

Edyta Rosłon-Szeryńska

*Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Instytut Inżynierii Środowiska, Katedra Architektury Krajobrazu
edyta_roslon_szerynska@sggw.edu.pl,  <https://orcid.org/0000-0003-0191-7999>*

Drzewa jako element ryzyka związanego z anomaliami pogodowymi

Zarys treści: Drzewa stanowią zasadniczy element zielonej infrastruktury pełniący usługi ekosystemów. Jednak podstawą racjonalnego gospodarowania zadrzewieniem w miastach jest bilans korzyści i strat związany z ich obecnością w przestrzeni zurbanizowanej, zwłaszcza w dobie zmian klimatycznych i wzmagających się anomalii pogodowych. Celem artykułu jest przedstawienie problematyki zagrożenia ze strony drzew w Polsce na tle wybranych krajów Europy i Ameryki. W ramach pracy sporządzono statystyki wypadków i szkód powodowanych przez drzewa podczas wichur w latach 2000–2021. Powstał współczynnik regionalny ryzyka związanego z wiatrołomami i wywrotami. Badania własne udowodniły, że liczba i skutki wypadków w Polsce są na podobnym (niskim) poziomie co na świecie. Należy więc chronić drzewa, dbając o ich stan. Przedstawiono wytyczne do zarządzania ryzykiem. Wyniki badań mają przyczynić się do lepszego gospodarowania drzewami w przestrzeni zurbanizowanej, ale i do poprawy warunków życia człowieka w miastach.

Słowa kluczowe: drzewa w przestrzeni zurbanizowanej, wiatrołomy i wykroty, drzewa i wichury, ryzyko ze strony drzew

Wprowadzenie

Spółeczna świadomość ważnej roli drzew w środowisku przyrodniczym i w krajobrazie kulturowym istniała od wieków, lecz niezwykle istotna okazuje się dziś, w dobie postępujących zmian klimatycznych (Rosłon-Szeryńska 2019). Poparte wieloma badaniami naukowymi wszechstronne korzyści przyrodnicze, społeczne, zdrowotne, kulturowe, estetyczne i ekonomiczne świadczone przez drzewa przelicza się na wartości monetarne, co pozwala wykorzystywać ich potencjał w budowaniu komfortu i funkcjonalności życia na obszarach zurbanizowanych. Z tego powodu drzewa w wielu krajach uznawane są za dobro narodowe i zielony kapitał miast (Szczepanowska, Sitarski 2015), a koncepcja „usług ekosystemowych”

(Solon i in. 2017) i „zielonej infrastruktury” z drzewami w roli głównej jest od wielu lat przedmiotem naukowych rozważań (Szulczewska 2018) i jednym z głównych priorytetów w polityce przestrzennej jednostek terytorialnych na świecie, w tym w państwach azjatyckich (Mizgajski, Stępniewska 2009, Mell 2016). W działaniach na rzecz adaptacji i mitygacji do zmian klimatu ważna jest klimatotwórcza rola zadrzewień miast (Czerwieniec, Lewińska 2000). Również badania dowodzą, że korzyści z obecności drzew dominują nad ewentualnymi uciążliwościami, ale i stratami przez nie spowodowanymi (Rosłon-Szeryńska 2019).

Mimo to w Polsce można dostrzec wiele problemów z drzewami w przestrzeni życia człowieka. Głównym wątkiem jest dyskusja nad zagrożeniem bezpieczeństwa, a liczba decyzji zezwalających na wycinkę z roku na rok wzrasta. Zagrożenie bezpieczeństwa to jedna z istotnych przyczyn usuwania drzew (Krynicki, Witkoś 2016). Także opinie społeczne na temat drzew przesiąknięte są mitami, na temat ryzyka powodowanego przez wiatrołomy i wywroty podczas silnych wiatrów (Rosłon-Szeryńska 2019). Wiąże się to z odpowiedzialnością finansową właściciela terenu za szkody spowodowane przez drzewo w przypadku udowodnienia zaniedbania w jego pielęgnacji i utrzymaniu. W ustawie o ochronie przyrody (Dz.U. z 2022 r., poz. 916 z późn. zm.) wymienia się drzewa, które zagrażają bezpieczeństwu urzędów, ludzi lub mienia w istniejących obiektach budowlanych (...) i bezpieczeństwu ruchu drogowego, kolejowego oraz żeglugi, a których usunięcie wymaga uzyskania zezwolenia z gminy bez ponoszenia opłat z tego tytułu (art. 86.1, pkt 4,5 u.o.p.). Jednak brak metody precyzującej kryteria oceny zagrożenia przyczynia się do wielu nadużyć.

Przedmiotem badań są wiatrołomy i wywroty w przestrzeni zurbanizowanej, stanowiące ryzyko rozumiane jako implikacja niepożądanego zdarzenia skutkującego poniesieniem straty w mieniu, zdrowiu lub życiu ludzi (Rosłon-Szeryńska 2019). Celem artykułu jest przedstawienie problematyki ryzyka ze strony drzew w Polsce i możliwości zarządzania nim. Główny problem badawczy został ujęty w pytaniu, czy świadomość i monitoring ryzyka ze strony drzew w związku z anomaliami pogodowymi w naszym kraju wpływa na system zadrzewień miejskich? W rozwiązaniu tak określonego problemu głównego pomogły następujące pytania badawcze:

1. Kiedy drzewo jest zagrożeniem, a kiedy stanowi stratę jako mienie wskutek anomalii pogodowych?
2. Jakie jest ryzyko ze strony wiatrołomów i wywrotów w Polsce?
3. Jak szacować ryzyko ze skali ogólnopolskiej i regionalnej?
4. Jakie zastosowanie ma wiedza o ryzyku ze strony drzew w gospodarowaniu zielenią w miastach?

Za podstawę do rozwiązania wymienionych problemów badawczych przyjęto weryfikację głównej hipotezy badawczej, wskazując, że identyfikacja zagrożenia i kwantyfikacja ryzyka związanego z drzewami obecnymi w krajobrazie kulturowym stanowi podstawę prawidłowo funkcjonującego systemu zarządzania drzewami. Wiedza o częstotliwości i skutkach upadających i łamiących się drzew pozwala na podejmowanie racjonalnych decyzji adekwatnych do skali ryzyka.

