

## WPŁYW KLĘSKI ŻYWIOŁOWEJ NA WARTOŚĆ PRZYCHODÓW Z POZYSKANEGO SUROWCA DRZEWNEGO NA PRZYKŁADZIE NADLEŚNICTWA ZWOLEŃ

Tomasz Sobczyk<sup>1</sup>, Anna Ankudo-Jankowska<sup>2</sup>✉, Hubert Szramka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Nadleśnictwo Zwoleń, Miodne Leśniczówka 107/1, 26-700 Zwoleń

<sup>2</sup>Katedra Ekonomiki i Techniki Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 71c, 60-625 Poznań

### ABSTRAKT

Coraz częściej polskie lasy doświadczają niekorzystnego działania czynników abiotycznych. Huraganowe wiatry wyrządzają w ekosystemach leśnych olbrzymie straty nie tylko ekonomiczne, ale także przyrodnicze oraz społeczne. W pracy przeanalizowano uszkodzenia spowodowane huraganem pod kątem ich wpływu na jakość i wartość surowca drzewnego. Analizę oparto na danych zebranych z Nadleśnictwa Zwoleń dotyczących powierzchni dotkniętych przez huragan w 2012 roku. Szkody wystąpiły na obszarze 200 ha i oszacowano je na 26 tys. m<sup>3</sup> drewna. Przeprowadzona analiza wykazała obniżenie jakości uzyskiwanego surowca, a co za tym idzie, zmniejszenie jego wartości. Stwierdzono przesunięcie znacznej miąższości drewna z wyższych do niższych klas jakości, a także przeniesienie surowca wielkowymiarowego do średniowymiarowego. Skutkowało to zmniejszeniem ceny jednostkowej za 1 m<sup>3</sup> drewna. W przypadku drewna pohuraganowego strata wyniosła średnio 38 zł netto /m<sup>3</sup>. W rezultacie przyniosło to stratę dla Nadleśnictwa Zwoleń na poziomie ponad 990 tys. zł. Ponadto dla powierzchni całkowicie zniszczonych i podlegających odnowieniu ustalono straty na przyroście drzewostanów na poziomie 107 tys. zł. Zwiększone pozyskanie drewna pohuraganowego skutkowało zmianami organizacyjnymi i zmianami w bieżącym zarządzaniu lasami Nadleśnictwa Zwoleń.

**Słowa kluczowe:** klęska żywiołowa, szkody od wiatru, jakość drewna pokłękowego, wartość drewna pokłękowego, straty finansowe, straty na przyroście w drzewostanach

### WSTĘP

W Europie katastrofalne w skutkach orkany miały miejsce między innymi w latach: 1999 (Lothar), 2005 (Gudrun), 2007 (Kyrill), 2008 (Emma), 2010 (Xynthia), 2013 (Ksawery) oraz 2022 (Antonina). W roku 2007 w Polsce uszkodzeniu w wyniku działania wiatru uległy drzewostany na powierzchni przekraczającej 273 tys. ha. W 2008 i 2009 roku Lasy Państwowe odnotowały uszkodzenia od wiatru na powierzchni ponad 100 tys. ha drzewostanów w wieku powyżej 20 lat, w tym tylko na terenie RDLP Olsztyn i Wrocław

pozyskano odpowiednio 1,08 mln m<sup>3</sup> i 909 tys. m<sup>3</sup> drewna pochodzącego z wywrotów i złomów. Przechodzące przez Polskę w styczniu i lutym 2022 roku wiatry orkanowe spowodowały w lasach olbrzymie szkody. Szacuje się, że wywroty i złomy mogły stanowić ok. 5 mln m<sup>3</sup> drewna. Dla porównania szkody spowodowane przez wiatry w sierpniu 2017 roku na obszarze administrowanym przez PGL LP osiągnęły ponad 10 mln m<sup>3</sup>.

Wiatr ma wpływ na strukturę i funkcjonowanie ekosystemów leśnych w sposób ciągły, warunkuje

