

Zmiany ilościowe dna lasu i struktury drzewostanów sosnowych II i III klasy wieku na siedlisku boru świeżego po pożarze pokrywy gleby

Quantitative changes in the structure of pine stands of 2nd and 3rd age class and the forest floor following understorey fire in a fresh-coniferous forest

Piotr Rywka

ul. Albatrosów 12/5, 05-500 Piaseczno

e-mail: rywkap@o2.pl

Abstract: The aim of this study was to determine the effect of fire damage on pine stands by assessing the differences between 24 stands in forest districts of Regional Directorate of Warsaw State Forests. Comparisons were made of the amount of lying dead wood, thickness of forest litter, forest-floor cover by herbaceous plants and shrubs, the density of seedlings, natural seeding regeneration, low and high undergrowth, and the number and condition of stumps in pine stands of 2nd and 3rd age classes following 5-6 years after understorey fires. The effect of fire was assessed using a Student's paired *t* test to compare mean values before and after fire. Differences in the incidence of traits were tested using an index of non-compliance (AD). In stands of 2nd age class, fire had produced a significant reduction in tree height (*t* test, *df* = 8, *t* = 2.54, *p* = 0.0345). In both age classes, there were significant differences between the types of soil surface (burnt, not burnt), but not in humus size, thickness of the upper and lower litter layers, nor in the partially decomposed litter layer. Natural-regeneration density of pine and birch was significantly higher in the burnt than the unburned areas. In stands of 3rd age class, understorey fires significantly reduced the density of high oak undergrowth.

Key words: non-stand-replacing fire, forest development disturbance

1. Wstęp

Jednym z czynników zaburzających funkcjonowanie ekosystemów leśnych są pożary lasu. W Polsce, podobnie jak na całym świecie, obserwuje się stały wzrost ich liczby, a co się z tym wiąże – wzrost powierzchni popożarowej (Szczygieł et al. 2008). W latach 1948-2006 w Polsce powstało łącznie 232 320 pożarów lasu, które objęły powierzchnię 307 938 ha (Szczygieł et al. 2008). Jak uważa Runkle (1985), pożar, w zależności od intensywności, jest bardziej dotkliwym zaburzeniem niż w wiatrołomy, które znacząco zmienia lasy i określa ich sukcesję. Biorąc pod uwagę dużą częstotliwość powstawania pożarów oraz wielkość ich sumarycznej powierzchni, należy liczyć się ze zmianami, jakie powodują one w ekosystemie leśnym. Wielkość tych zmian zależy od elastyczności ekosystemu i dotkliwości zaburzenia. Ogólnie działanie ognia na ekosystemy leśne jest złożone i trudne do przewidzenia.

Podobnie jak w innych regionach świata, również w Polsce, drzewostany sosnowe są narażone na częste pożary lasu. Szczególnie podatne na pożary są te drzewostany, które rosną na najsłabszych, tj. najsuchszych

siedliskach leśnych. Do tej grupy można zaliczyć bór świeży (Bśw). Z uwagi, iż drzewostany te powstają w sposób sztuczny, brak w nich urozmaiconej struktury, a w składzie gatunkowym przeważa sosna. Taki sposób zakładania drzewostanów powoduje, że pożary lasu powstające w uprawach i młodnikach prowadzą z reguły do pożaru całkowitego, a na spalonej powierzchni las zostaje odnowiony ponownie w sposób sztuczny.

W starszych drzewostanach sosnowych pożar rozwija się na dnie lasu (tzw. pożar pokrywy gleby), a jego intensywność zależy między innymi od ilości zgromadzonego materiału palnego i rodzaju pokrywy gleby. Dzięki dobrze rozwiniętemu systemowi ochrony przeciwpożarowej są to pożary powierzchniowo małe. Średnia powierzchnia pożaru w latach 2001-2006 wynosiła 0,75 ha (Szczygieł et al. 2008).

Powszechnie uważa się pożar pokrywy gleby za mniej szkodliwy dla rozwoju drzewostanu niż pożar całkowity. Przypisuje się mu nawet pozytywny wpływ na ekosystem leśny. W niektórych regionach świata przy określonych warunkach atmosferycznych i drzewostanowych pożar pokrywy gleby jest powszechnie stosowany jako tzw. pożar kontrolowany. W ogólności

towym leśnictwie tradycyjne zalecenia dotyczące pożaru kontrolowanego wskazują na następujące korzyści: a) obniżenie niebezpieczeństwa pożarowego przez zmniejszenie ilości martwego materiału palnego występującego na dnie lasu; b) możliwość rezygnacji z trzebieży wczesnych w drzewostanach, w których pożar z określoną intensywnością zabija drzewa o najmniejszej grubości; c) zwiększenie różnorodności ekosystemu przez tworzenie otwartych terenów, bogatych w substancje odżywcze, które są zasiedlane przez rośliny mające wysokie wymagania żyzności gleby i dające schronienie dla wielu gatunków zwierząt; d) odbudowa całych ekosystemów, gdzie ograniczenie występowania ognia w miejscach podatnych na pożar prowadzi do nadmiernego zagęszczenia drzewostanów, a w rezultacie do gromadzenia dużej ilości łatwopalnego materiału, zahamowania wielu korzystnych procesów ekologicznych; e) przygotowanie bazy nasiennej i powierzchni dla odnowienia lasu (praktyka szeroko stosowana w Ameryce Północnej i Skandynawii a

służąca naturalnemu odnowieniu drzew gatunków iglastych) (Hille 2006).

Celem badań było stwierdzenie różnic pomiędzy fragmentami drzewostanów uszkodzonych i nieuszkodzonych mało intensywnym pożarem pokrywy gleby w kilka lat po jego powstaniu. Pod pojęciem „mało intensywny pożar pokrywy gleby” rozumie się pożar pokrywy gleby, który nie prowadzi do silnego wydzielania drzew rosnących na spalonej powierzchni, co skutkowałooby koniecznością jej odnowienia.

2. Materiał i metody

Teren i obiekty badań

Badania przeprowadzono w wybranych nadleśnictwach Lasów Państwowych zlokalizowanych wokół Warszawy (wchodzące w skład RDLP Warszawa). Spośród nadleśnictw RDLP w Warszawie, wybrano te,

Tabela 1. Wykaz badanych drzewostanów sosnowych

Table 1. List of studied pine stands

L. p.	Nadleśnictwo Forest district	Leśnictwo Forest range	Oddział Compartment	Wiek* (lata) Stand age*	Rok wystąpienia pożaru Year of fire	Powierzchnia pożaru (ha) Fire area (ha)
drzewostany II klasy wieku (N=9) stands of 2 nd age class 21–40 year old (N=9)						
1	Drewnica	Łęka	83a	36	2000	1,10
2	Jabłonna	Poniatów	87a	23	1997	1,00
3	Jabłonna	Poniatów	84d	38	1997	0,30
4	Jabłonna	Bukowiec	175b	23	1999	0,26
5	Jabłonna	Bukowiec	206b	30	2001	0,80
6	Jabłonna	Poniatów	84a2	38	1997	0,50
7	Łochów	Wielgie	120f	33	1997	0,30
8	Chojnów	Sierzchów	181f	28	2001	0,30
9	Chojnów	Sierzchów	210a	40	2003	0,20
drzewostany III klasy wieku (N=15) stands of 3 rd age class 41–60 year old (N=15)						
1	Drewnica	Łęka	111 h	43	1997	2,50
2	Drewnica	Czarna Struga	100 a	46	1998	0,50
3	Drewnica	Leśniakowizna	93 a	49	1999	0,45
4	Drewnica	Wola Grzybowska	133 d	48	2001	1,00
5	Drewnica	Łęka	118 b	54	2002	0,30
6	Drewnica	Łęka	50 g	49	2002	0,20
7	Jabłonna	Bukowiec	239 a	43	1997	0,50
8	Jabłonna	Bagno	313 a	59	2001	0,80
9	Jabłonna	Białobrzegi	44 i	48	2001	0,70
10	Łochów	Wielgie	180 h	42	1995	0,30
11	Łochów	Zieleniec	57 c	45	1995	1,00
12	Łochów	Urle	405 b	48	1995	0,40
13	Łochów	Szumin	227 d	53	1996	1,20
14	Łochów	Kamionna	350 b	49	1997	0,30
15	Łochów	Sadowne	40 g	41	2001	0,30

