

Przestrzenne zróżnicowanie wartości przyrodniczej lasów Leśnego Kompleksu Promocyjnego „Lasy Spalsko-Rogowskie” określanego z zastosowaniem metod zoindykacyjnych

Spatial dimension of nature value of forests in Forest Promotional Complex “Lasy Spalsko-Rogowskie” based on zoindication methods

Marek Sławski

ARTYKUŁY / ARTICLES

Abstrakt. Syntetyczny wskaźnik wartości przyrodniczej lasów LKP „Lasy Spalsko-Rogowskie” został obliczony na podstawie 14 szczegółowych wskaźników odnoszących się do ekologicznych lub systematycznych grup stawonogów. Zastosowano metodę PCA która wskazała że oś pierwszej składowej wyjaśni 92% ogólnej zmienności użytych wskaźników. Na podstawie wartości współrzędnych pierwszej składowej opracowano kartodiagramy zróżnicowania przestrzennego wartości przyrodniczej lasów LKP. Lasy o najwyższej potencjalnej wartości znajdują się głównie w południowo wschodniej części LKP.

Słowa kluczowe: waloryzacja przyrodnicza, LKP „Lasy Spalsko-Rogowskie”, metoda PCA, kartodiagram

Abstract. Synthetic index of nature value for Forest Promotional Complex “Lasy Spalsko-Rogowskie” was calculated on the basis of 14 original indexes of ecological and systematic assemblages of arthropods dwelling in each site class of forest. PCA method was used with 92% of explanation value of first axis. On the basis of coordinates of each site class assemblage calculated for first axis cartogram of spatial variation of potential nature value of LKP forests was prepared. The highest potential value of synthetic index of nature value characterized southern-east part of Forest Promotional Complex.

Key words: nature valorization, Forest Promotional Complex “Lasy Spalsko-Rogowskie”, PCA, cartogram

Wstęp

Prowadzenie gospodarki leśnej zgodnie z zasadami zrównoważonego leśnictwa wymaga dobrego rozpoznania lokalnych warunków przyrodniczych. Rozpoznanie to musi dotyczyć zarówno przyrodniczych podstaw produkcji leśnej jak i przyrodniczej wartości lasu rozumianego jako system ekologiczny. Z praktycznego punktu widzenia najlepsze wydaje się odniesienie obu tych wartości do powszechnie używanego w leśnictwie systemu typologicznego. Poszczególne typy siedliskowe lasu z definicji charakteryzują potencjalne warunki produkcji

leśnej a uzupełnienie tej charakterystyki o ich walory przyrodnicze, określone lokalnie, dają podstawy zintegrowania działań gospodarczych prowadzących do zachowania przyrodniczego potencjału lasu. Taka właśnie filozofia przyświecała badaniom zooindykacyjnym realizowanym w ramach tematu badawczego: Waloryzacja ekosystemów leśnych Leśnego Kompleksu Promocyjnego „Lasy Spalsko-Rogowskie” metodą zooindykacyjną. Ważne jest przedstawienie przestrzennego zróżnicowania wartości przyrodniczej kompleksów w ramach analizowanego obiektu. Celem niniejszego artykułu jest podsumowaniem wyników waloryzacji w postaci jednolitej mapy waloryzacyjnej.

Metodyka

Podstawowym problemem niniejszego opracowania było ujednoczenie danych opisujących wartość przyrodniczą poszczególnych typów siedliskowych lasu w LKP „Lasy Spalsko-Rogowskie”. Wartość przyrodniczą określono z zastosowaniem metod zooindykacyjnych. W każdym typie siedliskowym lasu na trzech powierzchniach określano skład gatunkowy i względną liczebność 7 grup stawonogów (Borowski i in. 2013, Byk i in. 2013, Mazur i Perliński 2013, Mokrzycki i in. 2013, Rutkiewicz i in. 2013, Sławska 2013, Tracz 2013). Grupy te były wyróżnione jako jednorodne grupy systematyczne lub ekologiczne związane ze specyficznymi mikrosiedliskami leśnymi. W rezultacie powstały 23 wskaźniki waloryzacyjne. Sposób obliczania poszczególnych wskaźników dostosowany był do specyfiki konkretnej grupy. Użyte wzory i jednostki poszczególnych wskaźników były tak odmienne, że niemożliwe jest przeprowadzenie na nich działań arytmetycznych. Na przykład, nie jest możliwe obliczenie średniego wskaźnika waloryzacyjnego dla danego typu siedliskowego lasu jako średniej arytmetycznej wszystkich 23 wskaźników cząstkowych. W związku z powyższym zastosowana metodyka miała na celu po pierwsze zredukowanie liczby wskaźników w taki sposób aby nie utracić informacji na temat walorów przyrodniczych poszczególnych typów siedliskowych. Po drugie sprowadzenie pozostałych wskaźników do możliwie małej liczby wymiarów obrazujących cenność poszczególnych typów lasu. Podstawą takiego podejścia było założenie że poszczególne wskaźniki obliczone dla różnych grup wskazują na podobne walory rozumiane jako np. bogactwo lub różnorodność gatunkowa, rzadkość lub unikatowość, naturalność lub pierwotny charakter fauny. Celem wykrycia takich zależności zastosowano metody analiz wielocechowych. Prace podzielono na trzy etapy.

W pierwszym etapie obliczono wartości wskaźnika korelacji i poziom istotności między wszystkimi 23 wskaźnikami faunistycznymi. Jeżeli pomiędzy dwoma wskaźnikami dla jednej grupy systematycznej lub ekologicznej stwierdzono istotne korelację odrzucano jeden z nich z dalszych analiz. Takie podejście pozwoliło uniknąć redundancji danych bez utraty istotnej informacji o wartości przyrodniczej poszczególnych typów siedliskowych.

