

Dorota Dobrowolska¹

Odnowienie naturalne na powierzchniach uszkodzonych przez pożar w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie

Natural regeneration on post-fire area in Rudy Raciborskie Forest District

Abstract. The study was conducted on post-fire area in Upper Silesia (Rudy Raciborskie Forest District). Its aim was to find out the growth and development pattern (species structure change) of spontaneous regeneration on different areas damaged by fire in 1992. Firstly, the area, distribution, species composition and changes of natural regeneration were described, than growth and vitality of spontaneous regeneration was investigated on 9 study plots (area of 100 m² each) established in 2007. The total area of natural regeneration in the forest district in 1998 was 1512.19 ha. Birch was the main regenerated tree species in the forest division occupying 88% of burnt area. Ten years later the percentage of birch decreased to 36%. During that time the share of Scots pine spontaneous regeneration increased. The main regenerated tree species registered on the study plots established in 2007 was also pine. Its density ranged from 1,040 to 87,200 ha⁻¹. Pine height and d.b.h. were significantly different between plots. The average height increment (2004–2006) was dependent on the site type. The lowest height increment was found on BMśw, and the highest on BMw. Pine trees were damaged by roe deer (tapping). The level of damage relayed on tree density on the study area.

Key words: fire, *Pinus sylvestris*, disturbances, spontaneous regeneration, growth.

1. Wstęp

Pożar jest jednym z częstych zjawisk o charakterze katastroficznym, występującym w wielu typach lasów, którego nie da się uniknąć ani przewidzieć. Jest on również ważnym czynnikiem kształtującym roślinność na świecie. Skład gatunkowy lasów jest często determinowany przez pożary. Na północno-wschodnich obszarach w USA osika, brzoza, sosna czerwona i sosna Banksa trwają dzięki pożarom. Z kolei jedlica jest głównym gatunkiem pojawiającym się na spalonych powierzchniach leśnych w północno-zachodniej części Stanów Zjednoczonych (Kozłowsky et Pallardy 1997). W lasach borealnych przyczyną pożarów są wyładowania atmosferyczne lub działalność człowieka. Średni okres czasu upływający pomiędzy kolejnymi pożarami lasu zależy od wielu czynników. m.in.: klimatu, wysokości n.p.m., typu siedliska i struktury krajobrazu (Linder et al. 1998).

W ostatnich dekadach wzrosło zainteresowanie ekologicznym znaczeniem pożarów w lasach (Rebertus et Burns 1997; Veblen 1999). Znaczna część współczes-

nych badań wpływu pożaru na lasy koncentruje się na teorii i modelowaniu (Stocks i in. 2004; Benavent-Corai et al. 2007). Natomiast niewielka ich część to prace eksperymentalne i badania prowadzone na terenie uszkodzonym przez pożar (Grott et al. 2004). A zatem regeneracja powierzchni zniszczonych przez pożar pozostaje wciąż otwartym problemem wymagającym dalszych badań.

Nasze lasy zaliczane są do najbardziej palnych w Europie Środkowej, co wiąże się zarówno z ich składem gatunkowym, wiekiem, siedliskiem, klimatem, jak i powszechną dostępnością (a więc dużym niebezpieczeństwem zaproszenia ognia). W ostatnich latach w Polsce systematycznie spada średnia powierzchnia pożaru (ogień dostrzegany jest wcześniej i udaje się go zdławić w początkowej fazie), jednak zdarzają się pożary obejmujące ogromne obszary leśne. Na przykład w 1992 r. w Puszczy Noteckiej na terenie Nadleśnictwa Potrzebowice spaliło się 5900 ha lasu, a na Śląsku pożar objął swym zasięgiem ponad 9000 ha lasów na terenie nadleśnictw: Rudy Raciborskie, Rudziniec i Kędzierzyn.

¹ Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Ekologii Lasu i Łowiectwa, Sękocin Las, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn;
Fax: 022 7200397, e-mail: D.Dobrowolska@ibles.waw.pl

W obu przypadkach ogromnym kosztem odnowiono rozległe obszary. Usunięto miliony metrów sześciennych drewna, a na tysiącach hektarów założono uprawy leśne.

W polskim leśnictwie coraz większą wagę przywiązuje się do odnowienia naturalnego lasu. Zgodnie z Zasadami Hodowli Lasu (Rozwałka 2003) odnowienie naturalne powinno być stosowane wszędzie tam, gdzie lokalne warunki siedliskowe i drzewostanowe na to pozwalają. Wydaje się, że nie powinno być żadnych przeciwwskazań do wykorzystywania odnowień naturalnych także na powierzchniach po klęskach żywiołowych. Na terenie Nadleśnictwa Rudy Raciborskie wykorzystano wszelkie samosiewy, jakie pojawiły się w pierwszych latach po pożarze. Natomiast w innych nadleśnictwach na powierzchniach spalonych w 1992 r. stosowano jedynie odnowienie sztuczne. Przeprowadzenie analizy efektów odnowienia uzyskanego tymi dwoma sposobami umożliwi odpowiedź na pytanie, czy można odnawiać w sposób naturalny powierzchnie uszkodzone przez pożar.

Celem badań było poznanie wzrostu i rozwoju drzewostanów powstałych z odnowienia naturalnego na powierzchniach uszkodzonych przez pożar w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie. Przeprowadzone badania miały także na celu poznanie zmian zachodzących w drzewostanach odnowionych naturalnie po upływie 15 lat od pożaru.

2. Obiekt badań

Nadleśnictwo Rudy Raciborskie leży u wrót Bramy Morawskiej, po obu stronach Odry. Powierzchnia gruntów administrowanych przez nie wynosi 17,780 ha, w tym 16,913 ha lasów, które położone są na styku Płaskowyżu Rybnickiego i Kotliny Raciborskiej. Nadleśnictwo to leży w Krainie Śląskiej, Dzielnicy Kędzierzyńsko-Rybnickiej. W południowej części Rud, na granicy z Rybnikiem, znajduje się najwyższy punkt sięgający 271 m n.p.m. Początkowo okoliczne tereny były bardzo zalesione, a drzewostany składały się z buków, dębów, sosen, świerków i jodeł. W XVIII wieku wytrzebiono niemal zupełnie buki i dęby, a zanieczyszczenie środowiska spowodowało zanik jodły, którą zastąpiono modrzewiami oraz gatunkami liściastymi. Położenie w Bramie Morawskiej powoduje, że do Rud docierają ciepłe i raczej suche masy powietrza z południa. Średnia roczna temperatura powietrza wynosi 8,5°C, lipca – 18,5°C, stycznia – -2,5°C. Do najdłuższych w Polsce należy też okres wegetacyjny – 225 dni. Ilość opadów w ciągu roku wynosi około 750 mm (Frączek et al. 1998).

