebadanej części doliny Sanu liczy 1033 gatunki roślin naczyniowych. Bogactwo florystyczne, wyrażone jako liczba gatunków w jednostce kartogramu, wyniosło od 102 do 391, średnia wartość dla pola badawczego to 248,4 (tab. 1). Kwadraty, w których stwierdzono powyżej 300 taksonów stanowią 15,6% wszystkich przebadanych jednostek kartogramu. Ogólnie, współczesne dno doliny charakteryzuje się wyższymi wskaźnikami bogactwa niż terasa plejstocenska (ryc. 2). Obszary najbardziej wyróżniające się pod względem dużego bogactwa położone są w strefach krawędziowych pomiędzy współczesną doliną i terasą plejstocenską oraz na granicy doliny i płaskowyżu. Najuboższymi florystycznie są obszary leśne położone na terasie glacialnej. Przestrzenny rozkład wartości waloru florystycznego w jednostkach kartogramu jest bardzo podobny jak w przypadku bogactwa gatunkowego (ryc. 3 i 4). Z kolei pod względem wskaźnika odrębności florystycznej najwyższymi wartościami charakteryzują się zbocze doliny z wierzchowiną, terasa glacialna, oraz fragmenty terasy łęgowej.

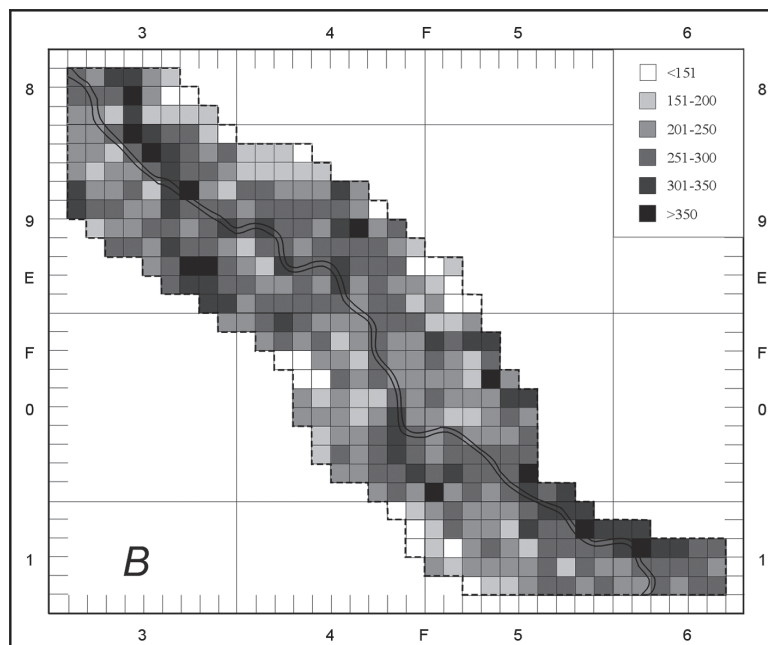
Tabela 1. Wartości wskaźników florystycznych w dolinie Sanu
Table 1. Values of floristic indices in the San River valley

	<i>B</i>	<i>W_f</i>	<i>O_f</i>	<i>A</i>	<i>Ar</i>	<i>K</i>	<i>M</i>	<i>N_{an}</i>	<i>N_{ar}</i>	<i>N_{kf}</i>	<i>N_{ag}</i>	<i>N_{ep}</i>	<i>N_{en}</i>
śr./ mean	248,4	107,0	0,43	18,1	10,9	7,1	41,3	45,6	27,7	17,9	10,6	7,2	1,1
sd	56,0	30,6	0,04	5,7	4,1	2,5	12,1	16,4	11,0	7,2	4,5	3,3	1,5
min	102	43,7	0,31	0,9	0,0	0,9	22,2	1	0	1	1	0	0
max	391	198,0	0,58	35,5	23,5	16,9	100,0	83	47	46	26	20	8