✉anna.ankudo-jankowska@up.poznan.pl

wzrost i rozwój drzewostanów (Ennos, 1997), a także powoduje znaczne straty ekonomiczne w lasach gospodarczych (Henderson i in., 2022), dlatego jest obiektem zainteresowania wielu badaczy (Tanner i in., 1991). W literaturze przedmiotu wiele miejsca poświęca się zagadnieniom związanym z wpływem wiatru na biomechaniczne funkcjonowanie drzew (Peltola, 1996; Peltola i in., 2000; England i in., 2000; Spatz i Brüchert, 2000), w tym również modelowaniu ryzyka uszkodzeń drzewostanów przez wiatr oraz strategiom gospodarczym mającym to ryzyko minimalizować (Gardiner i Quine, 2000; Jalkanen i Mattila, 2000; Talkkari i in., 2000; Valinger i Fridman, 2000). W nieco mniejszym zakresie przeprowadzono analizę szkód wywołanych przez wiatr, ich przyczyn oraz skutków (Gardiner i in., 1997; Donoghue i in., 2006). Jeszcze mniej badań ma charakter eksperymentalny, w których sposób kontrolowany analizowane były uszkodzenia drewna (Peltola i in., 2000). Jakubowski (2010) w badaniach drewna pokłęskowego stwierdził, że podczas złamania drzewa dochodzi do wielu mikropęknięć, które znacznie obniżają możliwości wykorzystania bądź zastosowania surowca drzewnego, co sprawia, że drewno pokłęskowe można uznać za niepełnowartościowe. Poza tym drzewa ocalałe często mają pozrywane korzenie, co powoduje, że stają się one bardzo słabe i są zdecydowanie bardziej podatne na ataki grzybów i owadów. Można również zaobserwować, że w wyniku powstania wspomnianych wad następuje przesunięcie surowca z wyższych do niższych klas jakości surowca. Podobnie następuje zamiana surowca z drewna wielkowymiarowego na drewno średniowymiarowe, a także przesunięcie drewna długiego w kierunku drewna krótkiego. Należy również dodać, że drewno pohuraganowe szybciej ulega procesowi deprecjacji.

Jedną z przyczyn powstawania szkód wywołanych działaniem silnych wiatrów jest niewłaściwie prowadzona gospodarka leśna, która przejawia się występowaniem monokultur (Nyrek, 1975; Zajączkowski, 1991). W okresie międzywojennym zalesianie gruntów porolnych polegało przede wszystkim na sadzeniu na tychże obszarach sosen lub świerków, co w rezultacie doprowadziło do występowania monokultur, zamiast lasów mieszanych charakteryzujących się większą wytrzymałością na działanie silnego wiatru.

Usuwanie skutków wielkoobszarowych kłesk stanowi duże wyzwanie dla współczesnego leśnictwa.

Z uwagi na to coraz częściej podejmuje się próby mające na celu ocenę potencjalnych zagrożeń i przyjęcie odpowiednio ukierunkowanej strategii działania (Heinonen i in., 2009; Bruchwald i Dmyterko, 2011).

Celem badań była analiza wpływu kłęski żywiołowej na jakość i wartość surowca drzewnego w wyniku szkód huraganowych. Oceniono straty jakościowe i wartościowe (finansowe) surowca drzewnego pochodzącego z obszaru objętego kłeską żywiołową (huraganem) w Nadleśnictwie Zwoleń, leśnictwie Dziurków w sierpniu 2012 roku.

