czasopismo geograficzne
POLSKIE TOWARZYSTWO GEOGRAFICZNE • POLISH GEOGRAPHICAL SOCIETY
geographical journal

ZMIANY STRUKTURY PRZESTRZENNEJ KRAJOBRAZU NA OBSZARZE PARKU KRAJOBRAZOWEGO „GÓRY OPAWSKIE" W OKRESIE OD XIX DO XXI W.

CHANGES IN THE SPATIAL STRUCTURE OF THE LANDSCAPE IN THE AREA OF THE OPAWSKIE MOUNTAINS LANDSCAPE PARK FROM THE 19TH TO THE 21ST CENTURY

Radosław Wróbel

Uniwersytet Opolski, Instytut Geografii Społeczno-Ekonomicznej
https://orcid.org/0000-0002-9702-5807, e-mail: rwrobel@uni.opole.pl

Streszczenie

Krajobrazy gór i przedgórza podlegają wielu przemianom warunkowanym przez czynniki antropogeniczne oraz przyrodnicze. W Parku Krajobrazowym „Góry Opawskie" i jego otulinie w okresie od XIX do XXI w. doszło do szeregu przekształceń krajobrazowych, związanych z rozwojem sieci osadniczej, zmianami zasięgu kompleksów leśnych oraz zmianami w strukturze upraw. Kluczowe było także objęcie ochroną prawną tego obszaru i utworzenie parku w 1988 r. W artykule dokonano analizy zmian w strukturze krajobrazu z użyciem metryk krajobrazowych, które wykorzystano odrębnie do oceny zmian krajobrazu jako całości oraz poszczególnych klas. Badania przeprowadzono na podstawie obrazów odtworzonych z archiwalnych źródeł kartograficznych i aktualnej ortofotomapy. Stwierdzono zmiany polegające na zwiększonej fragmentacji krajobrazu w latach 30. XX w. i odwróceniu tego trendu w niektórych kategoriach współcześnie. Zaobserwowano zmiany polegające na zwiększeniu powierzchni lasów i zadrzewień, zmniejszeniu powierzchni pól uprawnych, łąk i pastwisk, przy jednoczesnym zwiększeniu średniej powierzchni wydzielonych płatów. Stwierdzono zagęszczenie istniejących obszarów koncentracji zabudowy, jak również jej rozproszenie na tereny dotychczas niezagospodarowane w ten sposób. Analiza wykazała odmienne tendencje zmian następują-

Wróbel R. (2021). Zmiany struktury przestrzennej krajobrazu na obszarze Parku Krajobrazowego „Góry Opawskie" w okresie od XIX do XXI w. *Czasopismo Geograficzne,* 92(2): 257–278. https://doi.org/10.12657/czageo-92-11

CC BY 4.0
OPEN ACCESS

Otrzymano/Received: 13.09.2021
Zaakceptowano/Accepted: 17.11.2021

cych od lat 30. XIX do lat 30. XX w. oraz do czasów współczesnych. Zastosowanie metryk krajobrazowych pozwoliło na wskazanie istotnych dla funkcjonowania krajobrazu zmian wewnętrznych kompozycji krajobrazowej związanych z fragmentacją i zwiększaniem się izolacji ekosystemów w poszczególnych okresach.

Słowa kluczowe: krajobraz, metryki krajobrazowe, użytkowanie gruntów, GIS, Góry Opawskie.

Abstract

The landscapes of the mountains and foothills are subject to many changes caused by anthropogenic and natural factors. In the period from the 19th to the 21st century a number of landscape changes took place in the "Opawskie Mountains" Landscape Park and its buffer zone, related to the development of the settlement network, as well as changes in the range of forest complexes and changes in the structure of crops. It was also crucial to provide this area with legal protection and to create the Park in 1988. The article analyzes changes in the landscape structure with the use of landscape metrics, which were used separately to assess changes in the landscape as a whole and in individual classes. The research was carried out on the basis of images reconstructed from archival cartographic sources and the current orthophotomap. Changes were observed consisting in an increased fragmentation of the landscape in the 1930s and a reversal of this trend in some categories today. Moreover, there was an increase in the area of forests and trees, a decrease in the area of arable fields, meadows and pastures, with a simultaneous increase in the average area of separated patches. The existing areas of development concentration were found to be denser, as well as their dispersion into areas that had not been developed in this way so far. The analysis showed different trends in changes taking place from the 1830s to the 1930s and to the present day. The use of landscape metrics made it possible to identify internal changes in the landscape composition significant for the functioning of the landscape, related to the fragmentation and increasing isolation of ecosystems in particular time periods.

Keywords: landscape, landscape metrics, land use, GIS, Opawskie Mountains.

WSTĘP

Krajobrazy podlegają przemianom warunkowanym przez czynniki antropogeniczne oraz przyrodnicze. Działania związane z kształtowaniem krajobrazu powinny obejmować zarówno jego pierwotny charakter, jak i zmienność. Zrównoważone zarządzanie krajobrazem zakłada potrzebę uwzględniania jego różnorodności oraz ochrony najcenniejszych walorów.

Krajobrazy niskich gór oraz obszarów przedgórza trzeba zaliczyć do szczególnych, bowiem obok istotnych walorów przyrodniczo-krajobrazowych stanowią miejsce intensywnych oddziaływań antropogenicznych. Koncentrują funkcje turystyczne, są atrakcyjnym miejscem zamieszkania, prowadzenia działalności rol-

niczej i gospodarki leśnej. Ponadto często są one objęte różnymi formami prawnej ochrony przyrody. Ważnym komponentem krajobrazów górskich są lasy, które zwiększają ich walory przyrodnicze oraz podnoszą atrakcyjność (Balon, 2010). Mają ogromne znaczenie w strukturze i funkcjonowaniu krajobrazu jako jednostki przyrodniczej, a także w zachowaniu zasobów przyrody ożywionej. Cechą lasów jest odporność na zmiany oraz zdolność odtwarzania stanu pierwotnego (Richling, Solon, 2011). Od wielu lat krajobrazy obszarów górskich są przedmiotem licznych badań, natomiast w ostatnim czasie zyskały nowe możliwości wskutek rozwoju technik numerycznych i zwiększonej dostępności materiałów teledetekcyjnych i kartograficznych.

W badaniach posłużono się założeniami geografii i ekologii krajobrazu, które zajmują się związkami i relacjami zachodzącymi pomiędzy częściami składowymi krajobrazów oraz analizą tych struktur (Solon, 2007; Richling, Solon, 2011). Obszarami, które odgrywają szczególną rolę w ochronie i właściwym kształtowaniu krajobrazu, są parki krajobrazowe. Te formy ochrony przyrody obejmują głównie harmonijne krajobrazy przyrodniczo-kulturowe, a celem ich powołania jest zachowanie walorów przyrodniczych, krajobrazowych, historycznych i kulturowych zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju.

Zasadniczym kierunkiem zmian w krajobrazie jest zanikanie ekosystemów naturalnych i ich fragmentacja (Forman, Godron, 1981, 1986). Ich efektem jest zwiększony udział ekosystemów o charakterze antropogenicznym, często o niskiej wartości przyrodniczej. Specyficzny charakter tych zmian widoczny jest w zbiorowiskach leśnych, w których wskutek zmian klimatycznych dochodzi do zamierania znacznych powierzchni, które stają się bardziej wrażliwe na wahania stosunków wilgotnościowych i bardziej podatne na ataki szkodników. Na obszarach leśnych zmiany składu gatunkowego, zmniejszanie powierzchni i fragmentacja skutkują często obniżeniem różnorodności biologicznej oraz odporności na coraz bardziej dotkliwe skutki zmian klimatycznych. Z kolei postępująca antropopresja związana z pozyskiwaniem nowych gruntów pod uprawy i zabudowę powoduje zanikanie naturalnych zadrzewień oraz kompleksów łąk i pastwisk (Badora, Wróbel, 2020). Efektem jest uproszczenie mozaiki krajobrazowej, co z jednej strony prowadzi do fragmentacji zanikających zbiorowisk, a z drugiej do zwiększenia obszarów wykorzystywanych rolniczo oraz zabudowywanych.