* wiek w roku powstania pożaru / age in the year of fire

w których pożary występują z dużą częstotliwością: Drewnicę, Jabłonną, Łochów i Chojnow. Obiekty badawcze stanowiły fragmenty gospodarczych drzewostanów sosnowych II (21–40 lat) i III (41–60 lat) klasy wieku, występujące na siedlisku boru świeżego, które doświadczyły w latach 1995–2003 pojedynczych pożarów gleby, oraz powierzchnie kontrolne bez pożaru pokrywy gleby, założone w fragmentach tych samych drzewostanów, ale nie objętych pożarem. Wybór pożarów z ww. lat wynikał z założenia, że czas, jaki upłynął od daty powstania pożaru do chwili pomiarów, nie może być krótszy niż 5 lat. Badania prowadzono w latach 2006–2008. Łącznie pomierzono 9 par powierzchni w drzewostanach II klasy wieku i 15 par powierzchni w drzewostanach III klasy wieku. W drzewostanach II klasy wieku pomiędzy najstarszym a najmłodszym pożarem upłynęło 6 lat, a w drzewostanach III klasy wieku – 7 lat. W tabeli 1 przedstawiono drzewostany, w których były prowadzone pomiary.

Metodyka prac badawczych

Ocena ilościowa dna lasu w drzewostanach sosnowych II i III klasy wieku dotkniętych i niedotkniętych pożarem pokrywy gleby obejmowała następujące elementy:

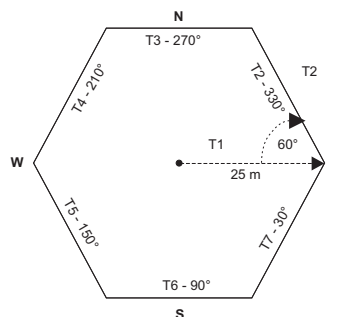
1. Ilość martwego leżącego drewna, grubość ściółki leśnej z podziałem na warstwę górną nierozłożoną i dolną częściowo rozłożoną, pokrycie powierzchni dna lasu przez roślinność zielną i warstwę krzewów. Pomiar tych elementów wykonano metodą transektową Browna (Fire Fuel Protocol. 2005), zapoczątkowaną przez Wagnera (1968), na 7 transektach. Pierwszy z nich skierowany był od środka powierzchni próbnej na wschód, natomiast następne sześć tworzyło sześciokąt foremny (ryc. 1). Standardowa długość każdego transektu wynosiła 25 m. Położenie każdego transektu było wyznaczane przy użyciu taśmy geodezyjnej i

kompasu z podziałką stopniową. Schemat pomiarów był taki sam dla wszystkich transektów (ryc. 2).

2. liczebność siewek, nalotów, niskich podrostów oraz wysokiego podrostu, na podstawie pomiarów na powierzchniach 10×10 m.

Sposób i zakres pomiaru cech ilościowych dna lasu zostały tak zaplanowane, aby uzyskane dane można było opracować za pomocy programów komputerowych. W tej pracy wykorzystano program FIREMON, służący do monitorowania i analizowania skutków pożarów w ekosystemach leśnych (www.fire.org/firemon).

Do analizy struktury drzewostanów wyznaczono powierzchnie o wymiarach 30×30 m, na których zmierzono wysokość i pierśnicę każdego drzewa. Na tych samych powierzchniach przeprowadzono inwentaryzację pniaków powstałych po ściętych drzewach. Wiek pniaków oszacowano na podstawie oceny fitopatologicznej (Lech, Sierota 1996). Wyróżniono pniaki: 1–3-letnie (nierozłożone, o niezmięnionej strukturze drewna, z zachowaną korą, nieporośnięte przez grzybnie lub porosty, o jasnym czole lub przeżywiczonej powierzchni ścięcia), 4–7-letnie (częściowo rozłożone, cechujące się występowaniem grzybni lub porostów, ciemnym zabarwieniem czola, niewielką podatnością na uderzenia



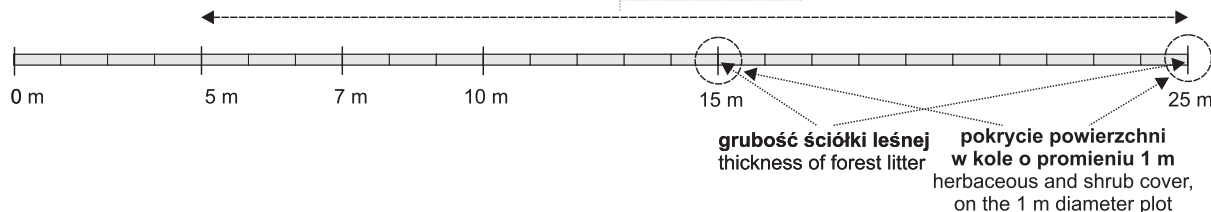
Rycina 1. Schemat zakładania transektów w metodzie Browna (w nawiasie kąt między T_1 i T_n)

Figure 1. Scheme of transect set up in the Brown method (in brackets, the angle between T_1 and T_n)

drewno leżące o grubości 0,6–2,5 cm / lying deadwood trees, 0.6-2.5 cm diameter

drewno leżące o grubości 2,51–8 cm / lying deadwood trees, 2.51-8 cm diameter

drewno leżące o grubości > 8 cm / lying deadwood pieces, diameter > 8 cm



Rycina 2. Schemat pomiarów na transekcje Browna

Figure 2. Scheme of measurements on Brown transect

siekierą, widocznymi śladami zgnilizny na obwodzie lub w części twardej (twardzielowej), ponad 7-letnie (silnie rozłożone, często rozpadające się w wyniku uderzenia obuchem siekiery, silnie porośnięte przez grzybnie, porosty i mchy, niekiedy z całkowicie rozłożoną częścią bielastą i częściowo zachowaną twarżdzielą).

Pomiar martwego drewna

Pomiar ilości martwego leżącego drewna odbywał się z podziałem na dwie kategorie: 1) cienkie leżące drewno (ang. fine woody debris – FWD), 2) grubsze leżące drewno (ang. coarse woody debris – CWD). Cienkie leżące drewno spala się bezpośrednio podczas trwania pożaru, podczas gdy grubsze leżące drewno może się palić po pożarze, zwiększając dotkliwość pożaru, a tym samym przyczyniać się do większych zmian na dnie lasu i w strukturze drzewostanu.

Cienkie leżące drewno, nazywane drobnym materiałem palnym (1–100 godzinnym) to zazwyczaj drobne, opadłe gałęzie drzew o grubości poniżej 8 cm. Pomiar ilości drobnych materiałów palnych, leżących w miejscu styku z krawędzią taśmy mierniczej, był przeprowadzony w następujący sposób:

– 1-godz. materiał palny o średnicy <0,6 cm był mierzony na odcinku 2 m, od 5 do 7 m każdego transektu,

– 10-godz. materiał palny o średnicy 0,6–2,5 cm – na odcinku 2 m, od 5 do 7 m,

– 100-godzinny materiał palny o średnicy 2,5–8,0 cm – na odcinku 5 m, od 5 do 10 m.