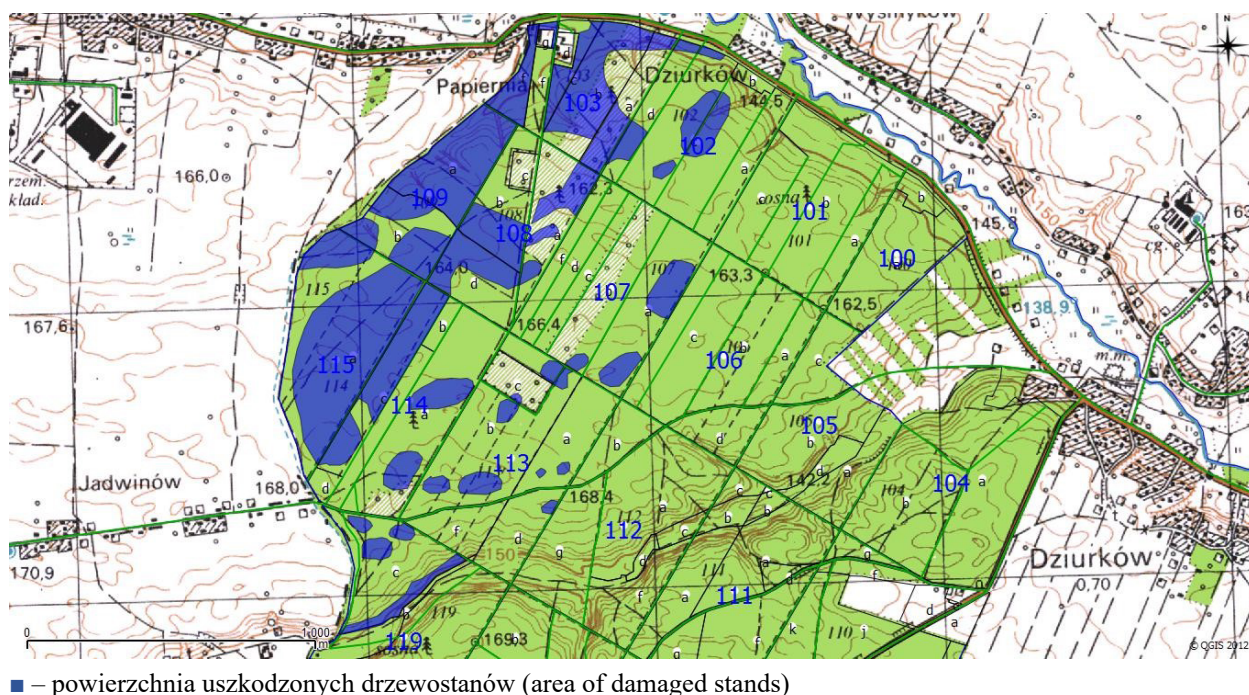
## METODY I MATERIAŁY

Podmiotem badań było Nadleśnictwo Zwoleń, którego drzewostany 7 sierpnia 2012 r. uszkodził silny wiatr. Zniszczenia miały formę pasa o szerokości 2 km i długości blisko 3 km. Zasięg szkód spowodowanych huraganem obejmował kompleks leśny Dziurków (rys. 1).

Szkody oszacowano na 26 tys. m<sup>3</sup> surowca drzewnego na powierzchni 200 ha, z czego niemal 70 ha powierzchni zostało całkowicie zniszczonych. Zniszczenia w Leśnictwie Dziurków miały głównie charakter złomów (w blisko 100%) z niewielkim udziałem wywrotów.

Wstępne straty powstałe w wyniku działania niszczycielskiego wiatru w Nadleśnictwie Zwoleń obliczono na podstawie obniżki cen surowca drzewnego drewna pokłęskowego. Zmniejszenie cen powstało wskutek obniżenia się jakości surowca drzewnego oraz zmiany udziału drewna wielkowymiarowego i średniowymiarowego. W wyniku huraganu zmniejszył się udział drewna średniowymiarowego, co w oczywisty sposób wpłynęło na cenę średnią drewna. Z danych historycznych wynika, że w Nadleśnictwie Zwoleń w pozyskiwaniu drewna sosnowego udział drewna wielkowymiarowego wynosi około 75% w zależności od wieku drzewostanu, a surowca średniowymiarowego około 25%. Przy pozyskiwaniu drewna innych gatunków drzew udział drewna wielkowymiarowego wynosił około 40% w zależności od wieku i gatunku drzew, a surowca wielkowymiarowego około 60% ogólnej miąższości pozyskanego drewna. Badaniem objęto zmiany tych proporcji.

Dodatkowo dokonano szacowania strat w drzewostanie. W tym celu zastosowano rachunek strat na przyroście w odniesieniu do drzewostanów, które na



**Rys. 1.** Zasięg terytorialny pohuraganowych uszkodzeń drzewostanu w kompleksie leśnym Dziurków  
Źródło: Materiały Nadleśnictwa Zwoleń.

**Fig. 1.** Territorial range of post-hurricane damage to trees in the Dziurków forest complex  
Source: Zwoleń Forest District's archive materials.

skutek zniszczenia nie osiągnęły wieku kulminacji przeciętnego przyrostu rocznego, a powierzchnia po zniszczonym drzewostanie podlega natychmiastowemu odnowieniu. Straty na przyroście drzewostanów są różnicą między przyrostem drzewostanu, gdyby nie uległ on zniszczeniu, a przyrostem, jaki będzie miał miejsce w odnowionym drzewostanie, powstałym w miejscu zniszczonego. Należy zatem przyjąć założenie, że nowo powstały po zniszczeniu drzewostan rozpoczyna produkcję i w ten sposób rekompensuje część strat na przyroście. Dla drzewostanów jednogatunkowych wartość strat oszacowano na podstawie wzoru:

$$S_{iII} = (P_k - P_i) \times i \times z \times p \times C\acute{s}r$$

gdzie:

- $P_k$  – wielkość przeciętnego przyrostu rocznego 1 ha drzewostanu w okresie kulminacji
- $P_i$  – wielkość przeciętnego przyrostu rocznego 1 ha drzewostanu w wieku szacowania i
- $i$  – wiek szacowania
- $z$  – zadrzewienie

- $p$  – powierzchnia
- $C\acute{s}r$  – planowa cena średnia.

Wartość straty na przyroście dla drzewostanów wielogatunkowych obliczono dla każdego gatunku drzewa występującego w drzewostanie, korygując wzór  $S_{iII}$  o jego udział.

Wielkość przeciętnego przyrostu rocznego 1 ha drzewostanu w okresie kulminacji i w wieku szacowania drzewostanu ustalono na podstawie „Tablic zasobności i przyrostu drzewostanów” Szymkiewicza.