W ramach pracy sporządzono statystyki wypadków i szkód powodowanych przez drzewa podczas wichur w latach 2000–2021, co odniesiono do kontekstu zmian klimatycznych, w tym zwiększającej się częstotliwości wichur w okresie od 1979 do 2018 r. Powstał współczynnik regionalny ryzyka związanego z wiatrołomami i wywrotami, który może być narzędziem do zarządzania drzewami. Przedstawiono wytyczne do zarządzania ryzykiem. Wyniki badań, oprócz wartości poznawczej, mogą służyć do efektywniejszego gospodarowania drzewami w przestrzeni zurbanizowanej oraz do poprawy warunków życia człowieka w miastach.

Metoda badawcza i materiał źródłowy

Ryzyko ze strony drzew analizuje się pod kątem częstości występowania wichur (Lorenc 2012, Chmielewski, Szer 2018) oraz częstości i rozmiaru szkód powodowanych przez upadające drzewa (National Tree Safety Group 2011, Taszarek, Brooks 2015, Rosłon-Szeryńska 2019).

Ryzyko definiowane jest jako niebezpieczeństwo poniesienia straty lub możliwość wystąpienia wydarzenia szkodzącego. Jest sytuacją, której nie można przewidzieć z całą pewnością, ale znany jest rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia warunków tego zdarzenia. W ocenie ryzyka stosowane są miary: prawdopodobieństwo straty; wielkość tej straty (negatywna użyteczność straty). Im wyższe jest prawdopodobieństwo otrzymania negatywnego wyniku i im bardziej niekorzystny jest ten wynik, tym wyższy jest poziom ryzyka (Łozowska-Stupnicka 2000). W Ameryce w odniesieniu do szkód wyrządzanych przez drzewa często używane są systemy oceny ryzyka wypadkowego powstałe na gruncie bezpieczeństwa pracy. W praktyce przy szacowaniu wielkości ryzyka wypadkowego stosuje się metody jakościowe (matrycowe, wskaźnikowe i grafy ryzyka) oraz ilościowe: diagramy logiczne (drzewa zdarzeń), metody symulacyjne, metody statystyczne oraz metody finansowe (Romanowska-Słomka, Słomka 2002).

W ramach realizacji założonego celu wybrano metodę wskaźnikową Risk Score (Romanowska-Słomka, Słomka 2002), którą w Anglii do oceny ryzyka związanego z upadkiem drzew przydrożnych wykorzystał Ellisson (2005). Wskaźnik ryzyka wypadku (niepożądanego zdarzenia) określa się jako iloczyn trzech parametrów:

$$R = S \times E \times P \quad (1)$$

gdzie:

R – oszacowana wartość ryzyka wystąpienia zdarzenia,

S – możliwe następstwo skutków zagrożenia,

E – ekspozycja (narażenie) na zagrożenie,

P – prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia.

Potencjalne skutki (S) są wyznaczone przez średnią arytmetyczną oceny strat ludzkich i materialnych ujętych w skali 1–100 pkt. Za małą stratę (1 pkt) uważa się udzielenie pierwszej pomocy oraz stratę materialną poniżej 5 tys. zł. Bardzo

duża strata (15 pkt) wiąże się z ofiarą śmiertelną będącą odpowiednikiem strat materialnych w wysokości od 5 tys. do 5 mln zł. Za poważną katastrofę uznaje się (100 pkt) wiele ofiar śmiertelnych lub stratę oszacowaną na ponad 30 mln zł.

Czas ekspozycji (E) oddziaływania szkodliwych czynników na człowieka mierzy się w skali od 0,5–10, w której ramach wartość najniższą uzyskujemy przy znikomym narażeniu (ekspozycja raz do roku), a wartość najwyższą (10 pkt) – przy stałym kontakcie potencjalnego celu narażenia ze źródłem zagrożenia. Ekspozycja sporadyczna z częstotliwością raz w tygodniu.

Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia dla człowieka (P) bazuje na kombinatoryce i mierzone jest w zakresie skali 0,1–10 pkt. Oznacza szansę zdarzenia od minimalnej (0,0001%) do dużej (50%). Szansa zdarzenia katastrofalnego w skutkach (A) jest określona przez liczbę ofiar śmiertelnych oraz liczbę wszystkich możliwych mieszkańców $|\Omega|$ danego obszaru liczona według wzoru:

$$P(A) = |A| / |\Omega| \quad (2)$$

gdzie:

$|A|$ – to liczba zdarzeń sprzyjających (ofiary śmiertelne $|A|$),

$|\Omega|$ – to liczba wszystkich możliwych zdarzeń (całkowita liczba mieszkańców $|\Omega|$).

Wartość ryzyka (R) mierzona jest w skali 0,05–10000. Obecność ryzyka już w wartości >400 oznacza bardzo duże zagrożenie i wskazuje na konieczność usunięcia drzew zagrażających bezpieczeństwu oraz podjęcie działań interwencyjnych poprawiających bezpieczeństwo. Kryteria oceny przyjęte w badaniach ujęto w tabeli 1.

Na podstawie wartości wskaźnika poziomu ryzyka dokonano podziału województw na grupy niskiego (I), średniego (II) i wysokiego poziomu zagrożenia (III) negatywnymi skutkami wicher ze strony upadających i łamiących się drzew.

Wyniki badań

Drzewo – źródło zagrożenia, a strata mienia

Silne wiatry zagrażają bezpieczeństwu ludzi, uszkadzają mienie, w tym drzewa, co należy uznawać za stratę. Rodzi się pytanie, kiedy nieszczęśliwe skutki wiatrołomów i wywrotów należy uznawać za zdarzenie losowe, a w jakich okolicznościach drzewo stanowi potencjalne źródło zagrożenia bezpieczeństwa. Należy rozpatrywać to w kontekście siły wiatru, bowiem siła niszcząca wiatrów zależy od ich porywistości i prędkości, którą opisujemy w różnych skalach – Beauforta, Torro, Fuijty czy Eibera. Szczególnie uciążliwe są wiatry związane z lokalnymi różnicami temperatur, takie jak cyklony, w tym huragany i trąby powietrzne, a także tornada występujące coraz częściej na terenie Polski. Silne wiatry wywołują kłęski żywiołowe, które są objęte Krajowym Programem Zarządzania Kryzysowego.