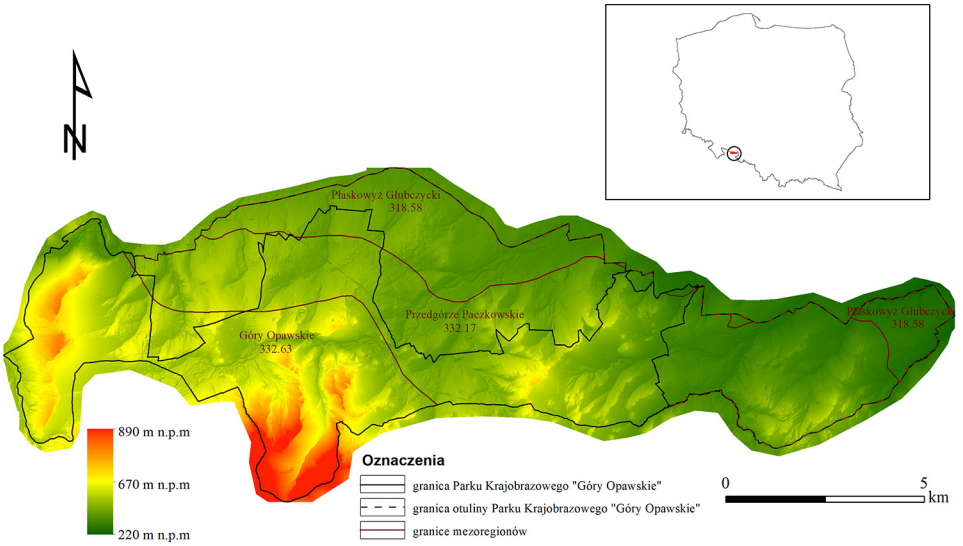
Jedną z metod stosowanych w badaniach zmian krajobrazu jest analiza metryk krajobrazowych, które pozwalają ocenić zmiany, jakie zachodzą w strukturze krajobrazu w układzie poszczególnych płatów ekosystemów, będących także formami pokrycia terenu (Solon, 2002; Kozieł, 2007; Kozieł, 2010; Kupfer, 2012; Wróbel, 2014; Pukowiec-Kurda, Sobala, 2016; Liu i in., 2017; Badora, Wróbel, 2020). Metoda ta umożliwia określenie związków strukturalnych i funkcjonalnych między płatami w obrębie klas pokrycia i pomiędzy klasami w całej jednostce krajobrazowej (McGarigal i in. 2012). Analiza metryk krajobrazowych

z różnych okresów pozwala na ilościową ocenę zmian krajobrazowych, takich jak różnorodność krajobrazu, fragmentacja, stopień izolacji przestrzennej czy proste zmiany powierzchni. Na tej podstawie można wnioskować o części zagrożeń dla trwałości i funkcjonowania krajobrazu. Są one specyficzną grupą ekologicznych charakterystyk krajobrazu pozwalającą uzyskiwać informacje m.in. na temat stanu i zmian środowiska w czasie (Cissel i in., 1999; Papadimitriou, 2002; Roo-Zielińska i in., 2007), zmian struktury i funkcjonowania różnych typów krajobrazów (Ares i in., 2001; Solon, 2002) lub ilościowych informacji o zasobach ekologicznych i możliwości ich funkcjonowania (McAlpine, Eyre, 2002). Dane dotyczące użytkowania terenu dają możliwość zastosowania szeregu wskaźników obrazujących stopień zróżnicowania krajobrazu i jego zmian w tym zakresie.

Celem badań jest ocena zmian struktury przestrzennej krajobrazu Parku Krajobrazowego „Góry Opawskie" wraz z jego otuliną oraz ilościowe zdiagnozowanie przy użyciu metryk krajobrazowych przyczyn, skutków i kierunków tych zmian w kontekście zagrożeń dla stanu i funkcjonowania krajobrazu, jakie pojawiają się na tym terenie. Park ten nie był dotychczas przedmiotem szerszej analizy w tym zakresie.

OBSZAR BADAŃ

Obszar badań obejmuje Park Krajobrazowy „Góry Opawskie" wraz z jego otuliną (ryc. 1). Park utworzono w 1988 r. w celu zachowania walorów krajobrazowych oraz przyrodniczych (biotycznych i abiotycznych), a także charakterystycznego układu przestrzennego miejscowości znajdujących się na jego terenie (Uchwała…, 1989). Park zajmuje powierzchnię 4,9 ha, zaś jego otulina 5,03 ha i obejmuje północne stoki Gór Opawskich i ich przedgórze. Najwyższym szczytem Gór Opawskich jest Příčný Vrch (975 m n.p.m.), natomiast po polskiej stronie Biskupia Kopa (890 m n.p.m.). Park oraz jego otulina znajdują się w obrębie trzech makroregionów – Sudetów Wschodnich, Przedgórza Sudeckiego Niziny Śląskiej oraz trzech mezoregionów – Gór Opawskich, Przedgórza Paczkowskiego i Płaskowyżu Głubczyckiego (Solon i in., 2018). W polskiej części Gór Opawskich wyróżnia się masywy Góry Chrobrego (Parkowej) – mający trzy kulminacje: Przednią (495 m n.p.m.), Średnią (543 m n.p.m.) i Tylną Kopę (535 m n.p.m.) – Biskupiej Kopy i Srebrnej Kopy (785 m n.p.m.), Góry Zamkowej (571 m n.p.m.), Długoty (457 m n.p.m.) i Kobylicy (395 m n.p.m.), Górę Czapka (441 m n.p.m.), Grzbiet Krzyżówki i Olszaka (451 m n.p.m.) (Badora, Koziarski, 2008). Badora (2018) podzielił Góry Opawskie na 7 mikroregionów fizycznogeograficznych, z których 3 są częściowo zlokalizowane na terenie Polski. Wyodrębnił on także mezoregion Przedgórza Opawskiego i zaproponował odmienny przebieg granic Gór Opawskich. Administracyjnie obszar badań położony jest w granicach powiatu prudnickiego, na terenie gmin Prudnik i Lubrza, oraz powiatu nyskiego,



Ryc. 1. Obszar badań
Źródło: opracowanie własne na podstawie NMT (GUGIK), danych geoprzestrzennych GDOŚ.

na terenie gminy Głuchołazy. Początki osadnictwa w tym rejonie sięgają okresu średniowiecza, a do jego rozwoju przyczyniło się występowanie złota, czego pozostałością są szyby i usypiska powstałe po eksploatacji tego surowca (Sitko, 1998; Miszewski, 2003). Obecnie jest to region turystyczny, a na obszarze parku znajduje się łącznie około 128 km szlaków turystycznych. Mniej więcej 75% powierzchni parku zajmują lasy. Stwierdzono tam występowanie ponad 500 gatunków roślin naczyniowych, w tym 33 podlegające ochronie prawnej (Uchwała…, 2014). Występują dwa piętra roślinności – pogórza i regla dolnego. Przedgórze i niższe partie pokryte są pofałdowanymi polami uprawnymi i łąkami, wyższe wzniesienia i szczyty porasta las. W krajobrazie najwyższej partii Gór Opawskich do niedawna dominowały sztucznie nasadzone w XIX w. bory świerkowe, które zastąpiły naturalne dla tego obszaru lasy jodłowo-bukowe. Wskutek zmian klimatycznych (susza) i inwazji kornika lasy te zostały w ostatniej dekadzie w większości wycięte i zastąpione zbiorowiskami mieszanymi.

W granicach parku utworzono cztery rezerwaty przyrody:

- „Cicha Dolina" – chroniący zróżnicowany wiekowo i gatunkowo las mieszany górski oraz dobrze wykształcony drzewostan bukowy;
- „Las Bukowy" – rezerwat leśny chroniący las bukowy w wieku około 130 lat, a także obejmujący dwie sztolnie, będące pozostałościami po wydobyciu złota;
- „Nad Białką" – rezerwat geologiczno-krajobrazowy, utworzony w celu ochrony i zachowania walorów krajobrazowych i geologicznych przełomu rzeki Biała Głuchołaska ze śladami po eksploatacji złota z XII–XIII w.;

- „Olszak" – rezerwat leśny chroniący na stokach góry Olszak jaworzyny, klonowo-lipowe lasy stokowe oraz kwaśne dąbrowy.

DANE I METODY BADAWCZE

Do oceny zmian struktury przestrzennej krajobrazu oraz przyczyn i skutków tych zmian zastosowano metodę kartograficzną opartą na porównaniu struktury krajobrazu w okresach, z których pochodzą materiały kartograficzne i teledetekcyjne, tj. lat 30. XIX w. (umownie określono jako „ok. 1830"), lat 30. XX w. (umownie określono jako „ok. 1930") i 2019 r., z wykorzystaniem metryk krajobrazowych. Metoda ta była z powodzeniem stosowana do analiz krajobrazowych (Wróbel, 2014; Badora, Wróbel, 2020). Jako stan wyjściowy do analiz numerycznych przyjęto strukturę przestrzenną krajobrazu przedstawioną na archiwalnych, niemieckich mapach, tzw. Urmesstischblätter, opracowanych w latach 1816–1830 w skali 1:25 000. Analizę stanu krajobrazu z lat 30. XX w. przeprowadzono w oparciu o archiwalne niemieckie mapy topograficzne Messtischblätter w skali 1:25 000 – serię opublikowaną w latach 1927–1936. Aktualny stan struktury przestrzennej krajobrazu analizowano na podstawie ortofotomapy z roku 2019 udostępnianej poprzez serwis geoportal.gov.pl Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii (GUGIK). Archiwalne mapy zarejestrowano, skalibrowano i zrektyfikowano w programie ArcMap10.6 pakietu ArcGIS. Mapom tym nadano georeferencję w Państwowym Układzie Współrzędnych Geodezyjnych 1992 (PUWG 1992), używając danych referencyjnych z map topograficznych 1:10 000 w układzie PUWG 1992, dokonując transformacji geometrycznej za pomocą wielomianu II stopnia.

