

# Zagrożenie powodowane przez martwe drzewa zlokalizowane przy szlakach komunikacyjnych – przykład Puszczy Białowieskiej

## Martwe drzewa stojące potencjalnym zagrożeniem dla ludzi

Zaburzenia funkcjonowania ekosystemów leśnych w postaci naturalnych czynników i zjawisk dotyczą coraz częściej obszarów zalesionych (Millar i Stephenson 2015), w wielu przypadkach powodując wysoką śmiertelność drzew (Seidl i in., 2014) (ryc. 1). Masowe zamieranie drzew i drzewostanów niesie ze sobą nie tylko ogromne konsekwencje ekologiczne i ekonomiczne, ale także w niektórych, szczególnych przypadkach może stanowić bezpośrednie zagrożenie dla życia ludzkiego. Duża liczba martwych drzew stojących w lesie pełniącym funkcję rekreacyjną, atrakcyjnym turystycznie, stanowi potencjalne zagrożenie, nie tylko dla ludzi w nim pracujących, ale też turystów i innych osób korzystających z lasów.



Rys. 1. Martwe świerki (kolor jasnozielony) w Puszczy Białowieskiej na zdjęciu lotniczym (CIR).

Wypadki powodowane przez martwe drzewa stojące w pobliżu szlaków komunikacyjnych, w których ranni zostają ludzie, na szczęście nie zdarzają się często. Dzieje się tak głównie dlatego, że martwe drzewa są z reguły usuwane w pierwszej kolejności z terenów, na których ruch turystyczny jest bardzo duży. Takie środki zapobiegawcze znacznie zmniejszają liczbę potencjalnych wypadków, ale mogą być skutecznie stosowane przede wszystkim w lasach gospodarczych i na obszarach miejskich – tam, gdzie możliwe jest monitorowanie aktualnego stanu zdrowotnego drzew i regularne usuwanie drzew martwych lub zamierających. Jednak w szczególnych przypadkach, tj. na obszarach chronionych, dotkniętych problemem masowego zamierania drzew spowodowanym przez gradacje owadów lub inne klęski żywiołowe, sytuacja ta może ulec zmianie w bardzo krótkim czasie i powodować trudności w działaniach służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo.

Za taki szczególny przypadek z pewnością uchodzi Puszcza Białowieska, gdzie w ostatnich latach pojawił się problem dynamicznie rozwijającej się gradacji kornika drukarza, powodującej masowe zamieranie świerków na tym terenie. Puszcza Białowieska jest obiektem o szczególnym znaczeniu i walorach przyrodniczych, a to wiąże się z bardzo dużym natężeniem ruchu turystycznego, przez co liczba osób narażonych na potencjalne niebezpieczeństwo powodowane przez martwe drzewa stojące przy szlakach komunikacyjnych jest tu znacznie większa, niż w przypadku standardowych obiektów leśnych. Dodatkowo, jest to duży i zróżnicowany kompleks leśny, co powoduje, że proces obumierania i późniejszego rozkładu drzew jest zmienny i zależy od wielu czynników, a przez to jest trudny do przewidzenia i monitorowania.

### **Teledetekcja jako źródło informacji o zagrożeniu**

Mając na uwadze potencjalne zagrożenie powodowane przez martwe drzewa stojące w pobliżu szlaków komunikacyjnych oraz dynamikę gradacji kornika drukarza na obszarze Puszczy Białowieskiej (PB), Instytut Badawczy Leśnictwa w 2015 roku podjął próbę

opracowania metody kategoryzacji zagrożenia dla poszczególnych szlaków komunikacyjnych na terenie PB opartej na precyzyjnej, obiektywnej informacji o występowaniu gradacji i jej zasięgu, pochodzącej z danych teledetekcyjnych (chmura punktów z lotniczego skanowania laserowego oraz wysokorozdzielcze zobrazowania lotnicze) pozyskanych w ramach projektu Life+ „ForBioSensing” oraz danych GIS w postaci warstwy wektorowej obrazującej sieć drogową na terenie PB. W kolejnych latach informacje te były aktualizowane na podstawie dostępnych danych teledetekcyjnych (ostatnia mapa powstała w oparciu o dane pozyskane w 2019 roku).