## WYNIKI

W wyniku szkód wywołanych przez wiatr w Leśnictwie Dziurków 67,17 ha powierzchni zostało całkowicie zniszczonych. Były to powierzchnie o charakterze zrębów sanitarnych (Rb Ia), na których oszacowano uszkodzenie 26 059 m<sup>3</sup> surowca drzewnego (tab.1). Drzewostany uległy uszkodzeniu na siedliskach LMśw w 77,4%, Lśw w 19,4%, Lw w 3,2%.

**Tabela 1.** Powierzchnia (ha) uszkodzonych drzewostanów przez huragan, miąższość (m<sup>3</sup>) oraz wartość pozyskanego drewna i straty na przyroście w drzewostanach (PLN) Nadleśnictwa Zwoleń

**Table 1.** Area (ha) of stands damaged by the hurricane, volume (m<sup>3</sup>) and value of harvested timber and losses in stand growth increment (PLN) in the Zwoleń Forest District

Oddział, Pododdział Compartment, Forest subcompartment	Grupa czynności Forest activities group	Powierzchnia Area ha		Miąższość pozyskanego drewna Volume of harvested timber m <sup>3</sup>				Wartość pozyskanego drewna value of harvested timber PLN			Wartość strat w drzewostanie na przyroście, PLN Value of loss on increment in the stand, PLN	
		manipulacyjna manipulation area	do odnowienia for regeneration	grubizna large timber		drobnica brush wood		ogółem total	wg ceny planowanej planned price	wg ceny uzyskanej price obtained		różnica difference
				iglasta softwood	liściasta hardwood	iglasta softwood	liściasta hardwood					
PCL	PTP	–	–	2 400	200	24	6	2 630	457 620	357 680	99 940	
102c	IA	16,62	2,10	860	120	–	–	980	170 520	133 280	37 240	3 674,88
102d	IA	3,86	0,80	280	40	–	–	320	55 680	43 520	12 160	8 965,35
103a	IA	4,16	3,40	1 000	70	–	–	1 070	186 180	145 520	40 660	10 863,66
103b	IA	8,38	5,10	1 100	180	–	–	1 280	222 720	174 080	48 640	11 518,45
103c	IA	2,19	1,60	252	30	–	–	282	49 068	38 352	10 716	15 874,54
103f	IA	1,69	1,69	180	25	5	2	212	36 888	28 832	8 056	0
107a	IA	10,02	2,00	560	60	10	2	632	109 968	85 952	24 016	3 215,52
107b	IA	8,09	0,20	103	47	5	2	157	27 318	21 352	5 966	6 232,68
107f	IA	2,94	0,20	80	20	3	2	105	18 270	14 280	3 990	8 017,92
108a	IA	6,75	3,00	620	260	–	15	895	155 730	121 720	34 010	8 547,99
108b	IA	6,31	2,00	520	30	20	–	570	99 180	77 520	21 660	0
108d	IA	6,02	4,00	1 580	–	25	–	1 605	279 270	218 280	60 990	0
109a	IA	8,28	3,38	880	90	18	5	993	172 782	135 048	37 734	1 174,50
109b	IA	6,82	3,00	1 900	–	30	–	1 930	335 820	262 480	73 340	0
113a	IA	6,39	0,20	100	20	2	–	122	21 228	16 592	4 636	4 210,80
113b	IA	15,45	2,60	860	150	15	12	1 037	180 438	141 032	39 406	3 090,24
113c	IA	2,7	0,05	18	5	2	–	25	4 350	3 400	950	2 784,00
113d	IA	5,04	0,10	80	5	5	–	90	15 660	12 240	3 420	6 451,92
113f	IA	3,66	0,05	97	3	4	–	104	18 096	14 144	3 952	3 758,40
114a	IA	14,6	4,50	1 810	60	30	10	1 910	332 340	259 760	72 580	0
114b	IA	1,04	0,20	60	–	5	–	65	11 310	8 840	2 470	2 244,17
114c	IA	10,31	9,00	2 200	150	30	20	2 400	417 600	326 400	91 200	2 923,20
115a	IA	22,56	15,00	5 715	–	60	–	5 775	1 004 850	785 400	219 450	2 035,80
119c	IA	10,16	3,00	850	–	20	–	870	151 380	118 320	33 060	1 939,33
Razem Total		184,04	67,17	24 105	1 565	313	76	26 059	4 534 266	3 544 024	990 242	107 523,35

Źródło: opracowanie własne.

Source: own research.

