ROCZNIKI BIESZCZADZKIE 23 (2015) str. 95–109

Stanisław Kucharzyk
Ośrodek Naukowo-Dydaktyczny Bieszczadzkiego Parku Narodowego
ul. Bełska 7, 38–700 Ustrzyki Dolne
skucharzyk@bdpn.pl

Received: 3.02.2015
Reviewed: 26.05.2015

DAWNE ORAZ WSPÓŁCZESNE DROGI LEŚNE I SZLAKI ZRYWKOWE W WALORYZACJI NATURALNOŚCI EKOSYSTEMÓW LEŚNYCH W BIESZCZADZKIM PARKU NARODOWYM

Former and modern forest roads and skid trails in forest naturalness assessment in the Bieszczady National Park

Abstract: In 1993–1994 in the Bieszczady National Park was carried out field valorization of degree of forests naturalness. The article presents the verification of this assessment based on GIS spatial analyzes of the density of forest roads and skid trails (used and unused). The inventory of roads and trails were made on the basis of a high resolution digital terrain model developed by the National Protection Information System (ISOK) based on ALS point cloud processing. The density of these man-made linear elements was tested using GIS software and it was found that it is differentiated – from 0 to 22.87 km/km^2, averaging 4.23 km/km^2. On the basis of the analyzes it found that forests with a higher degree of naturalness are characterized by smaller density of these artifacts.

Key words: Bieszczady Mts, forest, naturalness assessment, forest roads, skid trails, GIS, LiDAR, DTM.

Wstęp

Lasy puszczańskie, zwane bardziej adekwatnie lasami o charakterze pierwotnym, były wskazywane jako istotny przyrodniczy walor Bieszczadów Wysokich jeszcze przed utworzeniem Bieszczadzkiego Parku Narodowego (Kucharzyk 2008; Winnicki i Michalik 2014). Często podaje się, że obecna wysoka lesistość Bieszczadów jest efektem powojennych wysiedleń i wtórnej renaturalizacji (zdziczenia) tego obszaru. Nie należy jednak zapominać, że obszar tzw. Bieszczadów Wysokich zaliczany był do najmniej zaludnionych w II Rzeczypospolitej, a lesistość w wyższych partiach nie spadła poniżej 65–70% (Wolski 2007; Augustyn i Kucharzyk 2008; Kucharzyk i Augustyn 2011). W okresie międzywojennym, mimo zaludnienia znacząco większego niż obecne, wpływ człowieka na lasy był generalnie mniejszy, chociaż zróżnicowany przestrzennie. W sąsiedztwie tras kolejek leśnych, tartaków, potaszni i innych ośrodków przetwarzających drewno, pozyskanie było bardzo intensywne, a niekiedy nawet rabunkowe. Jednak znaczny obszar drzewostanów pozostawał niedostępny i nie był użytkowany z

powodu ograniczonych możliwości transportu drewna na rynki zbytu (Augustyn 2006; Kucharzyk i Augustyn 2011).

W latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku bieszczadzkie lasy były bardzo zróżnicowane pod względem naturalności. Ówczesnym decydentom Bieszczady jawiły się, jako zagłębie drzewne (Gołębiowski 1985), zaś przyrodnikom jako godne zachowania lasy o puszczańskim charakterze (Lisowski 1957). Pierwsze koncepcje ochrony najcenniejszych ekosystemów leśnych przez długi czas przegrywały z planami wykorzystania bieszczadzkich drzewostanów jako bazy surowcowej. Niewielki początkowo, Bieszczadzki Park Narodowy, powołany został dopiero w 1973 roku i zapewniał ochronę na powierzchni ponad 5 tys. ha, w tym zaledwie 3 tys. ha lasów. Dopiero drugie z kolei powiększenie BdPN zapewniło ochronę znaczącej powierzchni bieszczadzkich lasów, w tym także niewielkim pozostałościom ekosystemów o charakterze pierwotnym. Trzeba jednak zaznaczyć, że większość drzewostanów, włączonych do Parku w 1991 roku, była wcześniej objęta pozyskaniem surowca drzewnego i gospodarką leśną, niekiedy o znacznej intensywności (Winnicki i Michalik 2014).

Początkowo tempo zagospodarowania południowo-wschodniej części Bieszczadów ograniczało odcięcie od jednej z głównych linii komunikacyjnych, to jest linii kolejowej w dolinie Sanu. Już w 1955 roku Uchwała nr 1014/55 Prezydium Rządu z dn. 17.XII.1955 w sprawie programu rozwoju budownictwa komunikacyjnego w Bieszczadach wyznaczyła główne kierunki wielkich, planowych inwestycji. Miały one udostępnić lasy bieszczadzkie, jako zagłębie surowca drzewnego na wiele dziesięcioleci. Dzięki tej uchwale w latach 1955–1962 wybudowano tzw. wielką obwodnicę bieszczadzką. W nawiązaniu do tej trasy budowano kolejne drogi lokalne, a następnie drogi leśne. Budowano je stosując początkowo podbudowę z kamienia łamanego, następnie nawierzchnię dwuwarstwową z kruszywa lub żwiru, a od 1971 roku zaczęto powszechnie stosować technikę smołowania półwgłębnego. W połowie lat 70. wskaźnik gęstości dróg osiągnął 0,33 km/km^2, a w połowie lat 80. około 0,45 km/km^2. Osiągnięto wówczas pożądany stopień udostępnienia terenu (2,5 km/km^2) na około 20% powierzchni (Patalas 1971; Gołębiowski 1985; Kucharzyk i Marszałek 2010). W latach 80., z uwagi na znaczne ograniczenie dostępnych środków inwestycyjnych, opracowano dla terenów górskich nową technologię budowy tanich dróg drugiego rzędu, tzw. stokówek o nieutwardzonej nawierzchni. Miały być one użytkowane w okresach korzystnych warunków atmosferycznych i wymagały stałej konserwacji urządzeń odwadniających, co najczęściej nie było przestrzegane (Sędłak i in. 2003; Kucharzyk i Marszałek 2010).

