

Paulina Pokojaska

Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych,
Pracownia Systemów Informacji Przestrzennej
e-mail: ppokojaska@uw.edu.pl

**KLASYFIKACJA ZAGROŻENIA POŻAROWEGO LASÓW W POLSCE
Z ZASTOSOWANIEM TECHNIK GIS**

**Classification of forest fire risk in Poland with application of GIS
techniques**

Słowa kluczowe: zagrożenie pożarowe lasów, pożary, GIS

Key words: forest fire risk, fires, GIS

WPROWADZENIE

Zagrożenie pożarowe lasów jest jednym z istotnych zagrożeń występujących okresowo na terenie Polski. Jak wynika ze statystyk sporządzanych w ramach Europejskiego Systemu Informacji o Pożarach Lasu (EFFIS)¹ (*Forest Fires...*, 2013), w 2012 roku Polska zajmowała trzecie miejsce w Europie pod względem liczby pożarów lasów i jedenaste pod względem powierzchni leśnej objętej pożarami. Z uśrednionych statystyk z wielolecia wynika, że spalona powierzchnia lasu sytuuje Polskę na ósmym miejscu wśród krajów europejskich (Szczygieł 2012b). W 2012 roku na obszarze Polski wybuchło 9265 pożarów lasów, w wyniku czego spaleni uległo 7235 hektarów obszarów leśnych. Większa liczba pożarów lasów w 2012 roku wybuchła jedynie w Portugalii (21176) oraz w Hiszpanii (15902).

Charakterystyczne dla Polski jest występowanie dużej liczby pożarów o niewielkiej powierzchni. Liczba pożarów w poszczególnych latach jest bardzo zmienna, w ostatnim 20-leciu każdego roku na obszarze Polski wybuchało od kilku do kilkunastu tysięcy pożarów lasów. W 20-leciu 1990-2009 średnio w każdym roku dochodziło do ponad 8900 pożarów, które pochłaniały średnio łączną powierzchnię 8610 ha. Każdy pożar niszczył średnio 0,96 hektara lasu (Szczygieł 2012a). W kolejnych latach w okresie 1994-2012 średnia wielkość pożaru wynosiła od 0,33 ha do 1,26 ha.

¹ The European Forest Fire Information System (EFFIS) <http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/>. Data dostępu: 08.03.2015.

Polska na tle krajów Unii Europejskiej charakteryzuje się średnim ryzykiem zagrożenia pożarowego lasów (Szczygieł 2012a), jednak na jej terenie występują liczne obszary, które są klasyfikowane jako obszary o najwyższej kategorii zagrożenia pożarowego – w 2008 roku do I (najwyższej) kategorii zagrożenia pożarowego zaliczono 40% nadleśnictw.

Ocena zagrożenia pożarowego lasów jest kluczowym zadaniem, które pozwala podejmować właściwe działania, związane z ochroną przeciwpożarową, organom administracji publicznej i Straży Pożarnej, zmierzające do zwiększenia bezpieczeństwa, ograniczania liczby pożarów w lasach, i do jak najlepszego przygotowania służb do szybkiego i skutecznego reagowania w przypadku wystąpienia pożaru. Ocena ta ma także znaczenie przy przyznawaniu środków finansowych na ochronę lasów przed pożarami (Szczygieł i in. 2009a).

Na potrzeby tych działań są opracowywane mapy stopnia zagrożenia pożarowego lasów w Polsce; określa się także kategorię zagrożenia pożarowego lasu (KZPL) dla obszaru każdego nadleśnictwa w planach urządzenia lasu. Możliwe jest również ustalenie KZPL dla obszarów leśnych powiatów, podregionów i województw (Ubysz i in. 2012), a także regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych (Szczygieł i in. 2009a). Zagrożenie pożarowe lasów w różnych jednostkach przestrzennych (nadleśnictwa, regionalne dyrekcje Lasów Państwowych, powiaty, województwa) sklasyfikował i przedstawił w postaci map (stan na 31.08.2008 r.) w swoim opracowaniu R. Szczygieł i in. (2009a).

Celem niniejszej pracy jest podjęcie próby sklasyfikowania lasów pod względem zagrożenia pożarowego w ujęciu nienawiązującym na poziomie podstawowym do jednostek administracyjnych.

Na potrzeby opracowania skorzystano z metody klasyfikacji zagrożenia pożarowego lasu (KZPL) przedstawionej w *Instrukcji ochrony przeciwpożarowej lasu* (Ubysz i in. 2012) oraz w pracy R. Szczygła i in. (2009a). Do metody wprowadzono zmiany w zakresie wykorzystywanych danych źródłowych, sposobu oceny ich dystrybucji przestrzennej, zakresu liczby punktów przyznawanych poszczególnym czynnikom kształtującym zagrożenie pożarowe lasu oraz w sposobie klasyfikacji lasów pod względem ich palności.

W pracy szeroko zastosowano narzędzia GIS, począwszy od etapu pozyskania danych, poprzez ich analizę, aż po wizualizację. Planując rozwiązania metodyczne, dążono do takiego doboru technik GIS, aby ostatecznie uzyskać mapę w zapisie rastrowym, gdzie każdy piksel reprezentujący las ma przypisaną kategorię zagrożenia pożarowego. Zważywszy na wpływ różnych czynników, w tym lokalnych, kształtujących zagrożenie pożarowe, spodziewano się dużej zmienności przestrzennej zagrożenia pożarowego lasów.

Mapa zagrożenia pożarowego, pozwalająca ocenić skalę zagrożenia pożarowego na poziomie obszaru odpowiadającego powierzchni przyjętego pola podstawowego, oprócz dostarczenia informacji o zmienności przestrzennej zagrożenia pożarowego na poziomie lokalnym, stwarza możliwość wygenerowania obrazu zagrożenia pożarowego na dowolnym, wyższym poziomie agregacji przestrzennej,

czy to dla jednostek geometrycznych, czy dowolnych innych jednostek, w tym dla jednostek administracyjnych dowolnego szczebla.

DEFINICJE I CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU BADAŃ

Punktem wyjścia jest zdefiniowanie pojęcia, jakim jest zagrożenie. Z przeglądu różnych definicji pojęcia zagrożenia, dokonanego przez K. Ciekankowskiego (2011) wynika, że jest ono łączone z takimi pojęciami jak: strata, utrata, naruszenie wartości, bariera, ograniczenie, niepokój, strach, przerażenie. Najogólniej ujmując, zagrożenie jest rozumiane jako brak bezpieczeństwa (Ciekankowski 2011); bardziej szczegółowe definicje przytoczone przez autora na podstawie Leksykonu wiedzy wojskowej (Ciekankowski 2010, za: *Leksykon...* 1979) określają zagrożenie jako sytuację, w której naruszone mogą być istotne dla danego podmiotu wartości, i w której istnieje zwiększone prawdopodobieństwo utraty życia, zdrowia, wolności albo dóbr materialnych.