Przychód ze sprzedaży drewna powiatrołomowego wyniósł 3 544 024 złotych netto. Średnia cena netto za 1 m<sup>3</sup> drewna pokłęskowego wyniosła 136 zł netto, podczas gdy średnia ze sprzedaży drewna z planowych pozycji cięć kształtowała się na poziomie 174 zł netto za 1 m<sup>3</sup>. Zatem różnica na 1 m<sup>3</sup> drewna wyniosła 38 zł netto. To z kolei oznacza, że całkowita strata Nadleśnictwa Zwoleń ze sprzedaży drewna pohuraganowego wyniosła ponad 990 tysięcy złotych netto. Z kolei dla powierzchni pohuraganowej wartość strat na przyroście wyniosła ponad 107,5 tys. zł, co w przeliczeniu na jednostkę powierzchni przeznaczonej do odnowienia (1 ha) dało średnio ponad 1600 złotych netto.

W badanym kompleksie leśnym na skutek huraganu uszkodzeniom uległo dziesięć gatunków drzew, z czego największe straty odnotowano w przypadku sosny (tab. 2).

Uszkodzone drzewostany sosnowe stanowiły aż 92% wszystkich gatunków drzew uszkodzonych przez

huragan. Tym samym największe obniżenie wartości drewna odnotowano także w przypadku drewna sosnowego, tj. niemal 916 tysięcy złotych netto. Największe przesunięcia do niższych klas jakości w surowcu sosnowym wystąpiły w klasie WB0 i WC0 (przejście do klasy WD). Także dla tego gatunku drzewa nastąpiło największe przesunięcie z surowca wielkowymiarowego do średniowymiarowego. W ramach manipulacji drewna pokłęskowego pozyskano sortymenty:

- W0 So – 3615 m<sup>3</sup> – 15%
- S2BG So 250 dł. – 5900 m<sup>3</sup> – 24%
- S2A So – 13976 m<sup>3</sup> – 58%
- S4 So – 722 m<sup>3</sup> – 3%.

Należy przy tym zaznaczyć, że w Nadleśnictwie Zwoleń w ramach manipulacji drewna sosnowego na pozycjach planowych cięć otrzymuje się średnio około 75% surowca wielkowymiarowego oraz około 25% surowca średniowymiarowego.

**Tabela 2.** Miąższość (m<sup>3</sup>), udział (%) oraz wartość pozyskanego drewna według gatunku drzewa w drzewostanach uszkodzonych przez huragan w Nadleśnictwie Zwoleń

**Table 2.** Volume (m<sup>3</sup>), share (%) and value of harvested timber by tree species in stands damaged by the hurricane in the Zwoleń Forest District

Gatunek drzewa Tree species	Miąższość pozyskanego drewna Volume of harvested timber m <sup>3</sup>	Udział Share %	Wartość pozyskanego drewna Value of harvested timber PLN		
			wg ceny planowanej planned price	wg ceny uzyskanej price obtained	różnica difference
Sosna – Pine	24 097	92,5	4 192 878	3 277 192	915 686
Modrzew – Larch	420	1,6	73 080	57 120	15 960
Świerk – Spruce	2	0,0	348	272	76
Buk – Beech	12	0,0	2 088	1 632	456
Dąb – Oak	286	1,1	49 764	38 896	10 868
Brzoza – Birch	983	3,8	171 042	133 688	37 354
Akacja – Black Locust	3	0,0	522	408	114
Osika – Aspen	239	0,9	41 586	32 504	9 082
Lipa – Lime	17	0,1	2 958	2 312	646
Razem – Total	26 059	100,0	4 534 266	3 544 024	990 242

Źródło: opracowanie własne.  
Source: own research.

W odniesieniu do pozostałych gatunków drzew pozyskano 1962 m<sup>3</sup> surowca co dało stratę w wartości na poziomie niemal 75 tysięcy złotych netto, z czego około 50% wartości stanowiło drewno brzoźowe, 21% drewno modrzewiowe, 15% drewno dębowe oraz 12% drewno osikowe. W ramach manipulacji drewna tych gatunków pozyskano:

- W0 – 330 m<sup>3</sup> – ok. 17%
- S2BG dł. – 1193 m<sup>3</sup> – 55%
- S2A – 309 m<sup>3</sup> – 16%
- S4 – 130 m<sup>3</sup> – 7%.

W ramach manipulacji drewna na pozycjach planowych cięć w badanej jednostce pozyskuje się średnio 40% surowca wielkowymiarowego oraz 60% surowca średniowymiarowego.