Grubsze leżące drewno, klasyfikowane jako 1000-godz. materiał palny, stanowiły powalone, ścięte oraz złamane pnie drzew o średnicy powyżej 8,0 cm i długości ponad 1 m. Oprócz jego ilości, określano średnicę, długość oraz stopień rozkładu. Średnica była mierzona prostopadle do osi pnia, w miejscu styku kłody z taśmą mierniczą.

Ilość grubszego leżącego drewna była mierzona na odcinku 20 m, począwszy od 5 do 25 m każdego z transektów. Ilość cienkiego i grubszego leżącego drewna została wyrażona w kg/m^2 , a obliczona za pomocą programu FIREMON.

Pomiar grubości ściółki leśnej

Na nierozłożoną, górną warstwę ściółki leśnej składało się opadłe igliwie, liście, drobne gałązki drzew, szyszki. Dolna częściowo rozłożona warstwa ściółki leśnej znajdowała się pomiędzy górną nierozłożoną warstwą ściółki leśnej a warstwą gleby mineralnej. Warstwa ta charakteryzowała się ciemniejszym zabarwieniem, często była poprzerastana korzeniami roślin zielnych.

Grubość obu warstw była mierzona na sięgającym do gleby mineralnej profilu poprzecznym. Pomiar odbywał się w dwóch punktach każdego transektu, na długości 15 m i 25 m. Na profilu poprzecznym dokonywano pomiaru łącznej grubości obu tych warstw oraz szacowano procentowy udział górnej, nierozłożonej warstwy ściółki leśnej w całkowitej grubości.

Średnia grubość każdej z warstw była liczona przy użyciu programu FIREMON i została wyrażona w centymetrach.

Ocena pokrycia powierzchni przez warstwę zielną i warstwę krzewów

Pokrycie powierzchni przez warstwę zielną i warstwę krzewów szacowano na powierzchniach kołowych o promieniu 1 m. Powierzchnie kołowe były zakładane na każdym transekcie w dwóch miejscach (na 15 i 20 m).

W obrębie każdego koła określano stopień pokrycia warstwy zielnej i warstwy krzewów (%) oraz mierzono wysokość krzewów. Średnie pokrycie powierzchni przez warstwę zielną i warstwę krzewów było liczone przy użyciu programu FIREMON, przy przeliczeniu pokrycia wyrażonego w procentach na kody następująco:

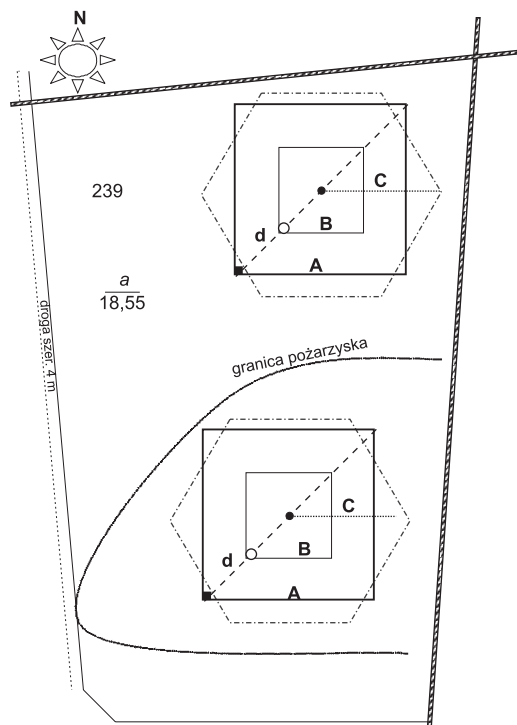
Pokrycie (%)	Kod
brak	0
0,1–1	0,5
1,1–5	3
5,1–15	10
15,1–25	20
25,1–35	30
35–45	40
45,1–55	50
55,1–65	60
65,1–75	70
75,1–85	80
85,1–95	90
95,1–100	98

Ocena liczebności siewek, nalotów i podrostów

Inwentaryzację odnowień przeprowadzono z podziałem na siewki, nalot, niski podrost ($h < 1,3$ m) oraz wysoki podrost ($h > 1,3$ m, $d_{1,3} \leq 7$ cm). Schemat zakładania powierzchni pomiarowych przedstawia rycina 3.

Analiza statystyczna

Analiza wyników badań polegała na porównaniu badanych cech ilościowych na powierzchniach uszkodzonych przez pożar inieuszkodzonych oraz analizie istotności stwierdzonych różnic. W tym celu posłużono



Rycina 3. Schemat zakładania powierzchni pomiarowych w części drzewostanu dotkniętej oraz w części nie dotkniętej pożarem pokrywy gleby na przykładzie pożarzyska w Nadleśnictwie Jabłonna, Leśnictwo Bukowiec, oddz. 239a: A – powierzchnia pomiarowa 30 × 30 m, B – powierzchnia pomiarowa 10 × 10 m, C – układ 7 transektów, ■ – punkt o współrzędnych 0;0, ● – początek pomiarów transektowych, ○ – miejsce wyznaczania powierzchni pomiarowej o wym. 10 × 10 m.

Figure 3. Scheme of measuring plots set up in the affected part of the stand and in the part not affected by the fire as an example of the fire area in the Jabłonna Forest District, Bukowiec Forest Range, compartment 239a: A – measuring area 30 × 30 m, B – measuring area 10 × 10 m, C – 7 transects system, ■ – a point with coordinates 0;0, ● – beginning of transect measurements, ○ – place of the measurement surface designation with dimensions 10 × 10 m.

się testem t średnich dla par skojarzonych. Obliczenia statystyki t przeprowadzono w programie Excel. Testem tym przeprowadzono porównania zarówno dla drzewostanów II, jak i III klasy wieku.

W celu zbadania, czy rozkład wybranych cech drzewostanów na powierzchniach uszkodzonych i nieuszkodzonych jest różny, posłużono się wskaźnikiem niezgodności (AD) (Pommerening 2002; Aguirre et al. 2003):

$$AD = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k |s_i - s'_i|; \quad AD \in [0,1],$$

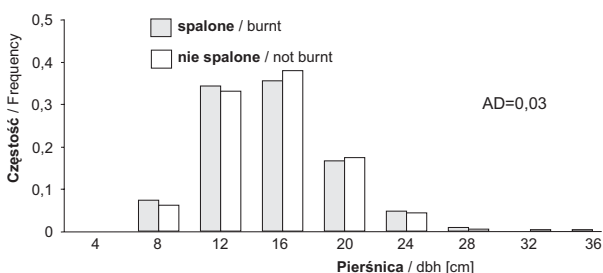
gdzie s_i oznacza częstość i -tej klasy danej cechy dla powierzchni spalonej, s'_i oznacza częstość i -tej klasy dla powierzchni niespalonej, k – liczbę klas, na które podzielono całkowity zakres zmienności wartości danej cechy.

3. Wyniki

Struktura drzewostanów oraz zagęszczenie pniaków

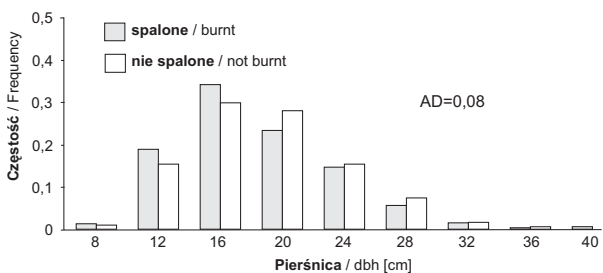
Analiza struktury drzewostanów dla drzewostanów II i III klasy wieku nie wykazała istotnych różnic pomiędzy powierzchniami uszkodzonymi przez pożar i nieuszkodzonymi pod względem zagęszczenia drzew, średniej pierśnicy drzewostanu czy powierzchni przekroju pni (tab. 2). Nie stwierdzono również znacznych różnic częstości pierśnic (ryc. 4 i 5). Jednakże, w drzewostanach obu klas wieku zaobserwowano zmniejszenie średniej wysokości drzew we fragmentach drzewostanów dotkniętych pożarem pokrywy gleby. W przypadku drzewostanów II klasy wieku różnice średniej wysokości drzew na powierzchniach spalonych i niespalonych są wyraźne i istotne statystycznie (tab. 2).