Tabela 1. Kryteria oceny ryzyka ze strony wiatrołomów i wywrotów według metody Risk Score

1. Potencjalne skutki (S)			
Wartość	Strata	Straty ludzkie	Straty materialne
100	Poważna katastrofa	Wiele ofiar śmiertelnych	Ponad 25 mln zł
40	Katastrofa	Kilka ofiar śmiertelnych	5–25 mln PLN
15	Bardzo duża	Ofiara śmiertelna	500 tys.–5 mln zł
7	Duża	Ciężkie uszkodzenie ciała	25–500 tys. zł
3	Średnia	Absencja	5–25 tys. zł
1	Mała	Udzielenie pierwszej pomocy	Poniżej 5 tys. zł
2. Ekspozycja na zagrożenie (E)			
Wartość	Opis		
10	Stała		
6	Częsta (codzienna)		
3	Sporadyczna (raz na tydzień)		
2	Okazjonalna (raz na miesiąc)		
1	Minimalna (kilka razy rocznie)		
0,5	Znikoma (raz do roku)		
3. Prawdopodobieństwo zdarzenia (P)			
Wartość	Opis	Szansa	
10	Bardzo prawdopodobne	50% (1 na 2)	
6	Całkiem prawdopodobne	10% (1 na 10)	
3	Mało prawdopodobne, ale możliwe	1% (1 na 100)	
1	Tylko sporadycznie możliwe	0,1% (1 na 1000)	
0,5	Możliwe do pomyślenia	0,01% (1 na 10 000)	
0,2	Praktycznie niemożliwe	0,001% (1 na 100 000)	
0,1	Tylko teoretycznie możliwe	0,0001% (1 na 1 000 000)	
4. Kategoria ryzyka (R)			
Kategorie ryzyka	Wartość [R]	Akcja	
Pomijalne	$R < 20$	Działania nie są potrzebne, bieżący monitoring	
Małe ryzyko	$20 \leq R < 70$	Zalecany monitoring	
Średnie ryzyko	$70 \leq R < 200$	Potrzebna poprawa	
Wysokie ryzyko	$200 \leq R < 400$	Potrzebna natychmiastowa poprawa	
Bardzo wysokie ryzyko	$R \geq 400$	Eliminacja źródła zagrożenia	

Źródło: opracowanie własne na podstawie metody Risk Score.

Rządowe Centrum Bezpieczeństwa (RCB) prowadzi monitoring takich zdarzeń, jak „silne wiatry”, określając 3 stopnie zagrożenia powodowane przez silny wiatr:

- (I) pierwszy stopień – $V_{\text{sr}} > 15$ m/s i w porywach > 20 m/s, kiedy dochodzi do uszkodzenia budynków, ale i łamania gałęzi oraz drzew;

- (II) drugi stopień, przy $V_{\text{sr}} > 20$ m/s i w porywach > 25 m/s, kiedy dochodzi do łamania i wrywania drzew z korzeniami;
- (III) trzeci stopień z $V_{\text{sr}} > 25$ m/s lub w porywach > 35 m/s dochodzi już do dużych szkód w drzewostanie.

Z powyższych danych wynika, że prędkość wiatru przekraczająca 15 m/s stwarza „zagrożenie” jako potencjalną możliwość utraty zdrowia, życia ludzkiego lub wystąpienia szkody w mieniu albo i środowisku. Źródłem, a więc przyczyną zagrożenia będzie w tym przypadku wiatr. Uszkodzone drzewo, budynek lub inny obiekt stanowią szkodę i są uszkodzonym mieniem. Łamiące się drzewo jako źródło zagrożenia (a nie skutek) będzie dotyczyło przypadków uszkodzeń przy mniejszej prędkości wiatru.

Odmienne ryzyko ze strony drzew ujęte jest w skalach opisowych siły wiatru na podstawie obserwowalnych uszkodzeń drzew. Z obserwacji skutków działania wiatrów w Polsce wynika, że szkody powoduje wiatr o prędkości 17 m/s. Według klasyfikacji opracowanej przez Lorenc (2012) zniszczenia nawet zdrowych drzew są możliwe przy prędkości wiatru $\geq 29,0$ m/s, a rozległe szkody o charakterze totalnym – przy wietrze o prędkości $\geq 33,0$ m/s. Arboryści w opracowaniu metod oceny statyki drzew przyjmują za krytyczną siłę wiatru równą 8^o Beauforta, będącą odpowiednikiem prędkości o sile 32 m/s (Wessolly 1997).

Krytyczna siła wiatru jest tu określona na niższym poziomie niż w przypadku opisowych klas (kategorii) uszkodzeń wyrządzonych wiatrem o różnej sile opracowanych w USA (np. skali Eibera, Torro lub Fujity). Według skali Eibera dane sugerują, że siła wiatru do 50 m/s uszkadza głównie drzewa z poważnymi wadami. Dopiero wiatry silniejsze (> 50 m/s) mogą uszkadzać samotnie rosnące drzewa z wadami nawet mało istotnymi. Również Hubrig (2004), bazując na skalach opisowych siły wiatru TORRO i Fujity, przedstawia tabelę zależności między prędkością wiatru a stopniem uszkodzenia drzew. Krytyczna siła wiatru to 42 m/s. Wiatr wiejący z tą prędkością i wyższą uszkadza nawet stabilne drzewa (tab. 2).

Skala opisowa siły wiatru ma praktyczne znaczenie w przypadku wypłat odszkodowań za wypadki powodowane przez wiatrołomy i wywroty. Firmy ubezpieczeniowe wypłacają odszkodowania za zdarzenia losowe, jeśli prędkość wiatru wyniosła nie mniej niż 17,5 m/s (63 km/h), ale również zdarza się, że siła wiatru powodująca odpowiedzialność ubezpieczyciela została określona na poziomie nie mniejszym niż 24,5 m/s (Maciążek 2005). Przy tej prędkości bowiem nawet zdrowe drzewa i ich części mogą ulec złamaniu. W innym przypadku (przy mniejszych prędkościach wiatru) mogło dojść do zaniedbania stanu drzewa.