## DYSKUSJA

Wiatr jako jeden z czynników abiotycznych jest nie tylko zjawiskiem atmosferycznym, ale również przyczyną powstawania globalnych uszkodzeń lasów (Emanuel i in., 2008). Wiatrołomy oraz wywroty będące następstwem działania silnego wiatru bardzo często generują olbrzymie szkody materialne (Henderson i in., 2022), wywierają duży wpływ na funkcjonowanie właścicieli i zarządców lasów (Prestemon i Holmes, 2010). Nie może być jednak mowy wyłącznie o stratach ekonomicznych, należy wziąć bowiem pod uwagę również szkody niewymierne (trudne lub niemożliwe do oszacowania) o charakterze społecznym, tj. wpływ szkód na społeczeństwo, oraz przyrodniczym, tj. wpływ szkód na faunę i florę, a także ich wpływ na planowanie gospodarcze w leśnictwie, które z powodu strat pohuraganowych zostaje znacząco zaburzone. Stanowisko to potwierdza również literatura, w której wskazuje się, że siła wiatru zakłóca nie tylko funkcje produkcyjne lasu, ale również funkcje społeczne i ochronne (Zajączkowski, 2005; Rutledge i in., 2021). Dodatkowo, odnosząc się do zakłóceń planowania gospodarczego w leśnictwie, należy również wskazać, że drewno pohuraganowe to niezaplanowane pozyskanie drewna, które zaburza jego planową produkcję i może w pewnym stopniu wpływać na zmiany cen surowca drzewnego (Sun, 2020). Jak podkreśla Adamowicz (2010), działania gospodarcze w leśnictwie powinny być zaplanowane w taki sposób, aby w dziesięcioletnim

cyklu operatu urzędzenia lasu dostarczać na rynek większą ilość drewna podczas hossy gospodarczej, jednocześnie nie przekraczając zapotrzebowania przemysłu drzewnego na ten surowiec. Przy nieplanowanym pozyskaniu drewna (pokłęskowego) wskazana powyżej zasada zarządzania lasami jest trudna do zrealizowania. Ponadto szkody ekonomiczne mają duże znaczenie również z tego względu, że zaburzają lub mogą zaburzyć płynność finansowania zaplanowanych zadań. Z powodu szkód wiatrowych, które wygenerowały stratę i dodatkowe koszty związane z usuwaniem skutków kłęski huraganowej oraz zagospodarowaniem przestrzeni leśnej objętej tą kłeską, niemożliwe będzie ich zrealizowanie w całości lub w części. Należy więc stwierdzić, że szkody przekładają się następczo na sposób funkcjonowania i zarządzania lasami. W szczególności z tego względu ocena jakościowych i ilościowych skutków kłesk żywiołowych na obszarach leśnych jest wyjątkowo istotna.

Szkody od wiatru spowodowały kumulację pozyskania drewna w jednym kompleksie leśnym, tj. Leśnictwie Dziurków. W 2012 roku etat roczny planowanego pozyskania drewna dla leśnictwa wynosił 10 tysięcy m<sup>3</sup>, co stanowiło 13% planu rocznego pozyskania Nadleśnictwa Zwoleń. Nieplanowane pozyskanie wynikające z kłęski żywiołowej spowodowało jednak znaczne zwiększenie pozyskania drewna w tym kompleksie leśnym. Zwiększyło się ono bowiem aż o 26 tysięcy m<sup>3</sup> drewna, co oznacza, że pozyskanie planowane i nieplanowane w Leśnictwie Dziurków stanowiło 48% planu rocznego pozyskania drewna Nadleśnictwa Zwoleń. W skali całego nadleśnictwa pozyskanie drewna zwiększyło się natomiast o 33% względem planowanego pozyskania drewna na 2012 r., co w praktyce przełożyło się na sposób funkcjonowania i zarządzania w badanej jednostce.

Analiza wykazała, że na skutek szkód od wiatru wystąpił wzrost udziału surowca średniowymiarowego kosztem surowca wielkowymiarowego. Udział drewna wielkowymiarowego gatunków iglastych i liściastych średnio wyniósł 16% (W0 dłużycą). Pozostałe 84% surowca pozyskano jako drewno średniowymiarowe (S2BG dł., S2A, S4). Na powierzchni pohuraganowej pozyskano surowiec wielkowymiarowy w niższych klasach jakości ze względu na wady w drewnie powstałe w wyniku szkód od wiatru. Historycznie w Nadleśnictwie Zwoleń na planowanych powierzchniach cięć

odnotowuje się odwrotną tendencję udziału surowca wielkowymiarowego i średniowymiarowego.

Analizując wyniki, należy również wskazać, że różnica pomiędzy średnią ceną drewna pozyskanego na pozycjach planowych cięć a średnią ceną drewna pozyskanego na powierzchniach pohuraganowych wyniosła 38 zł netto za 1 m<sup>3</sup>. Różnica w cenie wynikała w głównej mierze z pozyskania surowca średniowymiarowego w ramach manipulacji drewna na gruncie z powodu wad powstałych w drewnie w wyniku działania huraganu.