Zagęszczenie pniaków na powierzchniach nieuszkodzonych i uszkodzonych przez pożar było podobne, zarówno w drzewostanach II, jak i III klasy wieku (tab. 4). Jednakże, wskaźnik niezgodności $AD=0,13$, obliczony dla drzewostanów II klasy wieku, wskazuje na różnicę pod względem częstości pni wg wieku, między fragmentami drzewostanu spalonym i niespalonym



Rycina 4. Frekwencja drzew w klasach grubości w spalonych i niespalonych drzewostanach sosnowych II klasy wieku

Figure 4. Attendance of trees in the thickness classes in burnt and not burnt pine stands of the 2nd age class.



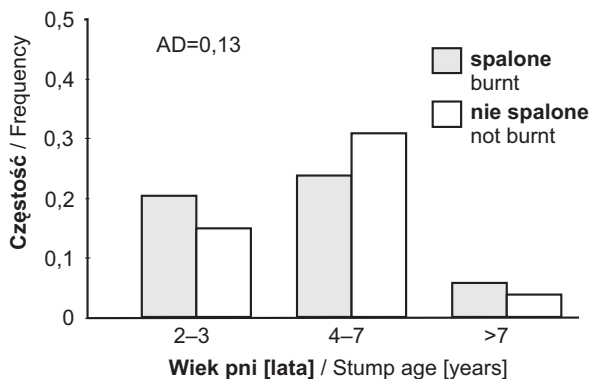
Rycina 5. Frekwencja drzew w klasach grubości w spalonych i niespalonych drzewostanach sosnowych III klasy wieku

Figure 5. Attendance of trees in the thickness classes in burnt and not burnt pine stands of the 3rd age class.

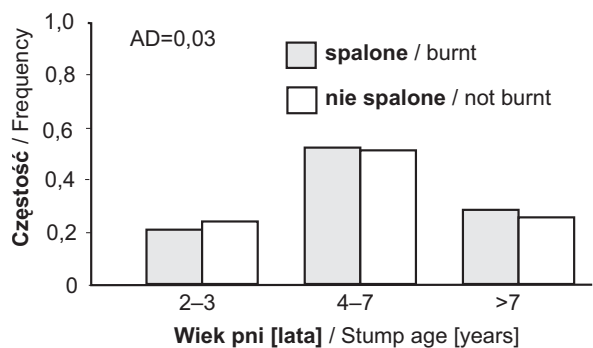
Tabela 2. Cechy struktury badanych drzewostanów sosnowych i ich analiza porównawcza testem t (dla par wiązanych wg typu powierzchni: spalona – niespalona): μ – wartości średnie, σ – błąd średniej, df – liczba stopni swobody, $t_{0,05}$ – krytyczna wartość testu t (dwustronnego), t – obliczona statystyka, p – prawdopodobieństwo; pogrubioną czcionką oznaczono różnice istotne statystycznie

Table 2. Features of the structure of studied pine stands and their comparative analysis with the t -test (for tied pairs by soil surface type: burnt – not burnt): μ – mean value, σ – error of the mean, df – degrees of freedom, $t_{0,05}$ – the critical value of the t test (two-sided), t – calculated statistic, p – the probability; in bold type are the statistically significant differences

Cecha Feature	Typ powierzchni Type of soil surface					Test t t Test		
	spalona burnt		niespalona not burnt		df	$t_{0,05}$	t	p
	μ	σ	μ	σ				
drzewostany II klasy wieku (N=9)								
stands of 2 nd age class, 21–40 year old (N=9)								
Zagęszczenie drzew (szt./ha) Tree density (N/ha)	1330	118	1348	108	8	2,31	0,34	0,7449
Pierśnicowe pole przekroju drzewostanu (m²/ha) Total basal area (m ² /ha)	24,1	1,5	24,9	1,3	8	2,31	1,23	0,2549
Średnia pierśnica (cm) Mean dbh (cm)	15,4	0,7	15,6	0,7	8	2,31	0,70	0,5030
Średnia wysokość (m) Mean height (m)	14,8	0,7	15,5	0,7	8	2,31	2,54	0,0345
Zagęszczenie pniaków (szt./ha) Density of stumps (ind/ha)	448	57	468	79	8	2,31	0,26	0,8037
drzewostany III klasy wieku (N=15)								
stands of 3 rd age class, 41–60 year old (N=15)								
Zagęszczenie drzew (szt./ha) Tree density (N/ha)	1026	53	984	66	14	2,14	0,72	0,4852
Pierśnicowe pole przekroju drzewostanu (m²/ha) Total basal area (m ² /ha)	27,5	1,3	27,5	0,8	14	2,14	0,01	0,9920
Średnia pierśnica (cm) Mean dbh (cm)	18,7	0,7	19,3	0,8	14	2,14	1,62	0,1264
Średnia wysokość (m) Mean height (m)	17,0	0,6	17,6	0,5	14	2,14	1,94	0,0728
Zagęszczenie pniaków (szt./ha) Density of stumps (ind/ha)	336	55	264	46	14	2,14	1,39	0,1852



Rycina 6. Frekwencja pniaków w grupach wieku w spalonych i niespalonych drzewostanach II klasy wieku
Figure 6. Attendance of stumps in age groups in burnt and not burnt stands of the 2nd age class.



Rycina 7. Frekwencja pniaków w grupach wieku w spalonych i niespalonych drzewostanach III klasy wieku
Figure 7. Attendance of stumps in age groups in burnt and not burnt stands of the 3rd age class

(ryc. 6). W drzewostanach III klasy wieku rozkład pni wg wieku na powierzchni uszkodzonej przez pożar i nieuszkodzonej był podobny (ryc. 7).

Hość martwego leżącego drewna, grubość ściółki leśnej oraz pokrycie powierzchni przez roślinność dna lasu

Martwe leżące drewno

Średnie zagęszczenie cienkiego, leżącego drewna (będącego potencjalnym materiałem palnym podczas rozwoju pożaru pokrywy gleby) w drzewostanach II klasy wieku dotkniętych pożarem pokrywy gleby wyniosło 0,76 kg/m² i było istotnie większe niż w drzewostanach nie dotkniętych pożarem (0,62 kg/m²) (tab. 3).

W drzewostanach sosnowych III klasy wieku dotkniętych pożarem pokrywy gleby średnie zagęszczenie drobnych materiałów palnych wyniosło 0,54 kg/m², a

dla nie dotkniętych pożarem 0,47 kg/m². Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic pomiędzy drzewostanami dotkniętymi i nie dotkniętymi pożarami pokrywy w tej klasie wieku (tab. 3).