Dokonano analizy kartometryczności wykorzystanych źródeł kartograficznych metodami matematyczno-statystycznymi oraz oparto się na analizach dokonanych przez innych autorów (Urbański, 2008; Konias, 2010). Kartometryczność map zbadano w odniesieniu do poszczególnych elementów oraz ustalono błąd średni. Dokładność kalibracji obrazuje średni błąd kwadratowy RMS określony zależnością (Urbański, 2008). Określono wartości błędu wpasowania poszczególnych punktów kontrolnych oraz ich wartości średniej RMS. Wartości RMS są generowane przez program. Wartości błędu wynosiły do 30 m przy RMS około 10–15 m dla map archiwalnych i do 10 m przy RMS 1–4 m dla map aktualnych.

Następnie na zarejestrowanych, skalibrowanych i zrektyfikowanych podkładach rastrowych oraz na ortofotomapie metodą digitalizacji ekranowej wyznaczono wyróżnione krajobrazowe jednostki strukturalne charakterystyczne dla modelu „matryc, płatów i korytarzy" (Forman, Godron, 1981), nawiązujące do podstawowych kategorii użytkowania terenu:

- ekosystemy naturalne i seminaturalne: lasy, zadrzewienia i krzewy, wody powierzchniowe, łąki i pastwiska,
- ekosystemy zdegradowane: grunty orne,

- ekosystemy zdewastowane: zabudowane, w tym drogowe i infrastruktury technicznej.

Dla każdego z typów form pokrycia terenu pomierzono i wyliczono podstawowe dane charakteryzujące strukturę. Z uwagi na niewielki powierzchniowy udział wód na poziomie 0,1% powierzchni całego obszaru nie poddawano go dalszej analizie. Przed przystąpieniem do analiz porównawczych ujednolicono kategorie użytkowania terenu (agregacja danych) na wszystkich mapach.

Do interpretacji oznaczeń na mapach niemieckich posłużono się wojskowymi przewodnikami do oznaczeń na niemieckich mapach topograficznych (Gąsiewicz, 1930; Bildliche..., 1941). Po wektoryzacji mapy poddano analizie podobieństwa bazującej na logice rozmytej i wskaźnikach Kappa (Pontius, 2000; Hagen, 2003; Giętkowski, Zachwatowicz, 2010a, b), uzyskując wartości Kappa na poziomie 0,70–0,92, jednak z uwagi na rodzaj prowadzonych analiz nie poddawano go szerszej dyskusji. Dla obu okresów analizy dokonano obliczeń podstawowych danych przestrzennych w poszczególnych kategoriach wydzieleń oraz porównano je ze sobą. Porównano również przestrzenne zróżnicowanie rozmieszczenia poszczególnych typów elementów struktury krajobrazu.

W kolejnym etapie dla oceny zmian struktury przestrzennej krajobrazu dokonano analizy obrazów rastrowych dla struktury uzyskanej z map Urmesstischblätter (1816–1830) i stanu aktualnego z ortofotomapy, z wykorzystaniem oprogramowania Fragstats 4.2 (McGarigal, Kushman, 2012). Analizie poddano pliki rastrowe wygenerowane w programie ArcMap10.6, w formacie GeoTiff, w komórkach o rozdzielczości 10 m. W programie Fragstats zdefiniowano dodatkowo takie parametry, jak opisy klas i kontrastowość granic, przyjmując przedział wartości od 0 do 1, gdzie 0 – brak kontrastu, 1 – maksymalny kontrast. Zadano także promień dla wyliczenia wskaźników bliskości i podobieństwa w odległości 200 m oraz próg odległości wskaźnika połączeń w odległości 200 m. Dla scharakteryzowania zmian struktury i funkcji krajobrazu na badanym obszarze zastosowano wybrane miary wydzieleń, tj. płatów wyodrębnionych na mapach topograficznych – metryki krajobrazowe (McGarigal, Marks, 1995; McGarigal, 2002). Są to m.in. wskaźniki struktury przestrzennej krajobrazu, wśród których można wyróżnić wskaźniki kompozycji krajobrazu dotyczące zróżnicowania i częstości występowania określonych typów płatów, bez uwzględnienia ich umiejscowienia oraz wskaźniki konfiguracji, które wyznaczają rozmieszczenie płatów w przestrzeni.

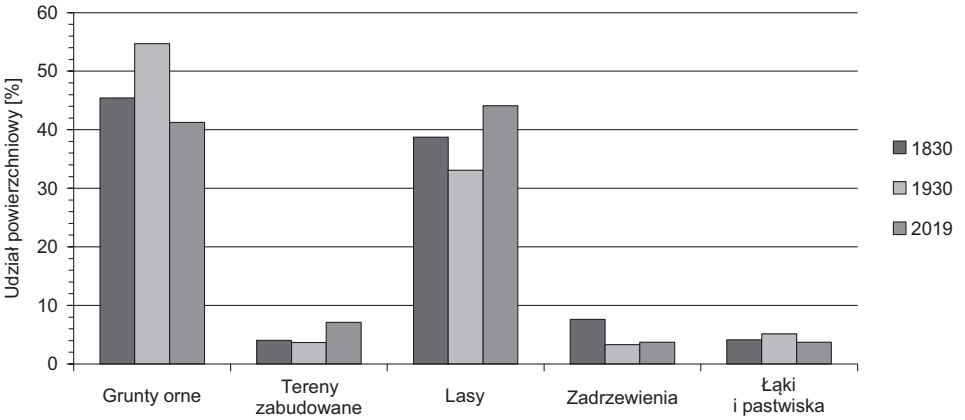
Dla każdej ze zwektoryzowanych map obliczono następujące, podstawowe wskaźniki struktury krajobrazu (metryki krajobrazowe) (McGarigal, Marks, 1995; McGarigal, 2002, 2012; Moser i in., 2002; McGarigal i in., 2009, 2012): całkowity obszar klasy określonego typu płatu CA (*Class Area*) [ha] (*ClasArea* – CA), wskaźnik procentowego udziału płatów danego typu PLAND (*Percentage of Landscape*) [%], liczbę płatów NP (*Number of Patches*) [liczba], gęstość płatów PD (*Patch Density*)

[liczba/100 ha], wskaźnik największego płatu LPI (*Largest Patch Index*) [%], średnią wielkość płatu AREA_MN (*Mean Patch Size*) [ha], średni promień bezwładności GYRATE_MN, średni rozkład relacji obwodu do powierzchni PARA_MN (*Perimeter-Area Ratio Distribution*) [–], średni wskaźnik bliskości CONTIG_MN (*Mean Contiguity Index*) [–], wskaźnik połączeń CONNECT (*Connectance Index*) [%], wskaźnik rozdziału krajobrazu DIVISION (*Landscape Division Index*) [–], wskaźnik rozdrobnienia MESH (*Effective Mesh Size*) [ha], wskaźnik dekompozycji SPLIT (*Splitting Index*) [–].

Dla mozaiki krajobrazowej wyliczono dodatkowo wskaźniki całkowitej powierzchni TA (*Total Area*) [ha], całkowitej długości granic TE (*Total Edge*), gęstości granic ED (*Edge Density*), wymiaru fraktalnego płata PAFRAC (*Perimeter-Area Fractal Dimension*), gęstość kontrastowych granic – *Contrast-Weighted Edge Density* (CWED) [m/ha], całkowitej kontrastowości granic TECI (*Total Edge Contrast Index*) [%], różnorodności Shannona SHDI (*Shannon's Diversity Index*) (Shannon, Weaver, 1962) [–], miary rozkładu przestrzennego i liczby płatów Shannona SHEI (*Shannon's Evenness Index*) (Shannon, Weaver, 1962) [–].

WYNIKI BADAŃ I ANALIZA

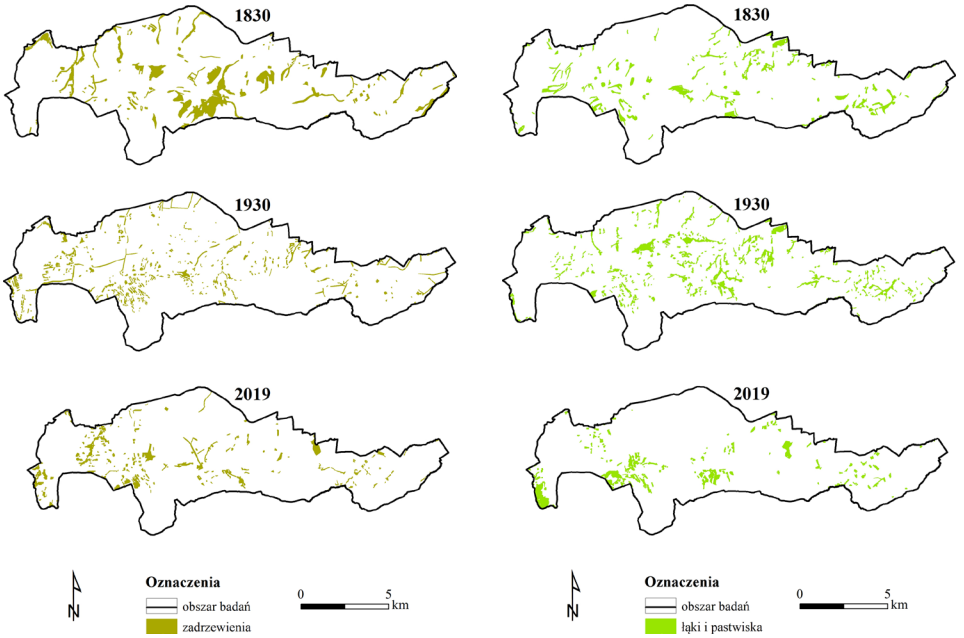
W latach 1830–2019 na analizowanym obszarze zaszło szereg zmian w udziałach powierzchniowych poszczególnych typów ekosystemów (ryc. 2–3). Największe nastąpiły w wydzielonych kategoriach zadrzewień oraz gruntów ornych, nieco mniejsze w kategorii łąk i pastwisk. W przypadku zadrzewień udział w struk-



