

Paweł Przepióra¹, Grzegorz Król², Marcin Frączek¹, Tomasz Kalicki¹, Edyta Kłusakiewicz¹

Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

⁽¹⁾ Instytut Geografii, Zakład Geomorfologii, Geoarcheologii i Kształtowania Środowiska, ⁽²⁾ Instytut Nauk Medycznych, Zakład FizjologiiE-mail: pawelprzepiora1988@gmail.com, g.krol@op.pl, marcinfraczek1987@gmail.com, tomaszkalicki@ymail.com, edytakapusta@interia.eu

Historia artykułu: data wpływu 14.12.2016; data akceptacji 25.08.2017

Lokalizacja i interpretacja osadów po pożarach lasów – studium przypadku

Location and interpretation of post-forest-fire sediments – case studies

Zarys treści

Pożary lasów są częstym zjawiskiem w wielu krajach, w tym i w Polsce. Instytucjami odpowiedzialnymi za ich monitorowanie i kontrolę są nadleśnictwa. Ich zadaniem jest wykrycie oraz przeciwdziałanie skutkom pożaru lasu. Nadleśnictwa prowadzą od dłuższego czasu, od 2010 roku w formie cyfrowej (System Informacji Lasów Państwowych – SILP, Llas.2), bazy danych dotyczące klasyfikacji, wielkości i lokalizacji pożarów lasów.

Informacje za lata 2010–2014 pozyskano z Nadleśnictwa Suchedniów (woj. świętokrzyskie). Przeważnie pożary były małe, często ograniczone do podszycia i pokrywy glebowej (poniżej 1 ha), dwa z nich zostały sklasyfikowane jako pożary średnie (ponad 1 ha). Na terenach popożarowych wykonano szereg płytkich wierceń geologicznych. W większości profili nie odnotowano żadnych śladów po pożarach (warstw węgla, pojedynczych węgli etc.). Takie ślady zachowały się na terenach zalewowych, pod krawędziami teras, gdzie warstwa po pożarze była przykryta deluwiami. Badania pH gleby leśnej wskazują na to, że pożary sprzed wielu lat nie pozostawiły żadnych znaczących zmian w poziomie pH, natomiast w miejscach, gdzie pożary miały miejsce kilka lat temu poziom pH był niższy.

Wyniki badań współczesnych warstw pożarowych mogą być pomocne w paleogeograficznych i geoarcheologicznych rekonstrukcjach (np. O'Connor, Evans 2005). W profilach geologicznych powszechne są pojedyncze węgle, rzadziej warstwy. Ich obecność, zmienna ilość osadów budzi jednak szereg kontrowersji i problemów interpretacyjnych. Przykładem może być stanowisko w dolinie Druci (Białoruś), gdzie warstwa (0,2–0,35 cm) węgla popożarowych (datowanie ¹⁴C – osady młodsze niż 200 lat) jest przykryta piaszczystymi deluwiami (grubość 30 cm) z licznymi artefaktami neolitycznymi i z epoki żelaza. W tym przypadku większość warstw pożarowej wielokrotnie przewyższa osady obserwowane na terenie Nadleśnictwa Suchedniów, sugerując wystąpienie bardzo dużego pożaru lasu (prawdopodobnie antropogenicznego). Po pożarze, na odsłoniętej powierzchni, doszło do intensywnej erozji gleby, co doprowadziło w krótkim czasie do przykrycia warstwy węgla przez deluwia zawierające redeponowane artefakty.

Słowa kluczowe Historyczne i współczesne pożary lasów, typy osadów, paleogeografia.

Abstract

Forest fires are common phenomenon in many countries, including Poland. Forest divisions are the institutions responsible for their monitoring and control. Their task is to detect, fight and counteract the fire forest effects. For a long time forest divisions have maintained the database of forest fires, since 2010 in digital version (Information System of the State Forests – SILP, Llas.2). The information gathered in SILP includes the classification, size and location of fires.

The information for the years 2010–2014 was obtained from the Forest Division Suchedniów (Świętokrzyskie province). Most fires were small, often limited to undergrowth and soil cover (less than 1 ha), two of them were classified as medium-size fires (over 1 ha). In post-fire areas a series of shallow geological borings was made. In most profiles no fire traces (layers of charcoal, individual coals etc.) were found. Such traces were preserved on flood plains, under the edges of terraces, where post-fire layer was covered by colluvial deposits. The study of forest soil pH indicate that fires which occurred many years ago did not leave any significant changes in the pH level, while in fire areas several years old pH level was lower.

The results of contemporary post-fire sediments studys may be helpful in paleogeographical and geoarchaeological reconstructions (e.g. O'Connor, Evans 2005). In geological profiles it is common to find single charcoals, rarely layers. Their presence, changing the amount of sediment raises a number of controversies and problems with interpretation. In the Druć River valley (Belarus) the layer (0.2–0.35 cm) of post-fire charcoal (¹⁴C dating: younger than 200 years old) is covered with sandy colluvia (thickness 30 cm) with numerous of Neolithic and Iron Age artifacts. In this case the thickness of post-fire sediment many times exceeds sediments observed in Suchedniów Forest District, and suggests the occurrence of a very large forest fire (probably anthropogenic). After the fire, intensive soil erosion began in the burnt area, which in a short time covered fossilized charcoals layer by colluvium containing the artifacts.

Keywords Historical and present day forest fires, type of sediments, paleogeography.