Przechodząc do pojęcia zagrożenia pożarowego, należy zauważyć, że pojęcie to nie jest tożsame z pojęciem pożaru czy wystąpienia pożaru. Zgodnie z definicją podaną w *Instrukcji ochrony przeciwpożarowej lasu* (Ubysz i in 2012), pożar lasu jest to niekontrolowany proces spalania w środowisku leśnym. Powoduje on straty ekologiczne i materialne. Zagrożenie pożarowe lasu (Ubysz i in. 2012), jest to natomiast zaistnienie warunków, przy których możliwe jest powstanie pożaru w środowisku leśnym. Warunki te są definiowane poprzez wybrane parametry (zależnie od stosowanej metody oceny zagrożenia pożarowego są one krótko- i/ lub długoterminowe), reprezentujące wybrane cechy środowiska przyrodniczego i presji wywoływanej przez człowieka.

Zagrożenie pożarowe w Polsce, zgodnie z raportem Rządowego Centrum Badań (RCB), występuje we wszystkich miesiącach od marca do września (*Zagrożenia...* 2010). Szczygiel posługuje się pojęciem sezonu palności, który jest przesunięty w czasie względem przedziału czasowego podanego w raporcie RCB i trwa od kwietnia do października. W 2011 roku na 9220 odnotowanych pożarów lasów, w tych właśnie miesiącach wystąpiło 88,6% pożarów (7361). W okresie wyszczególnionych 7 miesięcy najwięcej pożarów w roku 2011 miało miejsce w kwietniu (25,4%), maju (21,9%) i czerwcu (20,8%) (*Leśnictwo 2012 - Tabl. 17(95). Pożary lasów według miesięcy w 2011 r.*).

Czynniki kształtujące zagrożenie pożarowe lasów

Ocena zagrożenia pożarowego lasu wymaga zidentyfikowania czynników, powodujących wystąpienie tego zagrożenia. Analizę tych czynników w odniesieniu do Polski przeprowadził R. Szczygiel (2012a). Pierwszą grupę czynników, które wskazał stanowią: położenie kraju w strefie ścierania się klimatów morskiego i kontynentalnego, dominujący zachodni kierunek wiatrów, sprzyjający zanieczyszczeniu powietrza, oraz niekorzystne czynniki kształtujące bilans wodny, takie jak deficyt opadów, długotrwałe susze i niska wilgotność gleby. Warunki pogodowe

we są ściśle związane z kształtowaniem się zagrożenia pożarowego lasu, a należą do nich przede wszystkim takie parametry jak temperatura powietrza, wilgotność względna powietrza, zachmurzenie oraz opad atmosferyczny (Szczygieł 2009b). Warunki meteorologiczne wpływają na wilgotność ściółki leśnej, która także ma wpływ na zagrożenie pożarowe lasu. Ponadto przyczyną zagrożenia pożarowego R. Szczygieł upatruje w cechach polskich lasów, które rosną głównie na glebach piaszczystych, o dużej przepuszczalności, i w dużej części mają jednolitą strukturę wiekową i gatunkową, co wynika z ich genezy (m.in. zalesiania najuboższych gruntów rolnych). W Polsce dominują lasy iglaste, a wśród gatunków iglastych największy udział ma sosna (68%). Pod względem siedlisk dominują bory (62%), często z monokulturą sosny; ponadto większość lasów to kompleksy młode (drzewostany w wieku do 60 lat stanowią 57% całego drzewostanu), które charakteryzują się większą palnością niż lasy o starym drzewostanie. Zanieczyszczenie powietrza, choć zmniejszające się w ostatnich latach, nadal pośrednio przyczynia się do zwiększenia zagrożenia pożarowego. Zanieczyszczenie powietrza osłabia drzewostan, pogarszając jego stan sanitarny i prowadzi do przerzedzania się lasu oraz zwiększania się jego prześwietlenia, a to z kolei prowadzi do zachwaszczenia, zwiększania się powierzchni zajętych przez wrzosi i trawy oraz do wydłużenia sezonu palności. Trzecia grupa czynników, kształtujących zagrożenie pożarowe, obok czynników klimatyczno-hydrologicznych oraz cech drzewostanów, to różne formy aktywności człowieka. Wśród nich autor wymienia penetrację lasów przez coraz liczniejszych zbieraczy, którzy pozyskują runo leśne w celach zarobkowych; zjawisko to jest związane z problemem bezrobocia (Szczygieł 2012a) i nasilając się, prowadzi do zwiększenia ryzyka pożarowego.

B. Ubysz i in. (2012) dzielą czynniki, decydujące o wystąpieniu ryzyka pożarowego, na cztery grupy: warunki meteorologiczne, wilgotność pokrycia gleby, możliwość pojawienia się bodźców energetycznych (np. niedopałka papierosa) oraz rodzaj leśnych materiałów palnych. Autorzy definiują pojęcie pogody pożarowej, która oznacza utrzymywanie się niekorzystnych wartości czynników meteorologicznych, sprzyjających zagrożeniu pożarowemu. Pogoda pożarowa panuje, gdy temperatura powietrza przekracza 24°C , występują niska wilgotność względna powietrza (poniżej 40%), występuje brak opadów atmosferycznych i brak zachmurzenia. Podczas pogody pożarowej wybucha ponad 60% pożarów w lasach. Jak wyliczył R. Szczygieł (2012b), w dniach, w których wystąpiły pożary, średnie wartości temperatury powietrza wyniosły $24,5^{\circ}\text{C}$, wilgotności względnej powietrza 40%, sum opadów atmosferycznych – 0 mm, a wilgotności ściółki 12%. Dla porównania autor podał średnie wartości tych samych parametrów obliczone dla całego sezonu palności i kształtowały się one następująco: temperatura powietrza była niższa o ponad 10°C od temperatury średniej w dniach pożarów (wynosiła $14,3^{\circ}\text{C}$), wilgotność względna powietrza była dużo wyższa (72%), średnia suma opadu dobowego wyniosła 1,3 mm, a wilgotność ściółki 30%.

Utrzymujące się niekorzystne warunki meteorologiczne, w postaci pogody pożarowej, powodują umacnianie się znaczenia drugiego czynnika, tj. zmniejszanie

się wilgotności ściółki leśnej, co wzmacnia zagrożenie pożarowe (Szczygieł 2012b). Progową wartością wilgotności ściółki leśnej dla zagrożenia pożarowego jest 30%; gdy wilgotność ściółki jest większa, zagrożenie pożarowe staje się mało prawdopodobne.