Grubość ściółki leśnej

Średnia grubość górnej, nierozłożonej warstwy ściółki leśnej, obliczona za pomocą programu FIREMON, w drzewostanach II klasy wieku dotkniętych przez pożar pokrywy gleby wyniosła 1,3 cm, podczas gdy we fragmentach drzewostanów nie dotkniętych pożarem była mniejsza i wynosiła 0,7 cm. Różnica ta była istotna statystycznie (tab. 3), podobnie jak w przypadku drzewostanów III klasy wieku (tab. 3). W tych drzewostanach średnia grubość górnej nierozłożonej warstwy ściółki leśnej w drzewostanach dotkniętych pożarem pokrywy gleby wyniosła 0,9 cm (±0,1 cm)

Tabela 3. Cechy dna lasu i ich analiza porównawcza testem *t* (dla par wiązanych wg typu powierzchni: spalona – niespalona): oznaczenia jak w tab. 2

Table 3. Features of the forest floor and their comparative analysis with the *t*-test (for tied pairs by soil surface type: burnt – not burnt): designation as in Table 2

Materiał roślinny Plant material	Typ powierzchni / Type of soil surface				Test <i>t</i> <i>t</i> Test			
	spalone burnt		niespalone not burnt		<i>df</i>	<i>t</i> _{0,05}	<i>t</i>	<i>p</i>
	μ	σ	μ	σ				
drzewostany II klasy wieku (N=9) stands of 2 nd age class 21–40 year old (N=9)								
Masa drewna o grubości do 8 cm (kg/m ²) Mass of wood with a thickness to 8 cm (kg/m ²)	0,76	0,09	0,62	0,11	8	2,31	3,83	0,0050
Masa drewna o grubości 8 cm (kg/m ²) Mass of wood with a thickness 8 cm (kg/m ²)	-	-	-	-	-	-	-	-
Grubość górnej warstwy ściółki (cm) Thickness of upper layer of litter (cm)	1,3	0,1	0,7	0,1	8	2,31	4,25	0,0028
Grubości dolnej warstwy ściółki leśnej (cm) Thickness of lower layer of litter (cm)	5,3	0,3	8,3	0,5	8	2,31	6,61	0,0002
Pokrycie powierzchni przez warstwę zielną (%) Cover by herbaceous plant/herb (%)	12	4	12	3	8	2,31	0,003	0,9975
Pokrycie powierzchni przez warstwę krzewów (%) Surface coverage by shrubs (%)	3	1	6	2	8	2,31	1,53	0,1640
drzewostany III klasy wieku (N=15) stands of 3 rd age class 41-60 year old (N=15)								
Masa drewna o grubości do 8 cm (kg/m ²) Mass of wood with a thickness to 8 cm (kg/m ²)	0,54	0,06	0,47	0,07	14	2,14	1,43	0,1736
Masa drewna o grubości 8 cm (kg/m ²) Mass of wood with a thickness 8 cm (kg/m ²)	-	-	-	-	-	-	-	-
Grubość górnej warstwy ściółki (cm) Thickness of upper layer of litter (cm)	0,9	0,1	0,6	0,1	14	2,14	2,49	0,0259
Grubości dolnej warstwy ściółki leśnej (cm) Thickness of lower layer of litter (cm)	7,1	0,4	10,2	0,5	14	2,14	11,39	0,0001
Pokrycie powierzchni przez warstwę zielną (%) Cover by herbaceous plant/herb (%)	23	4	21	4	14	2,14	0,46	0,6543
Pokrycie powierzchni przez warstwę krzewów (%) Surface coverage by shrubs (%)	5,0	1,0	3,0	1,0	14	2,14	1,07	0,3022

i była większa niż w drzewostanach niedotkniętych tym rodzajem pożaru, gdzie wyniosła 0,6 cm ($\pm 0,1$ cm).

Średnia grubość dolnej, częściowo rozłożonej warstwy ściółki leśnej w drzewostanach sosnowych II klasy wieku dotkniętych pożarem wyniosła 5,3 \pm 0,3 cm i była mniejsza niż w drzewostanach niedotkniętych pożarem (8,3 \pm 0,5 cm). Różnica ta była statystycznie istotna (tab. 3).

W drzewostanach III klasy wieku również średnia grubość dolnej warstwy ściółki leśnej w drzewostanach nie dotkniętych pożarem (10,2 \pm 0,5 cm) była istotnie większa niż w drzewostanach po pożarze (7,1 \pm 0,4 cm) (tab. 3).

Pokrycie powierzchni

Pokrycie powierzchni przez warstwę zielną w drzewostanach II klasy wieku uszkodzonych i nieuszkodzonych przez pożar było zbliżone i wyniosło średnio około 12%. (tab. 3).

W drzewostanach III klasy różnica pokrycia powierzchni przez warstwę zielną wyniosła 2% (23% w drzewostanach spalonych i 21% w drzewostanach niespalonych) i nie była istotna statystycznie (tab. 3).

Pokrycie powierzchni przez warstwę krzewów w drzewostanach II klasy wieku wyniosło 3% we fragmentach uszkodzonych przez pożar, a 6% we fragmentach nieuszkodzonych. Różnica ta nie była istotna statystycznie (tab. 3). Również w drzewostanach III klasy wieku różnica między pokryciem powierzchni w drzewostanach dotkniętych pożarem pokrywy gleby (5%)

a nieuszkodzonych (3%) nie była statystycznie istotna (tab. 3).

Siewki, nalot i podrost

W drzewostanach sosnowych II klasy wieku dotkniętych pożarem średnie zagęszczenie siewek, nalotów i niskich podrostów wyniosło 3656 szt./ha, podczas gdy dw drzewostanach niespalonych wynosiło 7200 szt./ha. Duża różnica zagęszczenia była tylko na jednej z 9 powierzchni, a na pozostałych 8 powierzchniach, różnice były niewielkie. Z tego powodu analiza testem *t* zagęszczenia odnowień nie wykazała różnicy istotnej statystycznie (tab. 4).

Odwrotna sytuacja miała miejsce w drzewostanach III klasy wieku. Średnia liczba samosiewów na powierzchni dotkniętych pożarem wyniosła 14604 szt./ha, podczas gdy na powierzchni nieuszkodzonej jedynie 4213 szt./ha. Różnica ta była statystycznie istotna (tab. 4).

W drzewostanach II klasy wieku na powierzchniach spalonych dominowały naloty dębu – 71%, i sosny – 20%. Inne gatunki występowały sporadycznie. Podobnie było na powierzchniach niedotkniętych pożarem: udział dębu stanowił 71%, udział sosny 16%, inne gatunki występowały sporadycznie.

Wartość parametru *AD* informuje o tym, jaki udział cechy musiałby zostać wymieniony pomiędzy powierzchnią nie spaloną a spaloną, aby charakteryzowały się one identycznym rozkładem częstości analizowanej cechy. Jeżeli *AD*=1, to obie powierzchnie nie mają żadnych wspólnych elementów w przyjętych klasach

Tabela 4. Cechy nalotów i podrostów i ich analiza porównawcza testem *t* (dla par wiązanych wg typu powierzchni: spalona – niespalona): oznaczenia jak w tab. 2

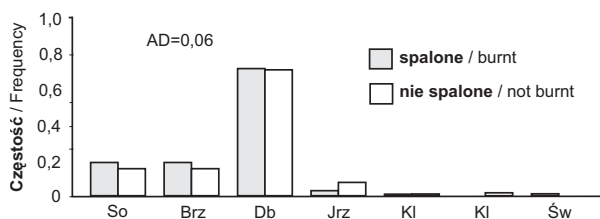
Table 4. Features of natural seedlings and undergrowths and their comparative analysis with the *t*-test (for tied pairs by soil surface type: burnt – not burnt) designation as in Table 2