Elementem technicznym, umożliwiającym mechaniczny transport surowca od miejsca ścinki do składnicy przyzrębowej, są tak zwane szlaki zrywkowe. Z uwagi na znaczne odległości zrębów od składnic oraz ukształtowanie terenu zrywka w warunkach bieszczadzkich była bardzo trudna. Często realizowana była dwuetapowo, jako tzw. „zrywka łamana", przy odległości sięgającej nawet do 6 km.

Pierwszy etap do szlaku zrywkowego odbywał się ręcznie lub końmi, dalej zaś, w miejscach o łagodniejszym nachyleniu stoków, drewno zrywano ciągnikami gąsienicowymi. W latach 60. w wielu leśnictwach zrywka konna stanowiła 60–70% całej zrywki, a średnio w Bieszczadach 45,5% (Sędłak i in. 2003; Kucharzyk i Marszałek 2010). Jako szlaków zrywkowych często używano wówczas dolin potoków (Krzysik 1968; Patalas 1971; Kucharzyk i Marszałek 2010). Często dna potoków były przygotowane do zrywki poprzez zniwelowanie progów i usunięcie nadmiernie wystających kamieni (Patalas 1971).

Do końca lat 90. ubiegłego wieku ponad 80% dzisiejszych drzewostanów było udostępnionych i objętych gospodarką leśną. W 1991 roku, po powiększeniu Bieszczadzkiego Parku Narodowego do powierzchni ponad 27 tys. ha, obejmującej w znacznej części ekosystemy leśne, istotnym zadaniem była waloryzacja, mająca na celu wytypowanie najcenniejszych drzewostanów. Pierwszą taką ocenę przeprowadzono w latach 1993–1994, w ramach kompleksowego planu ochrony BdPN (Kucharzyk 2008). Prace terenowe były wykonywane łącznie z taksacją i opierały się na inwentaryzacji efektów i śladów gospodarki leśnej, takich jak: zmiany w składzie gatunkowym i strukturze drzewostanów, obecność szlaków zrywkowych, dróg leśnych i pniaków po ściętych drzewach. Dane te uzupełniano analizą dokumentów źródłowych, dotyczących historii użytkowania. Ponieważ waloryzacja terenowa prowadzona była praktycznie bezpośrednio po zaprzestaniu użytkowania, ewidencja śladów gospodarki leśnej prowadzonej w latach 70. i 80. XX wieku była stosunkowo łatwa. Znacznie trudniejsze było oszacowanie wpływu wcześniejszej gospodarki leśnej, który oceniano najczęściej pośrednio na podstawie struktury i składu gatunkowego drzewostanu. Spory problem stanowiła również rozległość obszaru, utrudniająca szczegółowe kartowanie drzewostanów o różnym stopniu przekształcenia. Stąd też na potrzeby ówczesnego opracowania przyjęto, że podstawową jednostką waloryzacji jest wydzielenie drzewostanowe. W kolejnych latach waloryzacja drzewostanów była weryfikowana zarówno w oparciu o pozyskiwane dane historyczne, jak też o nowe dane dotyczące zasięgu i struktury poszczególnych wydzieleń drzewostanowych (Augustyn i Kucharzyk 2008).

Ocenę wpływu antropogenicznego na drzewostany można uzupełnić również o dodatkowe informacje możliwe do pozyskania dzięki nowym technikom badawczym. W ostatnich latach rozwijające się techniki geomatyczne umożliwiały pozyskanie tak precyzyjnych danych o rzeźbie terenu, które umożliwiają inwentaryzację nawet stosunkowo niewielkich antropogenicznych przekształceń terenu, szczególnie o charakterze liniowym. Celem niniejszej pracy jest weryfikacja waloryzacji antropogenicznego przekształcenia ekosystemów leśnych w Bieszczadzkim Parku Narodowym, w oparciu o dane dotyczące dawnych dróg leśnych i szlaków zrywkowych, pozyskane na podstawie wzrokowej interpretacji kompozycji cieniowanego reliefu terenu, generowanego na podstawie chmur punktów lotniczego skanowania laserowego.

Metodyka

Wykorzystanie aktywnych systemów teledetekcji daje dużo większe możliwości modelowania powierzchni terenu z wysoką dokładnością nawet na obszarach leśnych. W szczególności stosuje się w tym celu systemy radarowe (często z poziomu satelitarnego) oraz lotniczy skaning laserowy (Light Detection and Ranging). Akronim LiDAR utożsamiany jest z metodą pomiarową, pozwalającą na rejestrację dokładnego położenia w przestrzeni miejsc odbicia wiązki światła laserowego od gruntu, roślinności, budynków, itd. Dane otrzymane na drodze skanowania laserowego w postaci tzw. chmury punktów, są następnie analizowane za pomocą specjalnych programów komputerowych. Literatura na temat przydatności tej metody w tworzeniu wysokorozdzielczych numerycznych modeli terenu (NMT) do prac inwentaryzacyjnych w ekosystemach leśnych, w tym przebiegu dróg leśnych, jest bardzo obszerna (Stereńczak 2010; White i in. 2010; Szostak i in. 2014).