Biorąc pod uwagę skład gatunkowy lasu, najbardziej palne są drzewostany siedlisk boru suchego, boru świeżego, boru mieszanego świeżego, boru wilgotnego, boru mieszanego wilgotnego i lasu łęgowego, jednak, jak zaznaczają autorzy *Instrukcji...*, ich palność zmienia się w poszczególnych porach roku. Istotnym elementem decydującym o palności lasu jest rodzaj ściółki - pożarom sprzyja obecność traw, wrzosu i podszytu iglastego.

Na zagrożenie pożarowe lasu wpływ mają także inne czynniki, wśród których B. Ubysz i in. (2012), wymieniają m.in. sąsiedztwo aglomeracji miejskich, dostępność lasu dla ludzi, jego atrakcyjność turystyczną, a także stan sanitarny.

Ocena zagrożenia pożarowego lasu

Oceniając zagrożenie pożarowe, możemy mówić o stopniu zagrożenia pożarowego lasu, charakteryzującym zagrożenie pożarowego lasu w danym dniu oraz o kategorii zagrożenia pożarowego lasu, charakteryzującej ogólną podatność drzewostanu w danym miejscu na wystąpienie pożaru.

W Polsce do oceny stopnia zagrożenia pożarowego na terenie całego kraju stosuje się metodę opracowaną w Instytucie Badawczym Leśnictwa (IBL); obowiązującą na mocy *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 22 marca 2006 r. w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów (Dz. U. z 2006 r. Nr 58, poz. 405 z późn. zm.)*. W metodzie tej, przy szacowaniu stopnia zagrożenia pożarowego lasów, uwzględnia się następujące czynniki:

- a. wilgotność ściółki w drzewostanie sosnowym III klasy wieku, rosnącym na siedlisku boru świeżego;
- b. wilgotność względną powietrza, mierzoną na wysokości 0,5 m od powierzchni zadarnionej przy ścianie drzewostanu;
- c. współczynnik opadowy, ustalany na podstawie dobowej sumy opadów atmosferycznych.

W *Instrukcji ochrony przeciwpożarowej lasu* (Ubysz i in. 2012) zdefiniowane są progi wilgotności ściółki i wilgotności względnej powietrza, przy których uznaje się, że wystąpiło zagrożenie pożarowe i jakiego jest ono stopnia. Ocena stopnia zagrożenia pożarowego wg tej metody jest obowiązkowa dla jednostek administracji Lasów Państwowych, i jest wykonywana w 42 strefach prognostycznych. Podział obszarów leśnych na strefy jest dokonywany przez Instytut Badawczy Leśnictwa i zatwierdzany przez dyrektora generalnego Lasów Państwowych (Szczygieł 2012c). Strefa prognostyczna obejmuje nadleśnictwo lub grupę nadleśnictw (Ubysz i in. 2012; Szczygieł 2012c). Kryteriami wziętymi przy wydzieleniu tych stref są: kategorie zagrożenia pożarowego obszarów leśnych, występowanie dużych zwartych kompleksów leśnych, przynależność do dzielnic przyrodniczo-leśnych Polski, jednorodność pod względem klimatycznym, warunki siedlisko-

wo-drzewostanowe, częstotliwość i wielkość pożarów lasu, łączność radiotelefoniczna na obszarze strefy oraz występowanie dużych aglomeracji miejskich, rejonów przemysłowych, obszarów o dużym nasileniu ruchu turystycznego (*Metoda...*). Oceny stopnia zagrożenia dokonuje się dwukrotnie w ciągu dnia w strefach prognostycznych (o godz. 9.00 i 13.00), a codzienne mapy zagrożenia pożarowego są dostępne na portalu informacyjnym IBL².

Oprócz ciągłej oceny stopnia zagrożenia pożarowego, dokonuje się w Polsce klasyfikacji jednostek podziału terytorialnego ze względu na zagrożenie pożarowe lasów. Na kraje Unii Europejskiej został nałożony obowiązek sklasyfikowania lasów pod względem zagrożenia pożarowego na mocy *Rozporządzenia Rady (EEC) nr 2158/92 z dnia 23 lipca 1992 roku o ochronie lasów Wspólnoty przed pożarami* (Szczygiel i in. 2009a).

W Polsce kategoria zagrożenia pożarowego lasu jest ustalana na mocy *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 22 marca 2006 r. w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów* (Dz. U. z 2006 r. Nr 58, poz. 405 z późn. zm.). Do 2010 roku w § 1 ust. 2 *Rozporządzenia Ministra Środowiska...* obowiązywał zapis: „Kategoria zagrożenia pożarowego lasów obejmuje lasy o podobnym poziomie podatności na pożar, ustalonym na 10 lat na podstawie warunków klimatycznych, drzewostanowych (wiek, typ siedliskowy, gatunek) i czynników antropogenicznych”. Na mocy *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 lipca 2010 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów* (Dz. U. Nr 137, poz. 923), zapis ten uchylono, nadając mu brzmienie: „Kategoria zagrożenia pożarowego lasu obejmuje lasy o podobnym poziomie podatności na pożar, ustalonym na podstawie częstotliwości występowania pożarów, warunków drzewostanowych i klimatycznych, jak również czynników antropogenicznych”. Zapisy te przywołano w punkcie 1.2.2. *Instrukcji ochrony przeciwpożarowej lasu* (Ubysz i in 2012). W punkcie 1.2.3. niniejszej instrukcji (Ubysz i in. 2012) stwierdzono zaś, że: „Kategorię zagrożenia pożarowego lasu (KZPL) określa się dla obszaru każdego nadleśnictwa w planach urządzenia lasu. Możliwe jest ustalenie KZPL dla obszarów leśnych powiatów, podregionów i województw”.

W kategoryzacji jednostek powierzchniowych ze względu na zagrożenie pożarowe lasu w Polsce na mocy *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 22 marca 2006 r. w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów* (Dz. U. z 2006 r. Nr 58, poz. 405 z późn. zm.) i *Instrukcji ochrony przeciwpożarowej lasu* (Ubysz, 2012) (p. 1.2.4.) wykorzystuje się następujące parametry:

- a. Występowanie pożarów, wyrażone średnią roczną liczbą pożarów lasu w okresie ostatnich 10 lat, przypadających na 10 km² powierzchni leśnej;
- b. Czynniki drzewostanowe, reprezentowany przez sumy udziałów procentowych powierzchni drzewostanów rosnących na siedliskach: boru suchego, boru świeżego, boru mieszanego świeżego, boru wilgotnego, boru

² Mapa zagrożenia pożarowego lasu, <http://bazapozarow.ibles.pl/zagrozenie/>. Data dostępu: 08.03.2015.

