

Rafał Zapłata*, Krzysztof Stereńczak**

Puszcza Białowieska, LiDAR i dziedzictwo kulturowe – zagadnienia wprowadzające

Abstract

Zapłata R., Stereńczak K., 2016. The Białowieża Forest, LiDAR and cultural heritage – introductory issues. *Raport 11*, 239-255

The article is a presentation of selected issues related to a concept of studying cultural (archaeological) heritage in forest areas and in the Białowieża forest as well as a presentation of general information related to the project entitled “Cataloguing of Cultural Heritage”, conducted since 2016 as part of the initiative entitled “Evaluation of Biodiversity Status in the Białowieża Forest on the basis of Selected Natural and Cultural Components”. The fundamental objectives of the article include (1) discussion of selected issues related to the application of ALS to studying cultural heritage in the Polish part of the Białowieża forest as well as (2) participation in a discussion on certain methodological issues as regards the application of ALS in the protection of archaeological finds in forest areas. The research is funded by the General Directorate of State Forests.

Keywords: the Białowieża Forest, cultural heritage, LiDAR, non-intrusive research

■ WPROWADZENIE

Współczesna archeologia nie może nie uwzględniać najnowszych zdobyczy technologicznych, takich jak LiDAR (ang. *Light Detection and Ranging*), które w sposób znaczący poprawiają efektywność prac badawczych, modernizując jednocześnie warsztat naukowy. Idea rozpoznawania i ratowania zabytków archeologicznych (w szczególności w formie działań nieinwazyjnych), zwłaszcza tych obiektów, nieznanymi, niezlokalizowanymi, jest jednym z nadrzędnych elementów współczesnej polityki konserwatorskiej w kraju i na świecie. Bez wątplenia terenem, który zasługuje na podjęcie tego typu prac, związanych z dziedzictwem kulturowym, jest Puszcza Białowieska, w tym Białowieski Park Narodowy (dalej zamiennie BPN). To przykład obszarów, które do tej pory nie były objęte tak systematyczną prospekcją, jak np. obszary rolnicze, w ramach projektu Archeologiczne Zdjęcie Polski (AZP) (Konopka 1981; Konopka 1984; Jaskanis 1996, 1998; *Archeologiczne Zdjęcie Polski...* 2016;

Rola 2015). Lasy stanowią około 30% powierzchni kraju, która przez wiele lat była (w pewnym sensie) niedostępną dla dokładniejszego (ale i nieinwazyjnego) rozpoznania archeologicznego.

W ostatnich latach warsztat badawczy archeologa wzbogacił się o technologię lotniczego skanowania laserowego (ang. *Airborne Laser Scanning* – ALS), którą charakteryzuje m.in. nieinwazyjność, duża dokładność, a także możliwość wykonywania pomiarów na terenach leśnych. Tego typu obszary, w tym również Puszcza Białowieska, stanowią przestrzeń, dla której dotychczasowe rozpoznanie obiektów archeologicznych (Ryc. 1) jest niejednokrotnie znikome w porównaniu z terenami np. rolniczymi, czego przyczyną jest z pewnością specyficzne środowisko, jak i niemożliwość wykorzystania wielu metod badawczych (np. lotniczej prospekcji fotograficznej). Sytuację stopniowo zmienia tytułowa technologia, której potencjał zaplanowano wykorzystać w badaniach dziedzictwa kulturowego polskiej części

* Zakład Konserwacji Zabytków i Ochrony Krajobrazu, Instytut Historii Sztuki, Wydział Nauk Historycznych i Społecznych, Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie, ul. Wóycickiego 1/3, 01-938 Warszawa, e-mail: rafalzaplata@poczta.onet.pl

** Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi, Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej nr 3, 05-090 Raszyn, e-mail: K.Sterenczak@ibles.waw.pl



Ryc. 1. Puszcza Białowieża – Nadleśnictwo Białowieża. Przykład zachowanego obiektu zabytkowego, którego stan formy krajobrazowej jest efektem występowania na terenie leśnym, nie poddawanych intensywnym zabiegom gospodarczym. Kurhan wczesnośredniowieczny – Teremiski-Dąbrowa (fot. R. Zapłata)

Fig. 1. The Białowieża Forest – Białowieża Forest District. An example of a preserved historic structure whose landscape form status results from being located in the forest that is not subject to intensive farming. An early medieval barrow – Teremiski-Dąbrowa (Photo by R. Zapłata)

Puszczy Białowieżskiej, celem ochrony zabytków, które mogą ulec różnorodnym procesom destrukcyjnym (Ryc. 2, 3).

Artykuł jest prezentacją wybranych zagadnień związanych z koncepcją (autorów poniższego tekstu) badania archeologicznego dziedzictwa kulturowego na terenach leśnych, w tym na obszarze Puszczy Białowieżskiej, która urzeczywistniła się częściowo w postaci przedsięwzięcia pt. „Inwentaryzacja dziedzictwa kulturowego” realizowanym od 2016 r. w ramach inicjatywy pt. „Ocena stanu różnorodności biologicznej w Puszczy Białowieżskiej na podstawie wybranych elementów przyrodniczych i kulturowych”. Wyżej wymienione badania prowadzone są przez konsorcjum, którego liderem jest Instytut Badawczy Leśnictwa w Sękocinie Starym (IBL), a jednym z uczestników, a zarazem wykonawcą części prac związanych z dziedzictwem archeologicznym, Instytut Archeologii i Etnologii Polskiej Akademii Nauk w Warszawie (IAE PAN). Badania finansowane są przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych i stanowią (wychodząc naprzeciw współczesnym potrzebom i oczekiwaniom oraz otwierając się na potencjał innowacyjnych technik) jeden z elementów planowanych działań, związanych z inwentaryzacją dziedzictwa kulturowego na terenach leśnych w Polsce.

Zasadnicze cele artykułu to: (1) omówienie wybranych zagadnień związanych z zastosowaniem ALS do badań dziedzictwa kulturowego na obszarze polskiej części PB, a także (2) udział w dyskusji nad niektórymi zagadnieniami metodycznymi w zakresie stosowania ALS w ochronie zabytków archeologicznych na terenach leśnych. Końcowa część tekstu ma

charakter podsumowujący, w którym przedstawione są wybrane postulaty badawcze i zalecenia w zakresie badania dziedzictwa kulturowego na terenach zalesionych, w tym w PB.

▪ **KONCEPCJA BADANIA DZIEDZICTWA KULTUROWEGO W POLSKIEJ CZĘŚCI PUSZCZY BIAŁOWIEŻSKIEJ**

Na kanwie dotychczasowych badań i współpracy oraz zdobywanych doświadczeń m.in. podczas realizacji projektu naukowego „Laserowi Odkrywczy – nieinwazyjne badanie i dokumentowanie obiektów archeologicznych i historycznych województwa świętokrzyskiego” - społecznościowy projekt badawczy, realizowany w ramach przedsięwzięcia „Ścieżki Kopernika”, którego wykonawcą było konsorcjum, a liderem Instytut Badawczy Leśnictwa (Zapłata, Szady, Stereńczak 2014; Stereńczak *et al.* 2016), podjęto przygotowania, mające doprowadzić do działań związanych z badaniem zabytków na innych obszarach zalesionych w Polsce, w tym na obszarze polskiej części Puszczy Białowieżskiej. Powstająca koncepcja badania dziedzictwa kulturowego była i jest swego rodzaju nawiązaniem do długiej tradycji badań na tym obszarze (Götze 1929; Górska 1976; Krasnodębski, Olczak 2012; Krasnodębski 2006; Krasnodębski, Olczak, Samojlik, 2010; Oszmiański *Inwentaryzacja kurhanów na terenie Puszczy Białowieżskiej*), jak również propozycją włączenia do działań innowacyjnych technik, które w sposób nieinwazyjny mogą przyczynić się do ochrony zabytków i poznania przeszłości tego regionu. Koncepcja tego typu badań wiąże się głównie z dotychczasowymi działaniami autorów tekstu, a jej realizacja jest

Ryc. 2. Nadleśnictwo Marcule, woj. mazowieckie. Przykład działania z gospodarki leśnej, mogącej doprowadzić do zniszczenia nieznanymi obiektów zabytkowych, ale i odsłonięcia innych, nieznanymi (fot. R. Zapłata)

Fig. 2. Marcule Forest District, Mazowieckie voivodship. An example of forest management activities that can lead to the destruction of monuments but also the unearthing of others, unknown (Photo by R. Zapłata)



Ryc. 3. Puszcza Białowieża – Nadleśnictwo Białowieża. Wykrot – przykład procesów naturalnych mogących doprowadzić do naruszenia, ale i odsłaniania, zabytków archeologicznych – warstw kulturowych (fot. R. Zapłata)

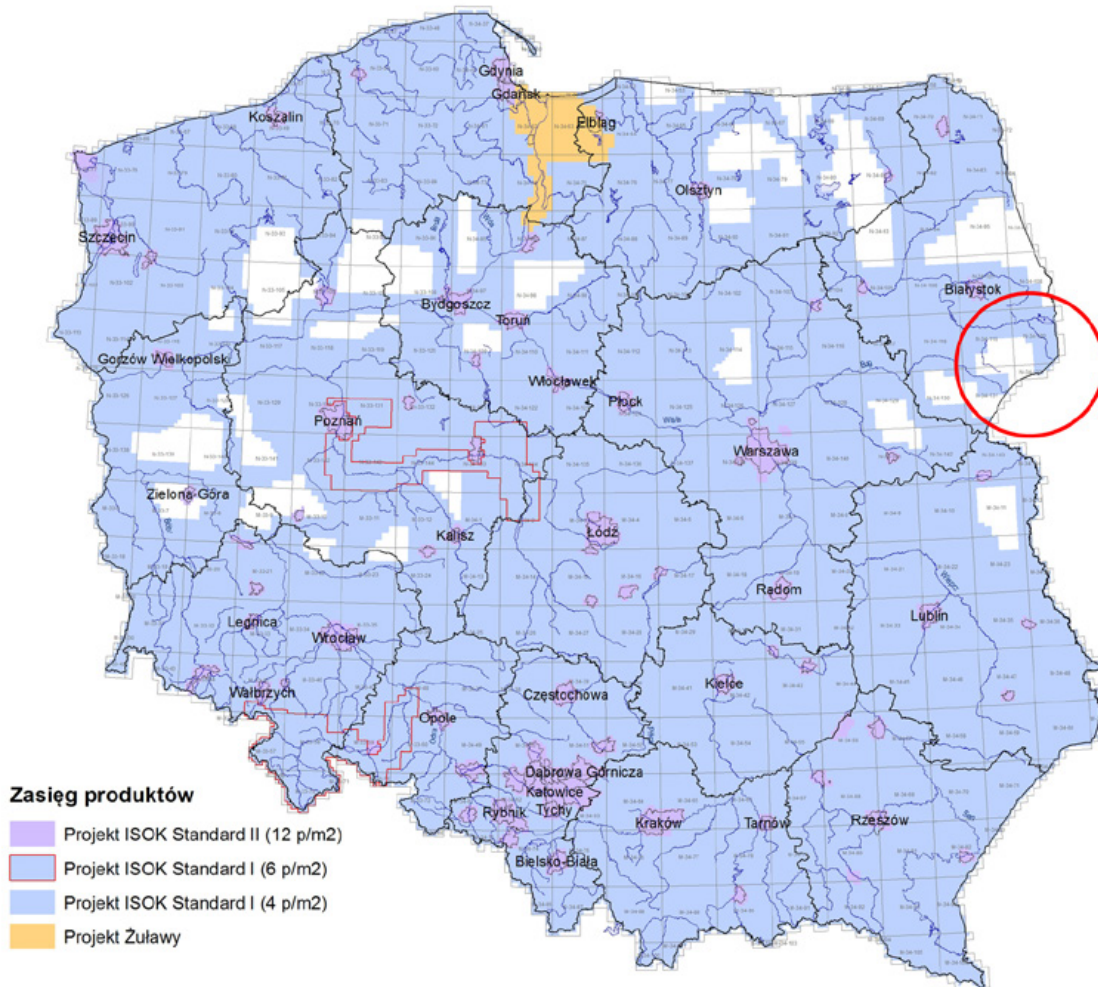
Fig. 3. The Białowieża Forest – Białowieża Forest District. A tree hole – an example of natural processes that can lead to the damage and the unearthing of archaeological monuments – cultural layers (photo: R. Zapłata)