Dla znacznej części naszego kraju dokładne dane o ukształtowaniu powierzchni gruntu zostały pozyskane metodą skaningu laserowego, w ramach Informatycznego Systemu Osłony Kraju (ISOK) (http://www.isok.gov.pl/pl/). Na potrzeby niniejszego opracowania wykorzystano udostępniony na platformie Geoportal wysokorozdzielczy numeryczny model terenu (NMT), w postaci cieniowanego reliefu (ang. hillshade). Obraz numerycznego modelu terenu ze źródeł ISOK ujawnia niewidoczne na tradycyjnych ortofotomapach liniowe zniekształcenia naturalnej rzeźby terenu związane z drogami. Są to zarówno nasypy i rowy wzdłuż utwardzonych dróg leśnych i lokalnych, jak też wyprofilowane w stokach ciężkim sprzętem drogi leśne i szlaki zrywkowe. Dla obszaru całego Bieszczadzkiego Parku Narodowego wraz z 500 metrowym buforem w oprogramowaniu ArcGis 10.2 (Esri) dokonano fotointerpretacji cieniowanej rzeźby terenu (usługa WMTS Geoportal.gov.pl) oraz wektoryzacji ekranowej przebiegu tych charakterystycznych antropogenicznych przekształceń. Następnie, na podstawie tak sporządzonej wektorowej warstwy liniowej, wygenerowano tematyczną mapę typu GRID, obrazującą zagęszczenia dróg leśnych i śladów szlaków zrywkowych. Warstwę gęstości szlaków komunikacyjnych wygenerowano z użyciem funkcji Line Density (Spatial Analyst ArcGis 10.2), która określa zagęszczenie obiektów liniowych na jednostkę powierzchni. Analizę zmienności przestrzennej tego zagęszczenia wykonano z 10-metrową rozdzielczością terenową generowanej warstwy rastrowej i promieniu analizy 300 metrów. Przyjęty promień analizy wynika z próby uwzględnienia oddziaływania szlaku zrywkowego na otaczający drzewostan, gdyż transport ściętych kłód do szlaku zrywkowego odbywał się zwykle z maksymalnej odległości 200–300 metrów.

Dokonano również porównania wyników waloryzacji antropogenicznego przekształcenia ekosystemów leśnych w Bieszczadzkim Parku Narodowym, przeprowadzonej w terenie metodami tradycyjnymi, z wynikami analiz przestrzennych GIS zagęszczenia dróg leśnych i śladów szlaków zrywkowych. W tym celu wykonano w oprogramowaniu GIS analizy przestrzenne, polegające na przecięciu dostępnej w systemie informacji przestrzennej BdPN poligonowej warstwy waloryzacji drzewostanów z warstwą liniową dróg i szlaków zrywkowych oraz z warstwą rastrową zagęszczenia tych elementów komunikacyjnych. W efekcie analizy uzyskano ocenę zagęszczenia dróg leśnych w lasach o różnym stopniu naturalności, uzyskaną w dwojaki sposób. Po pierwsze: jako iloraz długości dróg w danej kategorii lasu i powierzchni tej kategorii, po drugie: jako średnią wartość rastra zagęszczenia przy uwzględnieniu 300 metrowych stref buforowych (promień analizy Line Density). Kryteria wydzielenia lasów o różnych kategoriach naturalności (oznaczone literami od A do I) zostały szerzej opisane we wcześniej publikowanym artykule autora (Kucharzyk 2008). Poniżej podano ich skrótową charakterystykę:

- las o charakterze pierwotnym (kat. A) – las gdzie nie stwierdzono śladów bezpośredniej ingerencji człowieka;
- las o charakterze pierwotnym (kat. B) – las gdzie zaobserwowano przypadkowe pozyskiwanie pojedynczych drzew;
- las o charakterze pierwotnym (kat. C) – drzewostan o charakterze krzywulcowym przy górnej granicy lasu, podlegający w przeszłości oddziaływaniu gospodarki pasterskiej;
- las naturalny (kat. D) – gdzie stale pozyskiwano pojedyncze drzewa;
- las zagospodarowany o charakterze naturalnym (kat. E) – las o składzie gatunkowym zgodnym z siedliskiem, pochodzący z odnowienia naturalnego, w przeszłości objęty gospodarką leśną;
- las zagospodarowany o charakterze naturalnym (kat. F) – las o składzie gatunkowym zgodnym z siedliskiem, pochodzący z odnowienia sztucznego, w przeszłości objęty gospodarką leśną;
- las zagospodarowany sztuczny (kat. G) – las o składzie gatunkowym niezgodnym z siedliskiem, w przeszłości objęty gospodarką leśną;
- drzewostany przedplonowe (kat. H) – las powstały w wyniku sukcesji wtórnej na gruntach nieleśnych;
- drzewostan przedplonowy (kat. I) – las powstały w wyniku zalesień gruntów nieleśnych.

Dla kolejnych klas naturalności drzewostanu (od A do I) zastosowano rangowanie od 9–1 i sprawdzono korelację pomiędzy tak określoną skalą porządkową naturalności drzewostanów a zagęszczeniem dróg, obliczonym według dwóch metod.

Do interpretacji uzyskanych wyników wykorzystano pomocniczo XIX–wieczne mapy katastralne, mapy topograficzne z okresu międzywojennego (Mapy WIG) oraz obserwacje terenowe w wybranych miejscach.

Wyniki

W wyniku analizy wysokorozdzielczego numerycznego modelu terenu opracowanego na podstawie danych LiDAR zinwentaryzowano ponad 232 km zniekształceń NMT charakterystycznych dla dróg, dróg leśnych i szlaków zrywkowych (Tab. 1). Szerokość tych zniekształceń rzeźby terenu waha się od 3 do kilkunastu metrów. Natomiast głębokość określona na podstawie przeprowadzonych obserwacji terenowych sięga kilku metrów. Zaobserwowane zniekształce-

Tabela 1. Zagęszczenie dróg leśnych i szlaków zrywkowych (użytkowanych oraz nieużytkowanych) w lasach o różnym stopniu naturalności. Objaśnienia: [1] – zagęszczenie dróg obliczone jako iloraz długości dróg w danej kategorii lasu i powierzchni tej kategorii, [2] – zagęszczenie dróg obliczone jako średnia wartość rastra zagęszczenia dróg uzyskanego z analizy Line Density.