Ryzyko ze strony wiatrołomów i wywrotów w Polsce

W ramach badań własnych przeanalizowano częstotliwość występowania wichur i ich skutki, w tym powodowane przez wiatrołomy i wywroty. Bazowano na danych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej i raportach dobowych Rządowego Centrum Bezpieczeństwa. Informacje o wypadkach powodowanych przez

Tabela 2. Skale opisowe uszkodzeń drzew na podstawie siły wiatru

Prędkość wiatru m/s	Stopień zagrożenia powodowany przez wiatr w skali krajowej wg RCB	Skutki działania, charakter uszkodzeń wg H. Lorenc (RCB 2017)	Klasa uszkodzeń według Eibera. Skutki działania, charakter uszkodzeń wg Eibera	Skala TORRO i Fujity. Opis uszkodzeń drzewostanu leśnego
≥(15)* 17-20	stopień I – uszkodzenia budynków i łamanie gałęzi oraz drzew	I – wiatr gwałtowny; łamie suche gałęzie drzew	1. uszkodzenia drobnych gałęzi (najczęściej drzew iglastych); złamania drobnych gałęzi klonów srebrzystych w rozwidleniach z zakorkiem; możliwe złamanie drzew z poważną wadą lub kilkoma wadami	T0, F0 – pojedyncze gałęzie zaczynają się odłamywać. Chore (z rozkładem drewna) lub szczególnie osłabione drzewa (wysokie i cienkie pnie, wysoko umieszczona korona, osłabiony płytki system korzeniowy) mogą się złamać lub wywrócić (w przypadku zgnilizny korzeni ryzyko wywrótu może podwyższyć też niestabilne, podmokłe podłoże)
≥21-24	stopień II – dochodzi do łamania i wywrótoń drzew	II – wichura; wiatr łamie konary drzew		
≥25-28	stopień III – dochodzi już do dużych szkód w drzewostanie	III – wiatr huraganowy; łamie i wyrывa stare drzewa o płytkim ukorzenieniu	2. duże ryzyko złamania pni drzew z kilkoma wadami; złamania gałęzi z rozkładem i zakorkiem; ryzyko złamań drzew z poważnymi pęknięciami zależnie od ekspozycji; dalsze rozlamywanie pęknięć średnich rozmiarów u drzew samotnych; łamanie średnich gałęzi w rozwidleniach z zakorkiem; losowe wywróty jesionów i świerków przy średniej ekspozycji wiatrowej; drzewa liściaste tracą gałęzie średnich i grubych rozmiarów	T1, F0 – gałęzie, również silne i zdrowe łamią się z wyższą częstotliwością, zwłaszcza podczas okresu wegetacyjnego – w stanie pełnego ulistnienia. Chore lub szczególnie osłabione drzewa (wysokie i smukłe pnie, wysoko osadzona korona, płytki i osłabiony system korzeniowy) często łamią się lub wywracają. Drzewa z uszkodzeniami (rozkładem drewna) korzeni lub na niestabilnej podmokłej glebie często się wywracają
≥29-32		IV – gwałtowny wiatr huraganowy; wyrывa drzewa z korzeniami i niszczy większe obszary drzewostanu w lasach, parkach i na skwerach (wiatrołomy)	3. wysokie ryzyko złamania drzew z pojedynczymi wadami pnia, zwłaszcza w strefach o dużym obciążeniu mechanicznym; złomy gałęzi ze średnich rozmiarów rozkładem drewna w miejscach słabych rozwidlen z zakorkiem; złamania pozostałych drzew z pęknięciami średnich rozmiarów; częste wykroty drzew rosnących na trawnikach	T2, F1 – liczne, również silne i zdrowe, gałęzie łamią się szczególnie podczas okresu wegetacyjnego – w stanie pełnego ulistnienia. Drzewa z uszkodzeniami statycznymi, drzewa osłabione (zbyt smukłe, ze słabym lub płytkim systemem korzeniowym) lub drzewa na niestabilnym podłożu łamią się i wywracają. Także zdrowe drzewa mogą ulec złamaniu na skutek niekorzystnych kierunków uderzenia wiatru lub podczas momentami gwałtownych wiatrów. Możliwe uszkodzenia naprężeniowe drzew ze stabilnym korzeniem, lecz z osłabionym pnem
>33-42		V – huragan lub trąba powietrzna (≥33,00); rozległe zniszczenia: wiatr wyrывa duże drzewa z korzeniami na większych przestrzerniach		

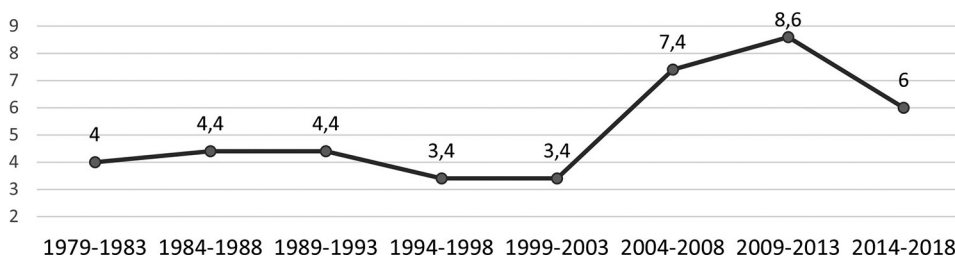
Prędkość wiatru m/s	Stopień zagrożenia powodowany przez wiatr w skali krajowej wg RCB	Skutki działania, charakter uszkodzeń wg H. Lorenc (RCB 2017)	Klasa uszkodzeń według Eibera. Skutki działania, charakter uszkodzeń wg Eibera	Skala TORRO i Fujity. Opis uszkodzeń drzewostanu leśnego
>42–51			4. najwięcej złomów u drzew z ważnymi wadami; liczne złomy drzew z wadami średniej kategorii	T3, F1 – liczne, również silne i zdrowe, gałęzie łamią się także w stanie bezlistnym. Częste uszkodzenia naprężeniowe. Masowe złomy w drzewostanach z pozostaniem okazów najbardziej stabilnych oraz mniej stabilnych rosnących w cieniu wiatrowym
>51–61			5. bardzo częste złomy samotnych drzew z wadami; drzewa z wadami rzadko zostają nieuszkodzone	T4, F2 – nawet stabilne drzewa i drzewostany prawie zawsze kompletnie złamane i wyrwane. Drzewa o rozległych, stabilnych koronach i stabilnych systemach korzeniowych oraz z uszkodzeniami naprężeniowymi ulegają złamaniom.
>61–71				T5, F2 – najbardziej stabilne drzewa i krzewy (żywoploty wiatrochronne, drzewa okrajkowe, zadrzewienia śródpolne) ulegają silnym uszkodzeniom lub wykotom z przemieszczeniem. Przenoszone przez wiatr liczne gałęzie (z posuszem)
>71–82				T6, F3 – wszystkie rodzime drzewostany uszkodzone – pnie bardzo silnie przetrzebione, pozabawione gałęzi
>82–93				T7, F3 – wszystkie rodzime drzewostany uszkodzone. Pozostałe drzewa silnie przetrzebione, pozabawione gałęzi
>93–105				T8, F4 – widoczne odarcia z kory na pozostałych pniach drzew
>105–130				T9, F4 (T10, F5) – totalne odarcia z kory pni pozostałych drzew