Cecha Feature	Typ powierzchni Type of soil surface				Test <i>t</i> <i>t</i> Test			
	spalona burnt		nie spalona not burnt		<i>df</i>	<i>t</i> _{0,05}	<i>t</i>	<i>p</i>
	μ	σ	μ	σ				
drzewostany II klasy wieku (N=9) stands of 2 nd age class 21-40 year old (N=9)								
Średnie zagęszczenie siewek, nalotów i niskich podrostów (szt./ha) Mean density for seedlings, natural seedings and low undergrowth (ind/ha)	3 656	1 336	7 200	3 779	8	2,31	1,40	0,1977
Średnie zagęszczenie wysokiego podrostu (szt./ha) Mean density for high undergrowth (ind/ha)	-	-	-	-	-	-	-	-
drzewostany III klasy wieku (N=15) stands of 3 rd age class 41-60 year old (N=15)								
Średnie zagęszczenie siewek, nalotów i niskich podrostów (szt./ha) Mean density for seedlings, natural seedings and low undergrowth (ind/ha)	14 604	3 333	4 213	918	14	2,14	3,09	0,0080
Średnie zagęszczenie wysokiego podrostu (szt./ha)* Mean density for high undergrowth (ind/ha)*	55	33	350	135	7	2,16	2,36	0,0670

* analiza na podstawie 8 powierzchni, gdyż na pozostałych brak było wysokiego podrostu
analysis based on 8 surfaces, as in the other there was no high undergrowth

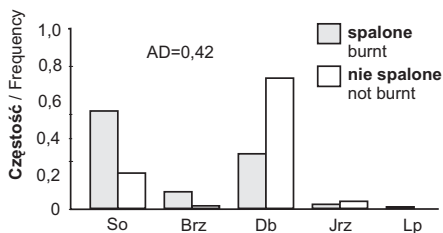
rozkładu, innymi słowy, radykalnie różnią się między sobą. Jeżeli $AD=0$, oznacza to, iż rozkład częstości badanej cechy na obu porównywanych powierzchniach jest identyczny.

Współczynnik rozbieżności AD obliczony dla rozkładu zróżnicowania gatunkowego samosiewów w drzewostanach II klasy wieku we fragmentach dotkniętych i niedotkniętych pożarem pokrywy gleby wyniósł 0,06, co świadczy o bardzo dużym podobieństwie (ryc. 8). W drzewostanach III klasy wieku na powierzchniach spalonych wśród siewek, nalotów i niskich podrostów dominowała sosna – 54%. Udział dębu wyniósł 32%, brzozy 10%; inne gatunki występowały



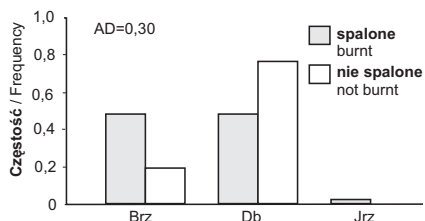
Rycina 8. Frekwencja siewek, nalotów i niskich podrostów różnych gatunków w spalonych i niespalonych drzewostanach sosnowych II klasy wieku

Figure 8. Attendance of seedlings, natural seedlings and low undergrowth of different species in burned pine stands of 2nd age class.



Rycina 9. Frekwencja siewek, nalotów i niskich podrostów różnych gatunków w spalonych i niespalonych drzewostanach sosnowych III klasy wieku

Figure 9. Attendance of seedlings, natural seedlings and low undergrowth of different species in burnt pine stands of the 3rd age class.



Rycina 10. Frekwencja wysokiego podrostu różnych gatunków w spalonych i niespalonych drzewostanach sosnowych III klasy wieku

Figure 10. Attendance of high undergrowth of different species in burnt and not burnt pine stands of the 3rd age class

sporadycznie. Na powierzchniach niedotkniętych pożarem pokrywy gleby dominującym rodzajem był dąb, który stanowił aż 70% składu odnowienia, udział sosny wyniósł 21%, inne gatunki występowały sporadycznie.

Współczynnik rozbieżności AD obliczony dla rozkładu zróżnicowania gatunkowego samosiewów w drzewostanach III klasy wieku w kategorii dotkniętych i niedotkniętych pożarem wyniósł 0,42 (ryc. 9), co wskazuje na znaczną różnicę pomiędzy obydwooma kategoriami drzewostanów.

Nie analizowano zagęszczenia wysokich podrostów w drzewostanach sosnowych w II klasie wieku, gdyż we fragmentach dotkniętych pożarem rosło tylko jedno drzewko (dąb), a w nieuszkodzonych rosło łącznie 8 drzew (7 jarzębów i 1 dąb) na 2 powierzchniach.

W drzewostanach III klasy wieku wysoki podrost wystąpił na 8 powierzchniach. Średnie zagęszczenie podrostu na tych powierzchniach wyniosło 50 szt./ha we fragmentach dotkniętych pożarem, 350 szt./ha we fragmentach nieuszkodzonych. Stwierdzona różnica zagęszczenia wysokiego podrostu znajduje się na granicy istotności statystycznej, przy przyjętym poziomie ufności 0,95 (tab. 4).

Skład gatunkowy wysokiego podrostu w drzewostanach sosnowych III klasy wieku niedotkniętych pożarem był następujący: dąb – 78%, brzoza – 20%, jarząb – 2%. Na 15 powierzchniach dotkniętych pożarem stwierdzono 2 dęby i 2 brzozy. Współczynnik rozbieżności AD rozkładu częstości poszczególnych rodzajów wysokiego podrostu w drzewostanach dotkniętych i niedotkniętych pożarem był wysoki i wyniósł 0,30 (ryc. 10).

4. Dyskusja wyników

Struktura drzewostanów

W przypadku zagęszczenia drzew uzyskane w tej pracy wyniki nie potwierdzają rezultatów wcześniejszych badań (Hille 2006; Sidoroff et al. 2007). Porównanie zagęszczenia drzew na powierzchniach dotkniętych i niedotkniętych pożarem pokrywy gleby w drzewostanach II i III klasy wieku nie wykazało bowiem istotnych różnic. W drzewostanach III klasy wieku, średnie zagęszczenie drzew na powierzchniach spalonych było nawet nieco większe niż na powierzchniach niespalonych. W przypadku badań Hille'a (2006), zagęszczenie drzew w części spalonej wyniosło 1560 szt./ha, podczas gdy w części nie spalonej 1840 szt./ha (test t , $df=4$, $t=1,51$, $p=0,096$).

Wyraźniejsze różnice między częściami drzewostanów objętymi i nieobjętymi przez pożar wystąpiły w przypadku średniej wysokości drzew. W drzewostanach II klasy wieku różnice te były istotne statystycznie.

Przyczyną zahamowania wzrostu drzew na wysokość w częściach drzewostanów objętych pożarami może być obumarcie drobnych korzeni. Smirnova i in. (2008), którzy badali rozwój korzeni sosny zwyczajnej w zależności od stopnia uszkodzenia korony od pożaru, stwierdzili znaczną redukcję masy drobnych korzeni pod wpływem pożaru. Wspomniani autorzy stwierdzili również, że drzewa uszkodzone przez pożar w pierwszej kolejności dążą do przywrócenia normalnej funkcji drobnych korzeni, nawet kosztem rozwoju części nadziemnej (Smirnova et al. 2008). Można przypuszczać, że podobna sytuacja wystąpiła również na powierzchniach badanych w ramach tej pracy.

Smirnova i in. (2008) zwracają również uwagę na znaczenie głębokości spalenia martwej pokrywy gleby, obejmującej górną nie rozłożoną oraz dolną częściowo rozłożoną warstwę ściółki leśnej dla rozwoju drobnych korzeni drzew. Im większa głębokość spalenia tych warstw, tym większe prawdopodobieństwo uszkodzenia korzeni. W tym kontekście trzeba podkreślić fakt, że wyniki uzyskane w tej pracy wskazują na znaczną redukcję dolnej częściowo rozłożonej warstwy ściółki leśnej pod wpływem pożaru, co pośrednio może wskazywać na duży stopień uszkodzenia korzeni na powierzchniach dotkniętych pożarem (zarówno w II, jak i w III klasie wieku).