możliwa m.in. dzięki uzyskaniu (na rzecz planowanych prac) nieodpłatnych danych z projektu IBL pt. „LIFE+ ForBioSensing PL Kompleksowy monitoring dynamiki drzewostanów Puszczy Białowieżskiej z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych” (dalej „Life+ ForBioSensing”). W związku z powyższym w lutym 2015 roku Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Białymstoku złożona została propozycja przeprowadzenia prac badawczych, która ostatecznie zyskała aprobatę ze strony Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych w kwietniu 2016 roku.

W ramach powstającej koncepcji badań, lotnicze skanowanie laserowe stanowiło metodę wyjściową (ale nie jedyną), dla prac związanych z rozpoznawaniem obiektów zabytkowych zachowanych (zazwyczaj) fragmentarycznie na terenach leśnych, a charakteryzujących się własną formą krajobrazową. Zaplanowanie i realizacja

tego przedsięwzięcia była możliwa przede wszystkim dzięki danym ALS. Taką możliwość stwarzały w Polsce dane „Informatycznego Systemu Osłony Kraju” (ISOK) (Jarząbek, Kurczyński, Woźniak 2011) (Ryc. 4). Jednak ograniczona dostępność do danych ISOK-ALS dla tego obszaru (dane ISOK pokrywają swoim zasięgiem część Puszczy Białowieżskiej, np. tylko 53% powierzchni Białowieżskiego Parku Narodowego) nie dawały podstaw do pełnego rozpoznania terenu. Idea prac nieinwazyjnych zyskała jednak dodatkowy argument, mianowicie dane pochodzące z lotniczego skanowania laserowego, wykonanego w 2015 r. w ramach projektu „Life+ ForBioSensing”. Wyżej wymieniony zasób ALS pokrywa całą powierzchnię Puszczy Białowieżskiej (część polska), a do tego stanowi unikatowy zbiór danych dla tego obszaru.



Ryc. 4. Zasięg przestrzenny opracowania danych geoprzestrzennych w ramach projektu ISOK (<http://www.gugik.gov.pl> – dostęp 31.08.2016 r.)

Fig. 4. The spatial range of geospatial data prepared within the ISOK project (<http://www.gugik.gov.pl> – accessed on 31 August 2016)

W ramach powstałej koncepcji priorytetowe dla przyszłych badań stały się działania na rzecz rozpoznania i ochrony dziedzictwa kulturowego, czego uzasadnieniem był brak tego typu inicjatyw dla obszaru Puszczy Białowieskiej, jak również nikłe, dotychczasowe rozpoznanie zabytków na tym terenie.

Poza badaniem dziedzictwa kulturowego na terenie Puszczy Białowieskiej, z zastosowaniem nowoczesnych technologii, elementem inicjującym działania na tym obszarze, było założenie o konieczności współpracy środowiska leśników ze specjalistami, zajmującymi się ochroną dziedzictwa kulturowego. Specyfika terenu, na którym planowano badania, skłaniała od samego początku do podjęcia działań, które rodzą zainteresowanie przedstawicieli nauk leśnych, jak i wpisują się w prace zarządcy większości terenów leśnych w Polsce – Państwowego Gospodarstwa Leśnego „Lasy Państwowe”, jak i instytucji współpracujących np. IBL. Powstającą ideę badań charakteryzowała konieczność współpracy wyżej wymienionych grup specjalistów, m.in. ze względu na skoordynowanie w przyszłości działań oraz wyników badań, związanych z rozpoznawaniem zabytków archeologicznych w lasach, a tym samym na dążenie do wypracowania określonej strategii, która znajdzie swoje

zastosowanie w innych regionach Polski. Rodzaj terenu, jego zróżnicowanie – przede wszystkim terenu „wzorcowego” dla rodzącej się inicjatywy (Puszcze Białowieską stanowią lasy gospodarcze, liczne rezerwy oraz BPN – szerzej dalej), spowodowały, że ma szansę powstać interdyscyplinarna inicjatywa, mogąca jednorazowo objąć swym zakresem tak różnorodne środowisko.

Po zaproszeniu do współpracy przedstawiciela IAE PAN – mgr. Dariusza Krasnodębskiego, koncepcja uzyskała formę projektu naukowego, którego realizację zaplanowano na kilka lat. Projekt otrzymał dofinansowanie dla części zaplanowanych badań, dzięki czemu do realizacji prac badawczych przystąpiono już w 2016 roku.

■ **PUSZCZA BIAŁOWIESKA I DZIEDZICTWO KULTUROWE**

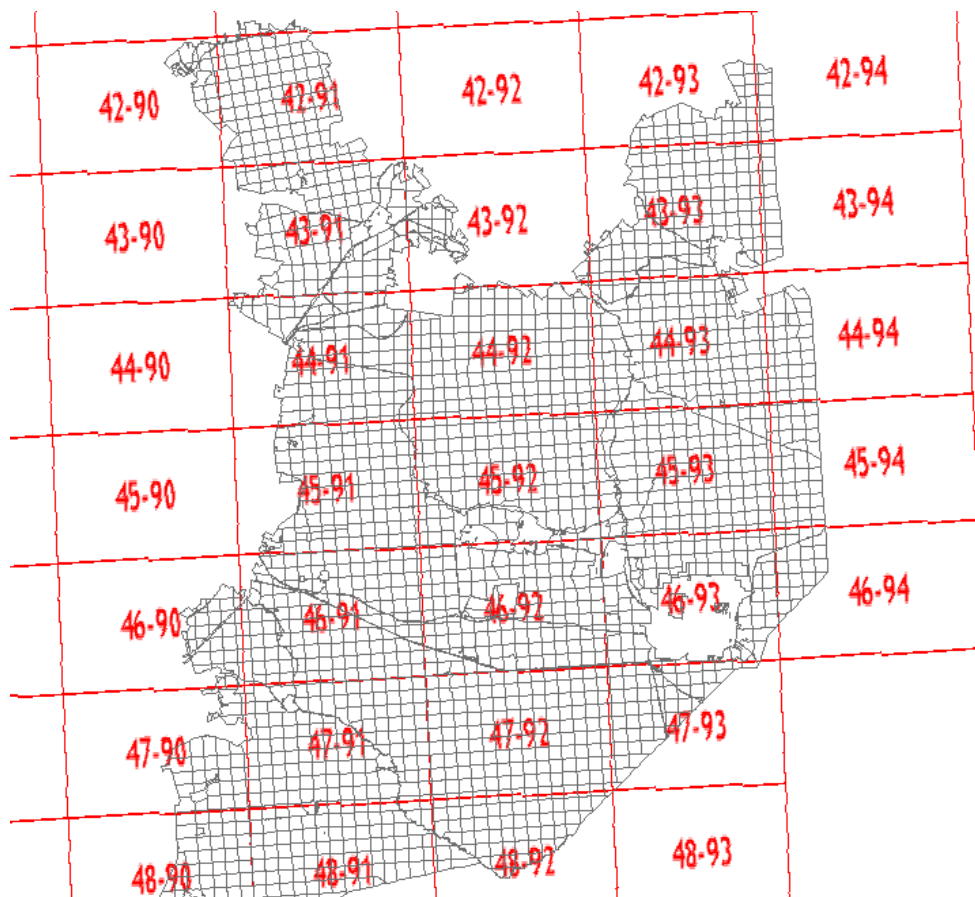
Puszcza Białowieska, obiekt wpisany na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO, stanowi wyjątkowy w skali kraju i świata zasób, który jest przede wszystkim rozpoznawany z uwagi na swą przyrodniczą wartość. Teren objęty różnorodnym działaniem, obecnie składa się z obszarów gospodarczych, chronionych – rezerwatów wydzielonych w ramach powierzchni administrowanych przez Lasy Państwowe i BPN.

Warto podkreślić, że tego typu środowisko leśne pełniło i pełni w pewnym sensie ochronną rolę w odniesieniu do zabytków archeologicznych, tworząc wyjątkową „osłonę” przed ich zniszczeniem, wpływem industrializacji czy destrukcyjnych procesów naturalnych. Mając świadomość, że działalność gospodarcza, niezbędna i konieczna, na niektórych terenach leśnych może wpływać na zachowanie dziedzictwa kulturowego, którego utratę dostrzegało i dostrzega również środowisko samych leśników, właścicieli i zarządców tych terenów, podejmowano w Polsce liczne inicjatywy chroniące nieodnawialny zasób kulturowy. W tym miejscu podkreślić, że dzięki działalności samych leśników, wiele zabytków przetrwało do dzisiejszych czasów, również na terenie Puszczy Białowieskiej, a duża ich część została odkryta, a następnie udostępniona, m.in. w związku z prowadzoną przez leśników szeroko rozumianą edukacją przyrodniczo-leśną, w ramach której obiekty archeologiczne są często elementami ścieżek przyrodniczych, rezerwatów itp. (Ryc. 9), wpisując się na trwałe w przestrzeń społeczną (Pawleta 2016).

Uwzględniając specyfikę pomiarów ALS, Puszcza Białowieską należy postrzegać jako (całościowo) trudny obiekt pod względem dostępności i łatwości pozyskania danych o powierzchni terenu (zwłaszcza klasa gruntu). Puszcza charakteryzują lasy iglaste, liściaste, mieszane,

o bogatej strukturze pionowej i poziomej (częste wystopniowane drugiego piętra roślinności, podrostu i podszyciu). Dodatkowym wyzwaniem dla prac badawczych zwłaszcza w BPN, są licznie występujące wykroty, złomy oraz duże ilości zalegającego na dnie drzewostanu martwego drewna, utrudniające, czy nawet uniemożliwiające pomiar powierzchni gruntu.