Źródło: opracowanie własne.

upadające drzewa uzupełniano o szczegóły dotyczące okoliczności, miejsca zdarzenia i uszkodzonych na podstawie informacji w lokalnej prasie.

Z raportu opracowanego przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej wynika, że liczbę dni z gwałtowną wicherą o prędkości ≥ 25 m/s szacuje się w roku na około 40 w części południowej naszego kraju. Obserwacje pokazują, że przez obszar Polski przemieszcza się średnio około 15 cykli w roku, podczas których wiatr osiąga w porywach prędkość co najmniej 11 m/s (Lorenc 2012). Oznacza to, że udział dni z wiatrem o takiej sile wynosi około 5% w roku. Najwięcej wiatrów może wystąpić w grudniu, styczniu i marcu – średnio 2 w miesiącu. W październiku, listopadzie, lutym i kwietniu wichura pojawia się średnio raz na miesiąc, natomiast w maju, czerwcu i lipcu wichury występują głównie w powiązaniu z burzami termicznymi. W naszym kraju są rejon częściej od innych nawiedzane przez wichury w okresie od listopada do marca. Halne i feny wieją od października do lutego. W okresie letnim (ew. od maja) zwiększa się aktywność trąb powietrznych rozumianych jako wirujące kolumny powietrza będące w kontakcie z powierzchnią ziemi i chmurą (Lorenc 2012).

Z raportów IMiGW przeanalizowano częstotliwość wiatrów wiejących w sezonie wegetacji roślin, a więc w pełni ulistnienia, w Polsce w latach 1979–2018. Najczęściej są to trąby powietrzne, a ich średnia roczna liczba w okresie od 1979 do 2000 r. wynosi 4. W latach 2003–2018 zaobserwowano wyraźnie zwiększoną liczbę trąb. Liczba trąb powietrznych w ostatnim ćwierćwieczu wzrosła prawie dwukrotnie w stosunku do lat 80., co należy wiązać ze zwiększeniem ryzyka szkód powodowanych przez wiatrołomy i wywroty (ryc. 1).

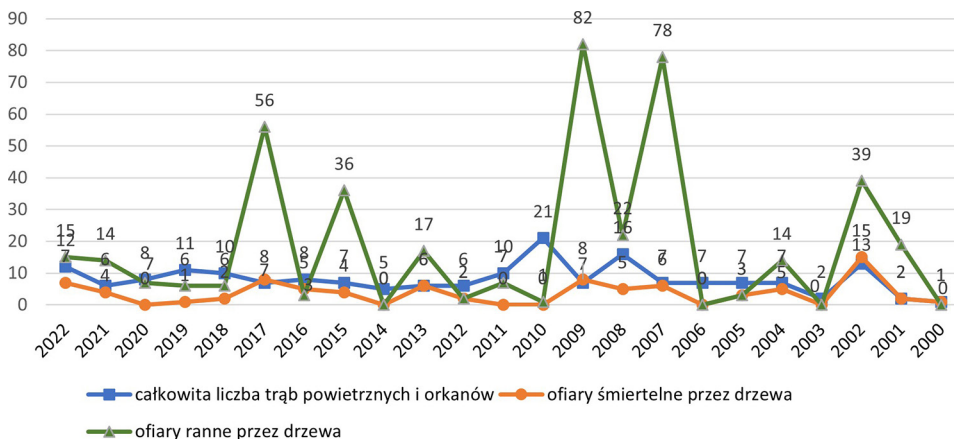


Ryc. 1. Średnia roczna liczba trąb powietrznych w przedziałach pięcioletnich od 1979 do 2018 r. w kraju

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportów RCB.

Zebrano dane o wicherach z prędkością wiatru powyżej 15m/s (uznawanym przez RCB jako kłęski żywiołowe) z 23 lat, z okresu od 2000 do 2022. Dokonano oceny częstotliwości szkód wyrządzonych przez wiatrołomy i wywroty (ryc. 2). Średnia roczna liczba wicher ponadlokalnych wyniosła 8,1. Średnia liczba ofiar rannych w ciągu 23 lat wyniosła 23 osoby. Jednak te dane dotyczą ofiar rannych wszystkich zdarzeń podczas wicher, nie tylko związanych z drzewami. Zauważono zwiększoną liczbę ofiar rannych z powodu wiatrołomów w roku 2002, 2007, 2009, 2015 i 2017. Średnia roczna liczba ofiar śmiertelnych przez upadające drzewa to 3,8 osoby. Z innych przyczyn (np. spadające dachówki podczas wicher)

giną średnio 2 osoby rocznie. Oznacza to, że co druga wichura kończy się wypadkiem śmiertelnym z udziałem drzew. Każda wichura przynosi ponad 3 ofiary ranne, z czego prawie 2/3 tych zdarzeń wiąże się z drzewami.