Lasy Górnego Śląska od bardzo dawna były zagrożone pożarami, np. w okresie Powstań Śląskich spłonęło około 500 ha lasów. W 1992 r. przewidywano, że może dojść w Rudach Raciborskich do takiej katastrofy

ze względu na jednolitą strukturę drzewostanów. Pożar, który miał miejsce w tym roku, objął powierzchnię około 4,5 tys. ha. Obszar ten przed pożarem porastały 50–60-letnie drzewostany z 90% udziałem sosny. Dominującymi typami siedlisk były BMśw i BMw, które zajmowały około 80% powierzchni. Przeważały gleby rdzawe wytworzone z piasków luźnych i słabo gliniastych. Pod drzewostanami występował licznie trzcinnik (Zwoliński et al. 2004).

W 1996 r. dokonano oceny stanu upraw i odnowień naturalnych na terenach zniszczonych przez pożar (Operat 1996). W zasadzie odnowienie pożarzyska zakończono w 1997 r., chociaż odnowienia naturalne były uznawane jeszcze w 1998 r. Następną ocenę stanu drzewostanów w tym odnowień naturalnych dokonano w 2006 r. (Operat 2006).

3. Metodyka

W pierwszym etapie badań scharakteryzowano stan odnowień naturalnych drzew na terenach uszkodzonych przez pożar w całym Nadleśnictwie Rudy Raciborskie. Określono powierzchnię odnowień naturalnych w poszczególnych leśnictwach. Przedstawiono również występowanie samosiewów w zależności od siedliskowych typów lasu. Ponadto analizowano zmiany w składzie gatunkowym odnowień naturalnych na przykładzie leśnictwa Borowiec. Do badań wybrano drzewostany położone w leśnictwie Borowiec, ponieważ można było odtworzyć zmiany zachodzące na powierzchniach odnowionych naturalnie w ciągu 15 lat. W pozostałych leśnictwach śledzenie zmian składu gatunkowego odnowień było niemożliwe, ze względu na zmiany granic poszczególnych wydziałów w dwóch kolejnych operatach urzędzeniowych.

W drugim etapie przeprowadzono szczegółowe badania wzrostu i rozwoju drzewostanów na 9 powierzchniach badawczych, które reprezentowały stan odnowień naturalnych w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie. Powierzchnie badawcze założono na przeważających tu siedliskach BMśw i BMw, z wyjątkiem powierzchni w oddz. 11d, którą usytuowano na siedlisku LMw. Udział sosny i brzozy w składzie gatunkowym drzewostanu był zróżnicowany (tab. 1). Wiek odnowień wynosił 12–13 lat, oprócz powierzchni w oddz. 11d, w którym sosna miała 10 lat. Zadrzewienie powierzchni badawczych wahało się od 0,7 do 0,9. Na przeważającym obszarze występowały gleby bielicowe właściwe (Bw). Na dwóch powierzchniach wyróżniono gleby opadowo-glejowe (OGw) oraz gleby rdzawe bielicowe (RDb). W każdym wydziale założono powierzchnie próbne o wielkości 10×10 m. Wyjątkiem było wydział 135a, w którym założono powierzchnie próbne o wymiarach 1×5 m. Przyjęto tak małą powierzchnię próbną ze względu na

Tabela 1. Charakterystyka powierzchni badawczych w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie

Table 1. Characteristics of study plots in the Rudy Raciborskie Forest District

Oddz. Comp.	Leśnictwo Forest range	Pow. Area (ha)	STL Site type	Skład gatunkowy Species composition		Wiek Age	Zadrze- wienie Stocking	Gleba Soil
6p	Kotlarnia	1,76	BMśw	8 Brz 2 So	13	0,8	Bw, ps/pl	
79c	Solarnia	14,52	BMśw	8 So 1 Brz 1 Md	13–13–10	0,9	RDb, pls	
135a	Solarnia	6,82	BMśw	7 So 3 Brz	12	0,9	Bw, pls	
25c	Kotlarnia	15,74	BMw	6 So 4 Brz	12	0,7	Bw, pls	
78c	Borowiec	21,87	BMw	8 So 2 Brz	12	0,9	Bw, ps/pl	
79a	Borowiec	29,44	BMw	7 So 3 Brz	13	0,9	Bw, ps/pl	
80b	Borowiec	22,61	BMw	7 So 3 Brz	13	0,9	Bgw, ps/pl	
115d	Borowiec	17,74	BMw	6 Brz 4 So	13	0,8	Gw, pl/pg/gś	
11d	Kotlarnia	26,63	LMw	8 Brz 2 So	13–10	0,7	OGw, pg/gśc	

Oznaczenia: Bw – gleby bielcowe właściwe, RDb – gleby rdzawe bielcowe, OGw – gleby opadowo-glejowe właściwe, Bgw – gleby glejowo-bielcowe właściwe, Gw – gleby gruntowo-glejowe właściwe

Designations: BMśw – fresh mixed coniferous site type, BMw – moist mixed coniferous site type, LMw – moist mixed broadleaved site type, Brz – birch, So – pine; Bw – podzol soils, RDb – albic arenosols soils, OGw – stagnihaplic gleysols soils, Bgw – gleyic podzols soils; soil texture group: ps/pl – fine loamy sand/loamy sand, pls – very fine loamy sand, pls/pl – very fine loamy sand/fine sand, pl/pg/gś – fine sand/loamy sand/sandy clay, pg/gśc – loamy sand/clay loam.

zagęszczenie drzew w wybranym drzewostanie. W każdym wydzieleniu usytuowano po 5 powierzchni próbnych (Corona et al. 1998).