Dane lotniczego skanowania laserowego posłużyły do wygenerowania Wysokościowego Modelu Koron, który następnie wykorzystano do detekcji pojedynczych koron drzew. Do każdego drzewa przypisano jego wysokość, obliczoną jako maksymalną wartość piksela z WMK w ramach segmentu (korony drzewa). Na zobrazowaniach lotniczych sklasyfikowano obszary zawierające żywe i martwe drzewa, a następnie uzyskane klasy dopisano do wykrytych drzew. Z powstałej warstwy wybrano tylko martwe drzewa, które zliczono dla każdego odcinka dróg w Puszczy Białowieskiej, gdy odległość drzewa od osi drogi była mniejsza niż 110% wysokości drzewa. W celu ustandaryzowania klasyfikacji szlaków, szlaki wcześniej podzielono na 50-metrowe odcinki, a następnie zliczono liczbę drzew zawierających się w danym odcinku. Uzyskaną wartość wykorzystano do określenia zagrożenia szlaku:

- kategoria 1 – drogi z liczbą martwych drzew >10 (sekcja 50 m),
- kategoria 2 – drogi z 1-10 martwych drzew (sekcja 50 m),
- kategoria 3 – drogi bez martwych drzew w najbliższym sąsiedztwie.

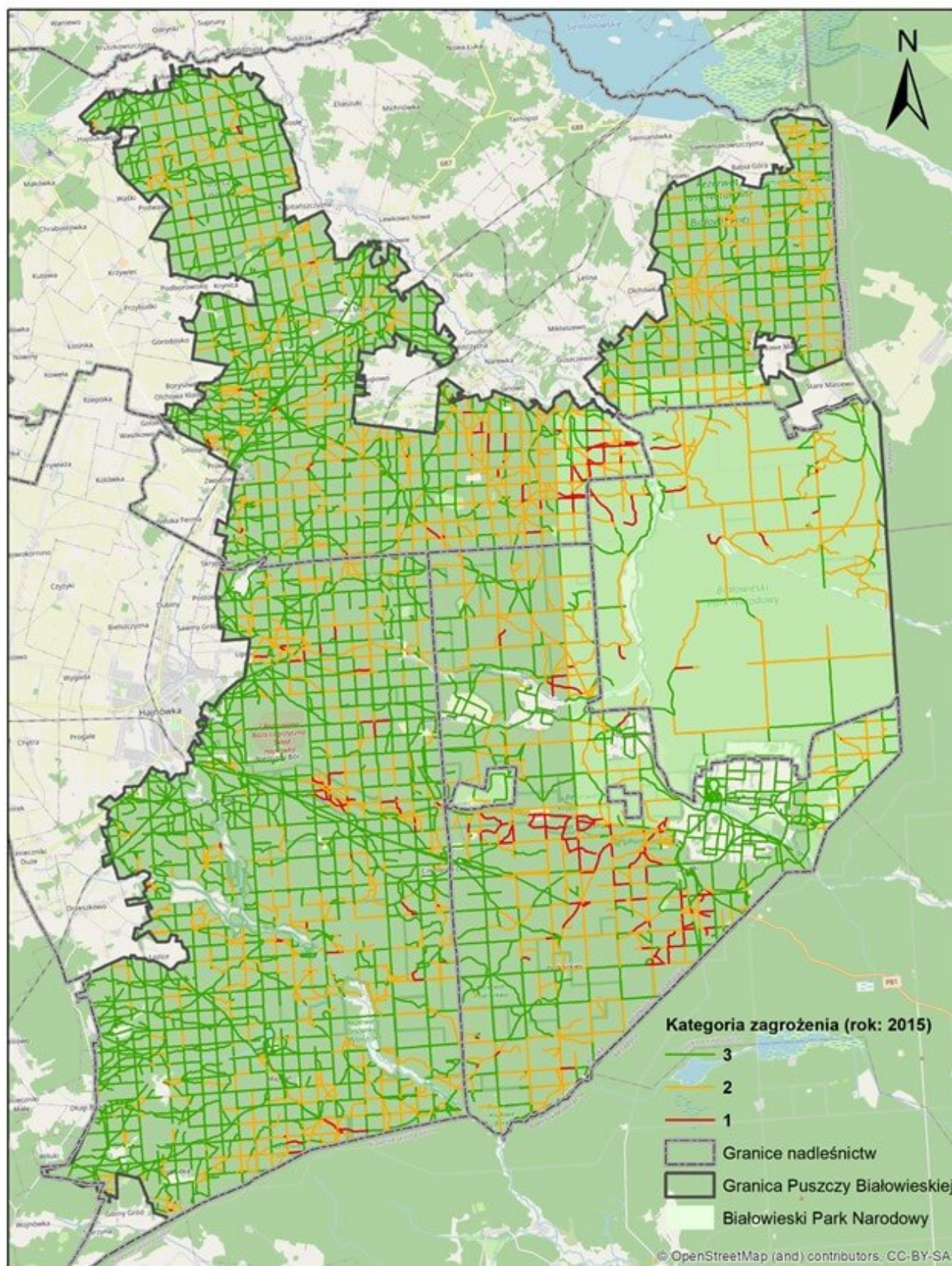
## **Wyniki**

W oparciu o opracowaną metodykę oszacowano liczbę drzew martwych znajdujących się w najbliższym otoczeniu szlaków