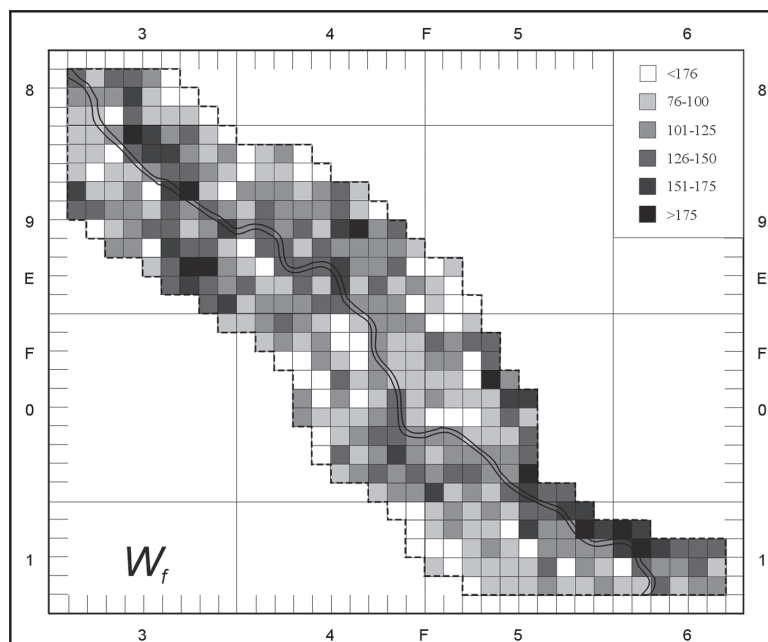
Objaśnienia: *B* – bogactwo florystyczne, *W_f* – walor florystyczny, *O_f* – odrębność florystyczna, *A* – wsk. antropofityzacji, *Ar* – wsk. archeofityzacji, *K* – wsk. kenofityzacji, *M* – wsk. modernizacji flory, *N_{an}* – liczba antropofitów, *N_{ar}* – liczba archeofitów, *N_{kf}* – liczba kenofitów, *N_{ag}* – liczba agriofitów, *N_{ep}* – liczba epekofitów, *N_{en}* – liczba rodzimych gatunków zagrożonych; śr. – średnia, sd – odchylenie standardowe, min – wartość minimalna, max – wartość maksymalna

Explanations: *B* – floristic richness, *W_f* – floristic value, *O_f* – floristic individuality, *A* – anthropophytization rate, *Ar* – archaeophytization rate, *K* – kenophytization rate, *M* – modernization rate, *N_{an}* – number of anthropophytes, *N_{ar}* – number of archaeophytes, *N_{kf}* – number of kenophytes, *N_{ag}* – number of agriophytes, *N_{ep}* – number of agriophytes, *N_{en}* – number of endangered native species, sd – standard deviation, min – minimal value, max – maximal value

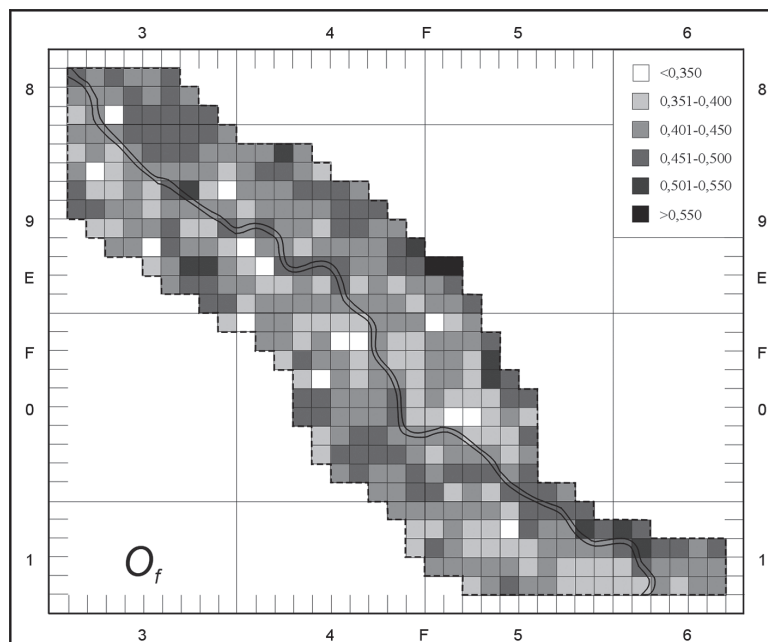
Gatunki obcego pochodzenia stanowią na badanym terenie 19,6% trwałych składników flory, z czego 8,5% przypada na archeofity. W poszczególnych jednostkach kartogramu wartości wskaźników antropogenicznego przekształcenia flory były silnie zróżnicowane. Liczba antropofitów w jednostce kartogramu wyniosła od 1 do 83, co stanowi odpowiednio 0,9–35,5% (średnio 18,1%) wszystkich gatunków w polu badawczym. Największe wartości wskaźnika antropofityzacji odnotowano w obszarach miejskich oraz w większych wsiach, najmniejsze zaś na obszarach leśnych terasy glacialnej (ryc. 5). Podobny rozkład ma wartość wskaźnika archeofityzacji, z tym że udział archeofitów w miastach jest mniej znaczący, wzrasta natomiast rola obszarów rolniczych jako miejsc licznego występowania gatunków z tej grupy historyczno-geograficznej (ryc. 6). W przypadku wskaźnika kenofityzacji w sposób szczególny wyróżniają się obszary miejskie Stalowej Woli i Niska, które cechuje wysoki udział nowych przybyszów (ryc. 7). Nieco większy udział kenofity mają również w obszarze silnego oddziaływania rzeki. Wskaźnik modernizacji flory największe wartości (nawet do 100%) przyjmuje na obszarach leśnych terasy plejstoczeńskiej (ryc. 8). Dosyć wysokie wartości pod tym względem ma także obszar zurbanizowany