1. Wprowadzenie

W ostatnich latach badania nad śladami pożarów w osadach prowadziło wielu naukowców (Parminter 1983; Dumontet i in. 1996; Preston, Baldwin 1999; Odion, Davis 2000; Hamel 2001; Benavides-Solorio, MacDonald 2001, 2005; Benavides-Solorio, Gabet 2003; Pierce i in. 2004; Certini 2005; Kania i in. 2006; Miller, Thode 2007; De Santis, Chuvieco 2008; Larsen i in. 2009;

Silins i in. 2009; Parsons i in. 2010; Wiłkomirski, Gutry 2010; Xue, Li, Chen 2014; Hacker 2015). Wyniki badań wskazują na pewne zmiany w zawartości substancji organicznej, jak również właściwościach chemicznych gleb, które powstały po pożarach lasów. Analizowanie współczesnych warstw pożarowych pozwala na porównanie i dokładniejszą interpretację starszych osadów powstałych podczas pożarów prehistorycznych. Zmiany jakie zachodzą w glebie pod względem pH czy

zawartości substancji organicznej wydają się być zależne od rozmiarów pożaru, środowiska w jakim do niego doszło oraz czasu, który upłynął od jego powstania. Problem pożarów i ich śladów (węgielki drzewne, rzadziej ich warstwy w profilach) jest również żywo dyskutowany w literaturze paleogeograficznej, archeologicznej i geoarcheologicznej. Wyniki badań nad współczesnymi warstwami pożarowymi mogą być pomocne w rekonstrukcjach paleogeograficznych i geoarcheologicznych. Obecność węgielków, zmiany ich ilości w osadach budzi szereg kontrowersji i problemów interpretacyjnych, w których rozwiązaniu może być pomocna zasada aktualizmu geograficznego.

2. Położenie

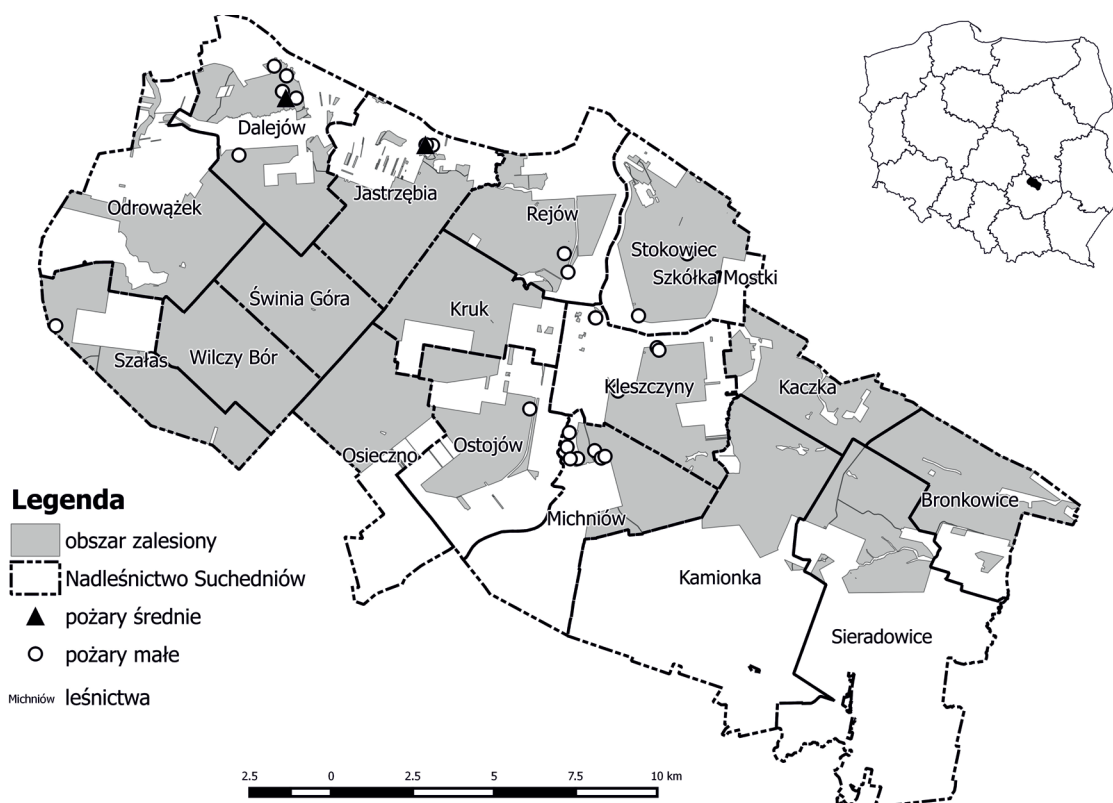
Dane pożarowe zostały uzyskane z Nadleśnictwa Suchedniów. Jest ono jedną z 23 jednostek organizacyjnych podlegających Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Radomiu. Według podziału administracyjnego kraju, grunty położone są w województwie świętokrzyskim, w powiatach skarżyskim, kieleckim, koneckim oraz starachowickim i obejmują łącznie miasto Suchedniów oraz 10 gmin. Według regionalizacji fizycznogeograficznej (Kon-dracki 1977, 2002), teren nadleśnictwa położony jest w:

- Megaregion – Pozaalpejska Europa Środkowa (3)
- Prowincja – Wyżyny Polskie (34)
- Podprowincja – Wyżyna Małopolska (342)
- Makroregion – Wyżyna Kielecka (342.3)
- Mezoregion – Płaskowyż Suchedniowski (342.31)
 - Góry Świętokrzyskie (342.34-5)
 - Wyżyna Sandomierska (342.36)