Z Puszcza Białowieską związane są liczne wydarzenia z przeszłości, wskazujące na różnorodną aktywność człowieka na tym terenie. Dziedzictwo kulturowe to m.in. materialne pozostałości związane z działalnością człowieka sprzed kilku tysięcy lat po czasy współczesne, które należy identyfikować z cmentarzyskami, pozostałościami osadnictwa, działalności eksploatacyjno-produkcyjnej, działań militarnych czy historycznej zabudowy, jaka niegdyś występowała na tym obszarze (Krasnodębski, Olczak 2012). Niestety jego rozpoznanie pod kątem zabytków archeologicznych nie spotkało się dotychczas z szerszym i wnikliwszym zainteresowaniem, które umożliwiłoby zbadanie zasobu, i do tego w charakterze prac szerokopłaszczyznowych. Z pewnością efekt dotychczasowych badań to rezultat m.in. (1) braku odpowiednich metod, umożliwiających nieinwazyjne rozpoznanie licznych zabytków, (2) specyfiki terenu, na którym w pewnym zakresie niemożliwe (ale i też niezasadne) jest wykonywanie badań inwazyjnych (np.



Ryc. 5. Zasięg Puszczy Białowieskiej, wraz z BPN na tle obszarów AZP (Źródło: IBL oraz NID <http://mapy.zabytek.gov.pl/nid/>)

Fig. 5. Spatial range of the Białowieża Forest, along with the Białowieża National Park, within the areas of Polish Archaeological Record (data source: Forest Research Institute and National Heritage Board of Poland <http://mapy.zabytek.gov.pl/nid/>)

wykopaliskowych). Dziedzictwo kulturowe Puszczy Białowieskiej rozpoznane jest fragmentarycznie, na co wskazują wstępne analizy danych ALS w ramach realizowanego projektu oraz źródła bibliograficzne.

Puszcza Białowieska (część polska) znajduje się w obrębie następujących obszarów AZP: 41-91, 42-90, 42-91, 42-92, 42-93, 42-94; 43-91, 43-92, 43-93, 43-94; 44-91, 44-92, 44-93, 44-94; 45-91, 45-92, 45-93, 45-94; 46-90, 46-91, 46-92, 46-93, 46-94; 47-90, 47-91, 47-92, 47-93; 48-90, 48-91, 48-92 (Ryc. 5). Na tym terenie znanych i zaewidencjonowanych jest kilkadziesiąt stanowisk archeologicznych, jak i wiele domniemanych obiektów zabytkowych, wymagających prac inwentaryzacyjnych i weryfikacyjnych. Puszcze Białowieską, a zwłaszcza BPN, charakteryzuje występowanie również licznych stanowisk archeologicznych objętych rejestrem zabytków w Polsce. W większości są to cmentarzyska lub pojedyncze kurhany (Jaskanis 1998). Niestety, wiele obiektów zabytkowych do tej pory nie doczekało się działań, które pozwoliłyby otoczyć je pełnoprawną ochroną, nadal pozostając niejako poza kartami historii i prehistorii regionu.

■ LIDAR I DANE LOTNICZEGO SKANOWANIA LASEROWEGO

LiDAR „jest aktywnym systemem zdalnego pozyskiwania informacji, wykorzystującym skoncentrowaną wiązkę promieni świetlnych (laserowych), która wysyłana w kierunku obiektu ulega od niego odbiciu (i rozproszeniu), a wiązka zwrotna jest rejestrowana i następnie analizowana” (Zawiła-Niedźwiecki 2010,

297-298). ALS, czyli najogólniej LiDAR z pułapu lotniczego (wzbogacany o szereg innych urządzeń teledetekcyjnych), to technologia, która umożliwiła w sposób nieinwazyjny, szybki, a zarazem dokładny badać, inwentaryzować i monitorować część zasobów zabytkowych znajdujących się na terenach leśnych. Z uwagi na liczną literaturę przedmiotu w tym temacie, czujemy się zwolnieni z konieczności szczegółowego opisu tytułowej technologii, odsyłając Czytelnika do najnowszych publikacji. ALS wykorzystany został już z powodzeniem do licznych prac, co wykazało potencjał, efektywność, a przede wszystkim zasadność zastosowania tej technologii. W Polsce do tej pory podjęto szereg inicjatyw naukowo-badawczych związanych z terenami leśnymi, z zastosowaniem danych ALS. Pionierskie prace w tym zakresie w Polsce należy wiązać z inicjatywą Jacka Nowakowskiego z 2008 roku (Nowakowski 2010) oraz współpracą z firmą MGGP Aero, rozwijającą się w środowisku akademickim od 2009 roku (Zapłata 2011). Kolejne lata to stopniowy, ale jakże wyraźny wzrost aplikowania tytułowej technologii do badań dziedzictwa kulturowego w Polsce, co doprowadziło do rozpoznania, zinwentaryzowania i ochrony licznych obiektów zabytkowych (np. Legut-Pintal 2012; Antoszewski, Ostrowski 2013; Zapłata, Ptak 2014; Banaszek 2015; Pawleta, Zapłata 2015a).

Koncepcja badania dziedzictwa kulturowego w polskiej części Puszczy Białowieskiej opierała się przede wszystkim na danych ALS pozyskanych w ramach projektu IBL „Life+ ForBioSensing”. Nalot wykonano w listopadzie 2015 roku, w tzw. okresie bezlistnym

Parametr	Life+ - dane pozyskane dla obszaru Puszczy Białowieskiej	Standard I – standard obowiązujący dla obszaru Puszczy Białowieskiej
gęstość chmury punktów (w pojedynczym pasie obrazowania)	≥ 6 pkt/m ² (uzyskano ≥ 8 pkt/m ²)	≥ 4 pkt/m ²
kąt poprzeczny skanowania	≤ ±40°	≤ ±25° (dla obszarów niezalesionych dopuszcza się ≤ ±30°)
pokrycie poprzeczne między szeregami	≥ 20%	≥ 20%
dokładność wysokościowa (błąd średni) punktów ALS laserowych po wyrównaniu (na płaskich utwardzonych nawierzchniach)	mh ≤ 0,15 m	mh ≤ 0,15 m
rejestracja wielokrotnych odbić (ech sygnału)	Full-Waveform	4 odbicia
rejestracja intensywności odbitych sygnałów	tak	tak
rejestracja skanowanego pasa terenu średnio-formatową kamerą cyfrową	synchroniczna ze skanowaniem do 4 dni różnicy	synchroniczna ze skanowaniem (dopuszcza się rejestrację fotograficzną w innym terminie niż skanowanie ALS)
termin wykonania nalotów skanerowych	listopad 2015	od połowy października do końca kwietnia

Tabela 1. Zestawienie parametrów danych ISOK oraz danych projektu „Life+ ForBioSensing”. (opracowali: K. Stereńczak, R. Zapłata za Kurczyński, Bakuła 2013).

Table 1. List of parameters ISOK data and the data from the „Life+ project ForBioSensing” (Compiled by K. Stereńczak, R. Zapłata according to Kurczyński, Bakuła 2013)

(Tabela 1). Dane przygotowane w Państwowym Układzie Współrzędnych Geodezyjnych 1992 obejmują znaczny fragment wyżej wymienionych obszarów AZP, na których znajduje się polska część Puszczy Białowieskiej (Ryc. 6).

W porównaniu z dostępnymi danymi ISOK pozyskany zasób dla projektu „Life+ ForBioSensing” charakteryzuje się głównie: większym zasięgiem (cały obszar polskiej części Puszczy Białowieskiej, a nie jak w przypadku dostępnych obecnie danych ISOK - częściowy), większą gęstością pokrycia terenu, czy bardziej aktualnym stanem. Z punktu widzenia badań nad obiektami zabytkowymi wyżej wymieniony zbiór danych stwarza możliwość lepszego, dokładniejszego i obszerniejszego (powierzchniowo) rozpoznania zabytków dla omawianego terenu. Fakt ten nie pozostaje również bez znaczenia w odniesieniu do gęstości pokrycia punktami pomiarowymi terenu, co ma następnie wpływ na generowanie produktów pochodnych. Dodajmy jednak, że nawet pomiar wykonywany w okresie bezlistnym, nie gwarantuje pełnego i równomiernego pokrycia terenu. Powody takiej sytuacji należy widzieć przede wszystkim w gęstości koron drzew (swoistość gatunkowa wybranych drzew) czy gęstości poszczególnych fragmentów lasów (Ryc. 7, 8).

Dla wyżej wymienionego zasobu ALS, w ramach planowanego przedsięwzięcia, przyjęto wskazywane w literaturze przedmiotu przygotowanie danych i ich wizualizacji, jak również wzięto pod uwagę sprawdzoną, a częściowo niestandardową, metodykę postępowania przy analizie tego typu zasobu. Prace zaplanowano m.in. w oparciu o przetworzenia geodanych takie jak: wielokierunkowe cieniowanie zboczy (ang. *Hill-shading from multiple directions*), model miejscowej (lokalnej) rzeźby terenu (ang. *Local-relief-model*) i symulacja rozproszonego oświetlenia (ang. *calculation of visible sky; sky view factor*) (Hesse 2012; Zakšek *et al.* 2011; Kokalj *et al.* 2010; Zakšek *et al.* 2012; Štutlar 2011).

W pierwszej kolejności zaplanowano rozpoznawanie i wskazywanie obiektów do dalszej weryfikacji terenowej, jak również sprawdzenie samych danych w terenie. Liczne błędy wynikające często z klasyfikacji, jak również brak możliwości zestawienia wyniku pomiaru powierzchni obszaru z rzeczywistą sytuacją, powodują, że zalecana jest w tego typu sytuacjach kontrola danych podczas bieżących prac terenowych. Kolejne planowane podejście do zasobu ALS to weryfikacja obszaru i obiektów. Niejako powtórna interpretacja i analiza danych została zaplanowana (w dalszym podejściu do danych)

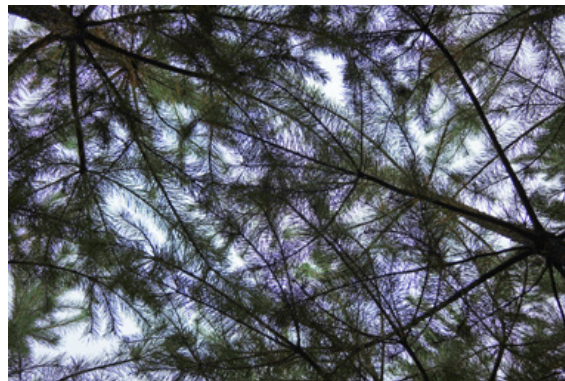


Ryc. 6. Zasięg danych ALS pochodzących z projektu Life+ na tle oraz granic Nadleśnictwa Białowieża, Browsk, Hajnówka i Białowieskiego Parku Narodowego (Źródło: IBL)

Fig. 6. The range of the ALS data from the Life+ project compared to the spatial range of the Białowieża, Browsk and Hajnówka Forest Districts, and the Białowieża National Park (Source: Forest Research Institute)

po etapie terenowym, co m.in. umożliwi wyeliminowanie błędów klasyfikacji chmury punktów oraz błędnych wskazań obiektów, jak i poprawę klasyfikacji samych danych ALS.