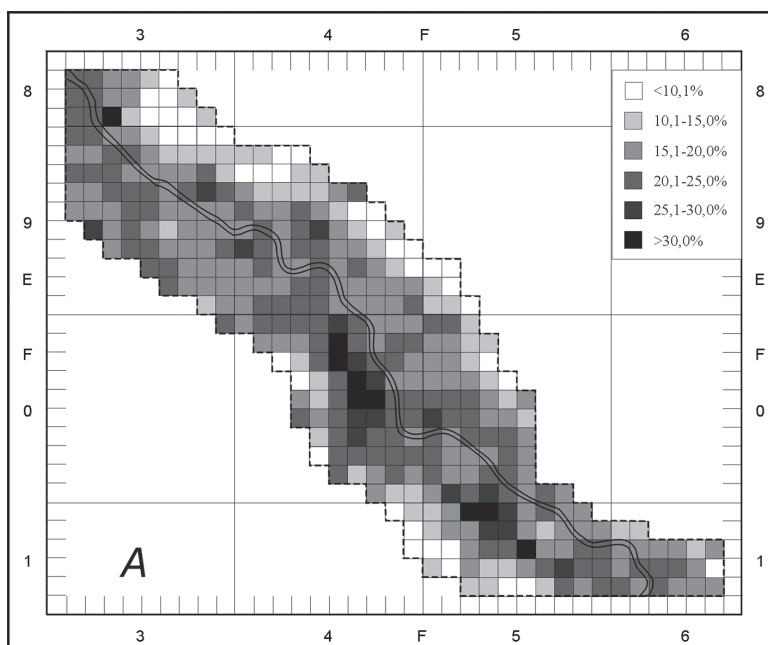
Ryc. 2. Przestrzenne zróżnicowanie wartości wskaźnika bogactwa florystycznego
Fig. 2. Spatial variation of floristic richness index



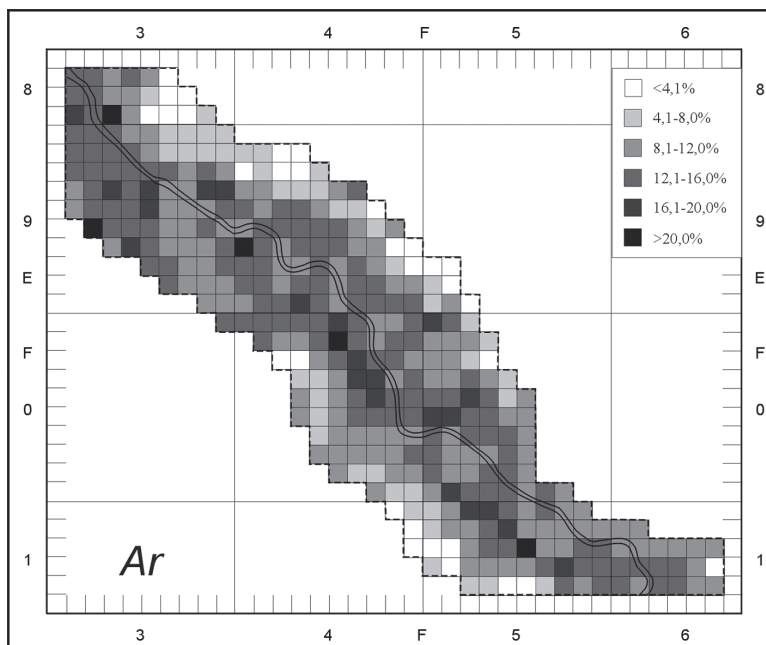
Ryc. 3. Przestrzenne zróżnicowanie wartości wskaźnika waloru florystycznego
Fig. 3. Spatial variation of floristic value index