Według regionalizacji przyrodniczo-leśnej, przedstawionej w „Siedliskowych podstawach hodowli lasu” (2004), lasy Nadleśnictwa Suchedniów położone są w krainie Małopolskiej (VI), dzielnicy Gór Świętokrzyskich (VI.2), mezoregionie Puszczy Świętokrzyskiej (VI.2.a). Tereny te znajdują się w zasięgu naturalnego występowania wszystkich najważniejszych gatunków drzew leśnych w Polsce. Zgodnie ze stanem z dnia 01.01.2010 r., całość gruntów Nadleśnictwa podzielona jest na 3 obrębów oraz 17 leśnictw. Łącznie ma ono powierzchnię 18 503,23 ha, z czego 7 223,93 ha znajduje się w obrębie Bliżyn, 4 448,00 ha w obrębie Siekierno oraz 6 831,30 ha w obrębie Suchedniów. Powierzchnia leśna (w tym powierzchnia zalesiona i niezalesiona oraz związana z gospodarką leśną) zajmuje 99,14% powierzchni Nadleśnictwa Suchedniów.

3. Metody

Materiały wyjściowe pozyskano z Nadleśnictwa Suchedniów i obejmują one okres 2010–2014. Cyfrowa baza danych (System Informacji Lasów Państwowych – SILP, Las.2) zawiera informacje o lokalizacji, wielkości i klasyfikacji pożarów lasów wraz z oszacowanymi stratami (tab. 1). Miejsca występowania pożarów zostały zlokalizowane na mapie przeglądowej (ryc. 1) i szczegółowych mapach topograficznych w skali 1:10 000. Pozwoliło to na rozpoznanie rzeźby terenu w miejscu wystąpienia pożaru. Podział pożarów lasów oparto o klasyfikację ustaloną przez Instytut Badawczy Leśnictwa.



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań wraz z rozmieszczeniem pożarów lasów w Nadleśnictwie Suchedniów w latach 2010–2014 (oprac. M. Frączek)

Fig. 1. Location of the study area and forest fires in Suchedniów Forest Division in 2010–2014 (ed. by M. Frączek)

Tabela 1. Pożary lasów w Nadleśnictwie Suchedniów w latach 2010–2014**Table 1.** Forest fires in Suchedniów Forest Division in 2010–2014

Lp.	Data	Oddział	Rodzaj pożaru	Powierzchnia [ha]	Straty [zł]
1	07-06-2010	3F Dalejów	pokrywa gleby i całkowity	0,69/0,40	2 829
2	13-07-2010	46F Dalejów	pokrywa gleby	0,05	0
3	22-04-2011	171B Jastrzębia	pokrywa gleby	1,00	0
4	22-04-2011	171G Jastrzębia	pokrywa gleby	0,12	0
5	26-05-2011	44C Stokowiec	pokrywa gleby	0,20	0
6	27-05-2011	185C Kleszczyny	pokrywa gleby	0,32	0
7	27-05-2011	185I Kleszczyny	pokrywa gleby	0,16	0
8	08-06-2011	150B Kleszczyny	pokrywa gleby	0,02	0
9	27-06-2011	150B Kleszczyny	pokrywa gleby	0,01	0
10	03-10-2011	4C Dalejów	całkowity	0,44	4 278
11	06-10-2011	179F Michniów	pokrywa gleby	0,02	0
12	24-03-2012	160B Ostojów	pokrywa gleby	0,20	0
13	29-04-2012	12C Dalejów	pokrywa gleby	0,15	0
14	29-04-2012	11H Dalejów	pokrywa gleby	0,67	0
15	29-04-2012	12B Dalejów (wydzielenia 12 A, B i D)	całkowity	1,37	25 260
16	02-05-2012	12C Dalejów	pokrywa gleby	0,10	0
17	27-05-2012	36C Szałas	pokrywa gleby	0,07	0
18	09-06-2012	179B Michniów	pokrywa gleby	0,01	0
19	10-06-2012	181J Michniów	pokrywa gleby	0,08	0
20	10-06-2012	181J Michniów	pokrywa gleby	0,09	0
21	17-06-2012	171B Jastrzębia	pokrywa gleby	0,01	0
22	29-07-2012	142C Rejów	pokrywa gleby	0,01	0
23	29-07-2012	179G Michniów	pokrywa gleby	0,01	0
24	24-09-2012	182A Kleszczyny	pokrywa gleby	0,01	0
25	27-09-2012	143A Rejów	pokrywa gleby	0,10	0
26	18-04-2013	184B Michniów	pokrywa gleby	0,25	0
27	18-04-2013	193F Michniów	pokrywa gleby	0,03	0
28	18-04-2013	193D Michniów	pokrywa gleby	0,14	0
29	17-06-2013	103G Szałas	pokrywa gleby	0,20	0
30	30-08-2013	171B Jastrzębia	pokrywa gleby	0,03	0
31	29-03-2014	19B-h Stokowiec	pokrywa gleby	0,05	0

Źródło: System Informacji Lasów Państwowych – SILP, Llas.2, Nadleśnictwo Suchedniów.

Source: System of the State Forests – SILP, Llas.2, Forest Division Suchedniów.