Ryc. 2. Zmiany udziału procentowego wydzielonych kategorii użytkowania/pokrycia terenu na obszarze Parku Krajobrazowego „Góry Opawskie" i jego otuliny

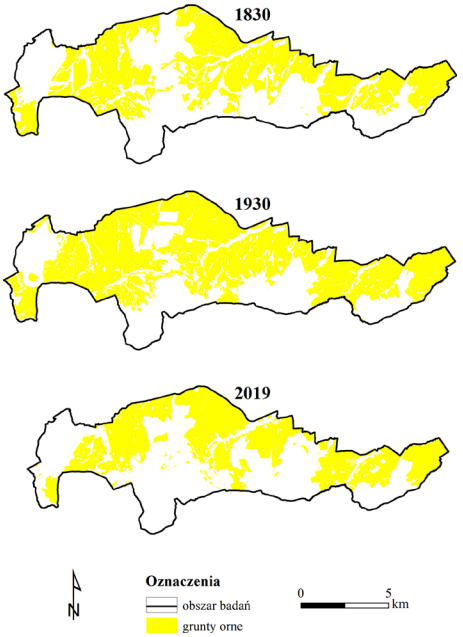
Źródło: opracowanie własne na podstawie archiwalnych niemieckich map Urmesstischblätter (1816–1830) i Messtischblätter (seria z lat 1927–1936) oraz ortofotomapy GUGIK (2019).

turze krajobrazu zmalał z 7,6% w 1830 r. do 3,7% w 2019 r., natomiast w 1930 r. udział był jeszcze mniejszy, bo wynosił 3,3%. Przyczyną tak dużej zmiany może być wykorzystane źródło, jakim była mapa Urmesstischblatt, na której obszary te zaznaczane były w sposób bardzo zgeneralizowany, co skutkowało uzyskaniem większych powierzchni. Nieznaczny wzrost w latach 1930–2019 może także wynikać z generalizacji części informacji na mapach Messtischblatt, natomiast na ortofotomapie wyznaczono te obszary z większą dokładnością. W analizowanym okresie nastąpiło zmniejszenie powierzchni łąk i pastwisk z 4,1% do 3,7%, z obserwowanym zwiększeniem powierzchni w roku 1930 do 5,1%. Jest to skorelowane ze zmianami w udziale gruntów ornych. Ich największy udział stwierdzono w latach 30. XX w., co wskazuje, że w tym okresie tereny te w największym stopniu wykorzystywane były do prowadzenia działalności rolniczej. Z kolei zmniejszenie udziału gruntów uprawnych z 45,4% w latach 30. XIX w. do 41% w roku 2019 związane jest ze zmianami powierzchni terenów zabudowanych, których udział znacząco wzrósł w tym okresie. Zwiększanie powierzchni zabudowy jest zjawiskiem typowym, związanym z rozwojem cywilizacyjnym, wzrostem zamożności społeczeństwa i częściowo trendami migracji wewnętrznych do miejsc bardziej atrakcyjnych do zamieszkania. Degradacja łąk i zadrzewień oraz ich negatywny

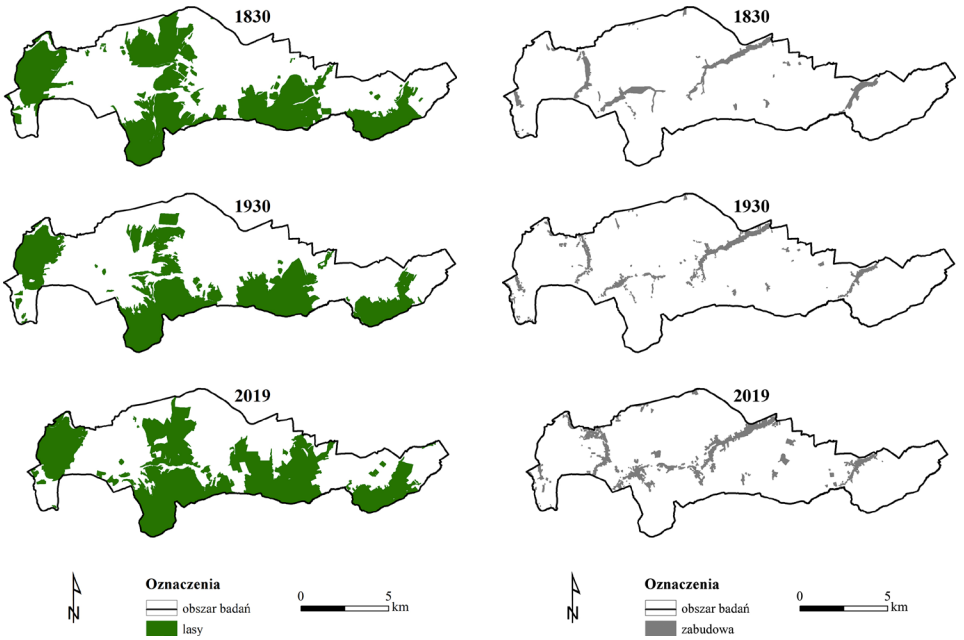


Ryc. 3. Zmiany w strukturze przestrzennej poszczególnych form użytkowania i pokrycia badanego terenu

Źródło: opracowanie własne na podstawie archiwalnych niemieckich map Urmesstischblätter (1816–1830) i Messtischblätter (seria z lat 1927–1936) oraz ortofotomapy GUGIK (2019).



wpływ na ochronę bioróżnorodności są obserwowane również w wielu innych badaniach (Reed, 1996; Liu i in., 2014; Niemandt, Greve, 2016). Są to ekosystemy wrażliwe na zmiany antropogeniczne i naturalną sukcesję ekologiczną. Istotne zmiany widoczne są także w powierzchni lasów. W analizowanym okresie nastąpił wzrost ich powierzchni z 38,7% do 44,1% obecnie, ze zmniejszeniem jej w latach 30. XX w. do 33%. Przyczyniło się do tego zwiększanie lesistości na terenach górskich, co związane jest też z przejmowaniem części gruntów ornych pod zalesienia w miejscach trudnych do uprawy. Zmiana warunków gospodarowania ziemią związana z użyciem



Ryc. 3cd. Zmiany w strukturze przestrzennej poszczególnych form użytkowania i pokrycia badanego terenu

Źródło: opracowanie własne na podstawie archiwalnych niemieckich map Urmesstischblätter (1816–1830) i Messtischblätter (seria z lat 1927–1936) oraz ortofotomapy GUGIK (2019).

sprzętu mechanicznego spowodowała trudności w uprawie terenów trudno dostępnych, które zostały zalesione.

Dodatkowych wniosków dostarcza obserwacja przekształceń krajobrazu w układzie przestrzennym. Największe zmiany widoczne są w układzie łąk i pastwisk. Zauważalne jest znaczące rozdrobnienie tych obszarów w latach 30. XX w. i redukcja ich powierzchni oraz koncentracja w kilku większych skupieniach w części południowej w roku 2019. W latach 30. XIX w. koncentracja tych obszarów była większa, ale były one także bardziej rozproszone na niemal całym analizowanym obszarze. W strukturze gruntów ornych dostrzegalne jest przesunięcie zasięgu tego typu użytkowania w kierunku północnym, co jest związane ze wskazaną wcześniej przyczyną trudności w uprawie, wynikających z warunków naturalnych. Inną zauważalną zmianą jest zbliżenie struktury współczesnej do tej uzyskanej w latach 30. XIX w. i redukcja tych obszarów w części zachodniej i centralnej. W strukturze zabudowy widoczny jest systematyczny wzrost zasięgu zwartych obszarów oraz zwiększone rozproszenie zabudowy. W szczególności zauważalny jest rozwój zabudowy miejscowości Jarnołtówek i Pokrzywna w zachodniej i centralnej części badanego obszaru. W strukturze lasów zaobserwować można powiększenie dużych płatów kompleksów leśnych, przede wszystkim centralnej części analizowanego obszaru (w rejonie rezerwatu Olszak i masywu Długoty) i przesunięcie zasięgu ich występowania na północ. Nieco trudniejsze do oceny są zmiany struktury zadrzewień, zwłaszcza w odniesieniu do obrazu uzyskanego z mapy Urmesstischblatt, na której ten typ użytkowania jest w znaczącym stopniu zgeneralizowany, jednak dobrze widoczne są ich liniowe, ciągłe struktury. Współczesny układ przejawia większy stopień zwarcia i mniejszy stopień fragmentacji. Dostrzegalny jest zanik małych fragmentów zadrzewień, a widoczne są większe ich struktury.