Table 1. The density of forest roads and skid trails (used and unused) in forests with varying ranks of naturalness. Explanations: [1] – medium density of the forest roads calculated as the quotient of the length of roads in the category of forest and areas that category, [2] – medium density of the forest roads calculated as the average value of the raster density of roads obtained from the Line Density analysis.

Kategoria naturalności drzewostanów *Ranks of naturalness*	Powierzch-nia [km^2] *Area [km^2]*	Długość dróg i szlaków zrywko-wych [km] *Length of roads and skid trails [km]*	Średnie zagęszcze-nie[1] [km/km^2] *Medium density[1] [km/km^2]*	Średnie zagęszcze-nie[2] [km/km^2] *Medium density[2] [km/km^2]*	Maksymalne zagęszcze-nie[2] [km/km^2] *Maximum density[2] [km/km^2]*
Las o charakterze pierwotnym (kat. A) *The forests of primeval character – A category*	7,92	6,29	0,79	1,01	9,40
Las o charakterze pierwotnym (kat. B) *The forests of primeval character – B category*	9,05	8,60	0,95	1,38	8,86

Las o charakterze pierwotnym (kat. C) *The forests of primeval character – C category*	4,23	12,70	3,00	2,72	15,01
Las naturalny (kat. D) *The natural forest – D category*	14,47	35,58	2,46	2,58	11,69
Las zagospodarowany o charakterze naturalnym (kat. E) *The forests of natural character – E category*	158,49	743,48	4,69	4,78	22,65
Las zagospodarowany o charakterze naturalnym (kat. F) *The forests of natural character – F category*	0,74	7,42	10,04	10,74	20,70
Las zagospodarowany sztuczny (kat. G) *The artificial forests – G category*	5,75	8,30	1,44	5,47	16,05
Drzewostany przedplonowe (kat. H) *The successional forest on former arable land – H category*	11,91	56,90	4,78	4,60	22,40
Drzewostany przedplonowe (kat. I) *Forest plantation on former arable land – I category*	20,27	105,98	5,23	5,06	22,87
Wszystkie drzewostany w BdPN *All tree stands in BNP*	232,82	985,26	4,23	4,38	22,87

nia są związane zarówno z obecnie użytkowanymi, jak też porzuconymi drogami i szlakami zrywkowymi. Wizualne porównanie zwektoryzowanej sieci dróg z mapami historycznymi pozwala stwierdzić, że niektóre odcinki dróg możliwe do interpretacji na NMT to obiekty liczące ponad 200 lat, które nie były użytkowane przez ostatnie pół wieku. Do takich obiektów zaliczyć można dawne drogi, prowadzące ze wsi na połoniny, przez obszary leśne. Tylko część z tych dróg była używana po II wojnie światowej, jako drogi leśne lub szlaki turystyczne.

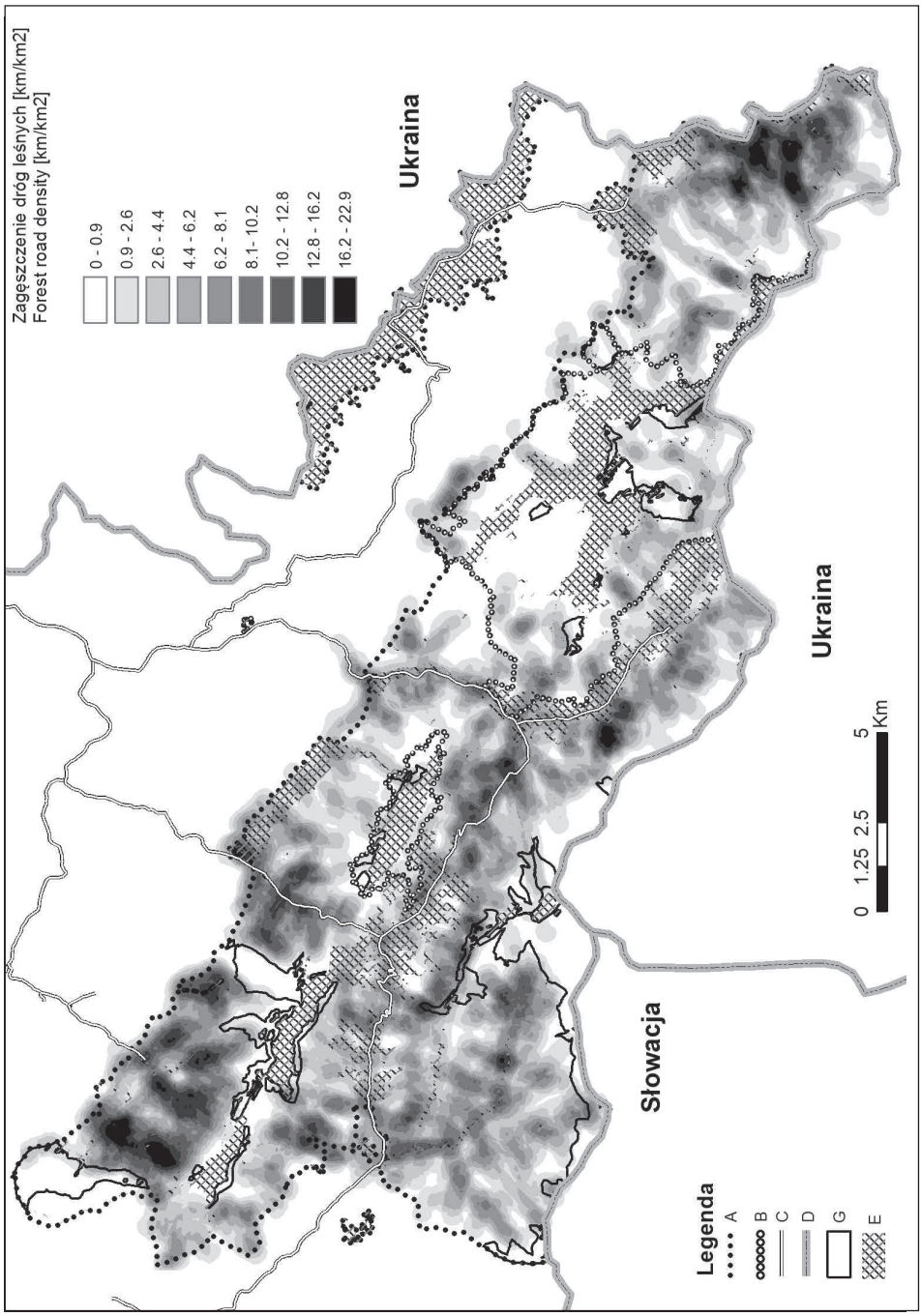
Zagęszczenie dróg leśnych i szlaków zrywkowych na terenie BdPN jest zróżnicowane i kształtuje się od 0–22,87 km/km^2 (Tab. 1). Największe zagęszczenie charakterystycznych zniekształceń liniowych stwierdzono w północno-zachodniej i południowo-wschodniej części Bieszczadzkiego Parku Narodowego **(Ryc. 1).** W dolinach potoków Hulski, Rzeka, Hylaty, są to głównie ślady dróg i szlaków nie użytkowanych od momentu objęcia ochroną tego obszaru, co miało miejsce w 1991 roku. Na terenie leśnictwa Górny San o dużym zagęszczeniu szlaków komunikacyjnych decydują zarówno historyczne, jak też współczesne drogi leśne i szlaki zrywkowe, wykorzystywane podczas prac związanych z przebudową sztucznych drzewostanów świerkowych.