Pomiary przeprowadzono latem 2007 r. Na powierzchniach próbnych zmierzono wysokość i pierśnicę wszystkich drzew. W przypadku sosny dokonano pomiaru przyrostów wysokości w latach 2004–2006 oraz określono uszkodzenia i wady wszystkich drzew. Wśród uszkodzeń stwierdzono spalowanie i przebarwienia igliwia, a wśród wad dwójki i krzywizny pnia.

Wpływ warunków wzrostu (wszystkich czynników różnicujących powierzchnie badawcze) oraz siedliskowego typu lasu na wysokość i grubość drzew oraz przyrost wysokości sosny badano za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA). Istotność różnic omawianych parametrów wzrostu pomiędzy powierzchniami próbnymi określono stosując test Tukey'a. Do badań wykorzystano program statystyczny Statistica.

Tabela 2. Powierzchnia i skład gatunkowy odnowień naturalnych na pożarysku w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie (wg stanu na rok 1998)

Table 2. Area and species composition of natural regeneration on post-fire area in the Rudy Raciborskie Forest District (in the year 1998)

Leśnictwo Forest range		Odnowienie naturalne według gatunków Natural regeneration of species				Razem Total (ha)
		brzoza birch	sosna pine	modrzew larch	osika aspen	
Kiczowa	ha	81,22	17,095	0,38	0	98,70
	%	82	17	1	0	
Lubieszów	ha	82,275	37,355	0,97	0	120,60
	%	68	31	1	0	
Solarnia	ha	236,725	74,275	0	0	311,00
	%	76	24	0	0	
Kotlarnia	ha	298,68	39,045	0	0	339,033
	%	88	12	0	0	
Borowiec	ha	175,102	29,572	0	0,406	205,08
	%	85	14	0	1	
Ruda Koz.	ha	338,44	73,646	0,20	0	404,69
	%	82	18	0	0	
Bargłówka	ha	12,905	19,885	0	0	32,79
	%	39	61	0	0	
Razem Total	ha	1217,75	290,87	3,16	0,406	1512,19
	%	80,5	19	0,5	0	

4. Wyniki

Ogólna charakterystyka odnowień w Rudach Raciborskich

W 1998 r. odnowienia naturalne na terenie Nadleśnictwa Rudy Raciborskie zajmowały powierzchnię 1512,19 ha (tab. 2). Na pożarzysku pojawiło się odnowienie brzozy brodawkowatej (*Betula verrucosa* Ehrh.), sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) i osiki (*Populus tremula* L.). Dominującym gatunkiem była brzoza, która zajmowała powierzchnię 1217,75 ha (80,5%). Odnowienie sosny stwierdzono na powierzchni 290,97 ha (19%). Modrzew i osika pokrywały powierzchnię 3,57 ha (0,5%). W poszczególnych leśnictwach powierzchnia odnowień naturalnych była zróżnicowana i wahała się

od 32,79 ha w leśnictwie Bargłówka do 404,69 ha w leśnictwie Ruda Kozielska. Udział sosny w odnowieniu w poszczególnych leśnictwach mieścił się w przedziale 12–61%. Natomiast udział brzozy był większy w badanych leśnictwach i wynosił 39–88%. Najmniej brzozy stwierdzono w leśnictwie Bargłówka, a najwięcej – w leśnictwie Kotlarnia. Nieliczne odnowienie modrzewia zaobserwowano w leśnictwach Kiczowa, Lubieszów i Ruda.

W tabeli 3 przedstawiono udział gatunków odnowienia naturalnego w zależności od siedliskowych typów lasu w 1998 r. We wszystkich leśnictwach, z wyjątkiem Bargłówki, dominującym gatunkiem w odnowieniach była brzoza. Udział jej w odnowieniu wahał się od 72 do 100% w zależności od siedliska i leśnictwa. Odnowienie tego gatunku pojawiło się na siedliskach borowych: BMśw, BMw, Bw i Bśw oraz na siedliskach

Tabela 3. Skład gatunkowy odnowień naturalnych (wg powierzchni pokrycia w ha) w różnych warunkach siedliskowych w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie (wg stanu na rok 1998)

Table 3. Species composition of natural regeneration (cover area in ha) on forest site types in the Rudy Raciborskie Forest District (according to 1998)

Leśnictwo Forest range	STL Site type	Brzoza Birch	Sosna Pine	Modrzew Larch	Osika Aspen
Kiczowa	BMśw	27,21	15,34	0	0
	LMśw	41,54	1,76	0,38	0
	LMw	2,48	0	0	0
	Lśw	9,99	0	0	0
Lubieszów	BMśw	25,98	23,60	0,97	0
	BMw	24,51	8,50	0	0
	LMśw	24,64	5,26	0	0
	LMw	7,14	0	0	0
Solarnia	BMśw	84,51	56,57	0	0
	BMw	58,52	2,51	0	0
	LMśw	51,09	6,67	0	0
	LMw	42,61	8,54	0	0
Kotlarnia	BMśw	118,03	22,40	0	0
	BMw	66,75	4,86	0	0
	Bw	71,92	11,78	1,61	0
	LMśw	37,41	0	0	0
	LMw	4,57	0	0	0
Borowiec	BMśw	33,91	19,11	0	0
	BMw	113,88	8,28	0	0
	LMśw	5,68	1,25	0	0
	LMw	21,64	0,92	0	0,41
Ruda Kozielska	BMśw	75,83	52,01	0	0
	BMw	209,01	24,64	0,20	0
	Bśw	7,03	0	0	0
	Bw	24,77	0	0	0
	LMśw	0,58	0	0	0
	LMw	13,62	0	0	0
Bargłówka	BMśw	1,48	1,48	0	0
	BMw	11,42	18,41	0	0

Designations: Bśw – fresh coniferous site type, Bw – moist coniferous site type, BMśw – fresh mixed coniferous site type, BMw – moist mixed coniferous site type, LMśw – fresh mixed broadleaved site type, LMw – moist mixed broadleaved site type, Lśw – fresh broadleaved site type

Tabela 4. Zmiany składu gatunkowego odnowień naturalnych w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie na przykładzie leśnictwa Borowiec

Table 4. Changes of natural regeneration species composition in the Rudy Raciborskie Forest District based on Borowiec Forest Range

Gatunek Species	Rok / Year			
	1996		2006	
	ha	%	ha	%
Brzoza Birch	353,115	88	144,620	36
Sosna Pine	46,429	12	235,445	59
Modrzew Larch	0,200	0	7,251	2
Osika Aspen	0,406	0	0,406	0
Olsza Alder	0	0	6,756	2
Świerk Spruce	0	0	4,604	1
Dąb Oak	0	0	1,068	0

lasowych: LMśw, LMw i Lśw. Sosna odnowiła się głównie na siedlisku BMśw. Modrzew występował na różnych siedliskach.