W badaniach terenowych skoncentrowano się na identyfikacji warstw pożarowych w leśnictwach Michniów, Dalejów i Ostojów. Wykonano odkrywki glebowe i odwierty ręczne. Do analiz geochemicznych pobrano 27 próbek (do 40 cm głębokości) z 3 rdzeni wykonanych w okolicach Bliżyna i trzech w pobliżu Błota. W próbkach oznaczono wartości pH metodą potencjometryczną w mieszaninie

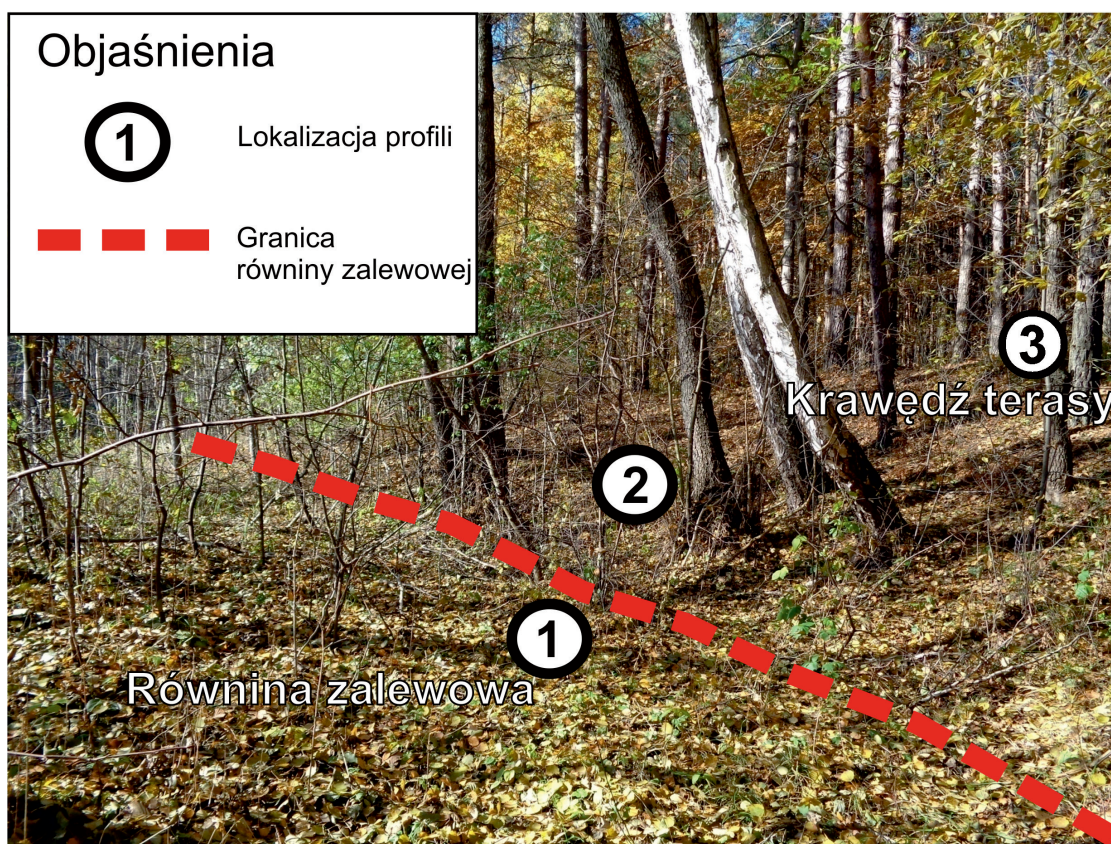
gleby z 1 N KCl (chlorkiem potasu) w stosunku 1:2,5 po 24 godzinach od zalania. Dla każdej próbki wykonano trzy oznaczenia pH-metrem ELMETRON CP-411, po kalibracji urządzenia w roztworach buforowych o pH = 4,0 i pH = 7,0, a wyniki pomiarów uśredniono. We wszystkich próbkach oznaczono zawartość węgla wapnia metodą Scheiblera.

4. Wyniki badań

W analizowanym 5-leciu w Nadleśnictwie Suchedniów wybuchło 31 pożarów lasów, z czego tylko dwa zostały zaklasyfikowane do pożarów średnich (tab. 1). W większości przypadków objęły one tylko ściółkę – poziom glebowy Ao. Największą koncentrację pożarów stwierdzono na obszarze Leśnictwa Michniów oraz Dalejów.

W Leśnictwie Michniów wystąpiły tylko niewielkie pożary i żadne znaczące ślady popożarowe nie zostały tu stwierdzone. Obszar ten położony jest na wierzcholinie, a prowadzona tu wycinka doprowadziła do antropogenicznych zmian górnych poziomów profilu glebowego. Tylko w jednym rdzeniu na głębokości 30 cm znalezione zostały pojedyncze węgielki.

Na obszarze Leśnictwa Dalejów wystąpiły średniej wielkości pożary (powyżej 1 ha), a trzy z nich przyniosły straty. Ostatni odnotowany pożar lasu miał miejsce w 2012 roku. W terenie nadal widoczne są ślady po tym zdarzeniu, np. opalone drzewa do wysokości 2 m. Wiercenia zostały wykonane na terasie i równinie zalewowej Kuźniczki (dopływ Kamiennej). Osady po pożarze lasu (węgle drzewne i fragmenty nadpalonej kory) zachowały się tylko w dnie doliny pod krawędzią terasy (ryc. 2). Są one przykryte miększą warstwą deluwii i proluwii piaszczystych. Węgielki te nie tworzą wyraźnej warstwy pożarowej, natomiast w osadach pobliskiej terasy nie odnotowano śladów po pożarach (ryc. 3).