Najmniejsze zagęszczenie śladów dróg leśnych (od 0–1 km/km^2) stwierdzono na obszarach dawnych rezerwatów leśnych „U źródeł Solinki". „Wetlina", „Puszcza Bieszczadzka nad Sanem", a także w dolinie Terebowca, która została objęta ochroną w momencie utworzenia Bieszczadzkiego Parku Narodowego w 1973 roku.

Analiza przestrzenna, polegająca na przecięciu warstwy wydzieleń o różnym stopniu naturalności z warstwą śladów dróg leśnych wskazuje, że lasy o najwyższym stopniu naturalności cechuje najmniejsze zagęszczenie śladów dawnych dróg, średnio od 0,79 km/km^2 w przypadku kategorii A, do 3,00 km/km^2 w przypadku kategorii C (Tab. 1). Największe zagęszczenie śladów dróg – 10,04 km/km^2 stwierdzono w przypadku lasów zagospodarowanych o charakterze naturalnym (kategorii F), które powstały w wyniku przebudowy drzewostanów sztucznego pochodzenia. W przypadku najbardziej rozpowszechnionych lasów zagospodarowanych o charakterze naturalnym (kat. E) stwierdzono średnie zagęszczenia dawnych dróg leśnych na poziomie 4,69 km/km^2. Poszczególne kategorie naturalności drzewostanów są również zróżnicowane wewnętrznie pod względem zagęszczenia dróg. Z uwagi na to, że analizę zmienności przestrzennej zagęszczenia dróg wykonano przy próbkowaniu, co 10 metrów i promieniu analizy 300 metrów, wartości dla poszczególnych dziesięciometrowych komórek rastra oceniano na otaczającym kole o powierzchni 28,26 ha. Stąd też w każdej kategorii naturalności odnotowano obszary, gdzie wartości zagęszczenia były zerowe (przy tak dobranych parametrach analizy). Natomiast maksymalne wartości zagęszczenia powyżej 20 km/km^2 odnotowano w czterech kategoriach E, F, H, I (Tab. 1). W obliczeniach statystycznych stwierdzono korelację ujemną (współ-

Ryc. 1. Zagęszczenie dróg leśnych i szlaków zrywkowych (użytkowanych oraz nie użytkowanych) w lasach Bieszczadzkiego Parku Narodowego. Objaśnienia: A – obecna granica BdPN; B – granica BdPN w latach 1973–1989; C – główne drogi; D – granice państwowe; G – lasy o charakterze pierwotnym kategorii A, B i C; E – obszary nieleśne.

Fig. 1. The density of forest roads and skid trails (used and unused) in forests of the Bieszczady National Park. Explanations: A – current border of the BNP; B – border of the BNP in the years 1973–1989; C – main roads; D – state borders; G – forests of primeval character ranks A, B and C; E – non-forest grounds.


Zagęszczenie dróg leśnych [km/km2]
Forest road density [km/km2]
0 - 0.9
0.9 - 2.6
2.6 - 4.4
4.4 - 6.2
6.2 - 8.1
8.1- 10.2
10.2 - 12.8
12.8 - 16.2
16.2 - 22.9
Ukraina
Ukraina
Słowacja
0 1.25 2.5 5 Km
Legenda
A
B
C
D
G
E

czynnik korelacji r = 0,83 przy poziomie istotności $p<0.05$) pomiędzy stopniem naturalności drzewostanów, a maksymalnym zagęszczeniem dróg w danej kategorii. W przypadku wartości średnich związki były mniej wyraźne.