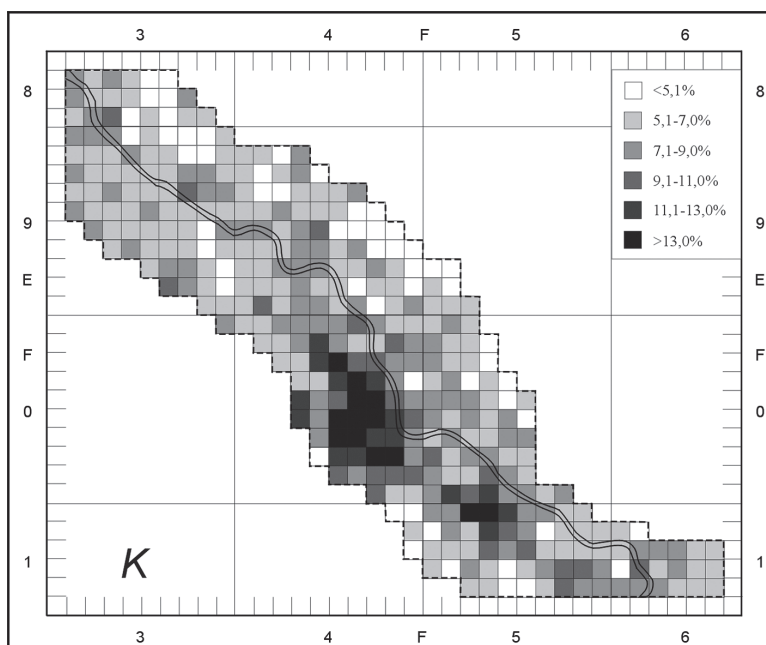
Ryc. 4. Przestrzenne zróżnicowanie wartości wskaźnika odrębności florystycznej
Fig. 4. Spatial variation of floristic individuality index



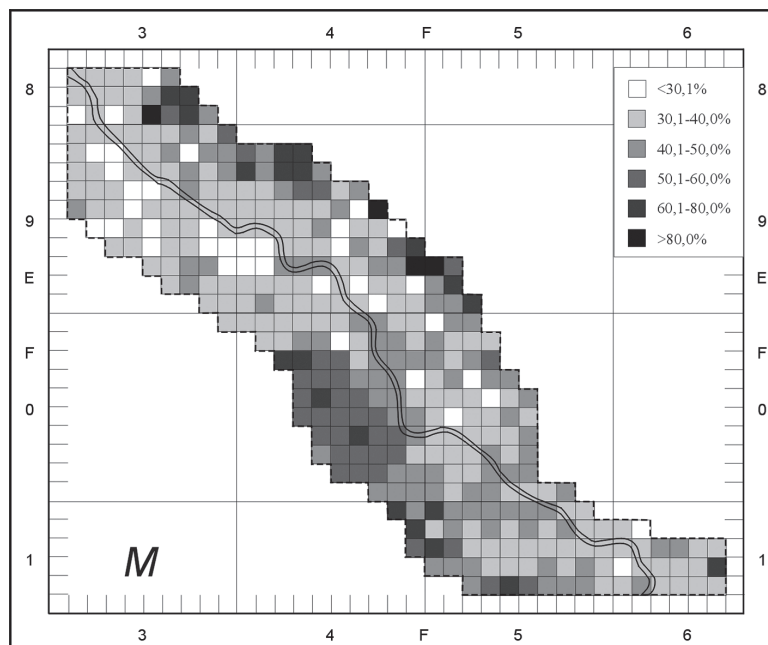
Ryc. 5. Przestrzenne zróżnicowanie wartości wskaźnika antropofityzacji
Fig. 5. Spatial variation of anthropophytization rate



Ryc. 6. Przestrzenne zróżnicowanie wartości wskaźnika archeofityzacji
Fig. 6. Spatial variation of archeophytization rate



Ryc. 7. Przestrzenne zróżnicowanie wartości wskaźnika kenofityzacji
Fig. 7. Spatial variation of kenophytization rate



Ryc. 8. Przestrzenne zróżnicowanie wartości wskaźnika modernizacji

Fig. 8. Spatial variation of modernization rate

Stalowej Woli. Minimalne wartości (poniżej 30%) notowane są w obszarach zdominowanych przez pola uprawne.

Duże bogactwo gatunkowe jest zwykle zbieżne z większą liczbą antropofitów (tab. 2). Nie wykazano natomiast istotnego statystycznie związku pomiędzy wartościami wskaźników bogactwa florystycznego i antropofityzacji. Jedynie wartość wskaźnika odrębności florystycznej była ujemnie skorelowana z udziałem antropofitów we florze oraz dodatnio z wartością wskaźnika modernizacji flory (tab. 2). Liczba rodzimych gatunków zagrożonych jest dodatnio skorelowana ze wskaźnikami bogactwa (najsilniej z O_p) oraz ujemnie z udziałem gatunków obcego pochodzenia.