Dotychczasowa wizja lokalna dla testowych obiektów i obszarów potwierdziła (na tak przygotowanym zasobie danych, co ilustrują niżej przywołane przykłady) możliwość rozpoznawania znanych oraz nieznanymi obiektów zabytkowych (o własnych formach krajobrazowych) na terenie Puszczy Białowieskiej. W związku z powyższym w ramach początkowych prac dokonano pierwszego rozpoznania „teledetekcyjnego” dziedzictwa kulturowego całego obszaru polskiej części Puszczy Białowieskiej.

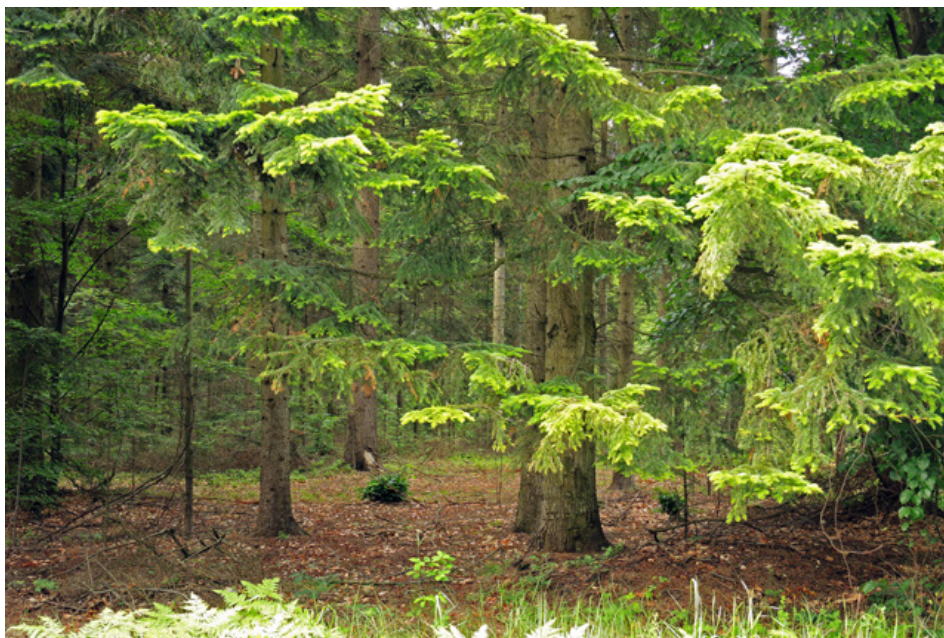


Ryc. 7. Młodnik. Gęste gałęzie oraz igliwie, stanowi jeden z czynników utrudniających wykonywanie pomiarów powierzchni terenu (fot. R. Zapłata)

Fig. 7. Young coniferous stand. Thick branches and needles represent one of the factors that hinder the measurements of terrain (Photo by R. Zapłata)

Ryc. 8. Przykład drzewostanu o gęstej koronie drzew iglastych, utrudniającej wykonywanie pomiarów ALS w jakiegokolwiek porze roku (fot. R. Zapłata)

Fig. 8. An example of a forest stand with a thick crown of coniferous trees, hampering the performance of the ALS measurements in any season (Photo by R. Zapłata)



■ PRZYKŁADOWE WYNIKI ROZPOZNANIA TELEDETEKCYJNEGO

Prace gabinetowe wykonywane przez zespół specjalistów, reprezentujących przede wszystkim takie dyscypliny jak: archeologia, geomatyka, geodezja czy leśnictwo, a związane z przetwarzaniem i analizą danych, pozwoliły wskazać zbiór potencjalnych obiektów zabytkowych na terenie całej Puszczy Białowieskiej. Ze strony IBL w skład zespołu analizującego dane weszli: dr inż. Krzysztof Stereńczak, dr inż. Bartosz Kraszewski, mgr inż. Małgorzata Białczak, mgr inż. Żaneta Ciarka, inż. Grzegorz Krok, Łukasz Kuberski, inż. Karolina Materek, mgr inż. Miłosz Mielcarek, mgr Krzysztof Mitelsztedt, mgr Aneta Modzelewska, mgr Kamil Pilch, inż. Karol Rzczycki, inż. Rafał Sadkowski, mgr Martyna Wietecha.

W przetworzeniach danych ALS znalazły swoje odzworowanie – odzwierciedlenie obiektu wcześniej

rozpoznane i zaewidencjonowane, uzyskując tym samym nową formę dokumentacyjną, a zarazem podstawę do dalszych badań (np. analiz przestrzennych, topograficznych).

Przykładem pozytywnej weryfikacji na danych ALS znanych obiektów zabytkowych jest m.in. grupa kurhanów, znajdująca się na terenie Nadleśnictwa Białowieża – stanowisko w miejscowości Teremiski-Dąbrowa (Krasnodębski, Olczak 2006) (Ryc. 9, 10). Dwa zasadnicze skupiska wyżej wymienionych obiektów, o charakterystycznych owalnych wyniesieniach, znalazły swoje odzwierciedlenie również w danych ALS, zwłaszcza na przetworzeniach typu wielokierunkowe cieniowanie zboczy (Ryc. 9, 10).

Korelacja znanych obiektów zabytkowych z danymi ALS to również podstawa do rozpoznawania w ramach projektu nieznanymi, a także szczerkowo zachowanymi



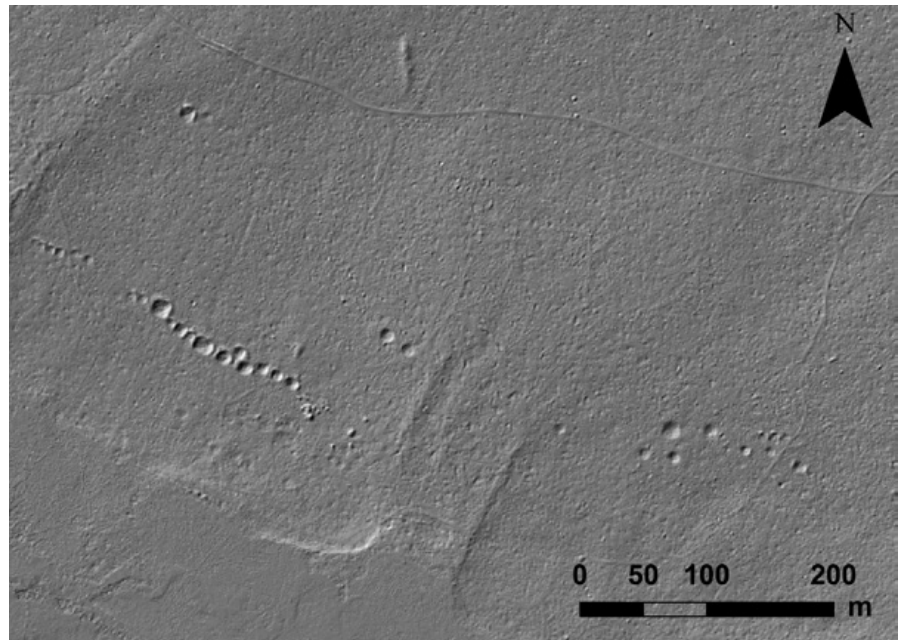
Ryc. 9. Nadleśnictwo Białowieża. Tablica informacyjna i zdjęcie jednego z kopców, znajdującego się w grupie kurhanów – Teremiski-Dąbrowa (fot. R. Zapłata)

Fig. 9. The Białowieża Forest District. An information board and a photo of one of the mounds located in the group of barrows – Teremiski-Dąbrowa (Photo by R. Zapłata)

obiektów w ramach tego samego skupiska, których widoczność (ekspozycyjność) w terenie jest znikoma.

Przykładem rozpoznania nowych (potencjalnych) obiektów jest m.in. potencjalna grupa mielerzy, znajdująca się na terenie Nadleśnictwa Białowieża. Widoczne jako charakterystyczne dla tego typu obiektów dookolne obniżenia terenu (doły). Przy niektórych tego typu obiektach widoczne są fragmenty węgla drzewnych (miejsca odsłonięte np. przez działalność dzikich zwierząt, rozwój roślin itp.) (Ryc. 11, 12). Tego typu obiekty należy kojarzyć ze znaną z literatury przedmiotu działalnością człowieka na terenie Puszczy Białowieskiej (a także na innych obszarach zalesionych w Polsce). Pełniejsze rozpoznanie pozostałości tego typu konstrukcji na badanym terenie nie doczekało się jeszcze realizacji, co skłania do dalszych prac (Samojlik 2010). Dostrzegalne na wizualizacjach lidarowych obiekty charakteryzują m.in. dookolne zagłębienia, jak i znajdujące się w części centralnej, na planie owalu, wyniesienie. Różnice wysokościowe tych obiektów względem otoczenia wynoszą ok. 0,5 m (średnica wynosi ok. 10 m). Podobne konstrukcje odnotowano na innych obszarach leśnych w Polsce czy Europie, korzystając również z danych ALS (Hesse 2010; Ludemann 2011; Ludemann 2013).

Kolejnym przykładem rozpoznawania obiektów antropogenicznych na bazie danych ALS są licznie występujące w Puszczy Białowieskiej struktury liniowe (Ryc.



Ryc. 10. Nadleśnictwo Białowieża. Wizualizacja modelu cieniowego oraz dwóch skupisk obiektów zabytkowych – kurhanów (porównaj z Ryc. 9). Teremiski-Dąbrowa (Źródło: IBL)

Fig. 10. The Białowieża Forest District. Visualisation of the shadow model and two clusters of historic structures – barrows (compare with Fig. 9). Teremiski-Dąbrowa (Source: Forest Research Institute)