W drugim etapie wykorzystano analizę głównych składowych (PCA – Principal Components Analysis) (Weiner 2003, McGarigal i in. 2002). Metoda ta powszechnie stosowana jest w badaniach biologicznych celem zmniejszenia liczby zmiennych i ułatwienia analizy poprzez usunięcie wewnętrznych autokorelacji między różnymi zmiennymi. Metoda PCA traktuje każdą analizowaną zmienną niezależnie, tworzy w wirtualnej przestrzeni wielowymiarowej matematyczny model i wzdłuż największego zróżnicowania analizowanego materiału przypisuje nowe osi zmienności (główne składowe) i poszczególnym obiektom przypisuje nowe współrzędne. Nowe zmienne uznano za syntetyczne wskaźniki pozwalające na przedstawienie wartości przyrodniczej w wymiarze przestrzennym.

W trzecim etapie powstała mapa waloryzacyjna. Zakres zmienności nowego syntetycznego wskaźnika powstałego w oparciu o analizę PCA podzielono na 5 klas. Przyjęto, że: klasa 1 – bardzo niska wartość, klasa 2 – niska wartość, klasa 3 – średnia wartość, klasa 4 – wysoka wartość, klasa 5 – bardzo wysoka wartość przyrodnicza. Przynależność poszczególnych drzewostanów do klas wartości przyrodniczej przedstawiono na mapie przypisując każdemu typowi siedliskowemu odpowiednią klasę wartości przyrodniczej. Obliczono też % udział lasów w poszczególnych klasach opierając się na strukturze siedlisk dla całego LKP (Leśny Kompleks Promocyjny „Lasy Spalsko-Rogowskie” 2003). Następnie w oparciu o bazy danych leśnej mapy numerycznej poszczególnych nadleśnictw przygotowano kartodiagramy przedstawiające wartość przyrodniczą poszczególnych drzewostanów LKP. W pracy wykorzystano następujące oprogramowanie: Statgraphic plus 4.1, Canoco 4.5, Q-gis 1.8.0.

Wyniki

Istotne wewnętrzne korelacje wystąpiły wśród wskaźników opisujących wartość następujących grup: chrząszczy mycebiontycznych, skoczogonków, chrząszczy próchnowisk i pniaków (Tab. 1)

Tab. 1. Wewnętrzne korelacje między wskaźnikami opisującymi wartość przyrodniczą poszczególnych grup systematycznych i ekologicznych dla typów siedliskowych lasu LKP „Lasy Spalsko-Rogowskie”
Table 1. Inner correlation between indexes describing nature value for systematic and ecological groups dwelling in various site classes of forest in FPC “Lasy Spalsko-Rogowskie”

Wskaźnik 1	Wskaźnik 2	R	p
CHRZĄSZCZE MYCEBIONTYCZNE			
Myce	WWM _A	0,96	<0,0000
Myce	WWO	0,99	<0,0000
Myce	WWZ _A	0,99	<0,0000
WWM _A	WWO	0,79	0,0197
WWM _A	WWZ _A	0,81	0,0158
WWO	WWZ _A	0,99	<0,0000
SKOCZOGONKI			
WF	WP	0,78	0,0224
WFL	WP	0,71	0,0492
CHRZĄSZCZE PRÓCHNOWISK			
Q _{F3}	W _{F3R}	0,92	0,0009
Q _R	W _{F3R}	0,79	0,0202
CHRZĄSZCZE PNIAKÓW			
Q _{F3}	W _{F3R}	0,98	<0,0000

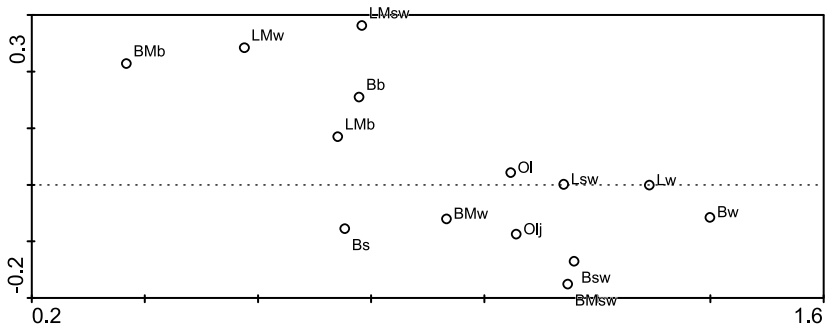
Uwzględnienie korelacji między wskaźnikami opisującymi zgrupowania tej samej grupy pozwoliło na zredukowanie liczby wskaźników z 23 do 14. Wydaje się że ze względu na silne i bardzo silne związki korelacyjne w wyniku tej operacji nie utracono istotnych informacji na temat wartości przyrodniczej zgrupowań w poszczególnych typach siedliskowych lasu.

Wykazano również korelacje pomiędzy wskaźnikami opisującymi różne grupy (Tab. 2).

Tab. 2. Korelacje między wskaźnikami opisującymi wartość przyrodniczą obliczonymi dla różnych grup systematycznych i ekologicznych dla typów siedliskowych lasu LKP „Lasy Spalsko-Rogowskie”
Table 2. Correlation between indexes describing nature value for systematic and ecological groups dwelling in various site classes of forest in FPC “Lasy Spalsko-Rogowskie”

Wskaźnik 1	Wskaźnik 2	R	p
CHRZĄSZCZE SAPROKSYLICZNE I MYCEBIOTYCZNE			
W_p	WWM_A	0,7	0,0514
CHRZĄSZCZE SAPROKSYLICZNE I PNIĄKÓW			
W_p	Q_R	0,89	0,0029
SKOCZOGONKI I CHRZĄSZCZE POWIERZCHNI PNI			
WFL	d	0,79	0,0229
WP	d	0,71	0,0475
PZ	W_p	0,74	0,0363
CHRZĄSZCZE POWIERZCHNI PNI I PRÓCHNOWISK			
Q_{F3}	Q_R	0,73	0,0372
W_p	Q_{F3}	0,84	0,0085
W_p	W_{F3R}	0,81	0,0132
SOCZĄGONKI I WIJE + RÓWNONOGI			
WF	Q_{F3}	0,79	0,0201
SKOCZOGONKI I CHRZĄSZCZE PRÓCHNOWISK			
PZ	Q_{F3}	0,77	0,0262
PZ	W_{F3R}	0,73	0,0398
CHRZĄSZCZE PRÓCHNOWISK I CHRZĄSZCZE PNIĄKÓW			
d	Q_{F3}	0,75	0,0327
d	W_{F3R}	0,92	0,0009

Wszystkie stwierdzone związki korelacyjne miały dodatni charakter.
 Pozostałe 14 wskaźników poddano analizie PCA (Ryc. 1).