Dyskusja

W przestrzennej analizie zagęszczenia dróg leśnych i szlaków zrywkowych (Ryc. 1) zwraca uwagę znaczna zmienność tego parametru 0–22,87 km/km^2. Określenie czynników wpływających na tak zróżnicowany stopień udostępnienia drzewostanów jest trudne i wykracza poza ramy niniejszego opracowania. Niemniej jednak porównanie rozmieszczenia w BdPN poszczególnych gatunków lasotwórczych (Przybylska i Kucharzyk 1999) i mapy tych specyficznych śladów gospodarki leśnej (Ryc. 1) mogą wskazywać, iż przy planowaniu budowy dróg kierowano się również większym udziałem w drzewostanach starodrzewi iglastych (przede wszystkim jodłowych). Większa wartość surowca tartacznego, pozyskiwanego z takich regionów, mogła kształtować priorytety planistyczne. Z kolei czynnikiem lokalnie ograniczającym rozwój sieci drogowej było powstanie kolejnych obszarów chronionych, w tym rezerwatów: "U źródeł Solinki" – 1958 r., "Wetlina" – 1958 r., „Puszcza Bukowa nad Sanem" – 1980 r. i Bieszczadzkiego Parku Narodowego w 1973 roku (Kucharzyk 2008; Winnicki i Michalik 2014).

Uzyskane oszacowanie średniego zagęszczenia dróg i szlaków zrywkowych na terenach leśnych Bieszczadzkiego Parku Narodowego – 4,23 km/km^2, jest zbliżone do wyników podawanych z sąsiednich terenów górskich. Według badań, prowadzonych w różnych regionach południowej Polski, gęstość dróg polnych szacowana jest od 3–6 km/km^2 w wyższych częściach Karpat oraz do 6–9 km/km^2 na ich Pogórzu. Wartości te są jeszcze większe w niższych położeniach, osiągając do 12–15 km/km^2 na wyżynach, a regionalnie nawet prawie 40 km/km^2 (na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej) (Kroczak i Soja 2011 i literatura tam cytowana).

Dotychczasowe badania tego zagadnienia dotyczyły jednak najczęściej obszarów nieleśnych, gdzie możliwe jest wykorzystanie metod fotogrametrycznych, z wykorzystaniem klasycznych materiałów panchromatycznych lub spektrostrefowych. Z tych samych względów dla terenów otwartych dostępne są też dokładniejsze mapy topograficzne z naniesioną siecią dróg lokalnych i gruntowych. W badaniach, które obejmowały obszary o różnym rodzaju pokrycia, dla obszarów leśnych najczęściej uzyskiwano istotnie mniejsze zagęszczenia dróg. Analizy przeprowadzone przez Soję (2002) na terenie zlewni Wisłoki dla poszczególnych mezoregionów podają następujące wartości zagęszczenia dróg:

– w Beskidzie Niskim – 3,89 km/km^2 na terenach rolniczych i 3,50 km/km^2 w lasach,

– w Dołach Jasielsko-Sanockich odpowiednio – 7,07 km/km^2 (lokalnie 21 km/km^2) oraz 3,80 km/km^2,

– na Pogórzu Karpackim 6,88 km/km^2 (lokalnie 10–12 km/km^2) na terenach otwartych i 3,80 km/km^2 na obszarach leśnych,

– w Kotlinie Sandomierskiej analogicznie – 6,42 km/km^2 oraz 4,12 km/km^2.

Autor powyższego opracowania zwraca jednak uwagę na to, „że obraz dróg leśnych na mapach topograficznych w skali 1:10 000 jest kompletnie zafałszowany", z tego też względu używa do analiz przeglądowo-gospodarczych map leśnych, które uznaje za bardziej wiarygodne. Stwierdza jednak, że gęstość dróg w lasach oszacowana jest z większym błędem niż na obszarach nieleśnych (Soja 2002).

W Bieszczadach Zachodnich badania nad zmianami długości i zagęszczenia sieci komunikacyjnej w trzech bieszczadzkich wsiach (Nasiczne, Berehy, Caryńskie) prowadził Wolski (2007). Stwierdził on, że w 1857 roku zagęszczenie dróg wynosiło 1,57 km/km^2. Gęstość dróg była wówczas silnie związana z istniejącą zabudową, zaś udział dróg powyżej 1000 m n.p.m. wynosił niespełna 8%. W latach 60. ubiegłego wieku ogólna długość dróg nieznacznie spadła, zmieniło się jednak istotnie ich przeznaczenie i lokalizacja. W związku z powojenną rozbudową sieci dróg leśnych zwiększyła się trzykrotnie łączna długość dróg na terenach powyżej 1000 m n.p.m., przy jednoczesnym spadku ilości dawnych dróg w położeniach dolinnych. W latach 70. zagęszczenie dróg osiągnęło maksymalną wartość 2,03 km/km^2. W kolejnym dziesięcioleciu zagęszczenie dróg leśnych nie zwiększyło się istotnie, natomiast w oparciu o istniejącą sieć drogową założono liczne szlaki zrywkowe. Po utworzeniu BdPN zagęszczenie dróg nieco się zmniejszyło, na skutek zaprzestania użytkowania (Wolski 2007).