- mieszanego wilgotnego i lasu łągowego;
- c. Czynniki klimatyczny, konstruowany z wykorzystaniem średniej wilgotności względnej powietrza (pomiar z wysokości 0,5 m) i procentowego udziału dni z wilgotnością ściółki mniejszą niż 15% o godzinie 9.00;
 - d. Czynniki antropogeniczny opisany przez średnią liczbę mieszkańców przypadających na 0,01 km² powierzchni leśnej.

Czynniki te zostały wybrane spośród kilkunastu czynników, które autorzy metody uznali wstępnie za potencjalnie istotne dla występowania i nasilenia zagrożenia pożarowego lasów w Polsce (Szczygieł i in. 2009a).

Klasyfikacja obszaru pod kątem zagrożenia pożarowego lasu jest oparta na obliczeniu liczby punktów dla każdego z powyższych czterech parametrów (Szczygieł i in. 2009a) i zsumowaniu tych wartości. Im wyższa jest sumaryczna liczba punktów, tym większa jest podatność zalesionego obszaru na pożar. Każdy z czynników ma inną możliwą maksymalną wartość, co szereguje je pod względem istotności. Średniej rocznej liczbie pożarów z okresu ostatnich 10 lat może być przypisane maksymalnie 24 punkty, procentowemu udziałowi powierzchni drzewostanów można przypisać maksymalnie 10 punktów, czynnikowi klimatycznemu - 9 punktów, a czynnikowi antropogenicznemu - 7 punktów.

W metodzie opracowanej w IBL są wydzielane trzy kategorie zagrożenia pożarowego. Suma punktów wynosząca 25 punktów i więcej powoduje zaliczenie obszaru do najwyższej (I) kategorii zagrożenia pożarowego, liczba punktów z przedziału od 16 do 24 punktów oznacza przynależność obszaru do drugiej, niższej kategorii zagrożenia pożarowego, a wartość wynosząca 15 punktów lub mniej powoduje przypisanie obszarowi III (najniższej) kategorii zagrożenia pożarowego. Najwyższej kategorii zagrożenia pożarowego lasu można spodziewać się zatem na obszarach leśnych, na których pożary w przeszłości występowały często, skład gatunkowy drzew charakteryzuje się dużą palnością, wilgotność względna powietrza i wilgotność ściółki jest niska, a na sklasyfikowanym obszarze, na którym występuje las, znajduje się potencjalnie duża liczba ludności, zwiększająca ryzyko zaprószenia ognia w lesie.

Przedstawiona metoda zastąpiła w 2010 roku na mocy *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 lipca 2010 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów (Dz. U. Nr 137, poz. 923)* obowiązującą wcześniej metodę, w której klasyfikacja lasów była dokonywana z uwzględnieniem średniej rocznej liczby pożarów z 10 lat, procentowego udziału powierzchni lasów najbardziej podatnych na pożary³, wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa, reprezentującego warunki klimatyczne oraz wskaźnika zanieczyszczeń powietrza (Szczygieł i in. 2009a). Metoda ta stosowana była dla nadleśnictw i parków narodowych, a jej słabą stroną było nieuwzględnianie wilgotności ściółki leśnej.

Obowiązująca obecnie metoda, którą zaproponowali R. Szczygieł i in. (2009a) ma charakter bardziej uniwersalny, ponieważ pozwala oszacować kategorie za-

³ Lasy na wybranych typach siedliska, tj. Bs, Bśw i BMśw oraz lasy I i II klasy wiekowej.

grożenia pożarowego w odniesieniu do wszystkich lasów, niezależnie od ich formy własności i na różnych poziomach podziału administracyjnego. Metoda ta uwzględnia, w porównaniu z poprzednią, bardziej obiektywne i miarodajne kryteria oceny zagrożenia pożarowego (Szczygieł 2009a). Zastąpienie współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa wilgotnością względną powietrza oraz wilgotnością ściółki leśnej sprawiło, że wyniki szacowania zagrożenia są bardziej miarodajne. Nowa metoda spełnia wymagania unijne i jest uniwersalna ze względu na możliwość jej zastosowania zarówno w odniesieniu do nadleśnictw, obszarów zarządzanych przez Regionalne Dyrekcje Ochrony Środowiska, parków narodowych jak i dowolnego szczebla podziału administracyjnego kraju (Szczygieł 2012b).

METODYKA BADAŃ

Metoda, którą zastosowano w niniejszej pracy, jest oparta na metodzie opracowanej w IBL, jednak dzięki wprowadzeniu zmienności przestrzennej wybranych czynników bez nawiązania do jednostek administracyjnych, pozwala na przeprowadzenie klasyfikacji lasów do kategorii zagrożenia pożarowego w polach geometrycznych. Na wszystkich etapach prac zastosowano techniki GIS. Dane przetwarzano zarówno w formacie wektorowym jak i rastrowym, docelowo wszystkie mapy były transformowane do modelu rastrowego. Rozmiary piksela ustalono na 250m/250m.

Pierwszym etapem pracy było określenie czynników istotnych dla kształtowania się zagrożenia pożarowego lasów w Polsce. Za czynniki istotne dla klasyfikacji lasów pod względem zagrożenia pożarowego uznano:

- a. Rozkład przestrzenny wilgotności względnej powietrza oraz udział dni z wilgotnością ściółki leśnej poniżej 15% (czynnik klimatyczny),
- b. Rodzaj lasu, wydzielony zgodnie z klasyfikacją CORINE CLC 2006 dla poziomu 3, sklasyfikowany następnie wg stopnia palności (czynnik drzewostanowy),
- c. Występowanie pożarów w przeszłości, reprezentowane przez liczbę pożarów w gminach (czynnik historyczny),
- d. Gęstość zaludnienia w gminach (czynnik antropogeniczny).

Każdy z tych czynników został opracowany w postaci mapy cyfrowej w możliwie największej szczegółowości przestrzennej, warunkowanej dostępnością danych.

Na kolejnym etapie pracy, zgodnie z przedstawioną w dalszej części tekstu metodyką, zostały obliczone wartości każdego z czynników w poszczególnych pikselach mapy. Wartości te są wyrażane w punktach. Maksymalne liczby punktów, które mogły zostać przyznane poszczególnym czynnikom, wynosiły od 3 do 9 punktów (tab. 1). Zakresy punktów dla każdego czynnika zostały przyjęte zgodnie z ich wagą w oryginalnej metodzie IBL. Wynikiem tego etapu prac były cztery mapy cyfrowe, prezentujące poszczególne czynniki. Następnie mapy te zo-

stały zsumowane. Sumaryczna maksymalna liczba punktów w każdym pikselu reprezentującym obszar leśny, oznaczająca wystąpienie warunków najbardziej sprzyjających pożarom, mogła wynieść 21.