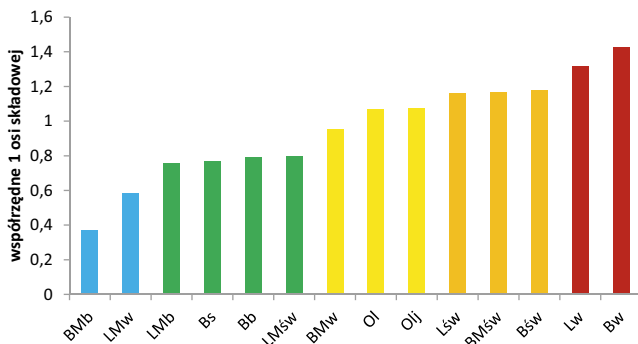


Ryc. 1. Uporządkowanie typów siedliskowych względem osi dwóch pierwszych składowych analizy PCA. Pierwsza oś wyjaśnia 96,2% zmienności oryginalnych wskaźników użytych do analizy będących oryginalnymi wskaźnikami obliczonymi dla poszczególnych typów siedliskowych na podstawie danych z poszczególnych grup systematycznych i ekologicznych

Fig. 1. Ordination of forest site classes according to two axis of PCA. First axis explains 96,2% of total variation of all 14 original indexes calculated for systematic and ecological groups dwelling in each site class of forest

Poszczególne typy siedliskowe lasu zostały uporządkowane zgodnie z dwoma osiami. Pierwsza oś wyjaśnia 96,2% a druga 2,1% ogólnej zmienności obliczonych wskaźników. W związku z powyższym przyjęto że do sporządzenia mapy waloryzacyjnej zostaną użyte współrzędne poszczególnych typów siedliskowych lasu obliczone dla pierwszej osi składowej. Współrzędne obliczone dla pierwszej składowej analizy PCA będą traktowane jako syntetyczny wskaźnik wartości przyrodniczej.

Uporządkowanie typów siedliskowych lasu zgodnie z rosnącą wartością współrzędnej na pierwszej osi składowej pozwala podzielić je na pięć wyraźnych grup (Ryc. 2).



Ryc. 2. Uporządkowanie poszczególnych typów siedliskowych lasu zgodnie z rosnącą wartością pierwszej składowej z analizy PCA. Kolorami oznaczono grupy typów siedliskowych o podobnej wartości współrzędnej. Wartość współrzędnej można traktować jak syntetyczny wskaźnik waloryzacyjny będący wypadkową wszystkich wskaźników obliczonych dla zespołów stawonogów

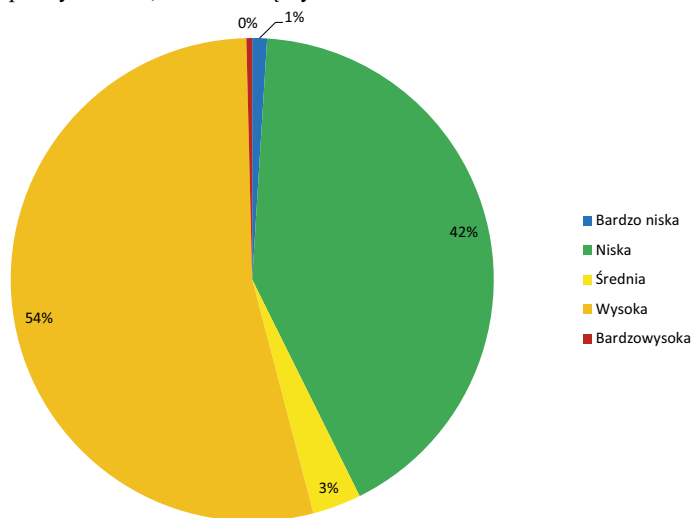
Fig. 2. Ordination of forest site classes according to growing value of coordinate of first axis of PCA. Colors mean groups of site classes similar in value of coordinate. Value of coordinate can be treated as synthetic index of nature value which is derived from original indexes calculated for arthropods assemblages

Zasada podziału oparta jest o skokową zmianę wartości współrzędnej a nie o równą szerokość klas. Takie podejście pozwala lepiej odzwierciedlać rzeczywiste zróżnicowanie walorów przyrodniczych poszczególnych typów siedliskowych lasu. Lasy o skrajnie niskich lub wysokich wartościach syntetycznego wskaźnika wartości przyrodniczej zajmują stosunkowo małą część powierzchni lasów kompleksu promocyjnego, żadne z nich nie przekraczają 1% całej powierzchni LKP (Ryc. 3).

Największą część zajmują lasy o niskim i wysokim syntetycznym wskaźniku wartości przyrodniczej odpowiednio 42 i 54% całej powierzchni LKP. Przygotowany kartogram (dla uproszczenia nazywany w dalszej części opracowania mapą) pozwala prześledzić rozkład lasów o różnej wartości syntetycznego wskaźnika wartości przyrodniczej w przestrzeni (Mapa 1-5).

Analiza mapy wskazuje że ekstremalne drzewostany o bardzo niskim i bardzo wysokim wskaźniku wartości przyrodniczej występują w rozproszeniu i nie tworzą większych skupionych powierzchni. Niską wartością wskaźnika cechują się kompleksy położone w północno-wschodniej części badanego obszaru. Drzewostany o niskiej wartości wskaźnika przeważają w następujących kompleksach: Lipce, Głuchów, Zimna Woda, Poćwiardówka, Janinów, Tadzina, Rochna, Rogów oraz Rżień. Związane jest to z przewagą na tych obszarach występowania lasu mieszanego świeżego jako przeważającego typu siedliskowego lasu. Wysokie wartości syntetycznego

wskaźnika wartości przyrodniczej charakteryzują obszary położone na południu LKP. Dotyczy to następujących kompleksów: główny kompleks Lasów Spalskich, leśnictwa Małecz i Luboszewy, kompleksy Galków, Cisów i Wiączyń.