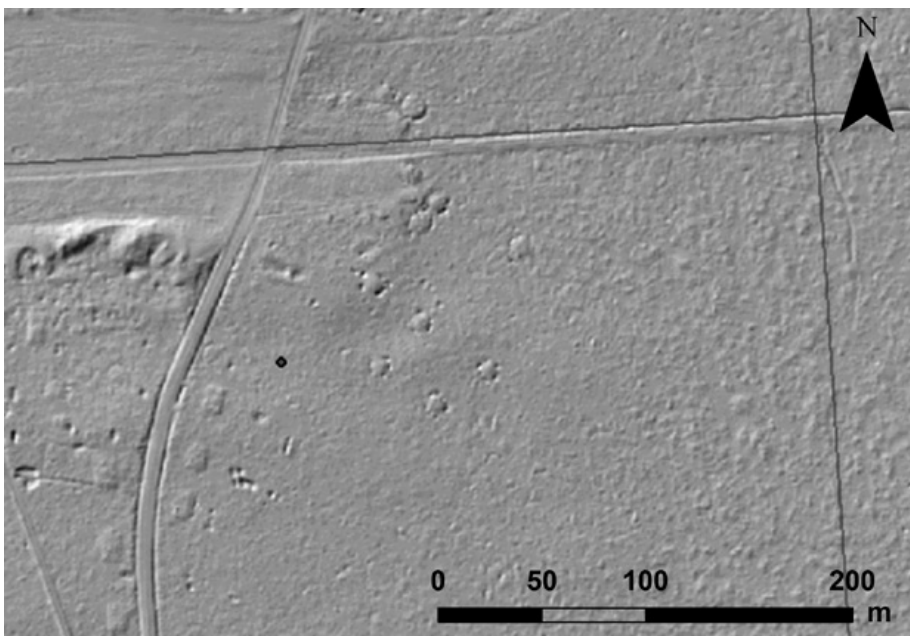
13), wykazujące podobieństwo do innych tego typu zabytków rozpoznawanych na terenach leśnych, które zidentyfikowane są w literaturze przedmiotu m.in. z dawnymi systemami agrarnymi – przeszłym osadnictwem. Obiekty te występują na znacznych powierzchniach badanego obszaru, w skupiskach na co najmniej kilku obszarach Puszczy Białowieskiej. Rozpoznanie wymienionych wyżej struktur, np. w samym BPN, obejmuje kilkadziesiąt oddziałów leśnych, na których licznie są rejestrowane tego typu układy liniowe. Obiekty te, co stwierdzono na podstawie analizy zasobu ALS, charakteryzuje zróżnicowana długość (od kilku do kilkuset metrów), zwarty układ, co tworzy niejednokrotnie zamknięte, czworoboczne przestrzenie. Cechą charakterystyczną tych pozostałości jest dostrzegalna na modelu wysokościowym forma niewielkiego, podłużnego wyniesienia (garbu, stopniowo opadającego na zewnątrz), o szerokości dochodzącej do kilku metrów. Omawiane konstrukcje zlokalizowane są przede wszystkim na terenach wyniesionych, poza obszarami podmokłymi. Tego typu formy można wstępnie interpretować jako pozostałości minionej działalności rolniczej (gospodarczej?), która w takim wymiarze nie była dotychczas znana dla Puszczy Białowieskiej.

Inna grupa przykładowych obiektów to skupisko będące najprawdopodobniej pozostałością po dawnej



Ryc. 11. Nadleśnictwo Białowieża. Pozostałości konstrukcji, związanej najprawdopodobniej z produkcją węgla drzewnego – mielerz (?) (fot. R. Zapłata)

Fig. 11. The Białowieża Forest District. Remains of the structure probably related to the production of charcoal – charcoal kiln (?) (Photo by R. Zapłata)



Ryc. 12. Nadleśnictwo Białowieża. Wizualizacja przykładowego modelu cieniowego z widocznymi pozostałościami poprodukcyjnymi – mielerze (?) (porównaj z Ryc. 11) (Źródło: IBL)

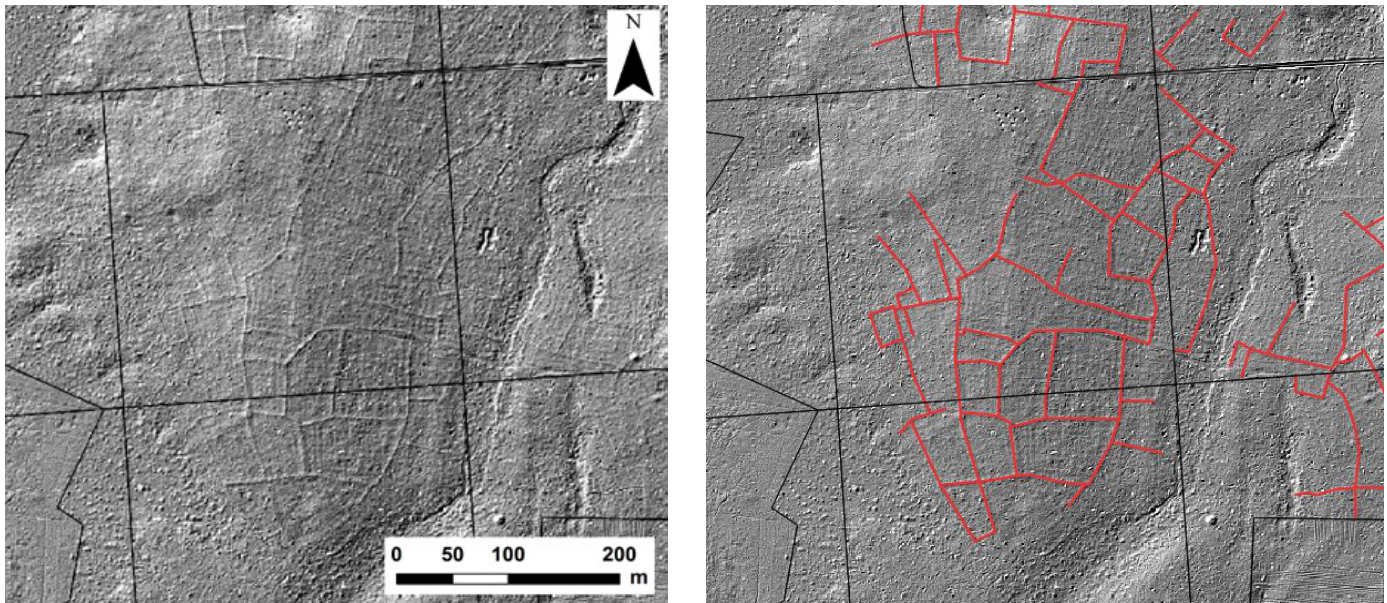
Fig. 12. The Białowieża Forest District. Visualisation of a shadow model example with visible post-production remains – charcoal kilns (?) (compare with Fig. 11) (Source: Forest Research Institute)

eksploatacji surowców naturalnych, charakteryzująca się owalnym zarysem, dookólnym wyniesieniem i wklęsłą formą w części centralnej, o głębokości dochodzącej do ok. 1 m i zróżnicowanej średnicy całkowitej wynoszącej około kilka metrów (Ryc. 14, 15). Różnorodna eksploatacja surowców naturalnych (np. rudy żelaza) dla terenów Puszczy Białowieskiej jest już poświadczona źródłowo, jednak wcześniej nie przeprowadzono całkowitego rozpoznania i inwentaryzacji materialnych pozostałości tego typu obiektów dla badanego terenu (Samojlik 2009). Przykładowe skupisko to ponad 200 obiektów, występujących na powierzchni obejmującej około 20 hektarów.

Wymiernym i niezwykle cennym rezultatem pomiarów ALS jest również zasób danych, umożliwiający

analizę geomorfologiczną terenu, jak i analizę dawnego środowiska. Rysujące się meandry rzek to jeden z przykładów, który umożliwia korelację zachodzących zmian z działalnością człowieka w przeszłości. Powstały zasób danych to również nieocenione źródło informacji dla zarządzających terenem umożliwiające gospodarowanie obszarem Puszczy Białowieskiej z uwzględnieniem zachowania istniejących zabytków i obiektów archeologicznych. Dane ALS pozwalają m.in. na monitorowanie zmian, jakie zachodzą na powierzchni terenu, a zarazem rozpoznawanie powstających zniszczeń obiektów (rabunkowe wkopy, nielegalne pozyskiwanie surowca itp.).

Dotychczasowe prace z danymi ALS przyniosły rozpoznanie ponad 10 000 potencjalnych (różnorodnych) obiektów zabytkowych dla całego obszaru



Ryc. 13. Białowieża Park Narodowy. Przykładowe struktury liniowe rozpoznane na podstawie danych ALS. Wizualizacja danych ALS – model cieniowy (po lewej), wizualizacja z zarysem przebiegu struktur liniowych (Źródło: IBL)

Fig. 13. The Białowieża National Park. Examples of linear structures recognised on the basis of the ALS data. Visualisation of the ALS data – a shadow model (on the left), visualisation with an outline of linear structures (Source: Forest Research Institute)

polskiej części Puszczy Białowieżskiej (Kraszewski 2016). Na szczególną uwagę zwracają obiekty o charakterystycznych i powtarzających się kształtach oraz wymiarach, które można wstępnie porównać do spotykanych w innych częściach kraju grup zabytków (na terenach leśnych) takich jak: kurhany, mielerze, wojskowe konstrukcje polowe, grodziska, drogi związane z dawnym osadnictwem, czy obiekty związane z minioną eksploatacją surowców naturalnych. Wyżej wymieniony zasób, zwłaszcza liczba potencjalnych obiektów zabytkowych, rodzi pytanie o sposób ich traktowania i dalszego badania (weryfikowania), w szczególności na takich terenach jak Puszcza Białowieża, czy BPN, na terenach chronionych w Polsce.

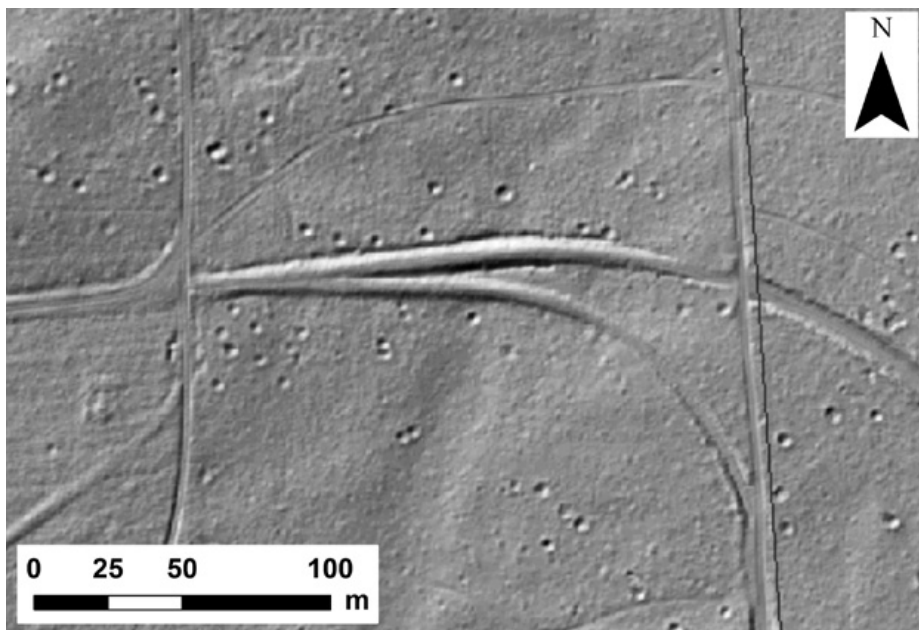
■ ZAGADNIENIA DYSKUSYJNE

W kontekście omawianej koncepcji oraz przywołanych – wstępnych wyników prac gabinetowych, związanych z zastosowaniem danych ALS w badaniach dziedzictwa kulturowego Puszczy Białowieżskiej, warto zatem odnieść się do niektórych zagadnień poruszanych w literaturze przedmiotu, a związanych z innowacyjnymi technologiami. Praktyka badawcza pokazuje, że rozpoznawanie zabytków w pierwszej kolejności rozumiane jest jako wskazywanie potencjalnych obiektów zabytkowych. W pracach gabinetowych z danymi ALS weszły

na trwałe do języka archeologicznego opisy typu: domniemany, prawdopodobny, potencjalny obiekt archeologiczny (ang. *potential archaeological feature*) (szerzej na ten temat m.in. Doneus, Brise 2006; Hesse 2013; Banaszek 2015). W odniesieniu do tego typu wskazań zakłada się antropogeniczny charakter obiektów, co powinno skutkować ich terenową weryfikacją. Taka sytuacja rodzi jednak pewne wyzwania natury finansowej, logistycznej oraz formalnej. Czy i w jakim zakresie należy dokonać weryfikacji wszystkich tego typu obiektów? To zasadnicze pytanie, które skłania do szerszego namysłu nad tą kwestią. Dalej – jak należy traktować obiekty, które nie są lub nie mogą być poddane jak najobszerniejszej weryfikacji terenowej?