Odnowienia naturalne drzew na powierzchniach uszkodzonych przez pożar podlegały ciągłym zmianom (tab. 4). Zmieniał się udział poszczególnych gatunków oraz pojawiały się nowe gatunki w odnowieniu. W 1996 r. udział brzozy w odnowieniach naturalnych leśnictwa Borowiec wynosił 88%. Dziesięć lat później udział tego gatunku zmalał do 36%. Natomiast zwiększył się udział sosny z 12 do 59%. W odnowieniu pojawiły się nowe gatunki: świerk (1%) oraz osika, olsza i dąb. Obecność odnowienia modrzewia stwierdzono na 2% powierzchni.

Szczegółowa charakterystyka odnowień na powierzchniach badawczych

W 2007 r. w odnowieniach naturalnych wyróżniono 5 gatunków drzew: sosnę, brzozę, olszę czarną, osikę i modrzew (tab. 5). Sosna była głównym gatunkiem w drzewostanach, a jej udział wahał się od 17 do 94%. Tylko w jednym wydzieleniu przeważała brzoza (oddz. 115d). Na tej powierzchni spotykano również odnowienie olszy. Udział osiki w badanych drzewostanach wynosił 1–11%. Modrzew odnowił się tylko na dwóch powierzchniach, a jego udział w odnowieniu był niewielki (0,5–9%).

Tabela 5. Udział gatunków w odnowieniach naturalnych drzew na powierzchniach badawczych w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie (2007 r.)

Table 5. Share of species in natural regeneration on study plots in the Rudy Raciborskie Forest District (2007)

Oddz. Comp.	Skład gatunkowy odnowień (%) Species composition (%)				
	sosna pine	brzoza birch	osika aspen	olsza alder	modrzew larch
6p	31	60			9
79c	99	0,5			0,5
135a	94	5	1		
25c	78	22			
78c	91	9			
79a	51	38	11		
80b	91	9			
115d	17	79		4	
11d	42	58			

Tabela 6. Zagęszczenie (szt./ha) odnowienia naturalnego drzew na powierzchniach badawczych w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie (2007 r.)

Table 6. Density (N/ha) of natural regeneration on study plots in the Rudy Raciborskie Forest District (2007)

Oddz. Comp.	Skład gatunkowy odnowienia (szt./ha) Species composition of regeneration (N/ha)					Razem Total
	brzoza birch	sosna pine	osika aspen	olsza alder	modrzew larch	
6p	2560	1340			400	4300
79c	20	6020			20	6060
135a	5600	87200				92800
25c	1560	4160				5720
78c	740	7940				8680
79a	3540	4740	960			9240
80b	800	7780				8580
115d	4780	1040		240		6060
11d	3700	2680				6380

Średnie zagęszczenie odnowienia naturalnego na powierzchniach badawczych było bardzo zmienne (tab. 6). Największą liczebnością drzew charakteryzowała się powierzchnia badawcza założona w oddz. 135a. Średnia liczebność w tym oddziale wynosiła prawie 93 tys. szt./ha. Najmniejszą liczebność stwierdzono na powierzchni badawczej z przeważającym udziałem brzozy (oddz. 6p). Liczebność sosny w odnowieniu była bardzo zróżnicowana i wahała się od 1040 szt./ha (oddz. 115d) do 87200 szt./ha (oddz. 135a). Liczebność brzozy była znacznie mniejsza i mieściła się w przedziale od 20 szt./ha (oddz. 79c) do 5600 szt./ha (oddz. 135a). Udział pozostałych gatunków był niewielki.

Tabela 7. Średnia wysokość h (m) i pierśnica $d_{1,3}$ (cm) odnowienia naturalnego na powierzchniach badawczych w Rudach Raciborskich (2007 r.)Table 7. Average height h (m) and diameter at breast height $d_{1,3}$ (cm) of natural regeneration on study plots in the Rudy Raciborskie Forest District (2007)

Oddz. Comp.	Skład gatunkowy odnowienia Species composition of regeneration									
	brzoza birch		sosna pine		osika aspen		olsza alder		modrzew larch	
	h	$d_{1,3}$	h	$d_{1,3}$	h	$d_{1,3}$	h	$d_{1,3}$	h	$d_{1,3}$
6p	8,0	5,8	5,7 ^a	6,2 ^a					6,7	6,1
79c	4,5	2,5	4,7 ^c	4,6 ^{bc}						
135a	1,1	3,0	4,1 ^{abc}	2,7 ^d						
25c	5,2	4,5	4,8 ^c	5,0 ^c						
78c	3,0	1,4	5,1 ^{ac}	4,6 ^{bc}						
79a	5,9	4,3	3,5 ^e	2,9 ^d	2,1	0,7				
80b	3,6	2,8	5,5 ^a	5,3 ^{ac}						
115d	3,7	2,6	5,2 ^d	6,0 ^{ac}			6,9	5,8		
11d	5,6	4,5	4,1 ^{bd}	4,3 ^b						

Wspólna litera oznacza brak statystycznie istotnych różnic (test Tukey'a)

The same letter means significant differences (Tukey's test)

Głównymi parametrami charakteryzującymi wzrost odnowienia naturalnego drzew była wysokość i pierśnica (tab. 7). Warunki siedliskowe wpływały na wysokość drzew ($F = 16,48$; $p = 0,00$). Najwyższe sosny (4,9 m) rosły na siedlisku BMw, a najniższe na siedlisku LMw (4,1 m). Na siedlisku BMśw średnia wysokość sosen wynosiła 4,6 m. Wysokość drzew była zróżnicowana na powierzchniach badawczych ($F = 42,556$; $p = 0,000$). Wielkość tego parametru wahała się od 3,5 m (oddz. 79a) do 5,7 m (oddz. 6p).