Tabela 2. Korelacje rang Spearmana pomiędzy wartościami wskaźników florystycznych
 Table 2. Spearman rank correlation matrix between values of floristic indices

	<i>B</i>	<i>W_f</i>	<i>O_f</i>	<i>A</i>	<i>Ar</i>	<i>K</i>	<i>M</i>	<i>N_{an}</i>	<i>N_{ar}</i>	<i>N_{kf}</i>
<i>B</i>	x	0,97 ³	0,51 ³	-	-	0,12 ¹	-0,21 ³	0,63 ³	0,58 ³	0,59 ³
<i>W_f</i>	0,97 ³	x	0,68 ³	-	-	-	-	0,56 ³	0,47 ³	0,56 ³
<i>O_f</i>	0,51 ³	0,68 ³	x	-0,40 ³	-0,53 ³	-0,14 ²	0,38 ³	0,11 ¹	-	0,21 ³
<i>A</i>	-	-	-0,40 ³	x	0,88 ³	0,76 ³	-0,30 ³	0,75 ³	0,69 ³	0,64 ³
<i>Ar</i>	-	-	-0,53 ³	0,88 ³	x	0,44 ³	-0,65 ³	0,63 ³	0,78 ³	0,36 ³
<i>K</i>	0,12 ¹	-	-0,14 ²	0,76 ³	0,44 ³	x	0,27 ³	0,66 ³	0,37 ³	0,83 ³
<i>M</i>	-0,21 ³	-	0,38 ³	-0,30 ³	-0,65 ³	0,27 ³	x	-0,20 ³	-0,56 ³	0,17 ²
<i>N_{en}</i>	0,26 ³	0,32 ³	0,37 ³	-0,26 ³	-0,17 ²	-0,27 ³	-	-	-	-

Objaśnienia: ³p<0,001, ²0,01>p>0,001, ¹0,05>p>0,01. Pozostałe objaśnienia – jak w Tabeli 1.
 Explanations: ³p<0,001, ²0,01>p>0,001, ¹0,05>p>0,01. Other explanations: see Table 1.

4. Dyskusja

Liczba prac prezentujących szczegółowe analizy flory bazujące na metodzie kartogramowej jest w Polsce stosunkowo niewielka. Najczęściej dotyczą one badań przeprowadzanych w granicach miast (Jackowiak 1990, 1998; Sudnik-Wójcikowska 1998) lub jednostek fizjograficznych (Kucharczyk 2001, 2003b; Kwiatkowski 2007; Urbisz 2008), sporadycznie dla wybranych ekosystemów (Budyś 2007). Porównanie wyników dodatkowo komplikuje fakt przyjętej przez różnych autorów podstawowej jednostki kartowania. Oprócz kwadratu o boku 1 km stosuje się pola o boku 2 i 2,5 km.

Ogólna liczba gatunków roślin w przyjętym polu badawczym jest wynikiem splotu czynników naturalnych i antropogenicznych. Najmniejszą wartość bogactwa florystycznego w 1 km² odnotowano w centrum Poznania – było to 37 gatunków (Jackowiak 1990), największą zaś w dolinie Środkowej Wisły – 676 gatunków (Kucharczyk 2001) przy 391 dla badanego odcinka doliny Sanu. Przestrzenny rozkład wartości wskaźników bogactwa gatunkowego i waloru florystycznego w siatce pól podstawowych w dolinie Sanu jest zbliżony. Podobne wnioski wyciągają inni autorzy na podstawie badań z różnych części Polski (Kucharczyk 2001; Kwiatkowski 2007; Urbisz 2008).

Wartość odrębności florystycznej wzrasta wraz z liczbą gatunków rzadkich i maleje z liczbą gatunków pospolitych. Wskaźnik przybiera więc większe wartości na obszarach zdominowanych przez naturalne i stabilne fitocenozy, z kolei na terenach z dużym udziałem siedlisk eu- i polihemerobowych jego wartość zwykle obniża się. Reguła ta nie sprawdza w odniesieniu do dużych miast, które zasiedlane są także przez unikatowe antropofity (urbanofile) niespotykane poza miastem (Jackowiak 1990, 1998). Tak więc wskaźnik O_f może być przydatny przy ocenie stopnia naturalności siedlisk na badanym terenie, jednak z wyłączeniem obszarów większych miast. Średnia wartość O_f dla doliny Sanu (0,43) jest bardzo zbliżona do uzyskiwanych w innych regionach kraju; na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej jest to 0,47 (Urbisz 2008), natomiast na Pogórzu Kaczawskim 0,41 (Kwiatkowski 2007).