Ryc. 3. Procent powierzchni lasu LKP „Lasy Spalsko-Rogowskie” w poszczególnych klasach syntetycznego wskaźnika wartości przyrodniczej

Fig. 3. Percentage of forest area of FPC “Lasy Spalsko-Rogowskie” in each class of synthetic index of nature value

Dyskusja

W wyniku przeprowadzonych analiz udało się zredukować ogromną liczbę danych (23 oryginalne wskaźniki) do jednego wymiaru i przedstawić w formie jednolitej syntetycznej mapy waloryzacyjnej. Wydaje się że w tym procesie straty istotnych informacji były stosunkowo niewielkie i możliwie do zaakceptowania. Warto zwrócić uwagę że pierwsza oś głównej składowej wyjaśniała ponad 90% z ogólnej zmienności wskaźników. Dla porównania w badaniach Puszczy Białowieskiej gdzie zastosowano bardzo podobną metodykę wartość dla dwóch osi głównych składowych wynosiła 50% (Sławski 2006). Pamiętać jednak należy, że w badaniach białowieskich oprócz zróżnicowania poszczególnych typów siedliskowych lasu badano również całą gamę oddziaływań o charakterze antropogenicznym. Zaletą przedstawionej metody, jaką jest wysoki poziom zsyntetyzowania danych, okupiony jest też jedną wadą. Nie wiadomo co dokładnie obrazuje obliczony wskaźnik. Jest to syntetyczna wartość przyrodnicza, ale nie wiadomo do jakiego aspektu tej wartości bezpośrednio się odwołuje. Nie wiemy czy syntetyczny wskaźnik mówi nam o różnorodności i bogactwie gatunkowym, swoistości zgrupowań, ich naturalności, czy wreszcie rzadkości gatunków, które je tworzą. Można zastanawiać się czy wartość przyrodnicza lepiej opisuje naturalność, swoistość czy różnorodność zgrupowań (Jermaczek 1996). Przedstawioną tu mapę waloryzacyjną należy traktować jako syntezę badań na wysokim poziomie ogólności, a zainteresowani szczegółowymi aspektami analizowanych zgrupowań

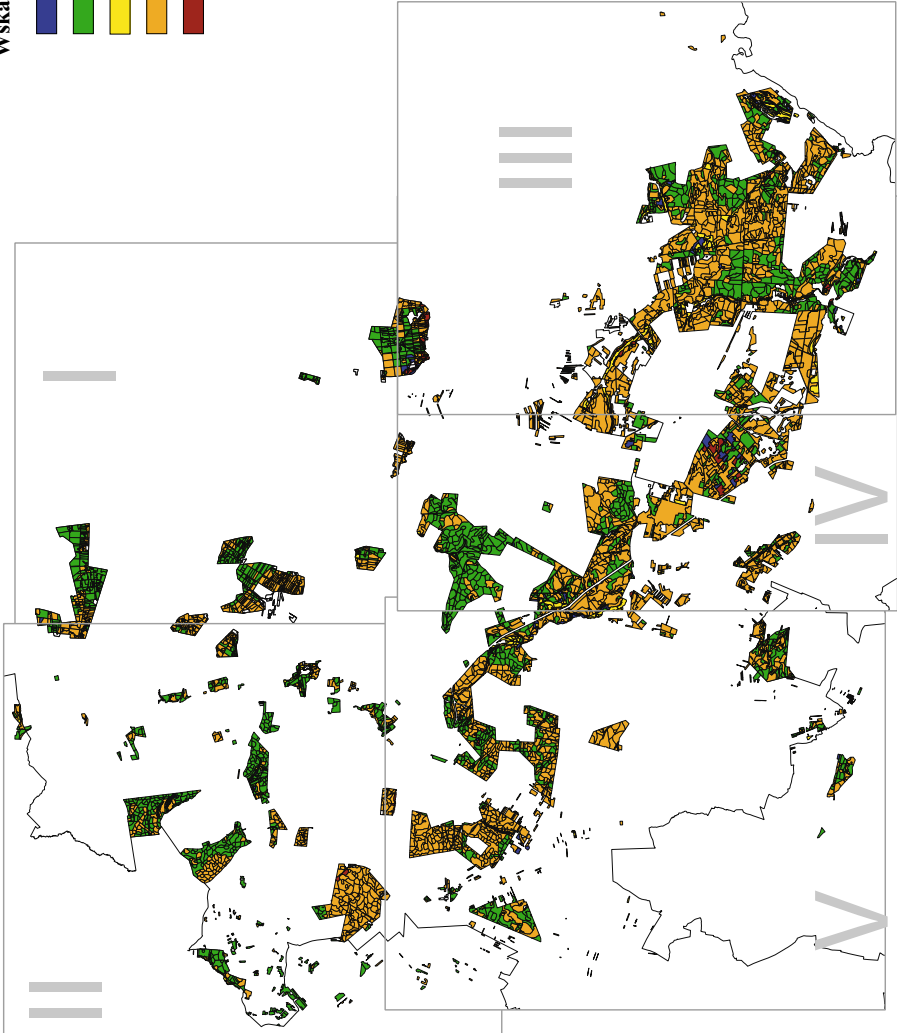
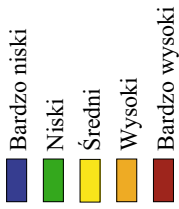
należy odesłać do podstawowych wskaźników. Na przykład wskaźnik Mrgalefa przedstawia aspekt różnorodności gatunkowej zgrupowań poszczególnych typów siedliskowych, a wskaźniki oparte o klasy wierności odnoszą się do swoistości poszczególnych zgrupowań.