Nieco inaczej w stosunku do zmian powierzchniowych wygląda analiza kompozycji krajobrazu z wykorzystaniem metryk krajobrazowych (tab. 1). Wskaźniki CA i PLAND odzwierciedlają powierzchnie i procentowy udział płatów poszczególnych kategorii, które przeanalizowano powyżej. Wskaźnik liczby płatów poszczególnych wydzieleń (NP), który pokazuje pośrednio fragmentację krajobrazu, wzrósł zdecydowanie dla gruntów ornych. Zmalał natomiast dla zabudowy w stosunku do roku 1930, co oznacza większe zwarcie tej kategorii wydzieleń (przy wzroście w stosunku do lat 30. XIX w.). Podobny trend występuje w wydzielonych płatach zadrzewień oraz łąk i pastwisk. Zwiększyła się natomiast liczba płatów wydzieleń leśnych. Wskaźnik gęstości płatów PD przypadających na jednostkę powierzchni wykazuje systematyczny wzrost jedynie w kategorii gruntów ornych, w pozostałych widoczny jest wzrost w latach 30. XX w. i spadek w roku 2019. Wskazuje to na większą fragmentację krajobrazu w latach 30. XX w. i odwrócenie tego trendu obecnie, w odniesieniu do wskazanych kategorii, natomiast jest to wzrost stopnia fragmentacji w stosunku do XIX w. Inaczej trend ten wygląda w ka-

Tabela 1. Zmiany wskaźników struktury przestrzennej krajobrazu badanego obszaru dla poszczególnych klas wydzieleń w latach 1830–2019

Wskaźnik struktury krajobrazu	Lasy			Zadrzewienia			Łąki i pastwiska			Grunty orne			Tereny zabudowane		
	1830	1930	2019	1830	1930	2019	1830	1930	2019	1830	1930	2019	1830	1930	2019
CA [ha]	3699,03	3160,44	4225,13	727,10	317,59	355,44	395,62	491,02	355,40	4341,71	5224,93	3951,98	383,73	352,12	680,62
PLAND [%]	38,71	33,08	44,10	7,61	3,32	3,71	4,14	5,14	3,71	45,43	54,69	41,25	4,01	3,68	7,10
NP [liczba]	47,00	29,00	35,00	126,00	564,00	203,00	133,0	380,00	150,0	100,00	117,00	220,00	42,00	121,00	90,00
PD [liczba/100 ha]	0,49	0,30	0,36	1,32	5,90	2,12	1,39	3,98	1,56	1,05	1,22	2,30	0,44	1,27	0,94
LPI [%]	8,77	9,40	12,51	1,78	0,11	0,25	0,26	0,34	0,69	10,59	19,30	18,94	1,20	1,23	1,80
AREA_MN [ha]	78,70	108,98	120,72	5,77	0,56	1,75	2,97	1,29	2,37	43,42	44,66	37,96	9,14	2,91	7,56
GYRATE_MN [–]	232,56	288,32	274,76	113,10	38,95	65,75	91,7	50,71	61,32	159,30	118,83	60,46	127,44	62,82	95,4
PARA_MN [–]	679,11	308,35	1737,51	824,88	1315,75	1174,71	744,46	1022,40	707,33	3000,20	1434,11	5173,92	643,38	831,81	708,26
CONTIG_MN [–]	0,91	0,87	0,78	0,88	0,45	0,83	0,89	0,57	0,90	0,61	0,44	0,35	0,91	0,65	0,90
CONNECT [%]	4,44	4,68	8,23	1,23	0,71	0,96	0,92	0,63	1,42	3.65	3,26	2,20	2,67	2,09	2,20
DIVISION [–]	0,98	0,98	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,97	0,93	0,98	1,0	1,0	1,0
MESH [ha]	205,88	205,58	355,39	4,31	0,08	0,36	0,35	0,46	0,77	255,61	612,81	215,86	2,85	1,80	4,99
SPLIT [–]	46,41	46,47	26,95	2216,11	123276,28	26670,25	27136,26	20818,88	12424,97	37,38	15,59	44,38	3355,40	5318,1944	1918,97

Źródło: opracowanie własne na podstawie archiwalnych niemieckich map Urmesstischblätter (1816–1830) i Messtischblätter (seria z lat 1927–1936) oraz ortofotomapy GUGIK (2019).

tegorii lasów, w której nastąpił spadek gęstości i współcześnie ponowny wzrost, co wskazuje na mniejszą fragmentację kompleksów leśnych w stosunku do lat 30. XX w. Wskaźnik największego płata (LPI) obrazuje dominację kompleksów leśnych i gruntów ornych na analizowanym obszarze. Wartości te wzrosły dla kategorii lasów, co potwierdza korzystny proces wzrostu lesistości obszaru poprzez powiększanie istniejących kompleksów leśnych. W odniesieniu do gruntów ornych wskaźnik ten zmalał w stosunku do roku 1930, co wpisuje się w tendencję zmniejszania powierzchni tej kategorii. Wskaźnik ten rośnie dla kategorii zabudowy oraz łąk i pastwisk, co należy jednak interpretować odmiennie. W przypadku tej pierwszej kategorii wzrasta zagęszczenie zabudowy, zaś w przypadku drugiej związane jest z zanikiem małych płatów i zachowaniem tylko większych kompleksów użytków zielonych. Średnia powierzchnia płatów ekosystemów AREA_MN największa jest dla lasów i ulega systematycznemu zwiększeniu w analizowanym okresie. Średnia powierzchnia płatów gruntów ornych nieznacznie zmalała w 2019 r., istotnie wzrosła natomiast dla terenów zabudowanych. Większa wartość tego wskaźnika dla zadrzewień w roku 1930 i mniejsza w latach 30. XIX w. potwierdza tendencję do występowania w krajobrazie większych płatów zadrzewień i fragmentację na przełomie XIX i XX w. Znacząco zróżnicowane są tendencje wskaźnika GYRATE_MN, który określa średni promień bezwładności – odległość pomiędzy komórkami płatów a ich środkami. Jest to wskaźnik kształtu, który informuje o jego regularności. Generalna tendencja wskazuje na spadek w okresie XIX i XX w. i ponowny wzrost w 2019 r., co związane jest z rodzajem wykorzystywanych materiałów kartograficznych i oznacza nieco inny sposób prezentowania informacji we wskazanych źródłach oraz mniejszą regularność wyznaczanych wydzieleń na mapach z lat 30. XX w. Wskaźnik obwód–obszar PARA_MN określający stosunek obwodu płatów do ich powierzchni, będący prostą miarą złożoności, największe wartości osiąga dla wydzieleń o dużych płatach. Najsilniej wartość tego wskaźnika wzrosła dla lasów, gruntów ornych i zadrzewień. Obrazuje to większą złożoność tych kategorii wydzieleń i zwiększające się wpływy ekotonowe pomiędzy tymi kategoriami. Średni wskaźnik bliskości CONTIG_MN określa stopień rozproszenia płatów. Wartość zbliżona do 1 oznacza większą zwartość danej kategorii. W analizowanym okresie nastąpił spadek tego wskaźnika dla kategorii gruntów ornych, natomiast w pozostałych kategoriach wskaźniki te utrzymują się na podobnym poziomie w latach 30. XIX w. i współcześnie, a przyjmują niższe wartości w latach 30. XIX w., co wskazuje na większą fragmentację krajobrazu w tym okresie i większą zwartość współcześnie oraz w początkowym okresie przyjętym do analizy. Wskaźnik połączeń CONNECT wyrażający liczbę połączeń pomiędzy płatami danego typu w zadanym promieniu wykazuje wzrost w kategorii lasów i łąk, zaś w pozostałych kategoriach ma tendencję spadkową. Wskazuje to na zmiany sąsiedztwa płatów w tych kategoriach, dające możliwość powiązań ekologicznych, a w przypadku terenów antropogenicznych pośrednio świadczy o niewielkiej frag-

mentacji (grunty orne) lub zwartości i dużych odległościach pomiędzy płatami rozproszonymi (zabudowa). Wskaźnik rozdziału krajobrazu DIVISION utrzymuje się na podobnym poziomie dla wszystkich kategorii, dlatego należy go uznać za mniej przydatny w analizach, bowiem nie wskazuje na zmiany w tym zakresie. Wartość wskaźnika rozdrobnienia krajobrazu MESH potwierdzają tendencje widoczne w obrazie uzyskanym z map – fragmentację zadrzewień w stosunku do lat 30. XIX w. i jej zmniejszenie współcześnie, zwiększenie zwartości kompleksów leśnych, rozdrobnienie gruntów ornych w stosunku do lat 30. XX w., zwiększenie stopnia zwartości zabudowy i zmniejszenie stopnia fragmentacji łąk i pastwisk. Do podobnych wniosków prowadzi porównanie wskaźnika SPLIT. Najmniejsze wartości przyjmuje on dla kategorii gruntów ornych i lasów, a największe dla zadrzewień oraz łąk i pastwisk, co wskazuje na ich większą fragmentację, jednak z tendencją do zmniejszania się w okresie od lat 30. XX w. do 2019 r.