W 2012 r. Nadleśnictwo Zwoleń z powierzchni pohuraganowych uzyskało dodatkowy przychód wynikający ze sprzedaży drewna pozyskanego z powierzchni pokłeskowej w wysokości ponad 3,5 mln złotych netto. Podkreślić jednak należy, że gdyby drewno to pozyskano z powierzchni nieuszkodzonych, to uzyskany przychód zwiększyłby się o ponad 990 tysięcy złotych netto. W następnych latach Nadleśnictwo Zwoleń będzie ponosiło zwiększone koszty związane z pracami wykonywanymi w ramach hodowli i ochrony lasu. Trzeba jednak podkreślić, że analiza zwiększenia się kosztów Nadleśnictwa Zwoleń nie stanowi przedmiotu niniejszej pracy.

## WNIOSKI

1. Analiza surowca drzewnego pochodzącego z obszaru objętego klęską żywiołową wykazała straty jakościowe wynikające z przesunięcia miąższości drewna z wyższych do niższych klas jakości, a także z przesunięcia z surowca wielkowymiarowego do średniowymiarowego, co w rezultacie skutkowało także obniżeniem ceny jednostkowej za 1 m<sup>3</sup> drewna pokłeskowego.
2. Klęska żywiołowa skutkowałą zwiększeniem pozyskania drewna w skali Nadleśnictwa Zwoleń w roku wystąpienia huraganu, a także zwiększeniem pozyskania drewna w leśnictwie objętym klęską.
3. Huragan spowodował stratę w przychodach ze sprzedaży drewna w wysokości powyżej 990 tys. zł oraz straty na przyroście drzewostanów na poziomie ponad 107 tys. zł.
4. Nieplanowane zwiększenie pozyskania drewna wynikające z zaistnienia klęski żywiołowej przełożyło się na zmiany w bieżącym funkcjonowaniu i zarządzaniu lasami Nadleśnictwa Zwoleń.

The publication was created as part of the Master of Business Administration studies in the field of forest management at the Poznań University of Life Sciences.

## PIŚMIENNICTWO

- Adamowicz, K. (2010). Cenowa elastyczność popytu na drewno na pierwotnym lokalnym rynku drzewnym w Polsce [Price elasticity of demand for timber on primary local wood market in Poland]. *Sylvan*, 154(2), 130–138 [in Polish].
- Bruchwald, A., Dmyterko, E. (2011). Zastosowanie modeli ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do oceny zagrożenia lasów nadleśnictwa [Application of wind damage risk models for the assessment of danger to stands within a forest district]. *Sylvan*, 155(7), 459–471 [in Polish].
- Donoghue, D. N. M., McManus, K. B., Dunford, R. W., Watt, P. J. (2006). European windstorm and the role of remote sensing in helping to assess damage to forestry. 4th International Workshop on Remote Sensing for Post-Disaster Response Sept 25–26, Cripps Court, Magdalen College, Cambridge.
- England, A. H., Baker, C. J., Saunderson, S. E. T. (2000). A dynamic analysis of windthrow of trees. *Forestry*, 73(3), 225–237. <https://doi.org/10.1093/forestry/73.3.225>
- Emanuel, K., Sundararajan, R., Williams, J. (2008). Hurricanes and global warming: Results from downscaling IPCC AR4 simulations. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 89(3), 347–368. <https://doi.org/10.1175/BAMS-89-3-347>
- Ennos, A. R. (1997). Wind as an ecological factor. *Trends Ecol. Evol.*, 12(3), 108–111. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(96\)10066-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(96)10066-5)
- Gardiner, B. A., Stacey, G. R., Belcher, R. E., Wood, C. J. (1997). Field and wind tunnel assessments of the implications of respacing and thinning for tree stability. *Forestry*, 70(3), 233–252. <https://doi.org/10.1093/forestry/70.3.233>
- Gardiner, B. A., Quine, C. P. (2000). Management of forests to reduce the risk of abiotic damage – a review with particular reference to the effects of strong winds. *For. Ecol. Manage.*, 135, 261–277. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00285-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00285-1)
- Heinonen, T., Pukkala, T., Ikonen, V.-P., Peltola, H., Vena, A., Venäläinen, A., Dupont, S. (2009). Integrating the risk of wind damage into forest planning. *For. Ecol. Manage.*, 258, 1567–1577. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.07.006>