Należy też pamiętać że przedstawiona mapa jest projekcją potencjalnej wartości przyrodniczej poszczególnych drzewostanów. Nie uwzględnia ona aktualnego stanu konkretnych fragmentów lasu, a pokazuje jaką wartość przyrodniczą mogą one osiągnąć w optymalnych warunkach. Jako optymalne warunki rozumiemy prawidłowo wykształcony starodrzew o składzie odpowiadającym potencjałowi siedliska o małym stopniu antropopresji. Przedstawione dane nie pozwalają na analizy dotyczące wpływu fragmentacji kompleksów na wartość przyrodniczą. Nie pozwalają też na bezpośrednie porównywanie dwóch konkretnych drzewostanów w ich aktualnej rzeczywistej wartości. Mapa przedstawia potencjalna wartość syntetycznego wskaźnika wartości przyrodniczej w skali LKP. Przedstawiona mapa może być natomiast wykorzystana jako pomoc przy zarządzaniu lasem w wymiarze przestrzennym. Podsumowując należy stwierdzić że przedstawiona mapa waloryzacyjna przedstawia powierzchnie o większej i mniejszej potencjalnej wartości przyrodniczej, ale w żadnym wypadku nie można tego interpretować jako lepsze lub gorsze, albo ważniejsze i mniej ważne obszary z punktu widzenia wartości całego LKP „Lasy Spalsko-Rogowskie”. Pamiętać też trzeba, że zachowanie różnorodności biologicznej w dużej skali przestrzennej, takiej jak LKP „Lasy Spalsko-Rogowskie”, wymaga jej ochrony we wszystkich typach siedliskowych lasu, tak aby objąć nią pełen zakres zmienności warunków siedliskowych. Nie można koncentrować wysiłków związanych zachowaniem wartości przyrodniczej wyłącznie na najcenniejszych typach siedliskowych np. Lw i Bw, bo utracimy wówczas zakres bogactwa, który jest swoisty dla pozostałych typów siedliskowych. Co więcej, niezbędne wydaje się również zachowanie pełnego zróżnicowania procesów sukcesyjnych o stadiów juvenilnych do dojrzałych lasów o charakterze klimaksowym (Berglind 2004, Spies i Turner 2004). Niewielkie powierzchnie o najwyższej potencjalnej wartości syntetycznego wskaźnika wartości przyrodniczej Takie jak Lw i Bw mogą być potraktowane jak centra różnorodności biologicznej (Lindenmayer i Franklin 2009). Takie centra mają kluczowe znaczenie dla zachowania różnorodności biologicznej lasów, zwłaszcza że te dwa siedliska zajmują mniej niż 0,5% ogólnej powierzchni Lasów Spalsko-Rogowskich.