Badania Wolskiego (2007) stanowią również bardzo istotny przyczynek do oceny trwałości śladów dróg w krajobrazie. Oceniając stan zachowania dróg z połowy XIX wieku stwierdził on, że do początku XXI wieku w stanie nieprzekształconym zachowało się 45%, dalsze 31% zachowało się, ale zostało przekształcone przez gospodarkę leśną lub ruch turystyczny, zaś tylko 24% nie zachowało się – najczęściej na skutek przekształceń antropogenicznych. Niniejsze badania potwierdzają również znaczną trwałość w krajobrazie śladów dawnej sieci komunikacyjnej. Na wysokorozdzielczym NMT doskonale czytelne są zarówno użytkowane przez stulecia płaje łączące wioski z wysoko położonymi carynkami, jak też wykorzystywane przez ćwierćwiecze drogi leśne, ukształtowane w stokach ciężkim sprzętem. Dobrze widoczne są także użytkowane zwykle przez kilka lat szlaki zrywkowe. Trudno precyzyjnie ocenić jak długo ślady te przetrwają. Z całą pewnością mniej zagłębione, krócej użytkowane szlaki widoczne 25–35 lat po zaprzestaniu użytkowania, będą widoczne jeszcze co najmniej przez podobny okres. Natomiast trwałość śladów głęboko wciętych dróg

leśnych, pogłębionych jeszcze przez wieloletnie użytkowanie ciągnikami gąsienicowymi i skiderami, należy szacować na czas kilkakrotnie dłuższy. Według badań Wolskiego (2007) w warunkach bieszczadzkich stosunkowo szybko zanikają ślady dróg w położeniach dolinowych, szczególnie w sąsiedztwie potoków, gdzie występują intensywne procesy morfogenetyczne. Natomiast na stokach procesy degradacyjne, w szczególności intensywne spłukiwanie i ruchy masowe, przeważają nad akumulacją materiału, co warunkuje znaczną trwałość śladów dróg w krajobrazie (Wolski 2007). Z powyższych względów należy uznać, że ślady dawnych dróg leśnych i szlaków zrywkowych są bardzo istotnym elementem waloryzacji naturalności drzewostanów. Należy przy tym zaznaczyć, że te zniekształcenia rzeźby terenu nie tylko świadczą o antropogenicznym przekształceniu ekosystemów leśnych w przeszłości, ale mimo zaprzestania użytkowania przez długi czas istotnie wpływają na stosunki geomorfologiczne i hydrologiczne (Soja 2002; Wałdykowski 2006; Gorczyca i Krzemień 2010). Poprzez podcinanie stoków i drenaż warstw wodonośnych następuje nadmierny odpływ wody z ekosystemów leśnych (Słupik 1981; Wałdykowski 2006; Gorczyca i Krzemień 2010). Według Słupika (1981) poprzez nasilenie i skrócenie czasu spływu powierzchniowego, drogi gruntowe odgrywają główną rolę w kształtowaniu wezbrań w czasie dużych opadów i wiosennych roztopów. W związku ze zwiększonym spływem powierzchniowym drogi leśne nasilają także tempo erozji zboczy, a niekiedy również, poprzez podcięcie zwietrzelin stokowych, przyczyniają się do powstawania osuwisk (Ballard 2000; Soja 2002; Wolski 2007).

W przypadku projektowania ochrony czynnej w drzewostanach parków narodowych, ale również w przypadku gospodarki leśnej na obszarach nie objętych ochroną, trzeba dążyć do optymalizacji i minimalizacji sieci dróg. Są one nie tylko trwałym artefaktem, ale również zazwyczaj negatywnie oddziaływują na środowisko leśne, szczególnie na obszarach górskich. Obecnie, przy projektowaniu dróg leśnych, podstawowym wskaźnikiem jest wskaźnik optymalnej gęstości sieci dróg leśnych, który ujmuje tylko czynniki natury ekonomicznej (Płotkowski i in. 2012; Gołąb i Plewniak 2014). Według dawnych opracowań, pożądany stopień udostępnienia terenu w gospodarce leśnej to około 2,5 km/km^2 (Patalas 1971), zaś według współczesnych analiz w warunkach górskich to około 1,3–1,6 km/1 km^2 (Płotkowski i in. 2012). Wartości te na tle prezentowanych danych nie wydają się wysokie, należy jednak przypomnieć, że dotyczą jedynie utwardzonych dróg leśnych, a nie szlaków zrywkowych, które *de facto* pełnią często te same funkcje i w podobny sposób wpływają na środowisko. W najnowszych pracach dotyczących kształtowania sieci dróg leśnych w górach (Gołąb i Plewniak 2014) autorzy wskazują, że współczesny wielofunkcyjny model leśnictwa implikuje potrzebę weryfikacji założeń metodycznych projektowania sieci dróg z uwzględnieniem wszystkich, także pozaprodukcyjnych, funkcji lasu.

Wnioski

- Wyniki przeprowadzonej analizy potwierdzają rezultaty terenowej waloryzacji stopnia zachowania lasów, przeprowadzonej w latach 1993–1994;
- Ślady dawnych dróg leśnych i szlaków zrywkowych są stosunkowo trwałym elementem, rozpoznawalnym w krajobrazie i rzeźbie terenu nawet kilkadziesiąt lat po zaprzestaniu użytkowania;
- Z powyższego względu zagęszczenie tych śladów należy uznać za ważny element oceny stopnia naturalności drzewostanu;
- Wykorzystanie w waloryzacji ekosystemów leśnych materiałów pozyskanych metodą skaningu laserowego, w szczególności NMT, daje nowe możliwości analityczne, zwłaszcza przy jednoczesnym zastosowaniu analiz przestrzennych GIS.

Podziękowania

Autor dziękuje Recenzentom za bardzo cenne uwagi i merytoryczną dyskusję.

Literatura

Augustyn M. 2006. Monografia rozwoju przemysłu drzewnego jako podstawowego czynnika przekształceń środowiska leśnego Bieszczadów Zachodnich w XIX i pierwszej połowie XX wieku. Stacja Badawcza Fauny MiIZ PAN, Ustrzyki Dolne.

Augustyn M., Kucharzyk S. 2008. Analiza stanu zachowania lasów we wsiach Ustrzyki Górne i Wołosate w świetle dokumentów historycznych. Roczniki Bieszczadzkie 16: 159–177.