Ocena warunków kształtujących zagrożenie pożarowe lasu w odpowiednio drobno-rozdzielczej macierzy pikseli pozwoliła w dalszym toku prac zagregować wyniki do poziomu powiatów. Agregacji tej dokonano w celach weryfikacji mapy przedstawiającej sklasyfikowane pod względem zagrożenia pożarowego lasy w polach geometrycznych. Weryfikacja polegała na porównaniu mapy wynikowej prezentujących kategoryzację zagrożenia pożarowego lasów na poziomie powiatów z mapą prezentującą wyniki kategoryzacji zagrożenia pożarowego lasów na poziomie powiatów, opracowaną przez R. Szczygła z zastosowaniem oryginalnej metody IBL (Szczygieł i in. 2009a).

Baza danych przestrzennych i statystycznych

Na potrzeby opracowania zgromadzono informacje przestrzenne o użytkowaniu ziemi, przebiegu granic administracyjnych oraz położeniu stref prognostycznych IBL, a także dane meteorologiczne, dane demograficzne i dane historyczne o pożarach. Dane te można podzielić na dwie kategorie: dane geometryczne oraz dane atrybutowe.

Geometryczne dane przestrzenne objęły: granice Polski, podział administracyjny kraju na gminy i powiaty, rozmieszczenie lasów z podziałem na klasy pokrycia terenu pochodzące z bazy danych CORINE oraz podział Polski na strefy prognostyczne zagrożenia pożarowego stosowany w IBL.

Na dane atrybutowe złożyły się następujące charakterystyki:

- Średnie dobowe dane meteorologiczne: temperatura powietrza, temperatura minimalna, maksymalna i temperatura punktu rosy. Dane te posłużyły do wyliczenia ciśnienia pary wodnej e , ciśnienia nasyconej pary wodnej E_s , a na ich podstawie wilgotności względnej powietrza f (%),
- Kody klas pokrycia terenu CORINE CLC 2006 (poziom 3),
- Udział procentowy liczby dni z wilgotnością ściółki poniżej 15% w 42 strefach prognostycznych IBL,
- Powierzchnie jednostek administracyjnych,
- Liczba ludności w gminach,
- Kody klas wydzielonych na podstawie liczby pożarów w gminach.

WYZNACZENIE WARTOŚCI CZYNNIKÓW KSZTAŁTUJĄCYCH ZAGROŻENIE POŻAROWE LASÓW

Czynnik klimatyczny

W opracowaniu mapy czynnika klimatycznego dla obszaru Polski wykorzystano formułę empiryczną, stosowaną przez R. Szczygła i in. (2009a), publikowaną w *Instrukcji ochrony przeciwpożarowej lasu* (Ubysz i in. 2012).

$$P = 0,221 \times U_{ds} - 0,59 \times W_p + 45,1 \quad (1)$$

gdzie: U_{ds} – udział dni w sezonie palności z wilgotnością ściółki o godz. 9.00 mniejszą niż 15%, W_p – średnia wilgotność względna powietrza o godz. 9.00.

Formułę zastosowano w każdym pikselu mapy, reprezentującym las. W celu opracowania zmienności przestrzennej U_{ds} wykorzystano jej uśrednione wartości z lat 2006-2010, udostępnione przez IBL na stronach internetowych. Wartości te zostały obliczone na podstawie pomiarów wykonanych w punktach pomiarowych i pomocniczych i reprezentują 42 regiony prognostyczne. Współrzędne punktów pomiarowych wilgotności ściółki przeliczono ze współrzędnych geograficznych na współrzędne siatki kilometrowej w układzie współrzędnych 1992, który uznano za docelowy dla wszystkich danych przestrzennych w niniejszej pracy. Cyfrowy, wektorowy (poligonowy) zapis zasięgów stref prognostycznych IBL opracowano w drodze digitalizacji, a następnie poddano go rasteryzacji i przypisano każdemu pikselowi właściwą mu wartość U_{ds} w zależności od jego przynależności do strefy.

Wilgotność względną powietrza obliczono na podstawie pomiarów meteorologicznych, prowadzonych w państwowej sieci pomiarowej stacji meteorologicznych. Dane meteorologiczne pobrano z bazy danych NCDC NOAA (*NOAA's National...*). Podstawą obliczenia średnich rocznych wartości wilgotności względnej powietrza były dobowe wartości elementów meteorologicznych z lat 2006-2010, zmierzone w 38 stacjach meteorologicznych. Na podstawie danych meteorologicznych z każdej stacji najpierw obliczono dobowe wartości wilgotności względnej, następnie wartości średnie w wieloleciu, które stały się podstawą opracowania mapy rozkładu przestrzennego średniej wilgotności względnej powietrza w Polsce w latach 2006-2010. Obliczenia wartości dobowych i średniej wieloletniej wilgotności względnej powietrza wykonano w arkuszu kalkulacyjnym Excel; dane te zaimportowano do programu Quantum GIS i utworzono punktowy plik *shape*. Współrzędne geograficzne stacji meteorologicznych przeliczono do układu współrzędnych 1992. Cyfrową mapę rozkładu przestrzennego średnich wartości wilgotności względnej w wieloleciu opracowano stosując metodę interpolacji *kriging*.

Mapa średniej wilgotności względnej powietrza wraz z rastrową mapą udziału dni z wilgotnością ściółki leśnej poniżej 15% posłużyła do wygenerowania mapy czynnika klimatycznego na drodze algebry map, zgodnie ze wzorem (1). Obliczone wartości czynnika klimatycznego mieściły się w zakresie wartości przyjętych w oryginalnej metodzie IBL (od 0 do 9 punktów), więc na potrzeby niniejszego opracowania przeliczono je proporcjonalnie do zakresu wartości przyjętego w niniejszej pracy (tab. 1).

Czynnik drzewostanowy

Opracowanie cyfrowego obrazu czynnika drzewostanowego oparte było na przeprowadzeniu klasyfikacji lasów pod względem ich palności i przyporządkowaniu

liczby punktów każdemu pikselowi mapy (reprezentującemu las), wyrażającej jego podatność na pożar. Podstawą opracowania była cyfrowa mapa obszarów leśnych w Polsce. Utworzono ją na podstawie zbiorów cyfrowych CORINE CLC 2006, udostępnianych przez Europejską Agencję Środowiska (*EEA*) (*Corine Land Cover 2006...*). Mapy cyfrowe pokrycia terenu, obejmujące obszar Unii Europejskiej, pobrano ze stron internetowych *EEA*. Ze zbiorów udostępnianych w postaci wektorowej pobrano warstwy zawierające formy pokrycia terenu oznaczone kodami 311 (las liściasty), 312 (las iglasty), 313 (las mieszany) oraz 324 (las w trakcie zmian), a następnie utworzono zbiorczą mapę występowania lasów. Z warstw tych usunięto obszary znajdujące się poza obszarem Polski, a następnie dokonano transformacji warstw do układu współrzędnych 1992. W dalszej kolejności mapę poddano przekształceniu do postaci rastrowej.