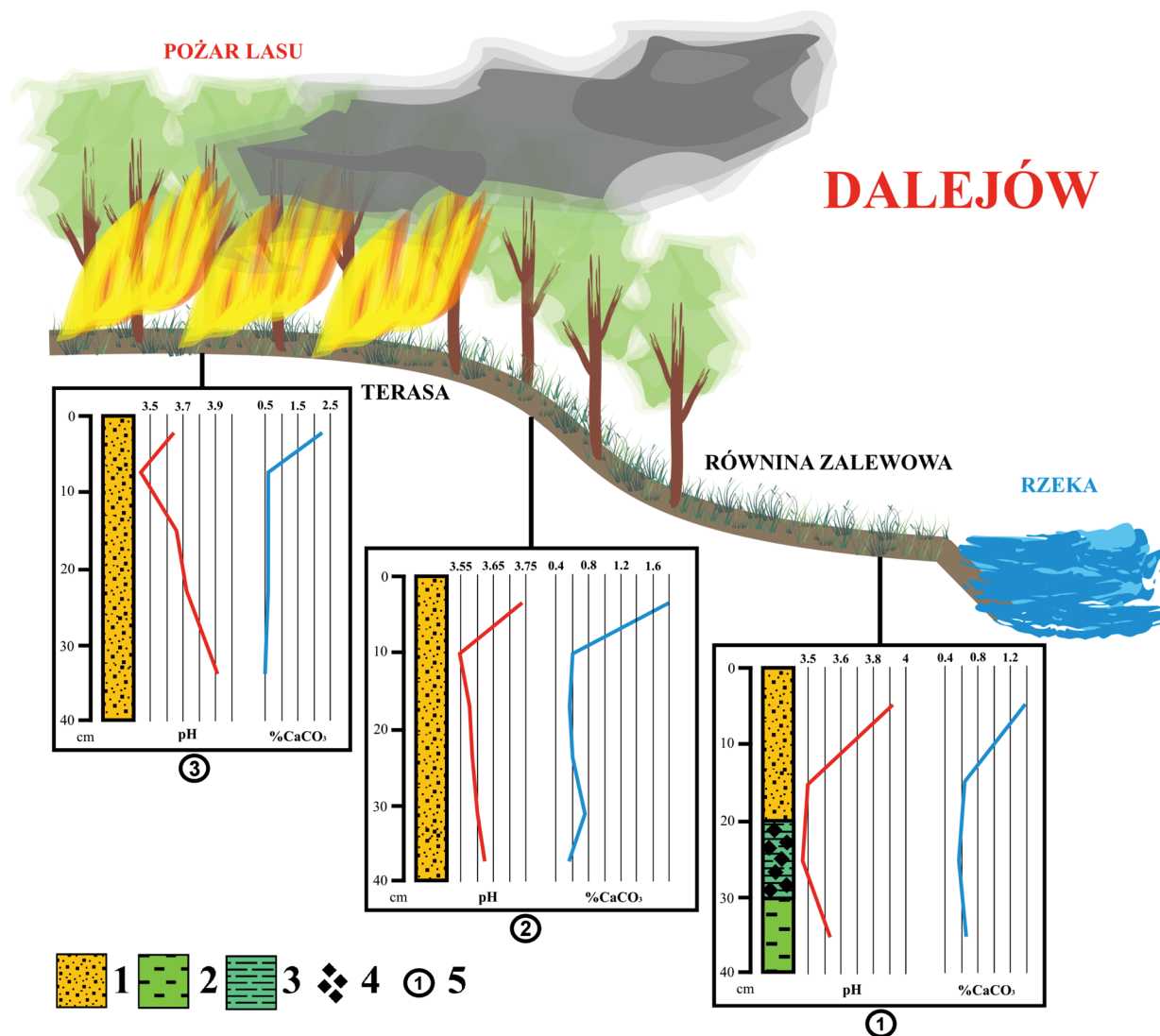
Ryc. 2. Lokalizacja wykonanych wierceń na krawędzi terasy – Leśnictwo Dalejów (oprac. P. Przepióra)

Fig. 2. Location of borings in the edge of terrace – The Dalejów Forest District (ed. by P. Przepióra)

W Leśnictwie Ostojów, w okolicy Błota przed 20-tu laty miał miejsce większy pożar lasu. W pobliskiej dolinie wykonano odkrywkę, w której odnotowano dobrze zachowany ciemny poziom ze zwęgloną organiką (ryc. 4), który ma miąższość kilku centymetrów (ryc. 5). Ta warstwa pożarowa z węgielkami drzewnymi przykryta jest mułkami torfiastymi. Nie odnotowano występowania węgielków w odwiertach wykonanych na krawędzi i terasie.

Próbki z Dalejowa i Błota mają bardzo kwaśny odczyn. We wszystkich próbkach z Dalejowa wartość pH oraz zawartość węglanów maleje wraz z głębokością, następnie na około 10 cm pH wzrasta, natomiast zawartość węglanów stabilizuje się. Najwyraźniej tendencja ta widoczna jest w profilach z terasy (odwierty 2 i 3).

W osadach równiny zalewowej pH maleje do głębokości 20–30 cm, gdzie występują węgielki drzewne, natomiast zawartość węglanów w osadach równiny zalewowej jest wyraźnie niższa niż w osadach terasy (ryc. 3). Odczyn pH 3,5–3,9 gleb leśnych z okolic Dalejowa i Błota jest typowy dla próchnicy kwaśnej typu mor. W Dalejowie w miejscu pożaru wskaźnik pH nieznacznie wzrasta wraz z głębokością. Poziom pH jest wyższy w osadach równiny zalewowej osiągając nawet wartość 4,4 i maleje wraz z głębokością do 3,7. Wartość pH ponownie wzrasta do 4,2 na głębokości 20–30 cm w warstwie pożarowej, a poniżej niej znowu maleje. Zawartość węglanów w osadach jest wyraźnie wyższa na równinie zalewowej niż na terasie (ryc. 5). W Dalejowie zawartość węglanów jest natomiast nieco wyższa na terasie niż na równinie zalewowej.