Ballard T.M. 2000. Impacts of forest management on northern forest soils. Forest Ecology and Management 133: 37–42.

Gołąb J., Plewniak J. 2014. Aktualne uwarunkowania kształtowania sieci dróg leśnych w górach. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, Nr 2014/ II (1 (Jun 2014)).

Gołębiowski T. 1985. Pionierzy budownictwa leśnego w Bieszczadach. Monografia Zarządu Budownictwa Leśnego „Bieszczady" w Ustrzykach Dolnych 1955–1980. W: Biblioteka Przemyska tom XVII. Towarzystwo Przyjaciół Nauk w Przemyślu. Przemyśl, 152 ss.

Gorczyca E., Krzemień K. 2010. Rola dróg i ścieżek turystycznych w modelowaniu rzeźby gór strefy umiarkowanej. Roczniki Bieszczadzkie 18: 228–242.

Kroczak R., Soja R. 2011. Przestrzenne zróżnicowanie gęstości dróg polnych na Pogórzu Ciężkowickim na tle regionów południowej Polski. Problemy Zagospodarowania Ziem Górskich 58: 41–52.

Krzysik F. 1968. Problem wykorzystania drewna bukowego z lasów bieszczadzkich. Sylwan 112, 3: 1–12.

Kucharzyk S. 2008. Lasy o charakterze pierwotnym w Bieszczadzkim Parku Narodowym. Roczniki Bieszczadzkie 16: 19–32

Kucharzyk S., Augustyn M. 2011. Stosunki gospodarcze we wsiach Bukowiec i Beniowa w końcu XIX wieku w świetle opinii anonimowego rzeczoznawcy. Roczniki Bieszczadzkie 19: 17–36.

Kucharzyk S., Marszałek E. 2010. Lasy Bieszczadów po II wojnie światowej. W: Grzywacz A. (red.): Leśnictwo Bieszczadów wczoraj, dziś, jutro; s.: 107–136. Polskie Towarzystwo Leśne, Polańczyk.

Lisowski S. 1957. O utworzenie parku narodowego w Bieszczadach Zachodnich. Chrońmy Przyr. Ojcz. 1: 13–27.

Patalas 1971. Problemy pozyskania i transportu drewna w Bieszczadach. Sylwan 115, 4: 17–30.

Płotkowski L., Kłapeć B., Zając S., Piekutin J., Parzych S., Gruchała A., Zieliński D., Mandziuk A. 2012. Optymalizacja alokacji nakładów inwestycyjnych na budownictwo drogowe w Lasach Państwowych. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny, Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa. Warszawa.

Przybylska K., Kucharzyk S. 1999. Skład gatunkowy i struktura lasów Bieszczadzkiego Parku Narodowego. Monografie Bieszczadzkie 6, 159 ss. Ośrodek Naukowo-Dydaktyczny BdPN, Ustrzyki Dolne.

Sędłak A., Bajda M., Majchrowicz D., Przyprawa S., Steliga L., Twaróg W., Wójcik B. 2003. Materiały i opracowania do monografii RDLP Krosno.

Słupik J. 1981. Rola stoku w kształtowaniu odpływu. Pr. Geogr. IGiPZ PAN, nr 142, ss. 98.

Soja R. 2002. Hydrologiczne aspekty antropopresji w polskich Karpatach. Prace Geograficzne 186, Instytut Geografii i PZ PAN, Warszawa, ss. 130.

Stereńczak K. 2010. Technologia lotniczego skanowania laserowego jako źródło danych w półautomatycznej inwentaryzacji lasu. Sylwan 154, 2: 88–99.

Szostak M., Wężyk P., Tompalski P. 2014. Aerial Orthophoto and Airborne Laser Scanning as Monitoring Tools for Land Cover Dynamics: A Case Study from the Milicz Forest District (Poland). Pure and Applied Geophysics 171, 6: 57–866.

Wałdykowski P. 2006. Wpływ dróg górskich na dynamikę procesów morfogenetycznych w rejonie Turbacza. Ochrona Beskidów Zachodnich 1: 67–79.

White R.A.; Dietterick B.C.; Mastin T.; Strohman R. 2010. Forest Roads Mapped Using LiDAR in Steep Forested Terrain. Remote Sens. 2: 1120–1141.

Winnicki T., Michalik S. 2014. Bieszczadzki Park Narodowy – historia utworzenia i powiększenia obszaru chronionego. Roczniki Bieszczadzkie 22: 19–50.

Wolski J. 2007. Przekształcenia krajobrazu wiejskiego Bieszczadów Wysokich w ciągu ostatnich 150 lat. Prace Geogr. 214: 228. PAN IGiPZ. Warszawa.

Summary

Forest of the primary forests character are one of the main natural values of the Bieszczady National Park. Most of the stands under protection were previously exploited, sometimes of considerable intensity. Therefore, the valorization of degree of forests naturalness is an important issue. Field assessment of forest preservation based on the structural characteristics of forest stands, signs of exploitation, and the available documents was carried out in 1993–1994. The article presents the results of analysis of the density of forest roads and skid trails (used and unused) in forests with varying degrees of naturalness. The inventory of roads and trails were made on the basis of a high resolution digital terrain model obtained by aviation laser scanning. It has been found that the density of anthropogenic linear elements is varied from 0 to 22.87 km/km^2 (Fig. 1). Forests with a higher degree of naturalness are characterized by smaller density of these artifacts (Tab. 1). It is also important that traces of past forest roads and skid trails are the permanent and recognizable element, even decades after cessation of use. Thus, the density of the linear distortion of relief should be considered as an important, but not the only element of assessment of the degree of stand naturalness.