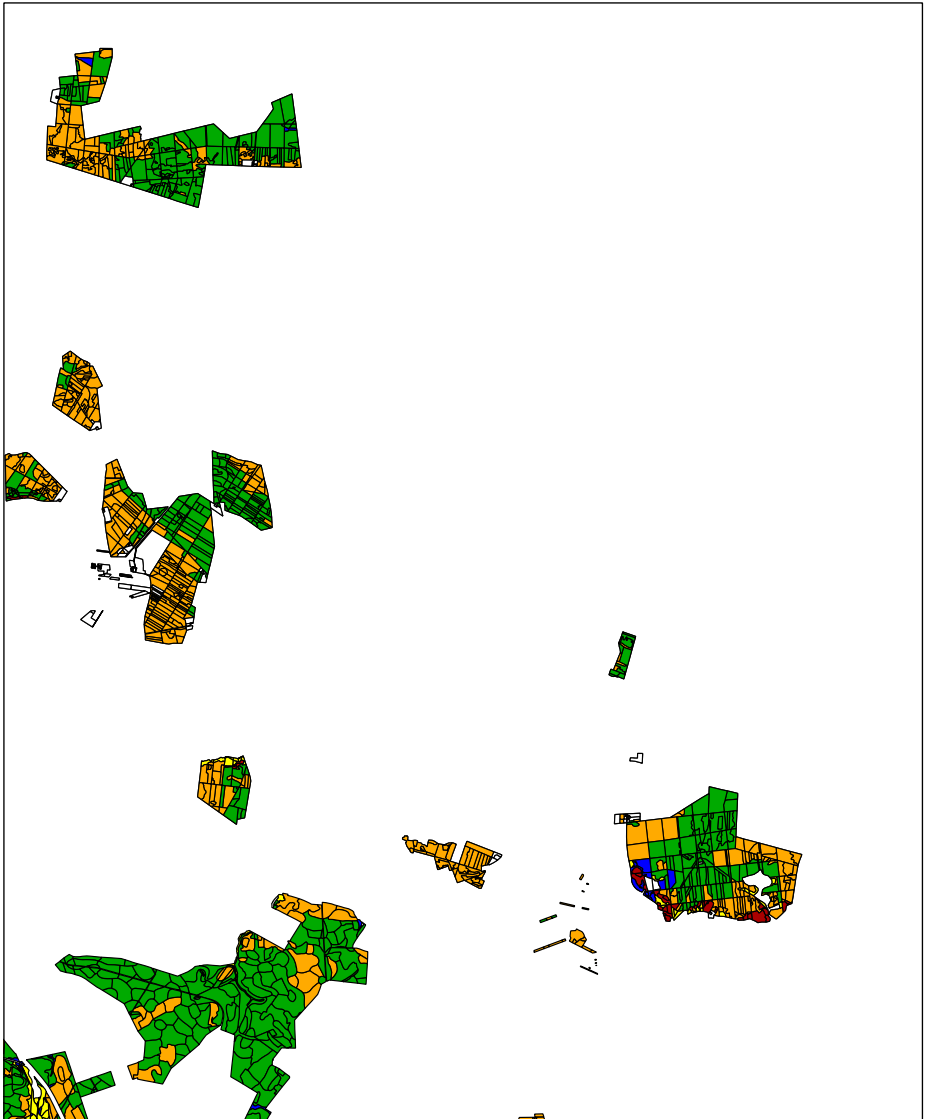
Wnioski

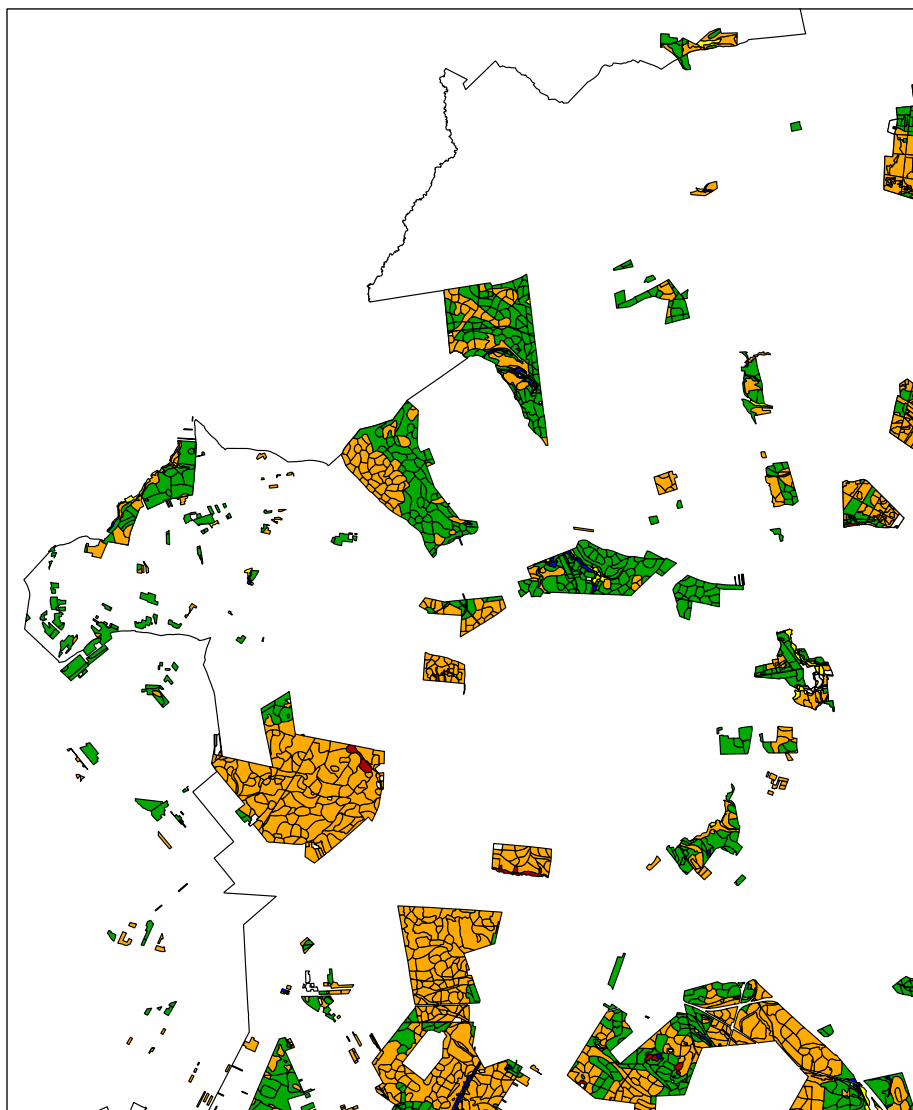
- Zastosowanie metod analizy wielu zmiennych pozwala zsyntetyzować wskaźniki waloryzacyjne obliczone dla różnych grup stawonogów do jednego syntetycznego wskaźnika obrazującego potencjalną wartość przyrodniczą poszczególnych typów siedliskowych lasu.
- Najwyższymi syntetycznymi wartościami charakteryzowały się las wilgotny i bór wilgotny, które łącznie zajmowały poniżej 0,5% ogólnej powierzchni LKP.
- Siedliska o najwyższych wartościach syntetycznego wskaźnika wartości przyrodniczej można potraktować jako centra różnorodności biologicznej szczególnie istotne dla różnorodności całego obszaru.
- Działania chroniące różnorodność biologiczną lasów LKP „Lasy Spalsko-Rogowskie” nie mogą ograniczać się do siedlisk o najwyższych wartościach wskaźników ale muszą dotyczyć całej zmienności siedlisk i stadiów sukcesyjnych lasu.