Ryc. 3. Schematyczny przekrój obszaru po pożarze lasu w Leśnictwie Dalejów z zaznaczonymi wierceniami badawczymi (oprac. P. Przepióra, E. Kłusakiewicz)

1 – piaski średnie, 2 – mułki pylaste, 3 – ility, 4 – węgielki drzewne, 5 – numery odwiertów

Fig. 3. Schematic cross-section after a post-forest-fire area in the Dalejów Forest District with marked drillings (ed. by P. Przepióra, E. Kłusakiewicz)

1 – medium sands, 2 – silt and clay, 3 – clay, 4 – charcoals, 5 – profile numbers

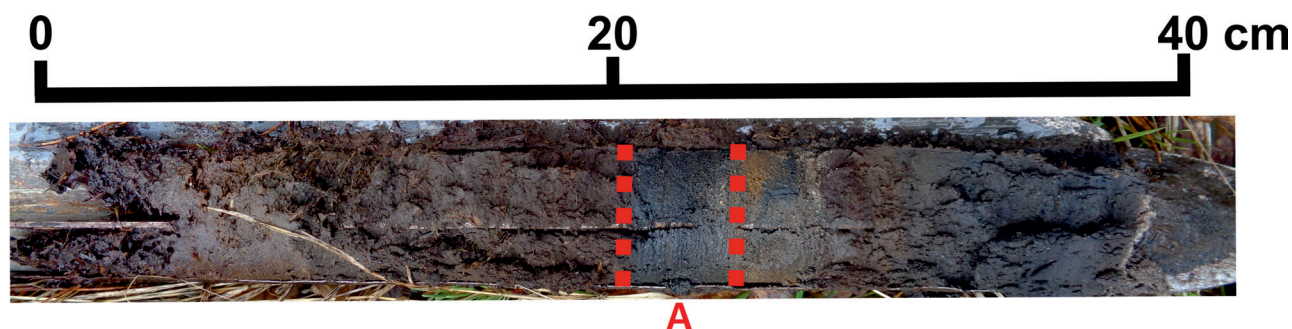
5. Dyskusja i wnioski

Dane z systemu (System Informacji Lasów Państwowych – SILP, Llas.2) pozwalają na dokładniejsze lokalizowanie i analizowanie osadów popożarowych na terenie całego kraju. W oparciu o te dane jest możliwe wykonanie mapy z lokalizacją pożarów lasów z określonych lat. Mapa taka pozwala na analizę rozkładu pożarów na terenie nadleśnictwa i określenie miejsc o największej częstotliwości ich występowania. Dodatkowo szczegółowe dane na temat pożarów lasów (czas, miejsce, wielkość, klasyfikacja) są przydatne przy analizowaniu warstw popożarowych.

Warstwy popożarowe najlepiej zachowane są w podkrawędziowych i podboczowych fragmentach dna doliny. Osady po pożarze lasu są przykrywane warstwą deluwii i proluwii z częściowo lub całkowicie odlesionej krawędzi. Częściowe lub całkowite zniszczenie pokrycia roślinnego powoduje odsłonięcie gleby leśnej, która jest narażona na szybką i intensywną erozję i de-

nudację. Warstwa popożarowa, ciemniejsza, najczęściej o kilkucentymetrowej miąższości, którą tworzą nadpalone i zwęglone fragmenty materiału organicznego, jest lepiej zachowana w przypadku większych pożarów, niezależnie od czasu jaki upłynął od zdarzenia. Zmiany w osadach najlepiej widoczne są bezpośrednio po pożarze. Jednakże wyniki badań (Kutiel, Shaviv 1992; Kania i in. 2006; Bogacz i in. 2010, 2011, 2014) wskazują na to, że zmiany pH uzależnione są od czasu, typu zespołu leśnego i wielkości pożaru i są czytelne w profilu glebowym przez kilka lat. Pożar lasu powoduje przeważnie wzrost pH odczynu gleby (Kutiel, Shaviv 1992), co potwierdzają wyniki badań w Leśnictwie Ostojów (Błoto), gdzie podwyższone pH oraz zawartość węglanów stwierdzono w warstwie popożarowej.

Wyniki badań współczesnych warstw popożarowych mogą być pomocne w paleogeograficznych i geoarcheologicznych rekonstrukcjach. Za przykład może posłużyć stanowisko w dolinie Druci (Białoruś), gdzie warstwa