Opierając się na własnych doświadczeniach, jak i sięgając do literatury przedmiotu, dostrzegamy powtarzający się schemat dalszego postępowania badawczego. W polskiej archeologii potencjalne obiekty wskazywane do terenowej weryfikacji zazwyczaj badane są powierzchniowo (sprawdzone jest istnienie deniwelacji wysokościowych w terenie lub ich brak), a następnie metodami geofizycznymi, a także inwazyjnymi (odwiert, badania sondażowe, badania wykopaliskowe) (np. Banaszek, Rączkowski 2010; Czebreszuk *et al.* 2013; Banaszek 2015). Nie dotyczy to jednak wszystkich potencjalnych obiektów (zwłaszcza w przypadku weryfikacji inwazyjnej), np. licznych zabytków związanych z dawną eksploatacją surowców naturalnych, m.in. z obszaru Śląska (Cembrzyński, Legiut-Pintal 2014) i Staropolskiego Okręgu Przemysłowego (Zapłata 2013; Zapłata *et al.* 2014), co rodzi szereg dalszych pytań i wyzwań (Zapłata *et al.* 2015; Budziszewski, Grabowski 2015).

Status rozpoznawanych „potencjalnych” zabytków – domniemanych materialnych pozostałości po wszelakiej



Ryc. 14. Nadleśnictwo Białowieża. Wizualizacja modelu cieniowego z przykładowymi obiektami, identyfikowanymi z dawną eksploatacją surowców naturalnych (Źródło: IBL)

Fig. 14. The Białowieża Forest District. Visualisation of the shadow model with examples of features associated with past exploitation of raw materials (Source: Forest Research Institute)



Ryc. 15. Nadleśnictwo Białowieża. Pozostałości konstrukcji wskazanej na bazie danych ALS – identyfikowanej z eksploatacją surowców naturalnych (porównaj z Ryc. 14) (fot. R. Zapłata)

Fig. 15. The Białowieża Forest District. Remains of a structure indicated on the basis of the ALS data – associated with the exploitation of raw materials (compare with Fig. 14) (Photo by R. Zapłata)

działalności człowieka, mających swe odzwierciedlenie w danych ALS, pozostaje kwestią dyskusyjną. Brak jasných zapisów w tej kwestii, jak i jednolitych propozycji w literaturze przedmiotu wskazuje, że tzw. potencjalne obiekty zabytkowe powinny być traktowane jako obiekty, które należy inwentaryzować. Dotychczasowa praktyka związana z badaniami powierzchniowymi często, dość jednoznacznie, klasyfikowała obiekty bez weryfikacji inwazyjnej lub innej, nieinwazyjnej (np. badania geofizyczne), doprowadzając do ich ewidencjonowania, m.in. na podstawie charakterystycznych cech, takich jak własna forma krajobrazowa, wielkość, kształt, kontekst itp. W związku z powyższym (z uwagi na wysokie koszty, ideę nieinwazyjnego badania itp.) obiekty rozpoznawane na podstawie danych ALS, a do

tego weryfikowane w terenie nieinwazyjnie (powierzchniowo), powinny spotkać się ze szczególnym traktowaniem, zyskując możliwość ich ewidencjonowania. Takie podejście może stanowić dobre rozwiązanie dla systemu ochrony zabytków w Polsce, jak i dla zarządcy terenu, które umożliwi prowadzenie działalności z uwzględnieniem informacji o potencjalnych (domniemanych) zabytkach nieruchomości. Z pewnością rozpoznanie tego typu obiektów, przy braku jednoznacznych wyników weryfikacji terenowej, nie może spotkać się z ich całkowitym wyeliminowaniem (np. z „obiegu” konserwatorskiego). Próbując niejako znaleźć rozwiązanie dla tej sytuacji można przyjąć, że analiza i interpretacja danych ALS, a tym samym wskazanie cech umożliwiających zaklasyfikowanie danego obiektu jako antropogenicznego

(z przeszłości), są wystarczające (przynajmniej dla niektórych konstrukcji) do zakwalifikowania do dalszych badań weryfikacyjnych. Dodajmy, że jednoznaczne i pełne określenie charakteru danego obiektu może nastąpić głównie dzięki zastosowaniu metod inwazyjnych (zwłaszcza wykopaliskowych), co jednak nie zawsze jest możliwe. Warto również podkreślić, że zastosowanie metod inwazyjnych w każdej sytuacji nie pozwala na jednoznaczne i ostateczne określenie charakteru obiektu zabytkowego – jego chronologii czy funkcji. Efekt procesów depozycyjnych i podepozycyjnych, jak i specyfika wielu obiektów, uniemożliwiają uzyskanie dla wszystkich kategorii zabytków takiego samego rozpoznania w wyniku zastosowania jakichkolwiek metod.

Jak pokazują przywoływane przykłady, na terenach leśnych licznie rozpoznawane obiekty nie mogą być weryfikowane z zastosowaniem wszystkich możliwych metod, umożliwiających jak najdokładniejsze określenie ich zasięgu, funkcji czy chronologii. Wpływają na to m.in. wspomniane koszty (związane z dalszymi badaniami nieinwazyjnymi czy inwazyjnymi), czy też środki przeznaczane na ochronę zabytków, obecny system ochrony zabytków w Polsce, a także specyfika obszaru badań. W związku z powyższym wskazanym wydaje się wyznaczanie do tego typu badań (np. ratowniczych) określonych (wybranych) obiektów, szczególnie tych zagrożonych, jak również reprezentatywnych dla określonej grupy. Pozostałą grupę potencjalnych obiektów zabytkowych warto zatem potraktować jako specyficzny zasób, wobec którego należy zastosować działania uniemożliwiające jego nieświadome lub celowe zniszczenie, co też należy odnieść do zasobu w Puszczy Białowieskiej.

■ PODSUMOWANIE

Podsumowując warto nadmienić, że badania obszarów leśnych, a zwłaszcza terenu Puszczy Białowieskiej pod kątem rozpoznania zabytków archeologicznych powinno skupiać się w pierwszej kolejności na obszarach, dla których istnieje realne zagrożenie zniszczenia obiektów zabytkowych (np. związane z bieżącą gospodarką leśną, w ostatnim czasie zresztą bardzo ograniczoną). Tak ukierunkowane działania pozwolą na wyeliminowanie w przyszłości prac mogących doprowadzić do nieświadomego niszczenia obiektów zabytkowych. Z perspektywy badania przeszłości, również tej związanej z Puszcza Białowieską, poczynania naukowe powinny obejmować większe obszary (całe kompleksy leśne), jak to ma miejsce w odniesieniu do realizowanego projektu. W szerszej skali prace badawcze na terenach leśnych należy odnieść głównie do miejsc newralgicznych, objętych działalnością gospodarczą, inwestycjami (np.

budowa autostrad), czy też tych związanych ze zjawiskami ekstremalnymi – np. masowymi ruchami ziemi, powodziami. Zanim podjęte zostaną tego typu inicjatywy w innych regionach (nieobjętych dotychczas rozpoznaniem z zastosowaniem ALS), warto również wypracować czy też pracować nad poprawą metodyki badawczej, dzieleniem się i włączaniem do przyszłych prac dotychczasowych doświadczeń, czego wyrazem jest również niniejszy artykuł. Analiza obszarów leśnych, to również krok w stronę rewizji wielu dotychczasowych poglądów naukowych, zwłaszcza tych, wskazujących na istnienie tzw. pustek osadniczych na tych terenach w przeszłości, które w świetle wielu najnowszych wyników powinny być zmienione (Kruk 1981).

Pośród zaleceń dla przyszłych prac badawczych na terenach leśnych warto wymienić m.in. sięganie po dane ALS – ISOK, a zarazem ich uzupełnianie (Zapłata 2015b), czy też zastępowanie zasobem lepszych danych pozyskiwanych do innych celów, co też wyraźnie uzasadnia sytuacja zaprezentowana w niniejszym artykule, a dotycząca danych z projektu „Life+ ForBioSensing” dla Puszczy Białowieskiej. Z uwagi na wyjątkowość niektórych obiektów, jak i szatę roślinną, mającą wpływ na wynik pomiarów (nawet w okresie bezlistnym), wskazanym podczas prac z danymi ALS wydaje się planowanie i wykonywanie powtórnych lub uzupełniających pomiarów za pomocą innych technik (np. naziemnego skanowania laserowego – ang. *terrestrial laser scanning* – TLS). Umożliwi to pozyskanie bardzo szczegółowej informacji na temat lokalnego ukształtowania terenu.

Starając się odpowiedzieć na postawione w tekście pytanie, dotyczące stopnia i sposobu weryfikacji rozpoznawanych, potencjalnych obiektów zabytkowych, a zarazem uwzględniając dotychczasowe doświadczenia i wyniki prac badawczych z danymi ALS, jak również liczne przykłady rozpoznawania obiektów zabytkowych na terenach leśnych w Polsce, zasadnym wydaje się wykształcenie polityki konserwatorskiej nakierowanej na waloryzację i weryfikację zasobów kulturowych. Strategia ochrony zabytków powinna również uwzględniać takie podejście do dziedzictwa kulturowego, które z jednej strony nie zahamuje działalności gospodarczej na obszarach leśnych, a zarazem uchroni je, wyznaczając część zasobów np. do badań ratowniczych, a część chroniąc trwale w formie, jaką zachowały do dzisiaj, z uruchomieniem wszelkich działań o charakterze zabezpieczająco-konserwatorskim (Zapłata *et al.* 2015).

Obok niedostatecznego, sygnalizowanego w tekście, poznania zabytków w lasach, prawdopodobnie również na terenie Puszczy Białowieskiej, odnotowujemy

liczne sytuacje wymagające natychmiastowych działań ratowniczych, które związane są często z przypadkowymi odkryciami podczas rutynowych czynności, związanych z działalnością gospodarczą czy inwestycyjną (Haze 2011). Niestety, dochodzi lub może dochodzić w takich przypadkach do nieświadomego niszczenia obiektów zabytkowych, czego w wielu sytuacjach można by uniknąć, rozpoznając wcześniej ten zasób (Ryc. 2). Destrukcję wywołują również procesy naturalne, które doprowadzają do niszczenia obiektów nieruchomych czy ich części np. warstw kulturowych (Ryc. 3). Biorąc zatem pod uwagę dotychczasowe rezultaty prac, również tych w Puszczy Białowieskiej, a także specyfikę obszarów leśnych oraz potrzebę podejmowania wszelkich działań doprowadzających do ochrony dziedzictwa kulturowego przed zniszczeniem, należy sięgać po nowe, nieinwazyjne metody oraz dane, celem rozpoznania obiektów archeologicznych – mowa tutaj przede wszystkim o lotniczym skanowaniu laserowym i danych ISOK – w skali całego kraju.