- Henderson, J. D., Abt, R.C., Abt, K.L., Baker J., Sheffield, R. (2022). Impacts of hurricanes on forest markets and economic welfare: The case of hurricane Michael. For. Pol. Econ., 140, 102735. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102735>
- Jakubowski, M. (2010). Promieniowa zmienność makrostruktury drewna wiatrołomów sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i świerka pospolitego (*Picea abies* Karst.) w relacji do niektórych właściwości drewna [Radial variability of macrostructure of Scots pine [*Pinus sylvestris* L.] and Norway spruce [*Picea abies* Karst.] in relation to some wood features]. Rozp. Nauk., 407. Poznań: Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu [in Polish].
- Jalkanen, A., Mattila, U. (2000). Logistic regression models for wind and snow damage in northern Finland based on National Forest Inventory data. For. Ecol. Manage., 135, 315–330. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00289-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00289-9)
- Nyrek, A. (1975). Gospodarka leśna na Górnym Śląsku od poł. XVII do poł. XIX w. [Forest management in Upper Silesia from the mid-17th to the mid-19th century (tł. wł.)]. Prace Wrocł. Tow. Nauk., Ser. A, 168, 29–97 [in Polish].
- Peltola, H. (1996). Swaying of trees in response to wind and thinning in stand of Scots pine. Bound. Layer Meteo., 77, 285–304. <https://doi.org/10.1007/BF00123529>
- Peltola, H., Kellomäki, S., Väisänen, H., Ikonen, V. P. (2000). A mechanistic model of assessing the risk of wind and snow damage to single trees and stands of Scots pine, Norway spruce and birch. Can. J. For. Res., 29(6), 647–660. <https://doi.org/10.1139/x99-029>
- Prestemon, J. P., Holmes, T. P. (2010). Economic impacts of hurricanes on forest owners. In: Pye, J. M.; Rauscher, H. M; Sands, Y.; Lee, D. C.; Beatty, J. S. (Eds.), Advances in threat assessment and their application to forest and rangeland management (p. 207–221). Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-802. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest and Southern Research Stations.
- Rutledge, B. T., Cannon, J. B., McIntyre, R. K., Holland, A. M., Jack, S. B. (2021). Tree, stand, and landscape factors contributing to hurricane damage in a coastal plain forest: Post-hurricane assessment in a longleaf pine landscape. For. Ecol. Manage., 481, 118724. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118724>
- Spatz, H-Ch., Brüchert, F. (2000). Basic biomechanics of self-supporting plants: wind loads and gravitational loads on a Norway spruce tree. For. Ecol. Manage., 135, 33–44. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00296-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00296-6)
- Sun, C. (2020). Timber price dynamics after a natural disaster: a reappraisal. J. For. Econ., 35(4), 397–420. <http://dx.doi.org/10.1561/112.00000520>
- Talkkari, A., Peltola, H., Kellomäki, S., Strandman, H. (2000). Integration of component models from the tree, stand and regional levels to assess the risk of wind damage at forest margins. For. Ecol. Manage., 135, 303–313. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00288-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00288-7)
- Tanner, E. V. J., Kapos, V., Healey, J. R. (1991). Hurricane Effects on Forest Ecosystems in the Caribbean. Biotropica, 23(4), 513–521.
- Valinger, E., Fridman, J. (1997). Modeling probability of snow and wind damage in Scots pine stands using tree characteristics. For. Ecol. Manage., 97, 215–222. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00062-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00062-5)
- Zajączkowski, J. (1991). Odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu [Resilience of the forest to the damaging effects of wind and snow. (tł. wł.)]. Warszawa: Wyd. Świat.
- Zajączkowski, J. (2005). Leśnicy kontra wiatr [Foresters vs. wind. (tł. wł.)]. Las Polski, 23.

## THE IMPACT OF A NATURAL DISASTER ON THE VALUE OF REVENUE FROM HARVESTED TIMBER BASED ON THE ZWOLEŃ FOREST DISTRICT

### ABSTRACT

Polish forests are increasingly often experiencing adverse effects of abiotic factors. Hurricane winds cause enormous losses in forest ecosystems not only economically, but also environmentally and socially. The paper analyses hurricane-induced damage in terms of its impact on the quality and value of timber. This was done based on data collected from the Zwoleń Forest District regarding areas affected by the hurricane in 2012. The damage occurred over an area of 200 ha and was estimated at 26 thousand m<sup>3</sup> of wood. The analysis showed a deterioration in the quality of harvested timber, and consequently a decrease in its value. A significant shift in the volume of timber was found from higher to lower grade classes, as well as a transfer of large-sized wood to middle-sized wood. This resulted in a decrease in the unit price for 1 m<sup>3</sup> of timber. In



the case of post-hurricane wood, the loss amounted to an average of PLN 38 /m<sup>3</sup>. As a result, this led to losses for the Zwoleń Forest District amounting to over PLN 990 thousand. Moreover, for the areas completely destroyed and subject to forest regeneration, losses from stand growth were established at PLN 107 thousand. Increased harvesting of post-hurricane timber resulted in organizational changes and changes in the current management of forests in the Zwoleń Forest District.

**Keywords:** natural disaster, wind damage, quality of post-disaster timber, value of post-disaster timber, financial losses, losses in stand growth increment