komunikacyjnych, których ewentualne obalenie mogłoby zagrozić ludziom poruszającym się po danej drodze. Liczba drzew martwych stanowiących potencjalne zagrożenie została wykorzystana do kategoryzacji zagrożenia. Na bazie pozyskanych informacji opracowaną mapę drogową, gdzie do każdego fragmentu drogi dopisano klasę zagrożenia (Rys. 2). Analizy opublikowano w postaci serwisów mapowych na portalu [Portal for ArcGIS](#).

W procesie klasyfikacji martwych drzew uzyskano całkowitą dokładność równą 95,59%, natomiast współczynnik Kappa osiągnął wartość 0,90. Dokładność segmentów reprezentujących martwe drzewa oceniono na podstawie zbioru weryfikacyjnego. Dla poprawnie wygenerowanych segmentów dokładność wyniosła 89,1%, natomiast nieco niższą dokładność uzyskano, porównując wyniki w stosunku 1:1 (na 1 wygenerowany segment przypadało 1 drzewo z danych referencyjnych) – 83,8%. Liczba fałszywie wykrytych drzew wyniosła 5,8% wszystkich segmentów, z kolei 5% drzew z danych referencyjnych nie miało części wspólnych z wygenerowanymi segmentami. W wyniku kategoryzacji szlaków, większość z nich uzyskała 2. i 3. kategorię zagrożenia. W Białowieskim Parku Narodowym 68% odcinków szlaków było zagrożonych przez martwe drzewa, podczas gdy najdłuższe zagrożone odcinki szlaków znajdowały się w Nadleśnictwie Browsk. Dane lotniczego skanowania laserowego umożliwiają analizowanie martwych drzew na poziomie pojedynczego drzewa. Kluczowym wynikiem tej analizy jest określenie liczby martwych drzew stwarzających zagrożenie dla szlaków w obrębie 55-metrowego buforu. Najbardziej zagrożonym obszarem pod względem występowania martwych drzew zagrażających szlakom było Nadleśnictwo Białowieża. Liczba martwych drzew w obrębie szlaków wynosi tam 26651 drzew. Z kolei najmniej martwych drzew zagrażających szlakom znajduje się w Białowieskim Parku Narodowym (7644 drzew), jednak w tym przypadku trzeba mieć na uwadze, że zagęszczenie szlaków w tym rejonie jest dużo mniejsze niż w pozostałych analizowanych obszarach. Znajac położenie każdego drzewa, można określić liczbę zagrożonych przez nie szlaków. Największa liczba drzew stanowiących

największe zagrożenie dla szlaków znajdowała się w Nadleśnictwie Browsk i wynosi 3200, z kolei najmniej, bo 651 takich drzew, znajdowało się w Białowieskim Parku Narodowym.



Rys. 2. Mapa zagrożenia powodowanego przez martwe drzewa zlokalizowane przy szlakach komunikacyjnych (rok 2015).

Mapa dla roku 2019 znajduje się na Portalu ArcGIS Enterprise IBL.

## **Podsumowanie**

W ramach niniejszej pracy udowodniono, iż wykorzystanie danych teledetekcyjnych oraz danych GIS daje możliwość przeprowadzenia szybkiej analizy dla dużego obszaru leśnego pod kątem występowania zagrożenia ze strony martwych drzew znajdujących się w pobliżu szlaków komunikacyjnych. Opracowana metoda pozwala nie tylko na określenie lokalizacji zagrożenia, ale także na wstępną ocenę stopnia (kategoryzację) zagrożenia, która z pewnością może okazać się pomocna w podejmowaniu decyzji dot. zarządzania tym zagrożeniem na danym obszarze.

Należy podkreślić, iż proponowane przez nas rozwiązanie jest elastyczne w kontekście danych źródłowych i może bazować na wykorzystaniu różnych rodzajów danych teledetekcyjnych przy ocenie zagrożenia (teledetekcja aktywna – dane ALS; teledetekcja pasywna – zobrażenia lotnicze, UAV, satelitarne; dane GIS – dane Leśnej Mapy Numerycznej oraz SILP) – takie rozwiązanie pozwala nie tylko na dopasowanie metody do potrzeb, ale też na obniżenie kosztów zastosowania metody (wykorzystanie danych już istniejących, bez konieczności ponoszenia kosztów pozyskania danych).