W latach 1830–2019 na obszarze Parku Krajobrazowego „Góry Opawskie" i jego otuliny zaobserwować można zróżnicowane tendencje w zmianach wartości wskaźników kompozycji przestrzennej krajobrazu (tab. 2). Gęstość płatów PD zwiększyła się w latach 30. XX w., by zmaleć w 2019 r., co informuje o największym rozdrobnieniu mozaiki krajobrazowej w latach 30. XX w. Zmalała nato-

Tabela 2. Zmiany wskaźników struktury przestrzennej krajobrazu badanego obszaru w latach 1830–2019

Wskaźnik struktury krajobrazu	Rok 1830	Rok 1930	Rok 2019
TA [ha]	9556,11	9553,72	9579,87
PD [liczba/ha]	4,72	12,75	7,33
TE [km]	512015,00	706800,00	466865,00
ED [km/ha]	53,58	73,98	48,73
AREA_MN [ha]	21,19	7,84	13,65
GYRATE_MN [–]	131,35	58,81	78,01
PARA_MN [–]	1253,99	1164,04	2294,79
CONTIG_MN [–]	0,83	0,52	0,71
PAFRAC [–]	1,25	1,39	1,21
CWED [km/ha]	31,47	57,61	31,00
TECI [%]	46,14	66,14	50,71
CONNECT [%]	1,83	0,80	1,70
DIVISION [–]	0,95	0,91	0,94
MESH [ha]	469,02	820,73	577,38
SPLIT [–]	20,37	11,64	16,59
SHDI [–]	1,19	1,09	1,17
SHEI [–]	0,66	0,61	0,65

Źródło: opracowanie własne na podstawie archiwalnych niemieckich map Urmesstischblätter (1816–1830) i Messtischblätter (seria z lat 1927–1936) oraz ortofotomapy GUGIK (2019).

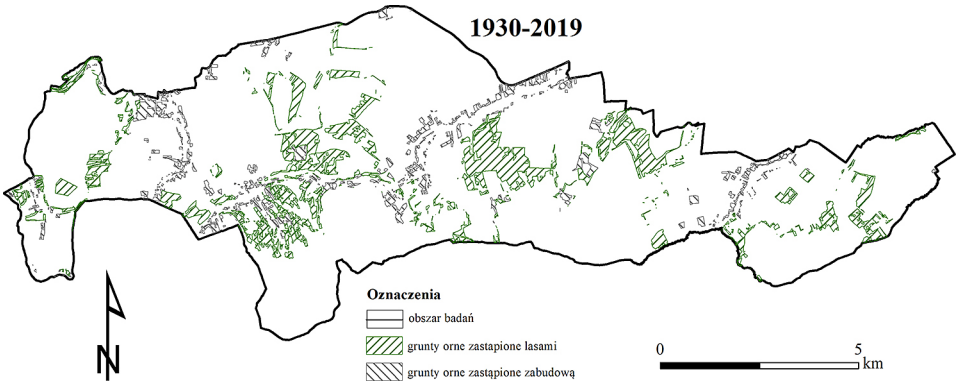
miast łączna długość granic i ich gęstość po okresie wzrostu w latach 30. XIX w., co wpływa na zmniejszenie zróżnicowania krajobrazu oraz uproszczenie jego struktury. Średnia wielkość wydzielonych płatów uległa zmniejszeniu w latach 30. XX w., by wzrosnąć w roku 2019. Podobna tendencja widoczna jest w wartościach wskaźnika określającego regularność kształtu GYRATE_MN, co wskazuje na większe rozdrobnienie płatów o mniej regularnych kształtach w latach 30. XX w. Istotnemu wzrostowi uległa z kolei wartość wskaźnika PARA_MN określającego stosunek obwodu do powierzchni, na co wpływ ma zwiększenie powierzchni dużych, zwartych płatów leśnych o bardziej złożonym, nieregularnym kształcie. Wskaźnik CONTIG_MN potwierdza tendencje uwidocznione poprzez wskaźnik GYRATE_MN, co pozwala wnioskować o wzroście stopnia izolacji płatów w latach 30. XIX w. i jego zmniejszeniu w 2019 r. Wartości wskaźnika wymiaru fraktalnego relacji obwodu do powierzchni PAFRAC oznaczają także zwiększenie złożoności mozaiki krajobrazowej w latach 30. XX w. i nieznaczne jej uproszczenie obecnie. Kontrastowość granic mierzona wskaźnikami gęstości CWED i całkowitej kontrastowość TECI wzrosła w latach 30. XIX w. i zmalała współcześnie, co potwierdza też wskazany wyżej trend w zmianach struktury mozaiki krajobrazowej. Potwierdza to ponadto aktualny spadek stopnia izolacji strukturalnej i funkcjonalnej wydzielonych płatów mozaiki krajobrazowej.

Natomiast wskaźnik CONNECT pozwala na wnioskowanie o podobnym stopniu sąsiedztwa płatów w XIX w. i współcześnie, co pośrednio świadczy o zbliżonym, ogólnym stopniu rozproszenia płatów. Wartość wskaźnika DIVISON nie uległa istotnym zmianom, zbliżając się do 1, co sugeruje podobny podział krajobrazu w analizowanych okresach. Zmiany opisane w strukturze mozaiki krajobrazowej potwierdza także wskaźnik rozdrobnienia MESH, którego wartość wzrosła w latach 30. XX w. i spadła w roku 2019. Wskaźnik SPLIT, którego wartość maleje w 1930 r. i wzrasta współcześnie wskazuje na zwiększenie stopnia dekompozycji w tym okresie i aktualne jej zmniejszenie. Wartości wskaźników różnorodności SHDI i SHEI utrzymujące się na podobnym poziomie w analizowanych okresach wskazują na zbliżony stopień zróżnicowania krajobrazu, co oznacza, że w zakresie strukturalnym nie uległ on bardzo istotnym zmianom pod względem występujących typów i układu płatów.

WYNIKI I DYSKUSJA

W krajobrazie badanego obszaru dominują lasy i grunty orne. W analizowanym okresie nastąpiło zwiększenie powierzchni terenów leśnych oraz spadek powierzchni gruntów ornych, co związane jest z zalesianiem części tych gruntów, na których warunki upraw są trudne ze względu na złożoną rzeźbę terenu, oraz zajmowaniem go pod zabudowę (ryc. 4). Tendencja ta nie była jednak stała, bowiem w latach 30. XIX w. nastąpił wzrost powierzchni gruntów ornych i zmniej-

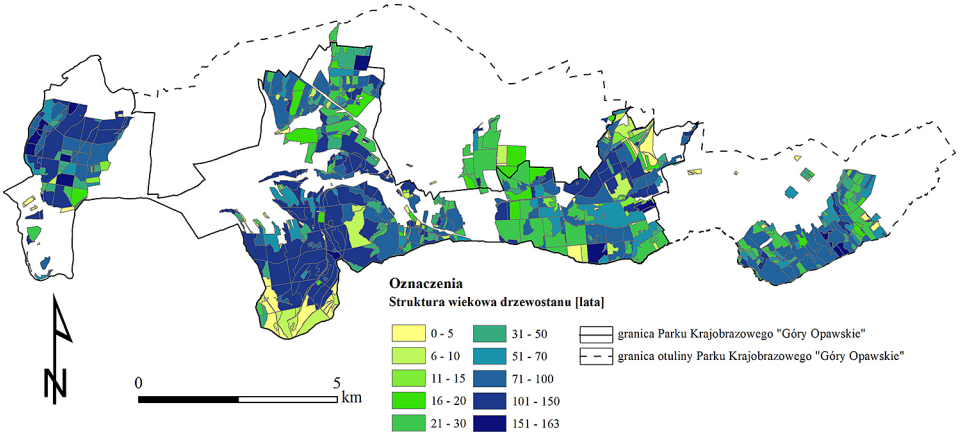
szenie powierzchni lasów, co z kolei wynikało z intensywnej uprawy ziemi w tym okresie oraz wykorzystywania drewna do produkcji papieru w znajdujących się na tym obszarze fabrykach. Efekty przejmowania gruntów uprawnych pod zabudowę widoczne są w jej rozproszeniu oraz zwiększonym zasięgu, obserwowany jest także wzrost zagęszczenia terenów zabudowanych. Wśród przyczyn rozwoju zabudowy należy wskazać atrakcyjność przyrodniczo-krajobrazową analizowanego obszaru oraz rozwój usług turystycznych. Odnotowano tam niemal 50-procentowy wzrost powierzchni zabudowy w stosunku do lat 30. XX w.