Udział gatunków obcego pochodzenia jest najczęściej silnie skorelowany ze stopniem przekształcenia ekosystemów. Szczegółowe badania florystyczne wskazują często na szeroki zakres wartości wskaźnika antropofityzacji. W sąsiadującej z Sanem dolinie Wisły wskaźnik ten przyjmował wartości od 10,7% do 31,3% (Kucharczyk 2003b), natomiast na Pogórzu Kaczawskim od 5,5% do aż 72,7% w terenie rolniczym zdominowanym przez pola uprawne (Kwiatkowski 2007). Wysokie wartości (>50%) obserwuje się też w centrach dużych miast, średnia wartość tego wskaźnika w Poznaniu wyniosła 27% (Jackowiak 1998), czyli była prawie o 10 punktów % wyższa niż w dolinie Sanu. W przypadku wskaźnika kenofityzacji zdecydowanie najwyższymi wartościami charakteryzują się obszary zurbanizowane (Jackowiak 1990; Sudnik-Wójcikowska 1998). Dobrze udokumentowaną prawidłowością jest również dosyć wysoka wartość tego wskaźnika w ekosystemach nadrzecznych (Kucharczyk 2003a, 2003b; Kwiatkowski 2007). Wskaźnik modernizacji flory w dolinie Sanu, podobnie jak w przypadku badań innych autorów, przyjmuje wysokie wartości w obszarach o dużym stopniu naturalności (szczególnie na powierzchniach leśnych), minimalne natomiast notowane są na terenach zdominowanych przez pola uprawne (Kwiatkowski 2007; Urbisz 2008; Kucharczyk 2003b).

Bogactwo florystyczne w dolinie Sanu jest dodatnio skorelowane z liczbą gatunków obcych w polu badawczym. Jest to zgodne z intuicją, gdyż w skali krajobrazowej, podobnie jak i w makroskali, wzbogacenie puli gatunków rodzimych przez obcych przybyszów będzie zwykle wpływać dodatnio na ogólną liczbę gatunków. Nie obserwuje się natomiast żadnej korelacji w przypadku porównania bogactwa gatunkowego ze wskaźnikiem antropofityzacji. Przy porównaniu tych dwóch wskaźników w polach badawczych możliwe są cztery skrajne przypadki:

- 1) Duże bogactwo florystyczne przy dużym udziale antropofitów. Taka sytuacja jest możliwa przy szerokim zakresie hemerobii ekosystemów, w dolinie Sanu np. na skrzydłach współczesnej doliny.

2) Małe bogactwo florystyczne przy jednocześnie wysokich wartościach wskaźnika antropofityzacji, np. na terenach z bezwzględną dominacją pól uprawnych. W dolinie Sanu taki przypadek występuje w centralnych partiach żyznej terasy rędzinnej.

3) Małe wartości bogactwa florystycznego i jednocześnie małe wartości wskaźnika antropofityzacji. Sytuacja może mieć miejsce na terenach rozległych kompleksów leśnych, cechujących się dużym stopniem naturalności. Na badanym odcinku doliny Sanu dosyć często obserwowany przypadek na pokrytej lasami terasie glacialnej.

4) Duże bogactwo florystyczne przy małym udziale gatunków obcego pochodzenia. Takie zestawienie wartości florystycznych wskaźników możliwe jest w przypadku znacznego naturalnego zróżnicowania stabilnych siedlisk (pod względem geomorfologicznym, edaficznym, wilgotnościowym) i jednocześnie małym areale lub braku siedlisk eu- i polihemerobowych. W dolinie Sanu przypadek raczej sporadycznie spotykany na terasie glacialnej w miejscu współwystępowania różnych typów lasu, łąk, znaturalizowanych stawów hodowlanych i torfowisk.

Wskaźnik modernizacji flory i odrębności florystycznej są dodatnio skorelowane ze sobą, gdyż zarówno jeden jak i drugi przyjmują większe wartości na obszarach z wyraźną przewagą naturalnych ekosystemów leśnych, jak i na terenach miast. W pierwszym przypadku wyższe wartości wskaźnika modernizacji związane są ze znikomą liczbą archeofitów, w drugim natomiast z dużą liczbą kenofitów.

Wydaje się, że zależności pomiędzy wskaźnikami bogactwa (B , W_p , O_p) i synantropizacji (A , Ar , K , M) w skali krajobrazowej najczęściej nie mają charakteru przyczynowo-skutkowego. Kształtują się one niezależnie od siebie pod wpływem różnych czynników środowiskowych, a relacje między nimi w przypadku konkretnej, pojedynczej powierzchni badawczej, wynikają przede wszystkim ze sposobu użytkowania terenu wpływającego na zakres hemerobii ekosystemów.