Dotychczasowe (wstępne) rozpoznanie dziedzictwa kulturowego w polskiej części Puszczy Białowieskiej na podstawie danych ALS, skłania do stwierdzenia o istnieniu znacznie większej, niż dotychczas sądzono, liczby materialnych relikwów, świadczących o działalności człowieka na tym terenie w przeszłości, która nie mogła pozostać bez znaczenia również na rozwój obszarów puszczańskich.

Należy podkreślić, że podjęta inicjatywa jest częścią działań mających na celu rozwój i upowszechnianie innowacyjnych metod badawczych, ukierunkowanych w stronę dziedzictwa kulturowego oraz obszarów leśnych, czego wyrazem jest m.in. niniejszy artykuł. Intensywna a zarazem szeroka popularyzacja bieżących prac oraz wyników badań może również przyczynić się do uświadomienia społeczeństwu stosowania innowacyjnych technik w badaniach archeologicznych, jak i występowania na terenach leśnych ogromnych zasobów zabytkowych, jakże cennych i nadal nieznanych.

Idea badań mających na celu rozpoznanie dziedzictwa kulturowego Puszczy Białowieskiej (część polska), w zamyśle, ukierunkowana była w stronę interdyscyplinarnego i międzynarodowego przedsięwzięcia, które swym zakresem może objąć również część znajdującą się na terenie Białorusi. Taka inicjatywa pozwoli w pełniejszym wymiarze przebadać ten obszar, poszerzając wiedzę o przeszłości i zasobach kulturowych regionu. Zarysowana powyżej koncepcja, stała się asumptem do dalszych działań związanych z badaniem dziedzictwa kulturowego Puszczy Białowieskiej, jak również do podjęcia kolejnych kroków na rzecz wypracowania strategii dla innych tego typu badań na terenach leśnych w Polsce, daleko wychodzących poza realizowane prace w 2016 r., jak i sam projekt.

Autorzy tekstu pragną wyrazić szczególne podziękowania dla DGLP oraz IBL za pozytywny odbiór i umożliwienie realizacji koncepcji, która przerodziła się w pierwszy w historii Puszczy Białowieskiej szerokopłaszczyznowy projekt, ukierunkowany na badanie dziedzictwa kulturowego z zastosowaniem danych teledetekcyjnych.

Źródło finansowania badań: Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych. Usługa badawcza „Ocena stanu różnorodności biologicznej w Puszczy Białowieskiej na podstawie wybranych elementów przyrodniczych i kulturowych” realizowana przez konsorcjum na zlecenie Skarbu Państwa – Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe, Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych. Umowa NR OR.271.3.1.2016 zawarta w dniu 16 czerwca 2016r. w Warszawie. Źródło danych ALS: projekt Instytutu Badawczego Leśnictwa pt. „LIFE+ ForBioSensing PL Kompleksowy monitoring dynamiki drzewostanów Puszczy Białowieskiej z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych” – <http://www.forbiosensing.pl/> – współfinansowany ze środków Komisji Europejskiej w ramach instrumentu finansowego Unii Europejskiej LIFE+ oraz ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW). Nr umowy z KE: LIFE13 ENV/PL/000048; Nr umowy z NFOŚiGW: 485/2014/WN10/OP-NM-LF/D.

Bibliografia

Antoszewski M., Ostrowski W. 2013. *Lotniczy skaning laserowy (projekt ISOK) w ochronie zespołów fortyfikacji nowszej*. W: L. Narębski (red.), *Fortyfikacje nowożytnie w Polsce – badania, realizacje, projekty. Zagospodarowanie do współczesnych funkcji*. Toruń: Urząd Marszałkowski Województwa Kujawsko-Pomorskiego, 271-280.

Archeologiczne Zdjęcie Polski. Instrukcja sporządzania dokumentacji badań powierzchniowych oraz wypełniania Karty Ewidencji Zabytku Archeologicznego. 2016. Warszawa:

Narodowy Instytut dziedzictwa. http://www.nid.pl/pl/Dla_specjalistow/Badania_i_dokumentacja/zabytki-archeologiczne/instrukcje-wytyczne-zalecenia/2016.01.22_instrukcja%20AZP/Instrukcja_AZP_NID_2016_ok.pdf (wgląd 31.08.2016).

Banaszek Ł. 2014. Lotniczy skaning laserowy w polskiej archeologii. Czy w pełni wykorzystany jest potencjał prospekcyjny metody? *Folia Praehistorica Posnaniensia* 19, 207-251.

- Banaszek Ł. 2015. *Przeszłe krajobrazy w chmurze punktów* (= *Archeologia – Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu* 54). Poznań: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza.
- Banaszek Ł., Rączkowski W. 2010. *Archeologia w lesie. O identyfikacji stanowisk archeologicznych w gminie Polanów (i nie tylko)*, W: W. Rączkowski, J. Sikora, Sławno–Polanów (red.), *Historia i kultura Ziemi Sławieńskiej 10: Miasto i gmina Polanów*. Polanów: Fundacja Dziedzictwo, Wydawnictwo Region, 117–131.
- Budziszewski J., Grabowski M. 2015. *Zasoby archeologiczne na terenach lasów polskich*. W: D. J. Gwiazdowicz, K. Rykowski (red.), *Materiały trzeciego panelu ekspertów w ramach prac nad Narodowym Programem Leśnym. Dziedzictwo. Lasy i gospodarka leśna w kulturze i dziedzictwie narodowym*. Sękocin Stary: Instytut Badawczy Leśnictwa, 207–218.
- Cembrzyński P., Legut-Pintal M. 2014. Airborne laser scanning as a method of localisation and documentation of mining sites remains. Examples from Silesia. *Acta rerum naturalium* 16, 187–202.
- Czebreszuk J., Jaeger M., Pospieszny Ł., Cwaliński M., Niebieszczański J., Stróżyk M. 2013. Modelowe badania nieinwazyjnych obszarów leśnych – Las Krotoszyn. Z badań nad przemianami krajobrazu kulturowego w pradziejach Wielkopolski. *Fontes Archaeologici Posnanienses* 49, 157–175.
- Götze A. 1929. *Archaeologische Untersuchungen im Urwalde von Bialovies*. W: E. Stechow (red.), *Beiträge zur Natur- und Kultur-geschichte Lithauens und angrenzenden Gebite* (= *Abhandlungen d. math-naturwiss. Abteilung d. Bayer. Akad. D. Wissenschaften* 11-14 Supplement). München: Verlag der Bayerischen akademie der wissenschaften, 511–550.
- Górska I. 1976. Badania archeologiczne w Puszczy Białowieskiej. *Archeologia Polski* 21, 109–134.
- Okła K. (red.) 2010. *Geomatyka w Lasach Państwowych 1. Podstawy*. Warszawa: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych.
- Haze M. (red.) 2011. *Zasady hodowli lasu – załącznik do Zarządzenia nr 53 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 21 listopada 2011 r. w sprawie wprowadzenia „Zasad hodowli lasu” w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe (ZH-710-56/11)*. Warszawa, <http://www.lasy.gov.pl/dokumenty/gospodarka-lesna/hodowla/zasady-hodowli-lasu-dokument-w-opracowaniu/view> (wgląd 31.08.2016)
- Hesse R. 2010. *Charcoal burning platforms in the southern Black Forest: from LIDAR point cloud to spatial patterns of resource use* [poster]. http://www.academia.edu/3306260/Charcoal_burning_platforms_in_the_southern_Black_Forest_from_LIDAR_point_cloud_to_spatial_patterns_of_resource_use (wgląd: 31.08.2016)
- Hesse R., 2012, *Detecting former field systems with airborne LIDAR – an overview of current methods*, [poster] http://www.academia.edu/1941481/Detecting_former_field_systems_with_airborne_LIDAR_-_an_overview_of_current_methods (wgląd 31.08.2016)
- Jarząbek J., Kurczyński Z., Woźniak P. 2011. Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami. *Geodeta* 5 (192), 12–17.
- Jaskanis D. (red.) 1996. *Archeologiczne Zdjęcie Polski – metoda i doświadczenia. Próba oceny* (= *Biblioteka muzealnictwa i ochrony zabytków B 95*). Warszawa: Ośrodek Dokumentacji Zabytków.
- Jaskanis D. 1998. *Katalog stanowisk archeologicznych objętych rejestrem zabytków nieruchomości w Polsce (stan z końca 1993 r.)* (= *Zeszyty Generalnego Konserwatora Zabytków. Archeologia* 2). Warszawa: Stowarzyszenie Naukowe Archeologów Polskich. Oddział Warszawski.
- Kokalj Ž., Zakšek K., Oštir K. 2010. Archaeological application of an advanced visualisation technique based on diffuse illumination. W: R. Rainer (red.), *30th EARSeL Symposium: Remote Sensing for Science, Education and Culture*, Paris: Rainer Reuter, University of Oldenburg, Germany, 113–120.
- Konopka M. (red.) 1981. *Zdjęcie Archeologiczne Polski* (= *Biblioteka Muzealnictwa i Ochrony Zabytków B 66*). Warszawa: Ministerstwo Kultury i Sztuki: Generalny Konserwator Zabytków.
- Konopka M. 1984. *Instrukcja ewidencji stanowisk archeologicznych metodą badań powierzchniowych (Archeologiczne Zdjęcie Polski)*. Warszawa: Ośrodek Dokumentacji Zabytków.
- Krasnodębski D. 2006. *Badania Instytutu Archeologii i Etnologii PAN na terenie woj. białostockiego (podlaskiego) w latach 1990–2005*. W: H. Karwowska, A. Andrzejewski (red.), *Stan badań archeologicznych na pograniczu polsko-białoruskim od wczesnego średniowiecza po czasy nowożytne*. Białystok: Muzeum Podlaskie, 63–84.
- Krasnodębski D., Olczak H. 2006. *Badania archeologiczne w Puszczy Białowieskiej na stanowisku Teremiski-Dąbrowa, oddz. 338A i B (AZP 45-92)*. *Podlaskie Zeszyty Archeologiczne* 2, 80–83.
- Krasnodębski D., Olczak H. 2012. *Badania archeologiczne na terenie polskiej części Puszczy Białowieskiej – stan obecny, problemy i perspektywy*. *Biuletyn Konserwatorski Województwa Podlaskiego* 18, 145–168.
- Krasnodębski D., Olczak H., Samojlik T. 2010. *Wczesnośredniowieczne cmentarzyska w Puszczy Białowieskiej*, W: S. Cygan, M. Glinianowicz, P. N. Kotowicz (red.), *„In silvis, campis... et urbe”: średniowieczny obrządek pogrzebowy na pograniczu polsko-ruskim* (= *Collectio Archaeologica Ressoviensis* 14). Rzeszów: Instytut Archeologii Uniwersytetu Rzeszowskiego, 145–174.
- Kraszewski B. 2016. *Raport z inwentaryzacji potencjalnych obiektów archeologicznych zrealizowanej przez Instytut Badawczy Leśnictwa na podstawie danych lotniczego skanowania laserowego w Puszczy Białowieskiej*. Sękocin Stary (maszynopis w archiwum Instytucji Badawczym Leśnictwa).