W kolejnym kroku poszczególnym pikselom przypisano liczbę punktów, uzależniając ją od palności lasu. Liczba punktów mogła wynieść od 1 (niska palność) do 5 (wysoka palność). Najniższą liczbę punktów (1) przypisano lasom liściastym, 3 punkty przypisano lasom mieszanym, a 5 punktów przyznano lasom iglastym i w trakcie zmian (tab. 1). Lasy w trakcie zmian zaklasyfikowano jako łatwopalne wraz z lasami iglastymi, ponieważ tworzą je młode drzewa, które w przypadku wybuchu pożaru podlegają procesowi spalania znacznie łatwiej i szybciej niż stary drzewostan.

Czynnik historyczny - występowanie pożarów w przeszłości

Wzorując się na metodzie IBL uznano, że częste występowanie pożarów w przeszłości na danym terenie jest istotnym czynnikiem wskazującym na ryzyko wystąpienia pożarów w przyszłości – można je traktować jako swoistą „pamięć” systemu. Za podstawową jednostkę, której przypisano informację o występowaniu pożarów, uznano gminę. W zależności od liczby pożarów odnotowanych w gminie, poszczególnym pikselom reprezentującym gminę, przypisano odpowiednią liczbę punktów.

Bazę danych o liczbie pożarów w gminach oraz jej projekcję przestrzenną w postaci cyfrowej, opracowano na podstawie publikowanej mapy rozkładu przestrzennego liczby pożarów w gminach w latach 1998-2008 (*Szczegółowa identyfikacja...* 2010). Wykorzystano przyjęte w tym opracowaniu przedziały klasowe (5 klas) i przypisano im liczby punktów wyrażające historyczne uwarunkowanie podatności obszaru leśnego na pożar. Liczby punktów wynosiły od 1 punktu w przypadku małej liczby pożarów do 9 punktów w przypadku największej liczby pożarów (tab. 1).

Czynnik antropogeniczny

Za czynnik antropogeniczny, który zwiększa ryzyko pożaru w lesie, uznano gęstość zaludnienia w gminie, w której las się znajduje. Cyfrową mapę gęstości ludności opracowano na podstawie danych o liczbie ludności na szczeblu gminy za 2003 rok w postaci wektorowej. Następnie przekształcono ją do formy rastrowej i przeklasyfikowano do 5 przedziałów klasowych (0-50, 50-100, 100-200,

200-500, pow. 500 osób/km²). Poszczególnym klasom gęstości zaludnienia przypisano od 1 do 3 punktów; liczba punktów wyraża presję, jaką wywiera ludność na lasy w poszczególnych gminach (tab. 1). Na mapie wynikowej tego etapu prac wszystkie piksele reprezentujące obszary leśne otrzymały liczbę punktów przypisaną gminie, którą reprezentują.

Tabela 1. Wartości punktowe przypisane poszczególnym czynnikom wpływającym na zagrożenie pożarowe lasu

Table 1. Point values for individual factors influencing forest fire risk

Klasa	Czynnik historyczny*	Czynnik drzewostanowy	Czynnik klimatyczny	Czynnik antropogeniczny
	Liczba punktów			
5	9,00 (47-77)	-	4,00	3,00
4	7,00 (27-46)	-	3,25	2,50
3	5,00 (15-26)	5,00	2,50	2,00
2	3,00 (4-14)	3,00	1,75	1,50
1	1,00 (0-3)	1,00	1,00	1,00

* W nawiasie podano liczby pożarów z 10-lecia 1998-2008, stanowiące granice przedziałów klasowych; przyjęte za publikacją *Szczegółowa identyfikacja...*

WYNIKI

Mapa końcowa przedstawia obszary leśne na terenie Polski sklasyfikowane pod względem zagrożenia pożarowego. Na mapie zostały wydzielone trzy kategorie zagrożenia pożarowego lasów, a podstawą wydzielenia klas była sumaryczna liczba punktów, wyrażająca wpływ czterech czynników na zagrożenie pożarowe lasu: historycznego, drzewostanowego, klimatycznego i antropogenicznego.

Sumaryczne liczby punktów w poszczególnych pikselach reprezentujących obszary leśne, zostały obliczone z zastosowaniem algebry map, a następnie mapa wynikowa została zreklasyfikowana. Suma punktów w każdym pikselu, reprezentującym powierzchnię leśną, decydowała o zaklasyfikowaniu go do jednej z trzech kategorii zagrożenia pożarowego.

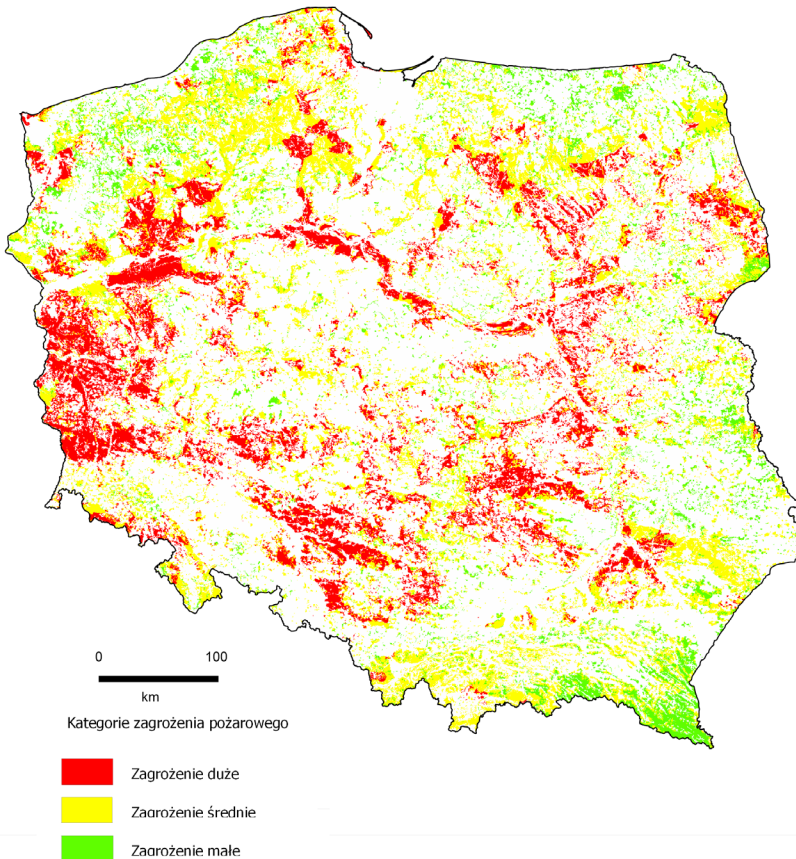
Podczas reklasyfikacji przyjęto progi punktowe: od 0 do 6 punktów – zagrożenie pożarowe małe, od 6 do 10 punktów zagrożenie średnie, powyżej 10 punktów – zagrożenie duże⁴. Rozpiętości przedziałów klasowych dobrano proporcjonalnie do rozpiętości przedziałów przyjętych w metodzie klasyfikacji IBL (*Instrukcja ochrony przeciwpożarowej lasu*).