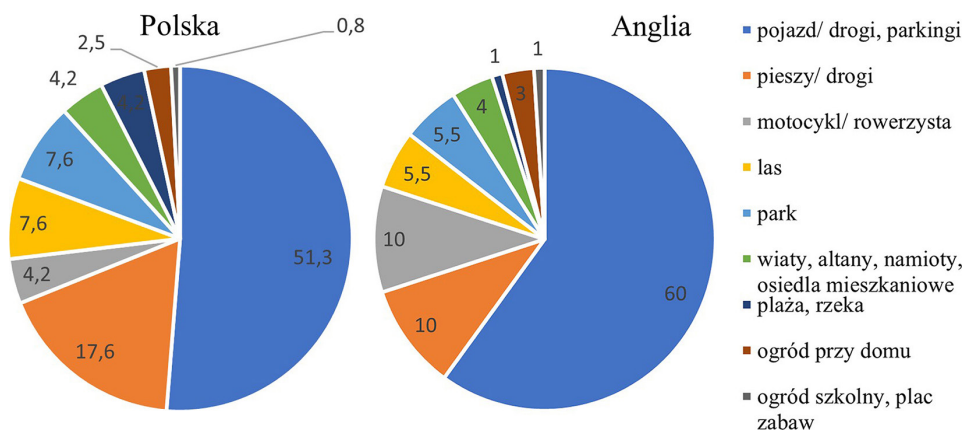
Ryc. 2. Średnia roczna liczba wichur oraz ich skutków (ofiary śmiertelne i ranne wskutek upadających drzew) w przedziale czasu od 2000 do 2022 r. w Polsce (aktualizacja danych Rosłon-Szeryńska 2019)

Generalnie liczba ofiar wykotów i wiatrołomów nie jest duża w porównaniu do innych klęsk i wypadków. Według rocznika statystycznego województw w roku 2020 ogółem liczba wypadków śmiertelnych przy pracy wyniosła 190 osób, liczba śmiertelnych ofiar w wypadkach drogowych to 2491 (GUS 2021).

Przeanalizowano miejsca, w których najczęściej dochodzi do takich zdarzeń, i wyniki porównano z danymi z Anglii (National Tree Safety Group 2011). Do wypadków z drzewami na ogół dochodzi na drogach i parkingach z udziałem pojazdu. W Polsce stanowi to 51,3% wszystkich zdarzeń, w Anglii 60%. Śmiertelne skutki upadku drzew przydrożnych na pieszych w Polsce dotyczą 17,6% zdarzeń, a w Anglii 10%. W porównaniu do Anglii niższy odsetek nieszczęśliwych zdarzeń w Polsce odnosi się do upadku drzew na motocyklistów i rowerzystów (4,2%), a nieco więcej wypadków zdarza się w lasach i parkach (po 7,6%) oraz na terenach nieurządzonej zieleni (4,2%). Pojedyncze zdarzenia mają miejsce w ogrodach przy domu jednorodzinnym (2,5%) i w ogrodach szkolnych, na placach zabaw (0,8%). Wyniki analiz obrazuje rycina 3.

Szacowanie ryzyka ze strony drzew w skali ogólnokrajowej

Obliczono dla kraju wskaźnik ryzyka ze strony wiatrołomów i wywrotów dla kraju w oparciu o dane o wichurach i wypadkach z lat 2000–2022. Wykorzystano



Ryc. 3. Miejsca zdarzeń wypadków śmiertelnych z udziałem wiatrołomów i wywrotów w kraju (z okresu od 2000 do 2022 r.) i Anglii z lat 2000–2008 (aktualizacja danych Rosłon-Szeryńska 2019)

wskaźnik ryzyka wypadku (Risk Score) określony jako iloczyn trzech parametrów (skutków zdarzenia, ekspozycji na zagrożenie i prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia):

$$R = S \times E \times P = 15 \times 2 \times 0,1 = 3 \quad (3)$$

- wartość S (ciężkości skutku) wynosi 15 i oznacza bardzo duże szkody związane z obecnością ofiar śmiertelnych i szkodą mienia w wysokości 500 000–5 000 000 zł;
- wartość E (ekspozycji na zagrożenie) wynosi 2 dla Polski centralnej (wichura raz w miesiącu) i 2,5 dla części północnej (przeciętnie 2 razy w miesiącu) oraz 3 dla południa kraju (3 razy w tygodniu);
- wartość P (prawdopodobieństwa wypadku) wynosi 0,1 i oznacza tylko teoretycznie możliwe zdarzenie oraz szansę niższą niż 1 na 1 000 000, że nastąpi wypadek śmiertelny w skutkach z powodu upadku drzew. Prawdopodobieństwo wypadku śmiertelnego w skutkach z powodu upadającego drzewa wynosi w naszym kraju 1 do 10 162 921.

Wartość 3 oznacza ryzyko pomijalne (szerokiej akceptacji). W zasadzie nie ma potrzeby prowadzenia działań interwencyjnych. Zalecane jest prowadzenie monitoringu. Podobne statystyki wypadków i poziom ryzyka związany z obecnością drzew w przestrzeni zurbanizowanej występuje w Anglii, gdzie NTSG (National Tree Safety Group) przedstawiła wyniki badań skutków wiatrołomów i wywrotów w latach 1999–2008. Liczba ofiar śmiertelnych w ciągu badanego okresu wykazuje trend nieznacznie rosnący, z wahaniami od 2 do 15 ofiar rocznie. Ogólne ryzyko dla społeczeństwa wynikające z upadających drzew jest bardzo niskie, a prawdopodobieństwo, że drzewo lub jego część spowoduje wypadek ze skutkiem śmiertelnym, wynosi około 1 na 10 mln (NTSG 2011). Ball i Ball-King (2011) określili, że „ryzyko dla społeczeństwa wynikające z upadających drzew

jest znikome, a perspektywy zmniejszenia go poniżej obecnego poziomu są odległe i porównywalne ze znalezieniem mikroskopijnej igły w olbrzymim stogu siana”. Również sądy orzekające w sprawach dotyczących wypadków rzadko uznają właściciela terenu za winnego zaniedbania drzewa.