Ryc. 4. Obszar gruntów zajętych po 1930 r. przez tereny leśne i zabudowę
Źródło: opracowanie własne na podstawie archiwalnych niemieckich map Messtischblätter (seria z lat 1927–1936) oraz ortofotomapy GUGIK (2019).

Zwiększenie powierzchni lasów spowodowane jest zalesianiem terenów trudnych w uprawie oraz pozwalających utrzymać wysoką kulturę rolną, co wiąże się z wysoką produktywnością i efektywnością współczesnej uprawy ziemi. Inną przyczyną tego zjawiska, która powiązana jest także ze wzrostem powierzchni zadrzewień, jest naturalna sukcesja łąk, często tworzących strefy ekotonowe z lasami. Analiza struktury wiekowej drzewostanu wskazuje na jego przebudowę (ryc. 5). Wskutek zmian klimatycznych, obniżenia poziomu wód gruntowych, suszy sprzyjającej masowemu występowaniu szkodników wycięto w ciągu ostatnich kilku lat znaczne powierzchnie drzewostanów świerkowych, które obecnie ulegają odnowieniu wskutek nasadzeń lub wsparcia naturalnych odnowień. Wycięto głównie drzewostany świerkowe nasadzone na przełomie XIX i XX w. w związku z intensywnym pozyskiwaniem drewna w tym okresie. Intensywność przebudowy widoczna jest głównie w najdalej na północ wysuniętej i jednocześnie najwyższej części parku, w paśmie Biskupiej Kopy. W analizowanym okresie obserwowana była także zmienna tendencja w udziale zadrzewień. Po zmniejszeniu powierzchni w latach 30. XIX i XX w. nieznacznie wzrósł ich udział w ostatnich kilkudziesięciu latach, są one też mniej zdefragmentowane. Odmienna tenden-

cja wystąpiła w powierzchni łąk i pastwisk, która wzrosła w latach 30. XIX i XX w., by ulegać zanikowi w ostatnich kilkudziesięciu latach z przyczyn, o których wspomniano powyżej. Obserwowanym zjawiskiem w krajobrazie było ponadto zwiększenie stopnia jego fragmentacji w latach 30. XX w. oraz nieznaczne zmniejszenie natężenia tego zjawiska współcześnie. Prognoza zmian w strukturze krajobrazu badanego obszaru wskazuje na zwiększający się udział zabudowy, zmniejszanie powierzchni gruntów rolnych kosztem lasów i nieużytków oraz wzrost powierzchni zadrzewień na gruntach nieuprawianych bądź wskutek degradacji powierzchni leśnych oraz dalszy zanik łąk. Przyczyną części tych przekształceń są zmiany warunków hydrologicznych siedlisk na obszarach łąkowych i leśnych, skutkujące zanikaniem niektórych typów zbiorowisk, zmiany struktury drzewostanu czy zmiany w strukturze rolnictwa.



Ryc. 5. Struktura wiekowa drzewostanu obszaru Parku Krajobrazowego „Góry Opawskie" i jego otuliny
Źródło: opracowanie własne na podstawie Banku Danych o Lasach.

W aspekcie ekologiczno-krajobrazowym należy wskazać na zwiększanie się płatów leśnych oraz zadrzewień. Brak jest także ciągłości zadrzewieniowych korytarzy ekologicznych pomiędzy istniejącymi kompleksami leśnymi, co wskazuje na potrzebę odbudowy połączeń funkcjonalnych pomiędzy tymi obszarami. Dodatkowo skupione są one w sąsiedztwie dużych kompleksów leśnych. Taki układ wpływa na funkcje środowiskowe obszaru, w szczególności na jego zdolność do zachowania równowagi przyrodniczej, bioróżnorodność i produktywność ekosystemów. Konieczne jest zatem podjęcie działań zmierzających do przebudowy ekologicznego systemu przestrzennego tego terenu w zakresie rozbudowy lokalnych korytarzy ekologicznych łąkowo-zadrzewieniowych, przeciwdziałanie powstawaniu barier w postaci zabudowy, co pozwoli na poprawę jego funkcjonalności.

PODSUMOWANIE

Wykorzystana w opracowaniu metoda daje możliwości przeprowadzenia szybkiej analizy i waloryzacji zmian krajobrazu dla potrzeb planowania przestrzennego, ochrony przyrody czy prowadzenia gospodarki leśnej. Analiza pozwoliła dokonać oceny tendencji zmian w strukturze krajobrazu oraz ich wpływu na różnorodność biologiczną tego obszaru i jego korelacji z użytkowaniem ziemi, wskazać formy użytkowania korzystne z punktu widzenia zachowania korytarzy ekologicznych. Zidentyfikowano zagrożenia istotne z punktu widzenia ochrony przyrody związane z zanikaniem i utratą funkcjonalności korytarzy ekologicznych. Przyjęta metoda jest skutecznym sposobem monitorowania zmian w krajobrazie. Dotyczy to początkowego etapu, kiedy należy dokonać diagnozy ogólnego stanu krajobrazu i głównych kierunków zmian oraz zastosować wskaźniki dające obraz przekształceń w pewnym stopniu ogólności. Może być też wykorzystana w etapie późniejszym, kiedy należy zastosować bardziej szczegółowe wskaźniki, określające precyzyjniej zmiany zachodzące na poziomie poszczególnych komponentów krajobrazu. Współczesna dostępność przestrzennych baz danych oraz powszechność obrazowania lotniczego i satelitarnego daje możliwość bieżącego monitorowania zmian i za pomocą przyjętej metody pozwala określać wzajemne relacje w strukturze i funkcjonowaniu krajobrazu. Badania zmian struktury i kompozycji krajobrazu przy użyciu wskaźników krajobrazowych mogą być wykorzystane do zrównoważonego planowania krajobrazu. Stosowane mogą być do tego modele krajobrazu powiązane z ocenami wpływu aktywności gospodarczej na zmiany struktury krajobrazu (Southworth i in., 2002; Ferrier, Drielsma, 2010). Ocena sumarycznych wartości wydzielonych płatów krajobrazowych wskazuje na zmiany, jednak dopiero ocena indywidualnych wskaźników krajobrazowych pozwala przeanalizować je bardziej szczegółowo, ale wskaźniki oceny struktury kompozycyjnej krajobrazu wskazują na występowanie zmian znacząco większych.

Nieco inaczej przedstawiają się wskaźniki krajobrazowe obejmujące cały obszar badań oraz dla poszczególnych klas. Nie obrazują one zmian występujących w poszczególnych klasach pokrycia terenu, a są uśrednionym obrazem całości krajobrazu. Tymczasem każdy z typów ekosystemów pełni inną rolę. Należy dokonywać odrębnej analizy wskaźników dla poszczególnych klas ekosystemów i dla całego krajobrazu.

Wśród istniejących i potencjalnych zagrożeń na obszarze Parku Krajobrazowego „Góry Opawskie" wskazuje się m.in. na upraszczanie mozaikowatej struktury przestrzennej otwartych terenów rolnych na skutek wzrostu intensywności uprawiania (zamiana trwałych użytków zielonych na grunty orne, zabudowa lądowych ekosystemów nieleśnych; Uchwała…, 2014). Zagrożeniem jest także naturalna sukcesja powodująca zarastanie łąk i innych terenów otwartych, zaorywanie

łąk i pastwisk, przerywanie połączeń ekologicznych oraz izolacja poszczególnych kompleksów parku wskutek zabudowy nowych terenów. Problemem jest ponadto wycinka zadrzewień i zakrzewień śródpolnych w celu zwiększenia powierzchni gruntów lub ich komasacji oraz wycinka drzew i krzewów wzdłuż dróg i cieków w trakcie prac związanych z ich konserwacją lub modernizacją (Uchwała…, 2014). Badania potwierdziły większość spośród wskazanych powyżej zagrożeń, poza brakiem istotnego powiększania areału gruntów uprawnych.

W latach 1830–2019 na terenie Parku Krajobrazowego „Góry Opawskie" i w jego otulinie zaszły znaczące zmiany w udziałach powierzchniowych poszczególnych typów ekosystemów. Analiza wskaźników kompozycji przestrzennej krajobrazu wskazuje, że przy niewielkich zmianach udziałów doszło do bardzo istotnego ograniczenia funkcjonalności obszaru dla ochrony bioróżnorodności. Z badań wynika, że na analizowanym terenie zwiększa się udział lasów, zmniejsza się powierzchnia gruntów ornych, co należy uznać za zjawiska korzystne. Niekorzystnym zjawiskiem jest jednak rozwój zabudowy na tym obszarze. Kierunek zmian w analizowanym okresie nie był jednolity. Od lat 30. XIX w. do lat 30. XX w. nastąpiła intensyfikacja wykorzystania tego terenu w kierunku rolniczym, jednak w ostatnich kilkudziesięciu latach tendencja ta została odwrócona. Jak wskazuje analiza struktury wiekowej drzewostanu, wzrost lesistości nie na całym obszarze wiąże się ze zwiększeniem walorów przyrodniczych. Jednak potrzeba jeszcze wielu lat, aby odbudować potencjał przyrodniczy tego obszaru.