Literatura

- BUDYŚ A. 2007. Antropofityzacja flory roślin naczyniowych siedlisk torfowych w strefie przymorskiej na przykładzie wschodniej części Pobrzeża Kaszubskiego. – *Acta Bot. Cassub.* **6**: 121–130.
- BURACZYŃSKI J., WOJTANOWICZ J. 1966. Rozwój doliny Wisły i Sanu w czwartorzędzie w północnej części Niziny Sandomierskiej. – *Ann. UMCS, Sect. B*, **21**: 143–177.
- BURKART M. 2001. River corridor plants (Stromtalpflanzen) in Central European lowland: a review of a poorly understood plant distribution pattern. – *Global Ecol. Biogeogr.* **10**: 449–468.
- DAJDOK Z., KĄCKI Z. 2003. Kenophytes of the Odra riversides. – W: ZAJĄC A., ZAJĄC M., ZEMANEK B. (red.), *Phytogeographical problems of synanthropic plants*. – Institute of Botany, Jagiellonian University, Cracow, s. 131–136.

- GÉHU J. M. (red.). 1979. Étude phytocoenotique analytique et globale de l'ensemble des vases et prés salés et saumâtres de la facade atlantique française. – Faculté de Pharmacie, Univ. De Lille II et Station de Phytosociologie, Bailleul, s. 1–514.
- HEJDA M., PYŠEK P., JAROŠIK V. 2009. Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. – *J. Ecol.* **97**: 393–403.
- HOOD W.G., NAIMAN R.J. 2000. Vulnerability of riparian zones to invasion by exotic vascular plants. – *Plant Ecol.* **148**: 105–114.
- JACKOWIAK B. 1990. Antropogeniczne przemiany flory roślin naczyniowych Poznania. – *Ser. Biol.* **42**: 1–234, Wyd. Nauk. Uniw. Adama Mickiewicza, Poznań.
- JACKOWIAK B. 1998. Struktura przestrzenna flory dużego miasta. Studium metodyczno-problemowe. – *Prace Zak. Taks. Roślin Uniw. A. Mickiewicza w Poznaniu* **8**: 1–228, Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.
- KONDRACKI J. 2002. Geografia regionalna Polski. – Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 441 ss.
- KORNAŚ J. 1977. Analiza flor synantropijnych. – *Wiad. Bot.* **21**(2): 85–91.
- KORNAŚ J. 1981. Oddziaływanie człowieka na florę: mechanizmy i konsekwencje. – *Wiad. Bot.* **25**(3): 165–182.
- KUCHARCZYK M. 2001. Diversity of vascular flora versus forms of land use - the Vistula River valley case. – *Ekologia (Bratislava)* **20**, Suppl. **4**: 327–336.
- KUCHARCZYK M. 2002. Doliny rzeczne jako ośrodki różnorodności i drogi rozprzestrzeniania się roślin - jakie znaczenie ma wielkość rzeki. – W: KOZŁOWSKI S., KUŚMIERCZYK J. (red.), *Bug. Rzeka, która łączy*. – Ekologiczny Klub UNESCO, Pracownia Na Rzecz Bioróżnorodności, Piaski, s. 58–69.
- KUCHARCZYK M. 2003a. Phytogeographical roles of lowland rivers on the example of the Middle Vistula. – Maria Curie-Skłodowska University Press, Lublin, 127 ss.
- KUCHARCZYK M. 2003b. Analysis of distribution of antropophytes in the Vistula River valley. – W: ZAJĄC A., ZAJĄC M., ZEMANEK B. (red.), *Phytogeographical problems of synanthropic plants*. – Institute of Botany, Jagiellonian University, Cracow, s. 295–300.
- KUCHARCZYK M., KRAWCZYK R. 2004. Kenophytes as river corridor plants in the Vistula River and the San River valleys. – *Teka Kom. Ochr. Kształt. Środ. Przyr.* **1**: 110–115.
- KWIATKOWSKI P. 2007. Current state, separateness and dynamics of vascular flora of the Góry Kaczawskie (Kaczawa Mountains) and Pogórze Kaczawskie (Kaczawa Plateau). II. Phytogeographical analysis. – W: Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, 125 ss.
- NAIMAN R.J., DECAMPS H., POLLOCK M. 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. – *Ecol. Appl.* **3**: 209–212.
- NOBIS A. 2008. Rośliny naczyniowe wschodniej części Kotliny Sandomierskiej. – *Zesz. Nauk. Uniw. Jagiellońskiego, Prace Bot.* **42**: 1–348.
- PARKER I. M., SIMBERLOFF D., LONSDALE W. M., GOODWELL K., WONHAM M., KAREIVA P. M., WILLIAMSON M. H., VON HOLLE B., MOYLE P. B., BYERS J. E., GOLDWASSER L. 1999. Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. – *Biol. Invasions* **1**: 3–19.