Mapę wynikową stanowi cyfrowa mapa lasów w Polsce, skategoryzowanych pod względem zagrożenia pożarowego (ryc. 1). Mapa charakteryzuje się mozaikowością, co oznacza, że lasy w Polsce cechują się dużą lokalną zmiennością

⁴ Wartości progowe odpowiadają progom 30% i 50% w metodzie IBL i dokładnie wynoszą: 6.3 oraz 10.1 pkt.

przestrzenną zagrożenia pożarowego. Na taki obraz wpłynęły wszystkie uwzględnione czynniki.

Opracowanie mapy kategorii zagrożenia pożarowego lasów w postaci rastra pozwala zagregować dane na poziomie dowolnej większej od piksela jednostki przestrzennej. Oznacza to, że dla dowolnej jednostki administracyjnej można obliczyć średnią sumaryczną liczbę punktów, wyrażającą sumaryczny wpływ wszystkich uwzględnionych czynników, a następnie określić kategorię zagrożenia pożarowego tej jednostki.



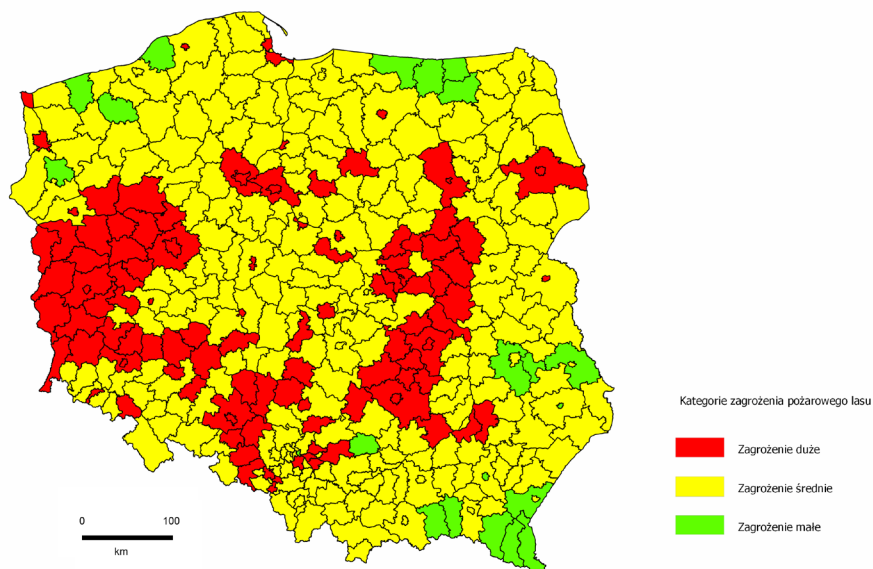
Ryc. 1. Obszary leśne w Polsce skategoryzowane pod względem zagrożenia pożarowego.
Fig. 1. Forests classified according to fire hazard in Poland

Mapę zagrożenia pożarowego lasów poddano weryfikacji. Weryfikacja polegała na wygenerowaniu cyfrowej mapy kategorii zagrożenia pożarowego w powiatach na podstawie wynikowej rastrowej mapy zawierającej sumaryczne liczby punktów i porównaniu jej z mapą zagrożenia pożarowego lasów w powiatach opracowaną przez R. Szczygła wg metody IBL. Na potrzeby weryfikacji wyni-

ków obliczono zatem średnie sumy punktów dla obszarów leśnych znajdujących się w poszczególnych powiatach, po czym mapę wynikową zreklasyfikowano (ryc. 2).

Analizując wynikową mapę zagrożenia pożarowego obszarów leśnych, można zauważyć, że obszary o największym zagrożeniu pożarowym występują na Pojezierzu Wielkopolskim (w jego zachodniej części), na Nizinie Śląsko-Łużyckiej, Nizinie Śląskiej, Nizinie Mazowieckiej (we wschodniej jej części) i Wyżynie Małopolskiej. Najmniejsze zagrożenie pożarowe występuje w Bieszczadach, Nizinie Sępopolskiej i na północy Krainy Wielkich Jezior Mazurskich oraz w 4 powiatach Pojezierza Pomorskiego. Najwięcej powiatów - 247 (65%) charakteryzuje się średnim zagrożeniem pożarowym. 111 powiatów (29,3%) to jednostki administracyjne o najwyższym, trzecim kategorii zagrożenia pożarowego. Najmniej - 21 powiatów (5,6%) znalazło się w III kategorii zagrożenia pożarowego.

W porównaniu z kategoryzacją dla powiatów, przeprowadzoną przez R. Szczygła i in. (2009a), mniejszy jest udział procentowy powiatów o najwyższej i najniższej kategorii zagrożenia pożarowego, większy jest zaś odsetek powiatów zaliczonych do drugiej kategorii zagrożenia pożarowego. Porównanie rozkładu przestrzennego kategoryzacji zagrożenia pożarowego lasu na poziomie powiatów ma przybliżony charakter ze względu na nie w pełni pokrywające się przedziały czasowe, z których pochodziły dane pomiarowe i statystyczne w niniejszej pracy i w opracowaniu R. Szczygła i in. (2009a). Uogólniając, można jednak stwierdzić podobieństwo obydwu map w zakresie rozmieszczenia obszarów o wysokiej kate-



Ryc. 2. Powiaty skategoryzowane pod względem zagrożenia pożarowego lasów.
Fig. 2. Counties classified according to fire hazard of forests in Poland

gorii zagrożenia pożarowego na Nizinie Śląsko-Lużyckiej oraz wschodniej części Niziny Mazowieckiej oraz obszarów o najniższej kategorii zagrożenia pożarowego na północy Pojezierza Mazurskiego oraz w Bieszczadach.