Szacowanie ryzyka ze strony drzew w skali regionalnej

Przeanalizowano wypadki wiatrołomów i wywrotów z okresu od 2010 do 2022 r. pod względem ich rozmieszczenia w poszczególnych województwach kraju (tab. 3). Z zebranych danych wynika, że obszarem z najczęstszymi wypadkami spowodowanymi przez wiatrołomy i wywroty jest województwo pomorskie, gdzie odnotowano ogółem 13 ofiar śmiertelnych, a więc średnio jedną rocznie. Oznacza to, że ryzyko wypadku śmiertelnego w skutkach spowodowanego przez drzewa wynosi 1 do 1 832 368. Jest to wciąż poziom ryzyka szerokiej tolerancji, w stopniu minimalnym (pomijalnym), jednak jest on ponadpięciokrotnie wyższy od

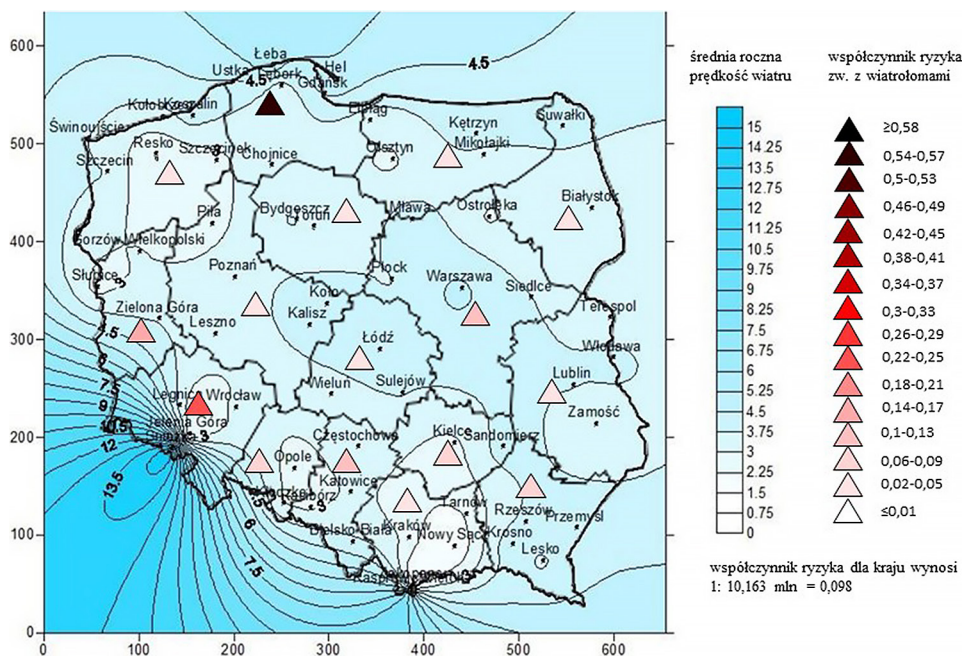
Tabela 3. Skutki wichur z lat 2010–2022. Liczba ofiar śmiertelnych i rannych z tego okresu wraz z oszacowaniem prawdopodobieństwa zdarzenia (P)

Region/obszar	Ofiary śmiertelne wiatrołomów i wywrotów		Liczba mieszkańców	Zagęszczenie ludności	Liczba mieszkańców w milionach (N) przypadająca na jedno zdarzenie	Przeciętna roczna prędkość wiatru (m/s)	Współczynnik ryzyka (P=1/N)
	ogółem liczba w latach 2010–2022	średnia roczna liczba					
Dolnośląskie	6	0,462	1994670	145	4,32	5,5	0,231
Kujawsko-pomorskie	0	0,067	1797134	115	26,96	3	0,037
Lubelskie	1	0,077	2512246	83	32,66	3,5	0,031
Lubuskie	3	0,231	1398793	72	6,06	4	0,165
Łódzkie	1	0,077	1821895	134	23,68	3,5	0,042
Małopolskie	1	0,077	1518279	225	19,74	2,5	0,051
Mazowieckie	5	0,385	3555847	153	9,25	4	0,108
Opolskie	1	0,077	941187	104	12,24	3,75	0,082
Podkarpackie	2	0,154	1784576	119	11,60	3,75	0,086
Podlaskie	1	0,077	2018702	58	26,24	3	0,038
Pomorskie	13	1,000	1832368	128	1,83	4,5	0,546
Śląskie	2	0,154	1233309	364	8,02	3,75	0,125
Świętokrzyskie	1	0,077	1171050	105	15,22	2,75	0,066
Warmińsko-mazurskie	1	0,077	2417347	59	31,43	3,75	0,032
Wielkopolskie	2	0,154	2982650	117	19,39	3,5	0,052
Zachodniopomorskie	1	0,077	2290472	74	29,78	2,75	0,034
Polska	40	3,077	31270525	122	10,16	-	0,098

Źródło: opracowanie na podstawie raportów RCB.

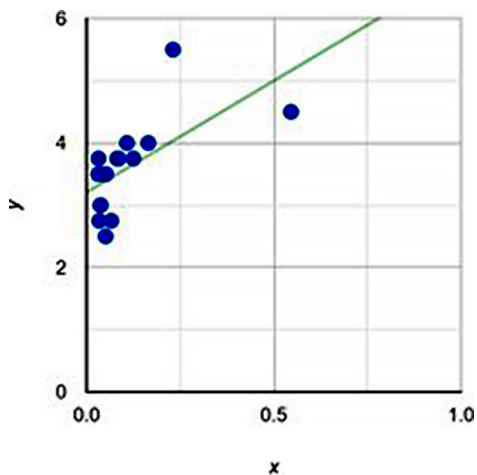
średniej krajowej. Zwiększona liczba wypadków śmiertelnych dotyczy również województwa dolnośląskiego (ogółem 6, a średnio 0,46 rocznie), mazowieckiego (ogółem 5, a średnio rocznie 0,38) i lubuskiego (ogółem 3, a średnio rocznie 0,23). Województwa bezpieczne, z niską lub zerową liczbą śmiertelnych skutków wichur w badanym okresie, to kujawsko-pomorskie (0), lubelskie, łódzkie, małopolskie, podlaskie i opolskie (1). Najniższe prawdopodobieństwo wypadku śmiertelnego w skutkach spowodowanego przez wiatrołomy i wywroty występuje w województwie lubelskim i warmińsko-mazurskim. Tu szansa niepożądanego zdarzenia wynosi 1 do 32 mln.