Trzeba też wziąć pod uwagę fakt, że w przypadku drzewostanów sosnowych II klasy wieku pochodzących z sadzenia, mogło jeszcze nie dojść do powstania odpowiednio grubej dolnej, częściowo rozłożonej warstwy ściółki leśnej, która by stanowiła skuteczną warstwę izolacyjną dla przenikania ciepła w głąb profilu glebowego, chroniąc w ten sposób korzenie przed zamieraniem.

Hille (2006) stwierdził istotne różnice grubości dolnej warstwy ściółki leśnej w brzdach i pomiędzy brzdami w 43-letnim jednogatunkowym drzewostanie sosnowym, zarówno w części spalonej, jak i niespalonej. W przypadku drzewostanów III klasy wieku, w których grubość dolnej warstwy ściółki leśnej jest większa niż w drzewostanach II klasy wieku, wpływ tego typu pożaru na późniejszy stopień wypalenia ściółki i na oddziaływanie temperatur na drobne korzenie mógłby być mniejszy, a przez to uszkodzenie drobnych korzeni mogło być też mniejsze. Jednak z uwagi na fakt, iż zakres tej pracy nie obejmował badań korzeni drzew, rozważania dotyczące tego problemu mają w dużym stopniu charakter hipotetyczny.

W odniesieniu do innych cech drzewostanów badanych w ramach tej pracy, takich jak rozkład grubości drzew, uzyskane wyniki nie potwierdzają rezultatów wcześniejszych prac (Hille 2006). W obu klasach wieku udział drzew o najmniejszej pierśnicy (II klasa: 8 cm i 12 cm grubości; III klasa: 12 cm i 16 cm) był większy w

drzewostanach spalonych niż w drzewostanach niedotkniętych pożarem. W badaniach prowadzonych przez Hille'a (2006) udział drzew cienkich był mniejszy w części spalonej niż w niespalonej. Na tej podstawie wspomniany autor wyciągnął wniosek o selektywnej roli pożaru, którego skutki można porównać do efektów zastosowania trzebieży dolnej. Nie potwierdzono wyników badań Hille'a.

Być może przyczyną rozbieżności wyników tej pracy i cytowanymi wyżej badaniami Hille'a (2006) należy upatrywać w sposobie wykonywania zabiegów gospodarczych. W drzewostanach badanych przez Hille'a (2006) nie wykonywano żadnych zabiegów gospodarczych po przejściu pożaru, w przeciwieństwie do powierzchni badanych w ramach tej pracy, na których występowały dość licznie pniaki drzew stosunkowo świeże – w wieku 2–3 lat. Niewykluczone więc, że przeprowadzone zabiegi pielęgnacyjno-sanitarne przyczyniły się do zatarcia ewentualnych różnic między spalonymi i niespalonymi częściami drzewostanów.

Elementy dna lasu

Badania dotyczące wpływu pożarów pokrywy gleby na ilość martwego leżącego drewna, grubość górnej ściółki leśnej oraz pokrycie powierzchni przez warstwę zielną i warstwę krzewów w drzewostanach sosnowych prowadzili m.in. Gorshkov i Bakkal (1996), Hille i Den Ouden (2005) oraz Marozas i in. (2007).

Hille i Den Ouden (2005) stwierdzili, iż ilość świeżego opadu organicznego występującego w drzewostanach sosnowych jest stała, niezależnie od wieku drzewostanu (około 15 t/ha) i zrównoważona z tempem jego rozkładu, a ilość dolnej częściowo rozłożonej warstwy ściółki leśnej wzrasta wraz z wiekiem drzewostanu (do 45 t/ha w drzewostanach 120-letnich). Ilość martwego leżącego drewna jest wg nich bardzo zmienna, nie związana z wiekiem drzewostanu.

W niniejszej pracy badano masę (w kilogramach) martwego leżącego drewna (cienkiego i grubszego) na 1 m² powierzchni dna lasu, grubość górnej nierozłożonej oraz dolnej częściowo rozłożonej warstw ściółki leśnej (w cm). W literaturze brak takich porównań dla lasów Europy, natomiast wiele dotyczy lasów w Ameryce Północnej. Przykładem może być praca Stephensa i Moghaddasa (2005), którzy stwierdzili, iż pożar kontrolowany znacząco zmniejszył całkowitą ilość martwego leżącego drewna oraz grubość obu warstw ściółki leśnej (o 90%).

Otrzymane w tej pracy wyniki są odmienne. Średnia ilość martwego, leżącego drewna w drzewostanach II klasy wieku dotkniętych pożarem była większa niż w lasach nieuszkodzonych, co wskazuje na kumulację tego typu materiału po pożarze. Takie nagromadzenie cien-

kiego martwego leżącego drewna mogło wynikać z nierównomiernego nasilenia trzebieży, jakie były prowadzone w badanych drzewostanach w ostatnich latach ($AD=0,13$).

Także wyniki dotyczące grubości górnej nie rozłożonej warstwy ściółki leśnej znacznie odbiegają od wyników innych autorów (Hille 2006), gdyż grubość tej warstwy w części spalonej była większa niż w części nieuszkodzonej pożarem (2006). Jedynie w odniesieniu do grubości dolnej, częściowo rozłożonej warstwy ściółki leśnej, która na powierzchni po pożarze uległa znacznemu zmniejszeniu, potwierdziły się wyniki wcześniejszych prac (Hille 2006).

Duże nagromadzenie górnej warstwy oraz znaczna redukcja miąższości dolnej warstwy ściółki leśnej w drzewostanach sosnowych może świadczyć o zahamowaniu procesów rozkładu tego opadu. Jak wskazują niektóre badania (Malmström et al. 2008), pożar pokrywy gleby niszczy mikroorganizmy, które są odpowiedzialne za rozkład martwej materii organicznej i powstawanie próchnicy.

Innym elementem dna lasu, na który pożar wywiera bezpośredni wpływ, jest runo leśne. Badania w tym zakresie prowadzili m.in. Marozas i in. (2007), którzy stwierdzili, iż po pożarze warstwa zielna i krzewinek odbudowuje się już po 5–6 latach, natomiast mech – po 9 latach. Podobne wyniki uzyskali Gorshkov i Bakkal (1996). W tej pracy badano tylko pokrycie powierzchni przez warstwę zielną i warstwę krzewów. Uzyskane wyniki nie różnią się od wyników prac Gorshkova i Bakkala (1996), Karlikowskiego i in. (1982) czy Marozasa i in. (2007). Brak istotnych różnic w pokryciu powierzchni przez warstwę zielną pomiędzy powierzchnią uszkodzoną przez pożar i nieuszkodzoną świadczy o szybkim tempie odbudowy tej warstwy.

Jeżeli chodzi o warstwę krzewów, to otrzymane wyniki nie potwierdzają wyników badań innych autorów (Marozas i in. 2007), gdyż ani w drzewostanach sosnowych II, ani III klasy wieku nie było istotnych różnic pomiędzy powierzchnią spaloną i niespaloną.

Odnowienie naturalne

Badania dotyczące wpływu pożarów pokrywy gleby na odnowienie naturalne w drzewostanach sosnowych prowadzili m.in. Hille (2006) oraz Marozas i in. (2007).

Hille (2006) badał pojawianie się i wzrost siewek sosnowych w drzewostanach sosny zwyczajnej w zależności od wariantu przygotowania gleby. Stwierdził, iż w drzewostanach po pożarze pokrywy gleby największe zagęszczenie siewek było w miejscach, gdzie gleba została spulchniona. Brak jakiegokolwiek przygotowania gleby skutkowało słabym odnowieniem.