Warunki siedliskowe wpływały także na grubość sosen ($F = 10,28$; $p = 0,00$). Najcieńsze drzewa stwierdzono na siedlisku BMśw (4,1 cm), a najgrubsze na siedlisku BMw (4,6 cm). Różnice te były statystycznie istotne. Średnia pierśnica sosen na siedlisku LMw wynosiła 4,3 cm. Jeszcze większym zróżnicowaniem charakteryzowały się powierzchnie badawcze pod względem pierśnicy drzew ($F = 49,065$; $p = 0,000$). Najwyższe sosny były jednocześnie najgrubsze ($d_{1,3} = 6,2$ cm). Natomiast najcieńsze sosny ($d_{1,3} = 2,7$ cm) rosły na powierzchni w oddz. 135a. Powierzchnia ta charakteryzowała się największym zagęszczeniem drzew.

Wzrost brzozy był również bardzo zróżnicowany. Najwyższe drzewa występowały na powierzchni o najmniejszej liczebności drzew (oddz. 6p). W tym oddziale pierśnica brzozy była również największa (5,8 cm). Najniższe (3 m) i najcieńsze (1,1 cm) brzozy rosły w oddziale o największym zagęszczeniu drzew. Stwierdzono istotny wpływ warunków wzrostu (wszystkich czynników, które różnicują powierzchnie badawcze) na wysokość i grubość brzozy ($H = 30,159$ i $H = 34,702$ dla

$p = 0,0002$; zastosowano test Kruskal-Walisa ze względu na brak rozkładów normalnych). Niewielkimi parametrami wzrostu charakteryzowały się brzozy w oddz. 78c. Średnia wysokość olszy w badanych drzewostanach wynosiła 6,9 m, a modrzewia 6,7 m.

Średni przyrost wysokości sosny w 2004 r. mieścił się w przedziale 34–51 cm (tab. 8). Najmniejsze przyrosty wysokości w tym roku zaobserwowano u drzew rosnących w oddz. 79a i 79c. Największymi przyrostami wysokości charakteryzowały się sosny rosnące w oddz. 6p. Nie stwierdzono wpływu warunków siedliskowych na przyrost wysokości sosen w 2004 r. ($F = 2,408$; $p = 0,90$). Przyrosty wysokości na siedlisku BMśw, LMw i BMw wynosiły odpowiednio: 39, 38 i 41 cm. W latach 2005–2006 największy przyrost wysokości zaobserwowano w oddz. 80b (50 cm), a najmniejszy w oddz. 79c (odpowiednio: 32 i 28 cm). W badanym okresie stwierdzono wpływ warunków siedliskowych na przyrost wysokości sosny ($F = 11,10$ i $F = 51,74$; dla $p = 0,000$). Przyrost wysokości na siedlisku BMśw był najmniejszy i wynosił odpowiednio 37 i 33 cm. Największy przyrost zaobserwowano na siedlisku BMw (41 cm).

Średni 3-letni przyrost wysokości wahał się od 31 cm (oddz. 79c) do 49 cm (oddz. 80b). Stwierdzono istotne zróżnicowanie średniego 3-letniego przyrostu wysokości w zależności od siedliska ($F = 19,94$; $p = 0,000$). Przyrost wysokości na siedlisku BMśw był najmniejszy w ciągu badanego okresu i wynosił 36 cm. Najwyższe wartości przyrostu osiągnęły sosny rosnące na siedlisku BMw (41 cm). Średni przyrost wysokości w latach 2004–2007 był istotnie zróżnicowany w zależności od

Tabela 8. Średnie przyrosty wysokości odnowienia naturalnego sosny na powierzchniach badawczych w Rudach Raciborskich (2007 r.)

Table 8. Average height increments of natural pine regeneration on study plots in Rudy Raciborskie (2007)

Oddział Comp.	Bieżący przyrost wysokości (cm) w latach: Height increment (cm) in years:			Średnia Average
	2004	2005	2006	
	6p	51	48	
79c	34	32	28	31 ^c
135a	43	40	37	40 ^{bc}
25c	42	42	45	43 ^{ac}
78c	35	35	34	35 ^{bd}
79a	34	32	33	33 ^{de}
80b	48	50	50	49 ^a
115d	44	48	48	47 ^a
11d	38	40	38	38 ^b

Oznaczenia jak w tabeli 7

Designation as in the table 7

Tabela 9. Charakterystyka uszkodzeń i wad odnowienia naturalnego sosny na powierzchniach badawczych w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie (wg stanu na rok 2007)

Table 9. Characteristics of natural pine regeneration damage and defects on study plots in the Rudy Raciborskie Forest District (according to 2007)

Oddz. Comp.	Uszkodzenia damage (%)		Wady defects (%)	
	spalowanie tapping	przebarwienia discoloration	krzywizna curvature	dwójki forked
	6p	43		
11d	43			
25c	12	1	1	
78c	19			1
79a	34		2	
79c	24			
80b	33	1	2	
115d	54			4
135a	10	1	1	

Oznaczenia jak w tabeli 7

Designation as in the table 7

warunków wzrostu (wszystkich czynników różnicujących powierzchnie badawcze) ($F = 60,82$; $p = 0,000$).

Charakterystykę uszkodzeń odnowienia naturalnego sosny przedstawiono w tabeli 9. Procentowy udział sosen uszkodzonych był bardzo zróżnicowany. Najmniej uszkodzeń zaobserwowano w oddz. 135a. W oddz. 115d aż 54% drzew wykazywało uszkodzenia. Szkody były spowodowane głównie przez zwierzynę płową (spalowa-

nie drzew). Procent spalowanych drzew wahał się od 10 do 54%. Przebarwienia igliwia występowały rzadko, a ich udział na poszczególnych powierzchniach próbnych wynosił 1%. W badanych drzewostanach charakteryzowano także wady drzew. Stwierdzono niewielki udział wadliwych drzew. W oddz. 6p i 115d zanotowano występowanie dwójek (po 4% drzew). Wady morfologiczne drzew (krzywizny pnia) zaobserwowano na czterech powierzchniach badawczych, a ich udział nie przekraczał 2%.