- Kruk J. 1981. Kilka uwag o znaczeniu poszukiwań powierzchniowych w badaniach nad geografią osadnictwa pradziejowego. W: M. Konopka (red.), *Zdjęcie Archeologiczne Polski* (= Biblioteka Muzealnictwa i Ochrony Zabytków B 66). Warszawa: Ministerstwo Kultury i Sztuki : Generalny Konserwator Zabytków, 115-120.
- Kurczyński Z., Bakula K. 2013. *The selection of aerial laser scanning parameters for countrywide digital elevation model creation*. W: *Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing, Conference Proceedings, vol. II, Geodesy and Mine Surveying, Photogrammetry and Remote Sensing, 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2013, 17-21th June, Albena, Bulgaria*, 695-702. https://www.academia.edu/12416597/The_selection_of_aerial_laser_scanning_parameters_for_countrywide_digital_elevation_model_creation (wgląd: 5.10.2016)
- Legut-Pintal M. 2012. *LIDAR w badaniach nad średniowiecznymi fortyfikacjami i siedzibami obronnymi. Przykład założeń obronnych księstwa biskupów wrocławskich*. http://www.academia.edu/3102476/LiDAR_w_badaniach_nad_sredniowiecznymi_fortyfikacjami_i_siedzibami_obronnymi._Przyklad_zalozen_obronnych_ksiestwa_biskupow_wroclawskich (wgląd 31.08.2016)
- Ludemann T. 2011. Scanning the historical and scientific significance of charcoal production – local scale, high resolution kiln site anthracology at the landscape level. *Saguntum Extra* 11, 23–24. <http://ojs.uv.es/index.php/saguntumextra/article/view/1546/920> (wgląd 31.08.2016)
- Ludemann, T. 2013. Airborne laser scanning of historical wood charcoal production sites – a new tool of kiln site anthracology at the landscape level. *Saguntum Extra* 13, 247-252. https://www.sapac.es/charcoal/saguntum/extra13/se13_247.pdf (wgląd 31.08.2016)
- Pawleta M. 2016. *Przeszłość we współczesności. Studium metodologiczne archeologicznie kreowanej przeszłości w przestrzeni społecznej* (= *Archeologia - Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu* 55). Poznań: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza.
- Pawleta M., Zapłata R. (red.) 2015. *Nieinwazyjne rozpoznanie zasobów dziedzictwa archeologicznego: potencjał i możliwości*. Lublin: Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu, Fundacja „5Medium”, E-Naukowiec.
- Rola J. 2015. Badania powierzchniowe w lasach – uwagi na marginesie penetracji prowadzonych w granicach Nadleśnictwa Zdrojowa Góra w Pile. *Raport* 10, 285-296.
- Samojlik T. 2009. Rudnie w Puszczy Białowieskiej w XVII-XVIII wieku. *Kwartalnik Historii Kultury Materialnej* 43 (3-4), 399-411.
- Samojlik T. 2010. Traditional utilisation of Białowieża Primeval Forest (Poland) in the 15th to 18th centuries. *Landscape Archaeology and Ecology* 8, 150-164
- Sławik Ł., Zapłata R. 2010. LIDAR zmienia archeologię. *Geodeta* 10 (185), 42-44.
- Stereńczak K. 2011. Lotnicze skanowanie laserowe, W: K. Będkowski (red.), *Las w rastrowym modelu danych przestrzennych*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW, 63–74.
- Stereńczak K., Zapłata R., Sztampke M., Bałazy R. 2016. Laser Discoverers – Web-based User-generated Content in Heritage Detection in Poland. *Transactions in GIS* 20 (1-2), 1-17.
- Štutlar B. 2011. The use of lidar-derived relief models in archaeological topography. The Kobarid region (Slovenia) case study. *Arheološki Vestnik* 62, 393-432
- Zakšek K., Oštir K., Kokalj Z. 2011. Sky-view factors as a relief visualization technique. *Remote Sensing* 3, 398–415.
- Zapłata R. 2013. *Nieinwazyjne metody w badaniu i dokumentacji dziedzictwa kulturowego – aspekty skanowania laserowego w badaniach archeologicznych i architektonicznych*. Warszawa: Fundacja Hereditas.
- Zapłata R. 2015a. Historyczne założenia obronne, architektura militaris i LiDAR. Wybrane zagadnienia metodyczne z zakresu zastosowania skanowania laserowego go w detekcji i inwentaryzacji nowożytnych fortyfikacji. *Studia GeoHistorica* 3, 152-176.
- Zapłata R. 2015b. Koncepcja wsparcia nieinwazyjnego badania zabytków na terenach leśnych w Polsce – system typu Personal Laser Scanning. W: R. Zapłata (red.), *Cyfryzacja w naukach o przeszłości i ochronie zabytków – digitalizacja i nieinwazyjne badanie dziedzictwa kulturowego in situ. Publikacja okolicznościowa związana z konferencją „Cyfryzacja w naukach o przeszłości i ochronie zabytków – analiza potencjału i zagrożeń”, Warszawa 24 listopada 2015 r.* Warszawa: Wydawnictwo Uniwersytetu Kardynała Wyszyńskiego w Warszawie, 55-76.
- Zapłata R., Bałazy R., Lewicki J., Zawila-Niedźwiecki T. 2015. Dziedzictwo kulturowe w lasach. Zabytki architektury, przemysłu, historyczne fortyfikacje i zasoby archeologiczne. Trudne wyzwania i interdyscyplinarne strategie ochrony. W: D. J. Gwiazdowicz, K. Rykowski (red.), *Materiały trzeciego panelu ekspertów w ramach prac nad Narodowym Programem Leśnym. Dziedzictwo. Lasy i gospodarka leśna w kulturze i dziedzictwie narodowym*. Sękocin Stary: Instytut Badawczy Leśnictwa, 340-353.
- Zapłata R., Ptak A. 2014. Lotnicze skanowanie laserowe – szkoła interpretacji [2]. Odkrywanie dziedzictwa archeologicznego – obiekty przemysłowe na obszarach leśnych. Zabytkowe mielerze. *Geodeta* 4 (227), 28-29.
- Zapłata R., Sławik Ł. 2010. LIDAR zmienia archeologię. *Geodeta* 10 (185), 42-44.
- Zapłata R., Szady B., Stereńczak K. (red.) 2014. *Laserowi Odkrywczy. Nieinwazyjne badanie i dokumentowanie obiektów archeologicznych i historycznych województwa świętokrzyskiego*. Stare Babice: Fundacja Centrum Geohistorii.
- Zawila-Niedźwiecki T. 2010. Teledetekcja i fotogrametria obszarów leśnych. W: K. Okła (red.), *Geomatyka w Lasach Państwowych 1. Podstawy*. Warszawa: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, 297-298.

Summary

Rafał Zapłata, Krzysztof Stereńczak

The Białowieża Forest, LiDAR and cultural heritage – introductory issues.

The article presents selected issues related to a concept (developed by the authors of the text) of studying cultural (archaeological) heritage in forest areas and in the Białowieża Forest as well as provides general information related to the project entitled “Cataloguing of Cultural Heritage”, conducted since 2016 as part of the initiative entitled “Examination of Biodiversity Status in the Białowieża Forest on the basis of Selected Natural and Cultural Components”. The above-mentioned studies are conducted by a consortium led by the Forest Research Centre in Sękocin Stary (IBL), while the Institute of Archaeology and Ethnology of the Polish Academy of Sciences (IAE PAN) is one of the participants and a contractor of selected works related to archaeological heritage. The research is funded by the General Directorate of State Forests as part of the above-mentioned research service provided by the consortium upon commission by the State Treasury – State Forests National Forest Holding, General Directorate of State Forests.

The text is composed of several essential parts: (1) an introduction, (2) a presentation of a concept of studying cultural heritage in the Polish part of the Białowieża Forest, (3) an outline of the research area and a presentation of technologies (LiDAR /ALS) and obtained data, (4) a comprehensive presentation of exemplary remote sensing results, (5) a discussion of disputable issues related to the identification of monuments on the basis of ALS data and (6) a summary.

The fundamental objectives of the article include (1) discussion of selected issues related to the application of ALS to studying cultural heritage in the Polish part of the Białowieża forest as well as (2) participation in a discussion on certain methodological issues as regards the application of ALS in the protection of archaeological finds in forest areas. The final part of the text sums up the issue and presents selected research postulates and recommendations with regard to cultural heritage studies in forest areas, including the Białowieża Forest.

The Białowieża Forest, a site inscribed on the UNESCO World Heritage List, is a unique area in the national and global terms, recognised mainly due to its natural values. The cultural heritage of this area includes, among others, material

remains of human activity dated from several thousand years ago to contemporary times and, at the same time, a cultural resource that, according to recent studies, has been quite poorly identified.

The basis for the presented works are data incorporated into the study free-of-charge, owing to the Forest Research Institute project entitled “LIFE+ ForBioSensing PL – Comprehensive Monitoring of Stand Dynamics in Białowieża Forest Supported With Remote Sensing Techniques” (<http://www.forbiosensing.pl/>), co-financed by the European Commission as part of the LIFE+ financial instrument of the European Union and by the National Fund for Environmental Protection and Water Management (NFOŚiGW).

The presented concept of studying cultural heritage of the Białowieża Forest has been a reference to a long tradition of research in this area and a proposal for incorporating such innovative techniques to the activities that can contribute non-intrusively to the protection of monuments and the recognition of this region’s past. Priority activities, within the developed concept, included those aimed at the identification and the protection of cultural heritage, which is justified by the lack of such initiatives for the Białowieża Forest and a marginal degree of the recognition of monuments in this area.

Post-fieldwork study, concluding a certain stage of the research, performed by a team of specialists and related to data processing and analysis, allowed so far to indicate a set of potential monuments in the entire Białowieża Forest. Particular attention should be paid to the features of distinctive and repeated shapes and sizes; they can be initially classified as groups of monuments recorded in other parts of the country (in forest areas), such as barrows, charcoal kilns, military field structures, hillforts, borders, routes related to historical settlement and sites related to historic exploitation of raw materials. The reconnaissance of the Polish part of the Białowieża Forest inclines us so far to confirm the presence of a far larger number of material relics than previously expected, which attests that human activities in this area could not have been insignificant for the development of particular forest areas.

The final part of the text presents conclusions and certain recommendations in the field of studying cultural heritage in forest areas with the use of ALS.