Marozas i in. (2007) prowadzili badania nad regeneracją poszczególnych gatunków drzew w drzewostanach sosnowych po pożarach pokrywy gleby. Pożar pokrywy gleby pobudzał regenerację sosny, brzozy i osiki. Szczególnie intensywne odnowienie sosny obserwowali oni w ciągu pierwszych 4 lat po pożarze. Po tym okresie, w wyniku regeneracji warstwy zielnej, proces ten uległ zahamowaniu.

W drzewostanach sosnowych II klasy wieku nie stwierdzono istotnych różnic w zagęszczeniu samosiewów pomiędzy częścią dotkniętą, a nie dotkniętą pożarem pokrywy gleby. Mimo wystąpienia pożaru, nie zaobserwowano zwiększonej regeneracji gatunków drzew, które normalnie odnawiają się w tych warunkach. Może to wiązać się z młodym wiekiem tych drzewostanów, które nie są zdolne do obradzania nasion, oraz dużą odległością od drzewostanów dojrzałych, których nasiona mogłyby być przyniesione z wiatrem.

Wyniki podobne jak w pracach Ryana i Frensdena (1991), Stephensa i Finney'a (2002) oraz Marozasa i in. (2007), uzyskano w przypadku zagęszczenia wysokiego podrostu. W drzewostanach sosnowych II klasy wieku, z uwagi na ich młody wiek, było bardzo mało wysokiego podrostu, a w drzewostanach III klasy wieku wysokie podrosty były niszczone przez pożar pokrywy gleby.

Podsumowując, można stwierdzić, iż pożar pokrywy gleby o małej intensywności nie powoduje istotnych zmian w strukturze drzewostanów sosnowych II i III klasy wieku, w porównaniu do drzewostanów nieobjętych tego typu pożarem. Jednak mimo małej intensywności pożaru, wpływał on na przyrost drzew na wysokość. W drzewostanach sosnowych II klasy wieku wpływ ten był istotny. W przypadku dna lasu, widocznym efektem wpływu tego typu pożaru, zarówno w drzewostanach II, jak i III klasy wieku, jest kumulacja nierozłożonej górnej warstwy ściółki leśnej i znaczne zredukowanie dolnej warstwy. Duże nagromadzenie drobnych materiałów palnych w drzewostanach II klasy wieku dotkniętych pożarem pokrywy gleby może być rezultatem przeprowadzenia zabiegów gospodarczych. Niewątpliwie pożar pokrywy gleby powstający w drzewostanach sosnowych III klasy wieku, przyczynia się do obfitego odnowienia sosny i brzozy. Jednak szybko regenerująca się warstwa zielna może uniemożliwiać powstawanie odnowień w dalszych latach oraz może stanowić konkurencję dla odnowień już powstałych. Widocznym skutkiem wystąpienia pożaru pokrywy gleby w drzewostanach sosnowych III klasy wieku jest również znaczna redukcja podrostów dębowych.

5. Wnioski

Analiza struktury drzewostanów i ilości elementów dna lasu pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

1) fragmenty drzewostanów sosnowych, zarówno II, jak i III klasy wieku, dotknięte pożarem pokrywy gleby, nie różnią się istotnie od fragmentów nieuszkodzonych przez pożar;

2) mimo małej intensywności pożaru pokrywy gleby, zmniejszenie przyrostu wysokości drzew w drzewostanach II klasy wieku i jego zahamowanie w drzewostanach III klasy wieku było istotne statystycznie;

3) różnice w zagęszczeniu cienkiego, martwego drewna w uszkodzonych przez pożar i nieuszkodzonych drzewostanach II klasy wieku mogą wynikać z niejednakowego nasilenia trzebieży, jakie były prowadzone na tych powierzchniach po pożarach;

4) w drzewostanach sosnowych uszkodzonych przez pożar, zarówno II, jak i III klasy wieku, obserwowana jest kumulacja górnej, nie rozłożonej warstwy ściółki leśnej oraz istotne zredukowanie grubości warstwy dolnej;

5) szybkie odbudowanie warstwy zielnej może świadczyć o tym, iż mimo wysokiej podatności boru świeżego na pożar pokrywy gleby, jest ona w stanie szybko powrócić do stanu pierwotnego;

6) pożar pokrywy gleby wpłynął pozytywnie na liczebność odnowienia sosny i brzozy w drzewostanach sosnowych III klasy wieku;

7) nastąpiła znaczna redukcja wysokich podrostów dębowych w drzewostanach III klasy wieku.

W świetle badań literaturowych i wyników własnych badań można przypuszczać, iż duże zagęszczenie materiałów palnych, nagromadzenie górnej nierozłożonej warstwy ściółki leśnej i znaczna redukcja dolnej warstwy po pożarach pokrywy gleby w drzewostanach sosnowych II klasy wieku, w przypadku kolejnego pożaru mogą prowadzić do zamierania korzeni drzew, a w konsekwencji do zamierania całych drzew. Zjawisko to wymaga jednak dalszych badań.

Podziękowania

Artykuł powstał w ramach pracy doktorskiej realizowanej przez autora w Instytucie Badawczym Leśnictwa w Sękocinie Starym, finansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Literatura

- Fire Fuel Protocol. 2005. Land Cover/Biology. www.globe.gov/tctg/land_prot_firefuel.pdf?sectionId=589.
- Aquirre O., Hui G., von Gadow K., Jiménez J. 2003. An analysis of spatial forest structure using neighbourhood-based variables. *Forest Ecology and Management*, 183: 137–145.
- Gorshkov V.V., Bakkał I.J. 1996. Species richness and structure variations of Scots pine forest communities during the period from 5 to 210 years after fire. *Silva Fennica*, 30 (2–3): 329–340.
- Hille M. 2006. Fire Ecology of Scots Pine in North-West Europe. Wageningen University, The Netherlands. ISBN 90-8504-283-6; 179 pp.
- Hille M., den Ouden J. 2005. Fuel load, humus consumption and humus moisture dynamics in Central European Scots pine stands. *International Journal of Wildland Fire*, 14: 153–159.
- Karlikowski T., Rzewuski T., Walachowski K., Santorski Z. 1982. Badanie ujemnych skutków pożaru na środowisko leśne oraz ustalenie zasad zagospodarowania terenów objętych pożarami. Dokumentacja IBL, Warszawa.
- Lech P., Sierota Z. 1996. Instrukcja zakładania powierzchni i oceny stanu zagrożenia w monitoringu fitopatologicznym. Warszawa, Instytut Badawczy Leśnictwa.
- Malmström A., Persson T., Ahström K. 2008. Effects of fire intensity on survival and recovery of soil microarthropods after a clearcut burning. *Canadian Journal of Forest Research*, 38, 9: 2465–2475.
- Marozas V., Racinkas J., Bartkevicius E. 2007. Dynamics of ground vegetation after surface fires in hemiboreal *Pinus sylvestris* forests. *Forest Ecology and Management*, 250: 47–55.
- Pommerening A. 2002. Approaches to quantifying forest structures. *Forestry*, 75, 3: 305–324.
- Runkle J. R. 1985. Disturbance regime in temperate forests. w: *The ecology of natural disturbances and patch dynamics* (eds: S. T. A. Pickett, P. S. White). New York, Academic Press, 17–33.
- Smirnova E., Bergeron Y., Brais S., Granström A. 2008. Post-fire root distribution of Scots pine in relation to fire behaviour. *Canadian Journal of Forest Research*, 1, 38: 353–362.
- Stephens S.L., Moghaddas J.J. 2005. Experimental fuel treatment impacts on forest structure, potential fire behavior, and predicted tree mortality in a California mixed conifer forest. *Forest Ecology and Management*, 215: 21–36.
- Szczygieł R., Ubysz B., Piwnicki J. 2008. Wpływ zmian klimatycznych na kształtowanie się zagrożenia pożarowego lasów w Polsce. *Leśne Prace Badawcze*, 69 (1): 67–72.