5. Dyskusja

Pożary są „siłą napędową” rozwoju wielu zbiorowisk i populacji (Kozłowski et Pallardy 1997; Dobrowolska et Farfał 2003). Badania przeprowadzone w Rudach Raciborskich potwierdzają tę tezę. W 1998 r., kiedy zakończono prace odnowieniowe na pożarzysku, odnowienia naturalne zajmowały powierzchnię 1554,16 ha, a odnowienia sztuczne 2312,02 ha. W wielu wydzieleniach, w których posadzono sosnę, pojawiły się samosiewy tego gatunku. Pierwsze odnowienia naturalne uznano na powierzchni 164,56 ha w 1994 r. W następnym roku aż 1134,87 ha powierzchni odnowiło się spontanicznie. Gdyby nie konieczny pośpiech (prace odnowieniowe rozpoczęto w 1993 r.; najwięcej sadzonek posadzono w latach 1993–1995) wynikający z zapisów w Zasadach Hodowli Lasu (Rozwałka 2003) powierzchnia odnowień naturalnych mogłaby być większa.

Odnowienie sosny na terenie nadleśnictwa Rudy Raciborskie charakteryzowało się wysoką liczebnością. Zazwyczaj odnowienia naturalne różnych gatunków wskazują na ogromne zróżnicowanie kohort po pożarach (Yang et al. 2006). Badane drzewostany również wyróżniały się znaczną zmiennością gatunkową. Początkowo głównym gatunkiem w odnowieniu naturalnym była brzoza, której udział wahał się od 72 do 100% w zależności od siedliska. Po upływie 10 lat okazało się, że dominującym gatunkiem w odnowieniach była sosna. Przykład leśnictwa Borowiec wskazuje, że udział brzozy z początkowych 88 zmalał do 36%. Brzozę zastąpiła sosna. Poza tym pojawiły się także inne gatunki lasotwórcze, jak modrzew, świerk i dąb, chociaż udział ich w odnowieniu był niewielki. Zmiany te zachodziły przede wszystkim samoistnie, ponieważ pod brzozę wsiewała się sosna. Spektakularnym przykładem takich naturalnych zmian jest powierzchnia badawcza w oddz.135a, na której nie wykonywano żadnych prac pielęgnacyjnych. W pozostałych wydzieleniach zmiany te mogły być też spowodowane działalnością człowieka (czyszczenia wczesne).

Podstawowymi kryteriami oceny odnowień jest pokrycie powierzchni, liczebność i żywotność (Andrzej-

czyk 2000). W badanych drzewostanach średnia liczebność odnowienia była istotnie zróżnicowana. Najmniejszą liczebność stwierdzono w drzewostanie sosnowo-brzozowym w oddz. 6p (4300 szt./ha). Najwięcej odnowienia zaobserwowano w oddz. 135a, w którym nie wykonywano żadnych zabiegów pielęgnacyjnych (92,800 szt./ha). W pozostałych drzewostanach przeprowadzono czyszczenia wczesne, dlatego średnia liczebność odnowienia była wielokrotnie niższa. Badania Spanos et al. (2000) także wskazywały, że odnowienie sosny (*P. brutia*) po pożarze było bardzo liczne i wynosiło 2–6 siewek/m². Lampainen i in. (2004) również stwierdzili liczne odnowienie sosny *P. sylvestris* po pożarze (odnowienie ok. 14 000 szt./ha, wysokość 20–200 cm), a proces odnowienia trwał wiele lat. Badania Pausas i in. (2004) wskazywały na bardzo liczne i ogromnie zróżnicowane odnowienie sosny *P. halepensis* na półwyspie Iberyjskim. Liczebność odnowienia wahała się od 0,006 do 20,4 szt./m². W badanych drzewostanach w Rudach Raciborskich stwierdzono nieliczne odnowienie naturalne modrzewia. Wyniki badań Tsvetkova i Tsvetkovej (1995) wskazywały, że pożary naziemne stymulują odnowienie naturalne drzewostanów modrzewiowych, a najlepszy okres do odnowienia się występuje w pierwszych 7–10 latach po pożarze. Na terenie nadleśnictwa Rudy Raciborskie przed pożarem dominowały drzewostany sosnowe, w których nielicznie występował modrzew. W związku z tym, w drzewostanach powstałych naturalnie po pożarze udział tego gatunku był również niewielki.

Wskaźnikami żywotności i zdrowotności siewek są między innymi wysokość i grubość oraz występowanie pędów bocznych (Andrzejczyk 2000). W badanych drzewostanach odnowienie sosny charakteryzowało się nie tylko dużą liczebnością, ale także dobrymi parametrami wzrostu. Badania prowadzone na pożarzysku w Rudach Raciborskich w latach 2001–2002 wskazywały na słabszy przyrost odnowień naturalnych w porównaniu z odnowieniami sztucznymi, jednak różnice w przyroście wysokości pomiędzy odnowieniami naturalnymi, a sztucznymi okazały się statystycznie nieistotne, z wyjątkiem sosen rosnących na siedlisku BMw (Hawryś et al. 2004).

Warunki siedliskowe i stan pokrywy gleby należą do najważniejszych czynników decydujących o odnowieniu naturalnym sosny (Andrzejczyk 2000, Dobrowolska 2006). W badanych drzewostanach lepsze warunki wzrostu dla sosny stwierdzono na siedlisku BMw. Świadczą o tym wszystkie analizowane parametry. Najsłabszym wzrostem charakteryzowały się sosny rosnące na siedlisku BMśw. Badania Hawryśa i in. (2004) również wskazywały na lepszy przyrost wysokości sosny na siedlisku BMw w porównaniu z siedliskiem BMśw. Warunki wilgotnościowe w glebie miały pozytywny wpływ na przyrost sosen. Odnawianiu się sosny na badanym

obszarze sprzyjała także korzystna ilość opadów atmosferycznych (700 mm).