Przyjęte rozwiązania metodyczne są wrażliwe na szczegółowość wykorzystanych w nich danych. Jednakże uwzględnienie wielu źródeł danych przestrzennych i atrybutowych i zastosowanie technik GIS na etapie pozyskania szczegółowej informacji o rozmieszczeniu lasów i ich rodzaju, a także o zmienności przestrzennej warunków meteorologicznych, pozwala zastosować metodę IBL w różnych skalach przestrzennych, również bez odniesienia do jednostek administracyjnych.

Na wszystkich etapach pracy – pozyskania danych, ich analizy jak i wizualizacji wykorzystano techniki GIS. Digitalizację i tworzenie tabeli atrybutów przeprowadzono w programie Quantum GIS w wersji 1.7.4., interpolację wykonano w programie Surfer 8.0, a pozostałe analizy w programach Quantum GIS (wersja 1.7.4.) oraz SAGA (*System for Automated Geoscientific Analyses*) w wersji 2.0.4.

Badania zrealizowano w ramach projektu badawczego pt. „Zróżnicowanie przestrzenne wrażliwości społeczeństwa informacyjnego na wybrane zagrożenia naturalne w Polsce”, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (DEC-2011/03/B/HS4/04933).

Literatura

- Ciekankowski K., 2010, Rodzaje i źródła zagrożeń bezpieczeństwa. Bezpieczeństwo i technika pożarowa, 2010/1. Źródło: <http://czytelnia.cnbop.pl/czytelnia/6/11>. 27-46. Data dostępu: 08.03.2015.
- Ciekankowski K., 2011, Zagrożenia bezpieczeństwa państwa, Bezpieczeństwo i technika pożarowa, 2011/1. Źródło: <http://czytelnia.cnbop.pl/czytelnia/23/235>. 69-78. Data dostępu: 08.03.2015.
- Corine Land Cover 2006 seamless vector data, http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data#c11=&c17=&c5=all&c0=5&b_start=0, Data dostępu: 08.03.2015.
- Forest Fire in Europe, Middle East and North Africa 2012. Joint Report of JRC and Directorate-General Environment. JRC 2013. Źródło: <http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/reports/annual-fire-reports/>. Data dostępu: 08.03.2015.
- Leksykon Wiedzy Wojskowej, 1979, Laprus M. (red.), Wyd. MON.
- Leśnictwo 2012, Główny Urząd Statystyczny, Źródło: http://stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/r1_lesnictwo_2012.pdf. Data dostępu: 08.03.2015.
- Metoda oznaczana stopnia zagrożenia pożarowego lasów. Załącznik 2. Źródło: http://www.lasy.gov.pl/o_nas/gospodarka_lesna/ochrona-lasu/zagrozenie-pozarowe/zalacznik-2. Data dostępu: 15.04.2013.
- NOAA's National Climatic Data Center. Źródło: <http://www.ncdc.noaa.gov/>. Data dostępu: 08.03.2015.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 marca 2006 r. w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów (Dz. U. z 2006 r. Nr 58, poz. 405 z późn. zm.).

- Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 lipca 2010 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów (Dz. U. Nr 137, poz. 923).
- Rozporządzenie Rady (EEC) nr 2158/92 z dnia 23 lipca 1992 roku o ochronie lasów Wspólnoty przed pożarami.
- Szczegółowa identyfikacja grupy docelowej oraz podmiotów wspierających w ramach projektu LIFE + „Ogień w lesie a przyroda – podniesienie świadomości mieszkańców terenów wiejskich w zakresie zapobiegania pożarom lasów” realizowanego na terenie województw: mazowieckiego, podlaskiego, warmińsko-mazurskiego i kujawsko-pomorskiego, cz.1, 2010, grupa Eskadra. Źródło: http://www.ogienwlesie.lasy.gov.pl/c/document_library/get_file?uuid=cb7fca37-6c93-4480-a35c-3ce7c998b26e&groupId=4436465. Data dostępu: 08.03.2015.
- Szczygiel R., Ubysz B., Kwiatkowski M., Piwnicki J., 2009a, Klasyfikacja zagrożenia pożarowego lasów Polski. [w:] *Leśne Prace Badawcze (Forest Research Papers)*, 2009, vol. 70 (2), 131-141.
- Szczygiel R., Ubysz B., Piwnicki J., 2009b, Kryteria oceny ryzyka zagrożenia pożarowego lasu. [w:] *Bezpieczeństwo i technika pożarnicza*, 2009/3, Źródło: <http://czytelnia.cnbop.pl/czytelnia/13/164>. Data dostępu: 08.03.2015.
- Szczygiel R., 2012a, Wielkoobszarowe pożary lasów w Polsce. *Safety & Fire Technique/Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*, Vol. 25 Źródło: <http://czytelnia.cnbop.pl/czytelnia/27/296> Data dostępu: 08.03.2015.
- Szczygiel R., 2012b, Pożary w lasach. [w:] H. Lorenc (red.) *Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju*. IMGW-PIB Warszawa, 256-264.
- Szczygiel R., 2012c, Instrukcja Ochrony Przeciwpożarowej Lasu. Sękocin. Prezentacja. Źródło: <http://www.ibles.pl/struktura-10/kom-naukowo-badawcze/ppoz/info-zakl/aktualnosci/2-zmiany.pdf>. Data dostępu: 15.04.2013.
- Ubysz B., Szczygiel R., Kwiatkowski M., Piwnicki J., 2012, Instrukcja ochrony przeciwpożarowej lasu. Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe, Warszawa, Źródło: http://www.lasy.gov.pl/publikacje/copy_of_gospodarka-lesna/ochrona_lasu/instrukcja-ochrony-przeciwpozarowej. Data dostępu: 08.03.2015.
- Zagrożenia okresowe występujące w Polsce. 2010, Rządowe Centrum Bezpieczeństwa. Wydział Analiz i Prognoz Biura monitorowania i analizy zagrożeń. Źródło: http://rcb.gov.pl/wp-content/uploads/2011/02/zagr_okres1.pdf. Data dostępu: 08.03.2015.

Summary

Forest fire risk is one of the most important hazards occurring on the territory of Poland. The main aim of the study is a classification of the forest in Poland into forest fire risk categories. Method of the forest fire risk classification developed in the Forest Research Institute was applied with modifications. GIS techniques were used on each stage of the study. The result of the analysis is the map of the forests in Poland classified into fire risk categories. Verification of the results was made by making forest fire risk classification in counties and comparing it with the map of forest fire risk classification in counties calculated by R. Szczygiel with use of original the Forest Research Institute method.