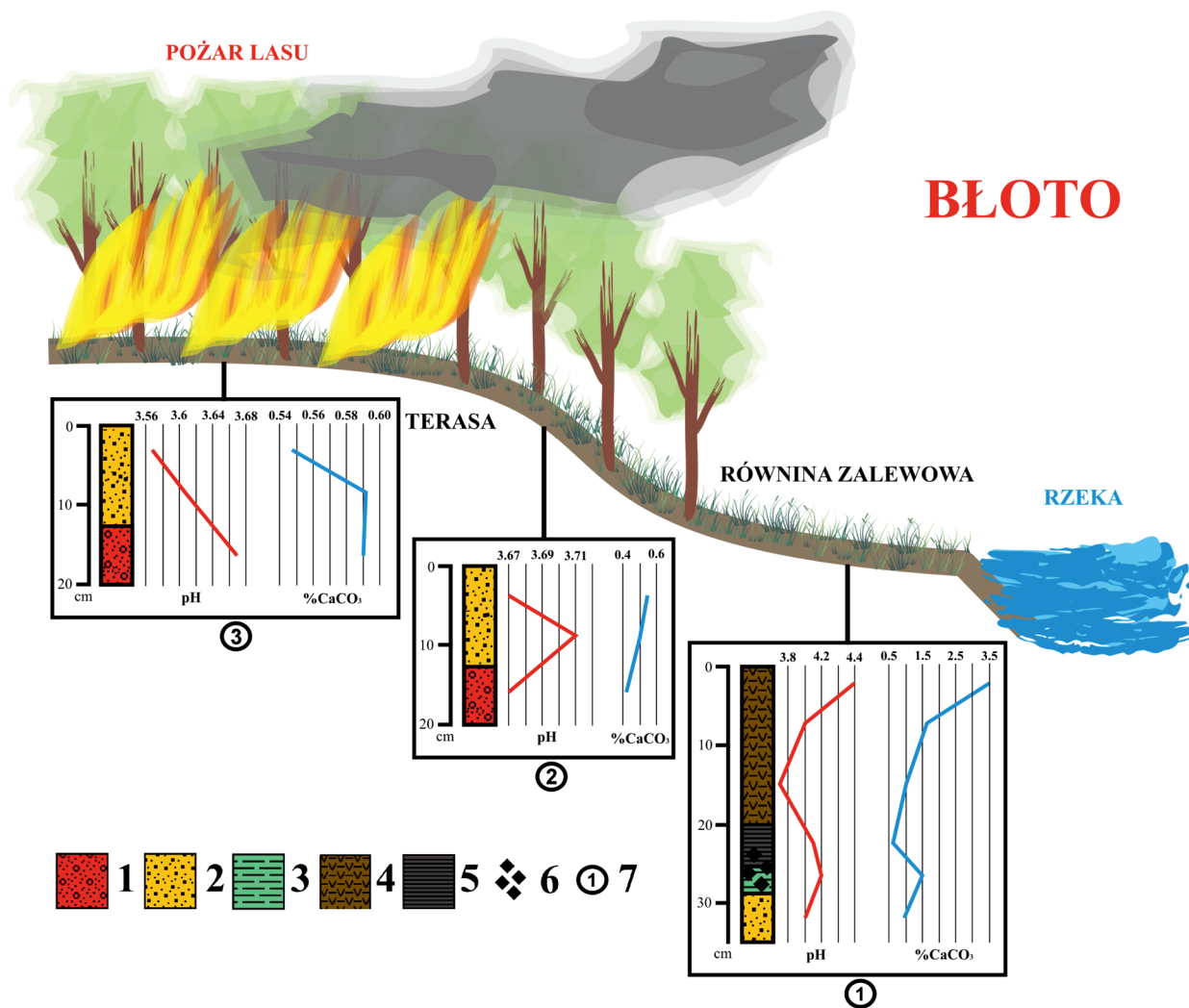
Ryc. 4. Warstwa po pożarze (A) z rdzenia w Błocie (oprac. P. Przepióra)

Fig. 4. A post-fire layer (A) from the core in Błocie (ed. by P. Przepióra)

(0,2–0,35 cm) węgla popożarowych datowanych metodą radiowęglową ^{14}C ma mniej niż 200 lat i jest przykryta piaszczystymi deluwiami (grubości 30 cm) z licznymi artefaktami neolitycznymi oraz z epoki żelaza (ryc. 6). Grubość osadów popożarowych jest znacznie większa od obserwowanych na terenie Nadleśnictwa Suchedniów, sugerując wystąpienie bardzo dużego pożaru lasu (prawdopodobnie antropogenicznego). Po pożarze, na odsłoniętej powierzchni, doszło do intensywnej erozji gleby, co doprowadziło w krótkim czasie do przykrycia warstwy węgla przez deluwia zawierające redeponowane artefakty (Kalicki 2006; Kalicki i in. 2008).