Jednym z parametrów charakteryzujących odnowienie naturalne drzew jest poziom uszkodzeń. W badanych drzewostanach stwierdzono zróżnicowaną liczbę uszkodzeń drzew. Głównym czynnikiem powodującym szkody była zwierzyna płowa, a poziom spalowania drzew był bardzo zróżnicowany. Najwięcej uszkodzonych sosen stwierdzono w drzewostanie o najmniejszej liczebności drzew tego gatunku. Im większe było zagęszczenie drzew na powierzchni, tym mniejsze były szkody od zwierzyny. W drzewostanach z większym udziałem sosny stwierdzono mniej uszkodzeń spowodowanych przez jelenie i sarny. Sąsiadujące drzewostany pochodzące z sadzenia były również uszkadzane przez zwierzynę (Szukiel et Borkowski 2001). Natomiast wady takie, jak dwójki, czy krzywizny pnia były nieliczne we wszystkich badanych drzewostanach. Wydaje się, że regulując zagęszczenie sosen w odnowieniu naturalnym (czyszczenia wczesne i późne) można zredukować poziom uszkodzeń drzew spowodowanych spalowaniem.

Odnowienia naturalne powstałe po pożarze charakteryzowały się zróżnicowaną liczebnością i składem gatunkowym, jednak ich wiek był wyrównany, co stwarza kolejne zagrożenie pożarowe. W badanych drzewostanach stwierdzono wysokie zadrzewienie. Natomiast prace Madrigal i in. (2005) wskazywały na powstawanie nieregularnego odnowienia sosny (*P. pinaster*) po pożarze.

Przedstawione wyniki badań dowodzą, że w Polsce istnieją możliwości wykorzystania sukcesji regeneracyjnej (odnowienia naturalnego) na powierzchniach uszkodzonych przez pożar. W badanych drzewostanach w Rudach Raciborskich głównym gatunkiem w odnowieniu okazała się sosna. Pomimo wielu przykładów spontanicznego odnawiania się sosny w Polsce (Ilmurzyński et Mierzejewski 1956; Mierzejewski 1971; Andrzejczyk 2000, Kopyrk et al. 2001, Bernadzki 2001, Dobrowolska 2006) leśnicy często rezygnują z odnawiania tego gatunku w sposób naturalny. Jedną z przyczyn są nawyki wynikające z powszechnie stosowanej wieloletniej praktyki. Drugą przyczyną jest niepewność wschodów. Trzeci powód to niepewność jakości odnowienia (Białobok et al. 1993). Natomiast przedstawione wyniki badań w Rudach Raciborskich wskazują, że liczebność i zdrowotność młodników była stosunkowo wysoka, a uszkodzenia drzew wskutek spalowania występowały wszędzie, nie tylko w odnowieniach naturalnych (Szukiel et Borkowski 2001).

Żywotność, liczebność i skład gatunkowy odnowienia na powierzchniach po pożarze była satysfakcjonująca. W Zasadach Hodowli Lasu nakazuje się przeznaczać do odnowienia naturalnego wszystkie drzewostany dojrzałe do odnowienia, w tym również złożone z ga-

tunków światłożądnych, tj. sosny, brzozy i modrzewia (Rozwałka 2003). Natomiast nie uwzględniają one możliwości samosiewnego odnowienia powierzchni powstałych wskutek zaburzeń naturalnych. W Zasadach znajduje się jedynie uwaga o 5-letnim okresie potrzebnym do zalesienia powierzchni po katastrofie. Pomimo zapisu, że „trwałość lasów w zmieniających się warunkach środowiska przyrodniczego powinna być osiągana przez uwzględnianie w gospodarce leśnej wzorców naturalnych, ukształtowanych przez przyrodę w czasach minionych oraz obserwację i wykorzystywanie współczesnych procesów naturalnych inspirowanych przez samą przyrodę” (Rozwałka 2003), a także wyników prezentowanych badań, nadal nie ma możliwości szerszego stosowania odnowienia naturalnego drzew na powierzchniach zniszczonych przez klęski żywiołowe. Zatem powinniśmy wykorzystywać „współczesne procesy naturalne” inspirowane przez przyrodę (np. sukcesja naturalna drzew na pożarzysku) do odnawiania powierzchni po klęskach żywiołowych.

6. Wnioski

Na terenie nadleśnictwa Rudy Raciborskie istniały możliwości naturalnego odnawiania powierzchni uszkodzonych przez pożar.

Odnowienia naturalne drzew na powierzchniach pożarzyska w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie podlegały ciągłym zmianom. Zmieniał się udział poszczególnych gatunków drzew oraz pojawiły się nowe gatunki w odnowieniu. Po upływie 15 lat od pożaru zmniejszył się udział brzozy, a wzrósł udział sosny w odnowieniu.

Warunki siedliskowe wpływały na wysokość, grubość i przyrost wysokości sosny niezależnie od stosowanych zabiegów pielęgnacyjnych. Najcieńsze i najniższe drzewa rosły na siedlisku BMśw, a najgrubsze i najwyższe – na siedlisku BMW.

Odnowienie naturalne sosny charakteryzowało się różnicowanym stopniem uszkodzeń. Główne szkody spowodowane były przez zwierzynę płową (spalowanie drzew). Szkody od spalowania malały wraz ze wzrostem liczebności drzew na powierzchni. W drzewostanach z większym udziałem sosny poziom spalowania był mniejszy.

Podziękowania

Autorka składa serdeczne podziękowania Panu mgr. inż. Wiktorowi Jelosze (inżynierowi nadzoru w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie) za udostępnienie materiałów i pomoc przy wyborze powierzchni badawczych oraz Pani Joli Jurkiewicz za pomoc przy zakładaniu i pomiarach powierzchni próbnych.