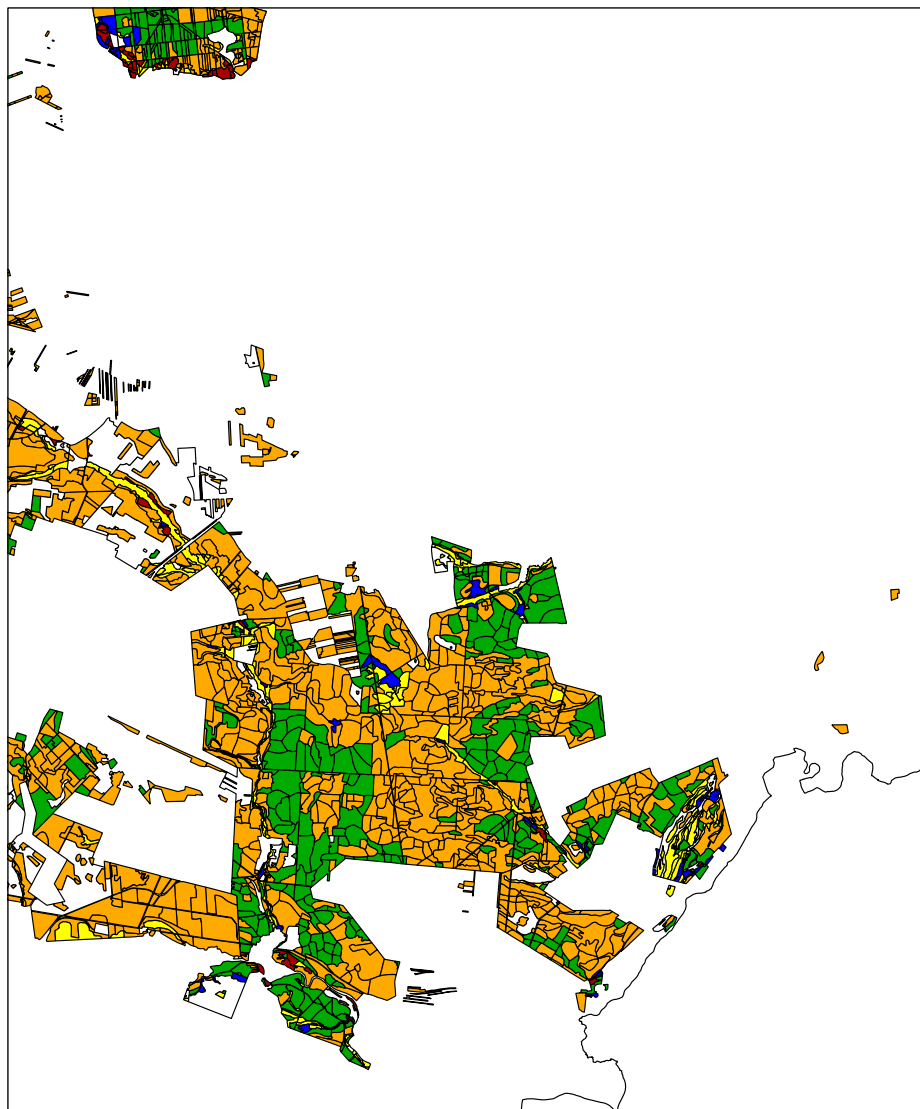
Wskaźnik Wartości Przyrodniczej

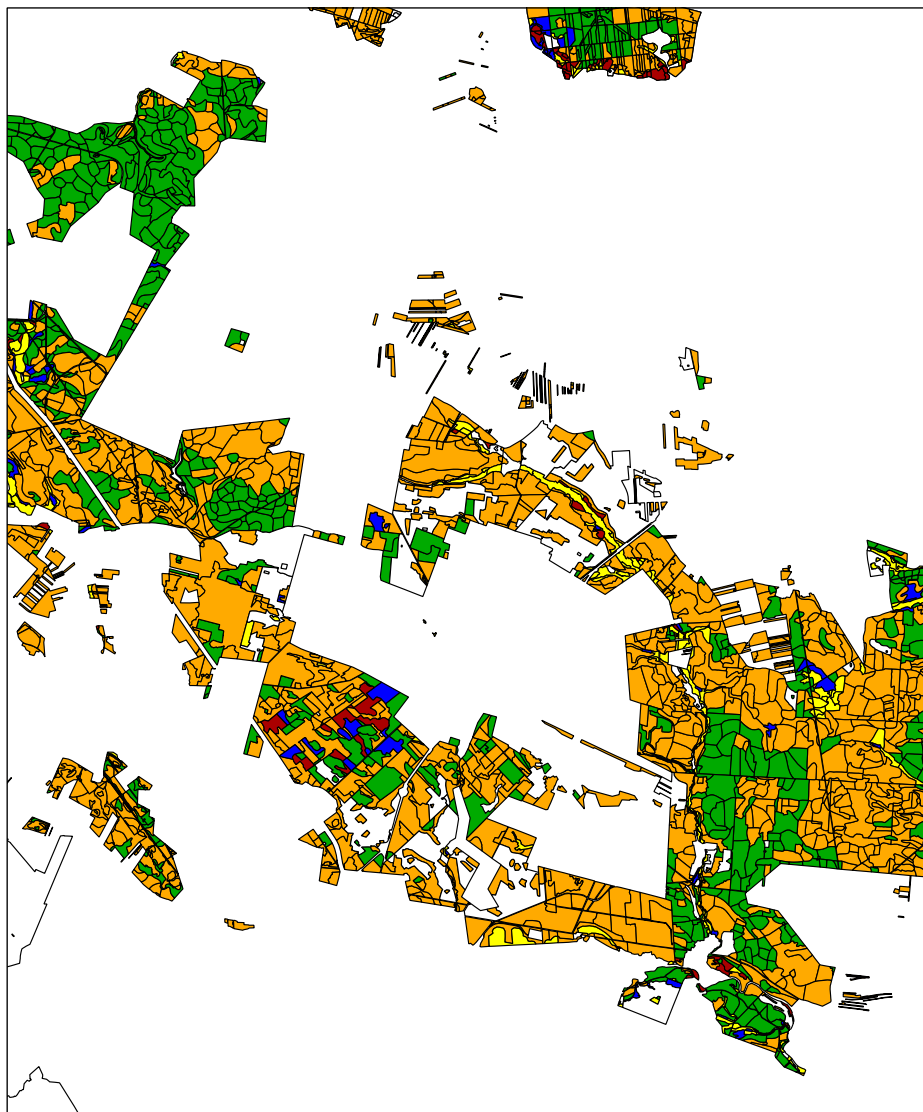


Mapa. Kartogram przestrzennego zróżnicowania syntetycznego wskaźnika wartości przyrodniczej lasów LKP „Lasy Spalsko-Rogowskie”
Map. Cartogram of spatial variation of synthetic index of nature value of forests in FPC „Lasy Spalsko-Rogowskie”