6. Literatura

- Benavides-Solorio, J., MacDonald, L.H., 2001. Post-fire runoff and erosion from simulated rainfall on small plots, Colorado Front Range. *Hydrological Processes* 15, 2931–2952. DOI:10.1002/hyp.38.
- Benavides-Solorio, J., MacDonald, L.H., 2005. Measurement and prediction of post-fire erosion at the hillslope scale, Colorado Front Range. *International Journal of Wildland Fire* 14, 457–474. DOI:10.1071/WF05042.
- Benavides-Solorio, J., Gabet, E.J., 2003. Post-fire thin debris flow: sediment transport and numerical modeling. *Earth Surface Processes and Landforms* 28, 1341–1348.
- Bogacz, A., Chilkiewicz, M., Woźniczka, P., 2010. Wpływ pożaru na morfologię i właściwości organicznych gleb łąkowych. *Roczniki Gleboznawcze* 61 (3), 13–25.
- Bogacz, A., Jędo, M., Woźniczka, P., 2011. Właściwości silnie przesuszonych organicznych gleb popożarowych obiektu Sobin – Jędrzychów. *Woda–Środowisko–Obszary Wiejskie* 11, 4 (36), 43–56.
- Bogacz, A., Łabaz, B., Woźniczka, P., 2014. Właściwości gleb organicznych po-pożarowych obszarów leśnych na przykładzie obiektu Mikorzyce – Górowo. *Woda–Środowisko–Obszary Wiejskie*, 14, 4 (48), 5–16.
- Certini, G., 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia* 143, 1–10. DOI:10.1007/s00442-004-1788-8.
- De Santis, A., Chuvieco, E., 2008. GeoCBI: A modified version of the Composite Burn Index for the initial assessment of the short-term burn severity from remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment* 11, 554–562.
- Dumontet, S., Dinel, H., Scopa, A., Mazzatura, A., Saracino, A., 1996. Post-fire soil microbial biomass and nutrient content of a pine forest soil from a Dunal Mediterranean environment. *Soil Biology and Biochemistry* 28 (10/11), 1467–1475.
- Hacker, K., 2015. *Post-Fire Sedimentation and the Risk to Sierra Nevada Water Supply*. University of San Francisco USF Scholarship Repository, San Francisco.
- Hamel, J., 2001. *The archaeology of Otago*. Department of Conservation, Wellington, New Zealand.
- Kalicki, T., 2006. Zapis zmian klimatu oraz działalności człowieka i ich rola w holocenijskiej ewolucji dolin środkowoeuropejskich. *Prace Geograficzne* 204.
- Kalicki, T., Sauchy, S., Calderoni, G., Simakova, G., 2008. Climatic versus human impact on the Holocene sedimentation in river valleys of different order: Examples from the upper Dnieper basin, Belarus. *Quaternary International* 189, 91–105.
- Kania, J., Malawska, M., Gutry, P., Kamiński, J., Wiłkomirski, B., 2006. Zmiany przyrodnicze torfowiska niskiego spowodowane pożarem. *Woda–Środowisko–Obszary Wiejskie*, 6, 2 (18), 155–173.
- Kondracki, J., 1977. *Regiony fizycznogeograficzne Polski*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Kondracki, J., 2002. *Geografia regionalna Polski*. PWN, Warszawa.
- Kutiel, P., Shaviv, A., 1992. Effects of soil type, plant composition and leaching on soil nutrients following a simulated forest fire. *Forest Ecology and Management* 53, 329–343.
- Larsen, I.J., MacDonald, L.H., Brown, E., Rough, D., Welsh, M.J., Pietraszek, J.H., Libohova, Z., Benavides-Solorio, J., 2009. Causes of Post-Fire Runoff and Erosion: Water Repepency, Cover, or Soil Sealing? *Soil Science Society of America Journal* 73, 1393–1407.
- Miller, J.D., Thode, A.E., 2007. Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta Normalized Burn Ratio (dNBR). *Remote Sensing of Environment* 109, 66–80.
- O'Connor, T., Evans, J.G., 2005. *Environmental Archaeology Principles and Methods* second edition, revised & updated. Sutton Publishing Limited, Sparkford.
- Odion, D.C., Davis, F.W., 2000. Fire, soil heating, and formation of vegetation patterns in Chaparral. *Ecological Monographs*, 70 (1), 149–169.
- Parminter, J., 1983. Fire-ecological relationships for the biogeoclimatic zones of the Cassiar Timber supply area. Northern Fire Ecology Project. Protection Branch Ministry of Forests, Victoria, B.C.
- Parsons, A., Robichaud, P.R., Lewis, S.A., Napper, C., Clark, J.T., 2010. *Field Guide for Mapping Post-Fire Soil Burn Severity*. United States Department of Agriculture, Fort Collins.
- Pierce, J.L., Meyer, G.A., Thackray, G.D., Wood, S.H., Lundeen, K., Borgert, J.A., Rothwell, E., 2004. Fire and Ice in Central Idaho: Modern and Holocene Fires, Debris Flows, and Climate in the Payette River Basin, and Quaternary and Glacial Geology in the Sawtooth Mountains. Open-File Report 2004–1222. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey.
- Preston, C.A., Baldwin, I.T., 1999. Positive and negative signals regulate germination in the post-fire annual, *Nicotiana attenuata*. *Ecology* 80 (2), 481–494.
- Silins, U., Stone, M., Emelko, M.B., Bladon, K.D., 2009. Sediment production following severe wildfire and post-fire salvage logging in the Rocky Mountain headwaters of the Oldman River Basin, Alberta. *Catena* 79, 189–197.
- Wiłkomirski, B., Gutry, P., 2010. Zmiany przyrodnicze w ekosystemach pod wpływem pożarów środowiskowych. *Rocznik Świętokrzyski, Seria B – Nauki Przyrodnicze* 31, 95–110.
- Xue, L., Li, Q., Chen, H., 2014. Effects of a Wildfire on Selected Physical, Chemical and Biochemical Soil Properties in a *Pinus massoniana* Forest in South China. *Forests* 5, 2947–2966.



Ryc. 5. Schematyczny przekrój obszaru po pożarze lasu w Leśnictwie Ostojów koło Błota z zaznaczonymi wierceńmi badawczymi (oprac. P. Przepióra, E. Kłusakiewicz)

1 – piaski z pojedynczymi żwirami, 2 – piaski średnie, 3 – ły, 4 – mułki torfiaste, 5 – warstwa pożarowa, 6 – węgielki drzewne, 7 – numery odwiertów

Fig. 5. Schematic cross-section of post-forest-fire area in the Ostojów Forest District near Błoto with marked drillings (ed. by P. Przepióra, E. Kłusakiewicz)
1 – sands with gravels, 2 – medium sands, 3 – clay, 4 – peat bogs, 5 – post-fire layer, 6 – charcoals, 7 – profile numbers



Ryc. 6. Warstwa po pożarze (A) przy rzece Druć (Białoruś) (fot. T. Kalicki)

Fig. 6. A post-fire layer (A) next to the Druć River (Belarus) (photo by T. Kalicki)