Literatura

- Andrzejczyk T. 2000. Wpływ odległości od ściany drzewostanu na zagęszczenie i przeżywalność nalotów sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na zrębach i gniazdach. *Sylvan*, 1: 27-42.
- Benavent-Corai J., Rojo C., Juarez-Torves J. 2007. Scaling properties in forest fire sequences: the human role in the order of nature. *Ecological Modeling*, 205, 3/4: 336-342.
- Bernadzki E. 2001. Niektóre problemy naturalnego odnawiania sosny pospolitej. Referat na sesję PTL, Ostrów Mazowiecka, 8.11.2001.
- Białobok S., Boratyński A., Bugała W. (ed.) 1993. Biologia sosny zwyczajnej. PAN, Sorus, Poznań-Kórnik.
- Corona P., Leone V., Saracino A. 1998. Plot size and shape for the early assessment of post-fire regeneration in Aleppo Pine Stands. *New Forests*, 16: 213-220.
- Dobrowolska D., Farfał D. 2003. Rola pożarów w ekosystemach leśnych. *Las Polski*, 4: 14-15.
- Dobrowolska D. 2006. Odnowienie naturalne sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w wybranych obiektach badawczych na terenie Nadleśnictwa Tuszyna. [W:] Przyrodnicze i ekonomiczne efekty ekosystemowego podejścia w trwałym i zrównoważonym gospodarstwie leśnym na przykładzie Nadleśnictwa Tuszyna (RDLP Krosno). Dok. Inst. Bad. Leś.
- Frańczek K. (praca zbiorowa) 1998. Racibórz wczoraj i dziś..., Racibórz, wyd. R.A.F. SCRIBA.
- Grott W. J. de, Bothwell P. M., Taylor S. W., Wotton B. M., Stocks B. J., Alexander M. E. 2004. Jack pine regeneration and crown fires. *Canadian Journal of Forest Research*, 34, 8: 1634-1641.
- Hawryś Z., Zwoliński J., Kwapis Z., Małecka M. 2004. Rozwój sosny zwyczajnej na terenie pożarzysk leśnych z 1992 roku w nadleśnictwach Rudy Raciborskie i Potrzebowice. *Leśne Prace Badawcze*, 2: 7-20.
- Ilmurzyński E., Mierzejewski W. 1956. Badania wartości hodowlanej istniejących samosiewów sosny pospolitej. *Sylvan*, 100, 1: 75-84.
- Kopryk W., Zajączkowski J., Gil W., Łukaszewicz J. 2001. Czasoprzestrzenna dynamika zmian drzewostanu macierzystego a intensywność pojawu, wzrost i rozwój naturalnego odnowienia sosny zwyczajnej. Dok. nauk. Inst. Bad. Leś.: 1-64.
- Kozłowsky T. T., Pallardy S. G. 1997. Growth control in woody plants. *Academic Press*, 1-641.
- Lampainen J., Kuuluvainen T., Wallenius T. H., Karjalainen L., Vanha-Majamaa I. 2004. Long-term forest structure and regeneration after wildfire in Russian Karelia. *Journal of Vegetation Science*, 15, 2: 245-256.
- Linder P., Jonsson P., Niklasson M. 1998. Tree mortality after prescribed burning in an old-growth Scots pine forest in northern Sweden. *Silva Fennica*, 32, 4: 339-349.
- Madrigal J., Hernando C., Martinez E., Guijarro M., Diez C. 2005. Post-fire regeneration of *P. pinaster* Ait. in Sierra de Guadarrama (Central Spain): modelling of initial density and survival. *Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales*, 14, 1: 36-51.

- Mierzejewski W. 1971. Badania nad uzyskaniem i wykorzystaniem odnowień naturalnych sosny i dębu. Dok. nauk. Inst. Bad. Leś., Mskr.
- Operat Urządzenia Lasu (1996) Nadleśnictwa Rudy Raciborskie.
- Operat Urządzenia Lasu (2006) Nadleśnictwa Rudy Raciborskie.
- Pausas J. G., Ribeiro E., Vallejo R. 2004. Post-fire regeneration variability of *Pinus halepensis* in the eastern Iberian Peninsula. *Forest Ecology and Management*, 203, 1/3: 251-259.
- Rebertus A. J., Burns B. R. 1997. The importance of gap processes in the development and maintenance of oak savannas and dry forests. *Journal of Ecology*, 85: 635-545
- Rozwałka Z. Zasady Hodowli Lasu, 2003. DGLP: 1-159.
- Spanos I. A., Daskalaku E. N., Thanos C. A. 2000. Post-fire natural regeneration of *Pinus brutia* forests in Thasos Island, Greece. *Acta Oecologica*, 21, 1: 13-20.
- Stocks B. J., Alexander M. E., Lanoville R. A., 2004. Overview of the International Crown Fire Modelling Experiment (ICFME). *Canadian Journal of Forest Research*, 34, 8: 1543-1547.
- Szukiel E., Borkowski J. 2001. Opracowanie zasad gospodarki populacjami ssaków roślinożernych występujących na terenie odbudowanego pożarzyska i przyległych obszarów leśnych oraz określenie metod ich zagospodarowania hodowlanego w aspekcie minimalizacji szkód. Dok. Inst. Bad. Leś.: 1-87.
- Tsvetkov P. A., Tsvetkova G. M. 1995. Post-fire regeneration in northern-taiga larch forests. *Lesnoe Hozajstvo*, 6: 44-47.
- Veblen T. T 1999. Disturbance patterns in southern Rocky Mountain Forests. [In:] Forest fragmentation in the Southern Rocky Mountains (ed.: Knight R. L., Smith F. W., Buskrik S. W., Romme W. H. and Baker W.), 33-56.
- Yang Q., ZhanDong L., YuJun Z., HuaCheng X., RuYuan Y., XiLai Z. 2006. Study on cohort structure of *Betula platyphylla* population in virgin forest, northern region of Daxing' angling Mountains, China. *Journal of Plant Ecology*, 30, 5: 753-762.
- Zwoliński J., Matuszczyk I., Hawryś Z. 2004. Właściwości chemiczne gleb i igieł sosny oraz aktywność mikrobiologiczna gleb na terenie pożarzysk leśnych z 1992 roku w nadleśnictwach Rudy Raciborskie i Potrzebowice. *Leśne Prace Badawcze*, 1: 119-133.