LITERATURA

Ares J., Bertiller M., Del Valle H. (2001). Functional and structural landscape indicators of intensification, resilience and resistance in agroecosystems in southern Argentina based on remotely sensed data. *Landscape Ecology*, 16: 221–234.

Badora K., Wróbel R. (2020). Changes in the spatial structure of the landscape of isolated forest complexes in the 19th and 20th centuries and their potential effects on supporting ecosystem services related to the protection of biodiversity using the example of the Niemodlin Forests (SW Poland). *Sustainability*, 12: 4237. https://doi.org/10.3390/su12104237

Badora K. (2018). *Propozycja regionalizacji fizycznogeograficznej Sudetów Wschodnich. Prace i Studia Geograficzne*, 63,1: 59–73.

Badora K., Koziarski S. (2008). Regionalny system ochrony różnorodności krajobrazowej na przykładzie Opolszczyzny. *Studia i Monografie,* 398, Uniwersytet Opolski.

Balon J. (2010). Atrakcyjność krajobrazu, stała czy przygodna? *Problemy Ekologii Krajobrazu,* 27: 23–28.

Bildliche Darstellung der Kartenzeichen in den amtlichen Deutschen Karten (Kartenfibel) (1941).

Cissel J.H., Swanson F.J., Weisberg P.J. (1999). Landscape management using historical fire regimes: Blue River. Oregon. *Ecological Applications,* 9: 1217–1231.

Ferrier S., Drielsma M.J. (2010). Synthesis of pattern and process in biodiversity conservation assessment: a flexible whole-landscape modelling framework. *Diversity and Distributions*, 16: 386–402. https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00657.x

Forman R.T.T., Godron M. (1981). Patches and structural components for a landscape ecology. *BioScience*, 31(10): 733–740. https://doi.org/10.2307/1308780

Forman R.T.T., Godron M. (1986). *Landscape ecology*. J. Wiley & Sons.

Gąsiewicz S. (1930), *Znaki topograficzne map i znaki taktyczne*. Warszawa: Główna Księgarnia Wojskowa.

Giętkowski T., Zachwatowicz M. (2010a). Przemiany krajobrazu – czy można uniknąć złudzeń. W: Geograficzne spotkania w drodze. Krok trzeci. Materiały III Konferencji Geografów-Doktorantów. Warszawa: Wydawnictwa Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego.

Giętkowski T., Zachwatowicz M. (2010b). Temporal changes of land cover in relation to chosen environmental variables in different types of landscape. *Miscellanea Geographica*, 14: 33–45.

Hagen A. (2003). Fuzzy set approach to assessing similarity of categorical maps. *International Journal of Geographical Information Science*, 17(3): 235–249.

Konias A. (2010). *Kartografia topograficzna państwa i zaboru pruskiego od II połowy XVIII wieku do połowy XX wieku*. Słupsk: Wydawnictwo Naukowe Akademii Pomorskiej w Słupsku.

Kozieł M. (2007). Analiza struktury krajobrazu doliny Wieprza w Nadwieprzańskim Parku Krajobrazowym metodami GIS. W: U. Myga-Piątek (red.), *Doliny rzeczne. Przyroda–Krajobraz–Człowiek*. Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego PTG, 7: 60–70.

Kozieł M. (2010). Ewolucja krajobrazu doliny Wieprza w Nadwieprzańskim Parku Krajobrazowym w XX wieku. W: J. Plit (red.), *Krajobrazy kulturowe dolin rzecznych. Potencjał i wykorzystanie*. Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego PTG, 13: 41–53.

Kupfer J.A. (2012). Landscape ecology and biogeography: Rethinking landscape metrics in a post-FRAGSTATS landscape. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 36(3): 400–420. https://doi.org/10.1177/0309133312439594

Liu S., Dong Y., Deng L., Liu L., Zhao H., Dong S. (2014). Forest fragmentation and landscape connectivity change associated with road network extension and city expansion: a case study in the Lancang River Valley. *Ecological Indicators*, 36: 160–168. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.07.018

McAlpine C.A., Eyre T.J. (2002). Testing landscape metrics as indicators of habitat loss and fragmentation in continous eucalypt forests (Queensland, Australia). *LandscapeEcology*, 17: 711–728.

McGarigal K. (2002). *Fragstats Documentation*. Part 3 (FragstatsMetrics) (http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats_documents.html; dostęp: 3.09.2021).

McGarigal K. (2012). *Fragstats 4.0 Help* (http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats.help.4.pdf; dostęp: 3.09.2021).

McGarigal K., Marks B.J. (1995). *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. General Technical Report PNW-GTR-351. Portland: USDA Forest Service. Pacific Northwest Research Station.

McGarigal K., Cushman S.A., Ene E. (2012). *FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps*. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst (http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html; dostęp: 3.09.2021).

Miao L., Yuan-Man H., Chun-Lin L. (2017). Landscape metrics for three-dimensional urban building pattern recognition. *Applied Geography*, 87: 66–72. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.07.011

Miszewski K. (2003). Góry Opawskie nie tylko środowiskiem skał metamorficznych, fałdów i złota. W: J. Słodczyk, M. Śmigielska (red.), *Śląsk Opolski w warunkach integracji europejskiej*. Polskie Towarzystwo Geograficzne Oddział w Opolu, Uniwersytet Opolski, s. 23–36.

Moser D., Zechmeister H.G., Plutzar Ch., Sauberer N., Wrbka T., Grabherr G. (2002). Landscape patch shape complexity as an effective measure for plant species richness in rural landscapes. *Landscape Ecology*, 17: 657–669.

Natura 2000 – Standardowy Formularz Danych obszar PLH160007 NAZWA OBSZARU Góry Opawskie. (2002) Warszawa: Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska (http://natura2000.gdos.gov.pl/; dostęp: 4.09.2021).

Niemandt C., Greve M. (2016). *Fragmentation metric proxies provide insights into historical biodiversity loss in critically endangered grassland. Agricultura, Ecosystem and Environment*, 235: 172–181. https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.10.018

Papadimitriou F. (2002). Modelling indicators and indices of landscape complexity an approach using GIS. *Ecological Indicators*, 2: 17–25.

Pukowiec-Kurda K., Sobala M. (2016). Nowa metoda oceny stopnia antropogenicznego przekształcenia krajobrazu na podstawie metryk krajobrazowych. *Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego*, 31: 73–86.

Reed A., Johnson-Barnard J., Baker W.L. (1996). Fragmentation of a forested Rocky Mountain landscape. 1950–1993. *Biological Conservation*, 75, 3: 267–277. https://doi.org/10.1016/0006-3207(95)00069-0

Richling A., Solon J. (2011). *Ekologia krajobrazu*. Warszawa: PWN.

Roo-Zielińska E., Solon J., Degórski M. (2007). Ocena stanu i przekształceń środowiska przyrodniczego na podstawie wskaźników geobotanicznych, krajobrazowych i glebowych (Podstawy teoretyczne i przykłady zastosowań). *Monografie IGiPZ PAN*, 9: 317.

Sitko M. (1998). *Góry Opawskie. Przewodnik*. Głuchołazy: Księgarnia Zygmunta Raby.

Solon J. (2002). Ocena różnorodności krajobrazu na podstawie analizy struktury przestrzennej roślinności. *Prace Geograficzne IGiPZ PAN*, 185: 1–233.

Solon J. (2007). Współczesne koncepcje ekologiczno-krajobrazowe i ich przenikanie do innych nauk o środowisku przyrodniczym. W: K. Ostaszewska, I. Szumacher, S. Kulczyk, E. Malinowska (red.), *Znaczenie badań krajobrazowych dla zrównoważonego rozwoju*. Warszawa, s. 57–74.

Solon J. i in. (2018). Physico-geographical mesoregions of Poland: Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. *Geographia Polonica*. 91, 2: 143–170. https://doi.org/10.7163/GPol.0115

Southworth J., Nagendra H., Tucker C. (2002). Fragmentation of a landscape: Incorporating landscape metrics into satellite analyses of land-cover change. *Landscape Research*, 27,3: 253–269. https://doi.org/10.1080/01426390220149511

Uchwała nr XLII/492/2014 Sejmiku Województwa Opolskiego z dnia 3 czerwca 2014 r. w sprawie ustanowienia Planu Ochrony Parku Krajobrazowego „Góry Opawskie". (2014) (Dz. Urz. Woj. Opolskiego 2014 r. poz. 1519).

Uchwała Wojewódzkiej Rady Narodowej w Opolu nr XXIV (193) z dnia 26 maja 1988 r. w sprawie powołania Parku Krajobrazowego „Góry Opawskie" i Parku Krajobrazowego „Góra Świętej Anny" (1989) (Dz. Urz. Woj. Opolskiego 1989, nr 19, poz. 231).

Urbański J. (2008). *GIS w badaniach przyrodniczych*. Gdańsk: Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.

Wróbel R. (2014). Antropogeniczne przeobrażenia krajobrazu opolskiego odcinka doliny Odry w XX wieku. *Studia i Monografie – Uniwersytet Opolski*, 513: 1: 205.