- PYŠEK P., PRACH K. 1993. Plant invasions and the role of riparian habitats: a comparison of four species alien to central Europe. – *J. Biogeogr.* **20**: 413–420.
- SOLON H. 1999. Ekologiczno-krajobrazowe zróżnicowanie dolin dużych rzek. – *Rzeki, kultura - cywilizacja - historia* **8**: 179–200.
- SUDNIK-WÓJCIKOWSKA B. 1998. Czasowe i przestrzenne aspekty procesu synantropizacji flory na przykładzie wybranych miast Europy Środkowej. – Wyd. Uniw. Warszawskiego, Warszawa, 167 ss.
- SZUMAŃSKI A. 1986. Postglacjalna ewolucja i mechanizm transformacji dna doliny Dolnego Sanu. – *Kwart. AGH, Geologia* **12**(1): 5–92.
- TOKARSKA-GUZIŁ B. 2005. The Establishment and Spread of Alien Plant Species (Kenophytes) in the Flora of Poland. – *Prace Nauk. Uniw. Śląskiego* **2372**, Katowice, s. 1–192.
- URBISZ A. 2008. Różnorodność i rozmieszczenie roślin naczyniowych jako podstawa regionalizacji geobotanicznej Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. – Wyd. Uniw. Śląskiego, Katowice, 136 ss.
- ZAJĄC A. 1978. Założenia metodyczne „Atlasu rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce”. – *Wiad. Bot.* **22**(3): 145–155.
- ZAJĄC A. 1979. Pochodzenie archeofitów występujących w Polsce. – *Zesz. Nauk. Uniw. Jagiellońskiego, Rozpr. Habil.* **29**: 1–213.
- ZAJĄC A., ZAJĄC M., TOKARSKA-GUZIŁ B. 1998. Kenophytes in the flora of Poland: list, status and origin. – *Phytocoenosis* **10**, Suppl. Cartograph. Geobot **9**: 107–116.
- ZAJĄC M., ZAJĄC A., TOKARSKA-GUZIŁ B. 2009. Extinct and endangered archaeophytes and the dynamic of their diversity in Poland. – *Biodiv. Res. Conserv.* **13**: 17–24.
- ZARZYCKI K., SZELĄG Z. 2006. Red list of the vascular plants in Poland. – W: MIREK Z., ZARZYCKI K., WOJEWODA W., SZELĄG Z. (red.), Red list of plants and fungi in Poland. – W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, s. 11–20.

Summary

The aim of the study was to present spatial variation in floristic indices in the medium-size valley of the San River in southeastern Poland (Fig. 1). Correlations between individual indices of species richness and synanthropization rates were analyzed for 366 1 x 1 km cartogram squares.

The vascular flora of the valley includes 1033 taxa. Species richness (B) in individual cartogram units varies from 102 to 391 (Tab. 1). In general, the flora of the present valley floor is characterized by a higher species richness than glacial terrace. The highest values of this index were recorded along the margins of the valley and in the transitional zone between the Holocene and Pleistocene parts of the valley (Fig. 2). The floristic value (W_p) has a similar pattern of spatial variation (Fig. 3). The highest values for floristic individuality were recorded on the slopes, plateau, glacial terraces and in some parts of floodplain (Fig. 4).

Established alien species constitute 19.6% of the vascular flora. The share of anthropophytes in individual cartogram units ranges from 0.9% to 35.5% (Tab. 1). Values for the anthropophytization rate are highest in settlements, and lowest in compact forest areas. The proportion of alien species is higher on the present valley floor than in other parts of the valley (Fig. 5). The percentage of archaeophytes is highest in agricultural areas, especially those along the margins of the present valley (Fig. 6). The percentage of kenophytes is highest in urban areas (Fig. 7). The modernization rate is highest in the afforested areas of the glacial terrace and in areas strongly influenced by urbanization (Fig. 8). In the afforested areas, this is because of the very low number of archaeophytes. In areas strongly influenced by urbanization, it is because of the high number of kenophytes.

There is a positive correlation between species richness and the number of anthropophytes present (Tab. 2). The number of alien species therefore accounts for the increases the total number of all species present. There is, however, no correlation between species richness and the anthropophytization rate. In individual basic plots, their values are independent of each other and can be very divergent. Correlations between them in a given plot is determined mostly by land use.

There is a positive correlation between the modernization rate and the floristic individuality index. These indices are highest in urban areas and in areas covered by natural forest communities. The number of endangered native species is positively correlated with species richness (especially O_p), and negatively correlated with the share of anthropophytes.