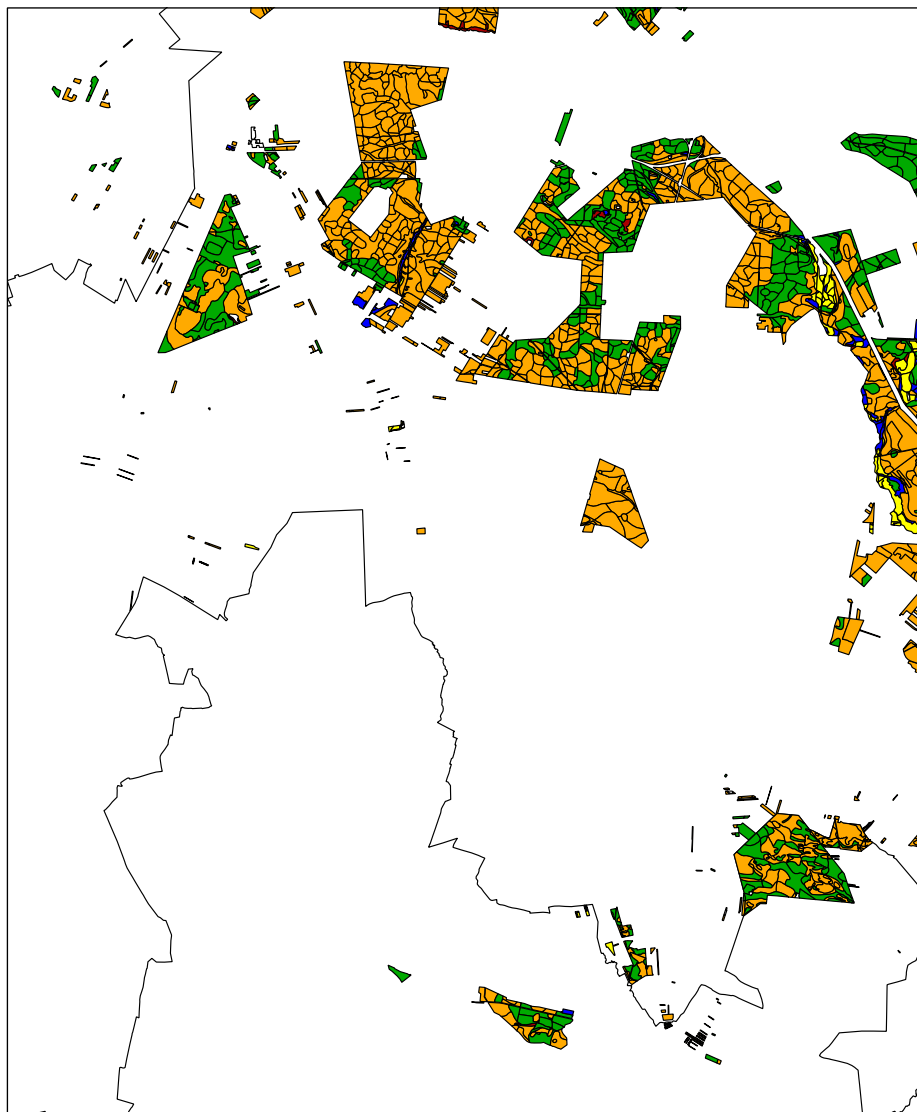








IV



V

Literatura

- Berglund S. A. 2004 Area-Sensitivity of the Sand Lizard and Spider Wasps in Sandy Pine Heath Forests: Umbrella Species for Early Successional Biodiversity Conservation? *Ecological Bulletins* No. 51, Targets and Tools for the Maintenance of Forest Biodiversity: 189-207
- Borowski J., Byk A., Mazur S., Mokrzycki T., Rutkiewicz A. 2013. Waloryzacja ekosystemów leśnych Leśnego Kompleksu Promocyjnego „Lasy Spalsko-Rogowskie” w oparciu o mycetobiontyczne chrząszcze grzybów nadrzewnych *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, 2 (35): 175-196.
- Byk A., Borowski J., Mazur S., Mokrzycki T., Rutkiewicz A. 2013. Waloryzacja lasów Leśnego Kompleksu Promocyjnego Lasy Spalsko-Rogowskie na podstawie struktury zgrupowań chrząszczy saproksylicznych *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, 2 (35): 82-128.
- Jermaczek A. 1996. Naturalność, swoistość i różnorodność przyrody jako wartości podlegające ochronie. *Przegląd Przyrodniczy* VII (3-4): 3-10
- Lindenmayer D. B., Franklin J. F. 2002. *Conserving Forest Biodiversity: A Comprehensive Multiscaled Approach*. Island Press. Covelo California.
- Mazur S., Perliński S. 2013. Waloryzacja ekosystemów leśnych Leśnego Kompleksu Promocyjnego „Lasy Spalsko-Rogowskie” na podstawie chrząszczy próchnowisk. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, 2 (35): 160-174.
- McGarigal K., Cushman S., Stafford S. 2002 *Multivariate Statistics for Wildlife and Ecology Research*. Springer. New York.
- Mokrzycki T., Borowski J., Byk A., Rutkiewicz A. 2013. Waloryzacja ekosystemów Leśnego Kompleksu Promocyjnego – „Lasy Spalsko-Rogowskie” na podstawie struktury zgrupowań chrząszczy (Coleoptera) zasiedlających pniaki. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, 2 (35): 48-81.
- Leśny Kompleks Promocyjny Lasy Spalsko-Rogowskie. 2003. Jednolity program gospodarczo-ochronny.
- Rutkiewicz A., Borowski J., Byk A., Mokrzycki T. 2013. Waloryzacja lasów Leśnego Kompleksu Promocyjnego „Lasy Spalsko-Rogowskie” na podstawie zgrupowań chrząszczy saproksylicznych powierzchni pni drzew. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, 2 (35): 129-159.
- Sławska M. 2013. Waloryzacja ekosystemów leśnych Leśnego Kompleksu Promocyjnego „Lasy Spalsko-Rogowskie” na podstawie epigeiczno-glebowych zgrupowań skoczogonków (Collembola, Hexapoda). *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, 2 (35): 7-35.
- Sławski M. 2006. Spatial dimension of threat to Białowieża Primeval Forest resulting from investigated anthropogenic impacts. W: *Zooindection-based monitoring of antropogenic transformations In Białowieża Primeval Forest*. Warsaw Agricultural University Press. Warszawa. 432-437.
- Spies T. A., Turner M. 2004. *Dynamic forest mosaic*. W: Hunter M. L. (red.) *Maintaining biodiversity in forest ecosystems*. Cambridge University Press.
- Weiner J. 2003 *Życie i ewolucja biosfery*. PWN Warszawa.
- Tracz H. 2013. Dłupłopoda, Chilopoda i Isopoda w waloryzacji ekosystemów leśnych Leśnego Kompleksu Promocyjnego „Lasy Spalsko-Rogowskie” *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, 2 (35): 36-47.

Marek Sławski

Wydział Leśny, Katedra Ochrony Lasu i Ekologii SGGW w Warszawie
mstawski@poczta.onet.pl