Biorąc pod uwagę przestrzenne rozmieszczenie wypadków, należy stwierdzić, że najbardziej niespokojne obszary to Polska północna (województwo pomorskie), zachodnia (lubuskie), obszar Dolnego Śląska, Śląska i Mazowsza, a najspokojniejsze to rejony Podlasia, Mazur i Lubelszczyzny. Dwa obszary z dominującą liczbą wypadków można powiązać z większą częstotliwością porywistych wiatrów, w tym z obecnością lokalnych cyrkulacji powietrza nad morzem (bryza) i w górach (wiatry górskie i dolinne). Również z mapy rocznej wietrzności Polski (Dygulska i in. 2015) wynika, że obszar zachodni (lubuskie) centralny kraju i południowa część Śląska charakteryzuje się występowaniem porywistych wiatrów (ryc. 4).

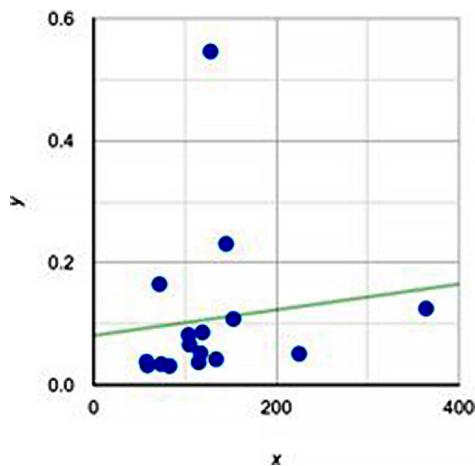


Ryc. 4. Mapa ryzyka związanego z wiatrołomami i wywrotami w kontekście struktury rozkładu wietrzności w Polsce (opracowanie własne na podstawie mapy wietrzności kraju)

Źródło: Dygulska i in. (2015).



Ryc. 5. Zależność między ryzykiem wypadku związanego z drzewami a wietrznością województw Polski (współczynnik korelacji r-Persona: 0,626; p: 0,001, df=14)



Ryc. 6. Zależność między ryzykiem wypadku związanego z drzewami a zagęszczeniem ludności województw Polski (współczynnik korelacji r-Persona: 0,122; p: 0,652, df=14)

Zbadano zależność między ryzykiem wypadku śmiertelnego w skutkach od wiatrołomów i wywrotów a stopniem urbanizacji oraz warunkami meteorologicznymi poszczególnych województw (ryc. 5). Istnieje statystycznie istotny związek między liczbą wypadków a wietrznością rejonów. Wartość współczynnika korelacji r-Persona wynosi 0,626 przy poziomie istotności p: 0,01 dla liczby stopni swobody $df=14$.

Brak wyraźnego związku między zagęszczeniem ludności a wypadkami wskutek wiatrołomów i wywrotów (ryc. 6). Wartość współczynnika korelacji r-Persona wynosi zaledwie 0,122 przy poziomie istotności 0,652 dla liczby stopni swobody $df=14$.

Monitoring ryzyka ze strony drzew w gospodarowaniu zielenią na poziomie lokalnym

W zarządzaniu bezpieczeństwem można wyróżnić kilka etapów. Podstawą jest analiza ryzyka, jego identyfikacja, polegająca na określeniu rodzaju ryzyka, jego cech i okresu działania, oraz kwantyfikacja, związana z pomiarem jego poziomu. Podejmowane decyzje i działania w zakresie poprawy bezpieczeństwa będą adekwatne do wartości ryzyka. Usunięcie drzewa jest ostatecznością dopuszczalną w przypadku zaistnienia ryzyka na poziomie katastrofalnym. W przypadku ryzyka minimalnego i bardzo niskiego ważnym aspektem jest kontrolowanie ryzyka, w tym bieżący monitoring drzew. Aktualnie w naszym kraju brak kwantyfikacji

ryzyka prowadzi często do pochopnych wycinek drzew z powodu obawy przed wypadkiem. Również wymagane są kosztochłonne metody oceny drzew (w tym badania techniczne) w nieuzasadnionych przypadkach. Dochodzi do precedensu w orzeczeniach sądowych, w których obarcza się winą właściciela drzewa posiadającego dopuszczalną zgniliznę w strefie odziomka na poziomie 28% za skutki złomu podczas porywistego wiatru o prędkości 15–20 m/s i nakazuje badanie drzew w lasach rezystografem¹.

Dane o skutkach wichur oraz interwencji w sprawie uszkodzonych drzew można wykorzystać na szczeblu lokalnym, oceniając sytuację jednostek samorządu terytorialnego, a nawet konkretny obiekt (np. park zabytkowy). Umożliwiają to statystyki prowadzone przez służby straży pożarnej. Na tej podstawie można określić miejsca, gdzie wypadki zdarzają się najczęściej i gdzie drzewa wymagają intensywniejszych przeglądów i zabiegów pielęgnacyjnych z uwagi na intensywne ich łamanie się w danym miejscu.

W celu skutecznego zarządzania drzewami dobrym rozwiązaniem jest utworzenie mapy terenu gminy zawierającej tzw. risk zone, czyli wyodrębnienie w przestrzeni jednostki stref o różnym poziomie ryzyka. Oprócz wiedzy o interwencjach związanych z uszkodzonymi drzewami wykorzystano klasyfikację terenu opracowaną przez Rosłon-Szeryńską (2012) w oparciu o klasyfikację ISA (International Society of Arboriculture) stosowaną w diagnostyce drzew. Drzewa rosnące w strefie ryzyka wysokiego, np. przy głównych drogach, na skrzyżowaniach czy w obrębie intensywnie uczęszczanych terenów śródmiejskich, poddaje się kontroli częściej niż drzewa ze stref ryzyka niskiego (rosnące w ogrodach przydomowych czy na terenach słabo uczęszczanych).

Przykładowo wyznaczono strefy ryzyka dla miasta Ostrowiec Świętokrzyski (ryc. 7). Wyróżniono tu 5 klas ryzyka: klasa 1 oznacza ryzyko bardzo niskie, a klasa 5 ryzyko bardzo wysokie. Poniżej przedstawiono kryteria wyodrębnienia stref ryzyka wraz z opisem częstotliwości wykonywanych oględzin drzew w danej strefie:

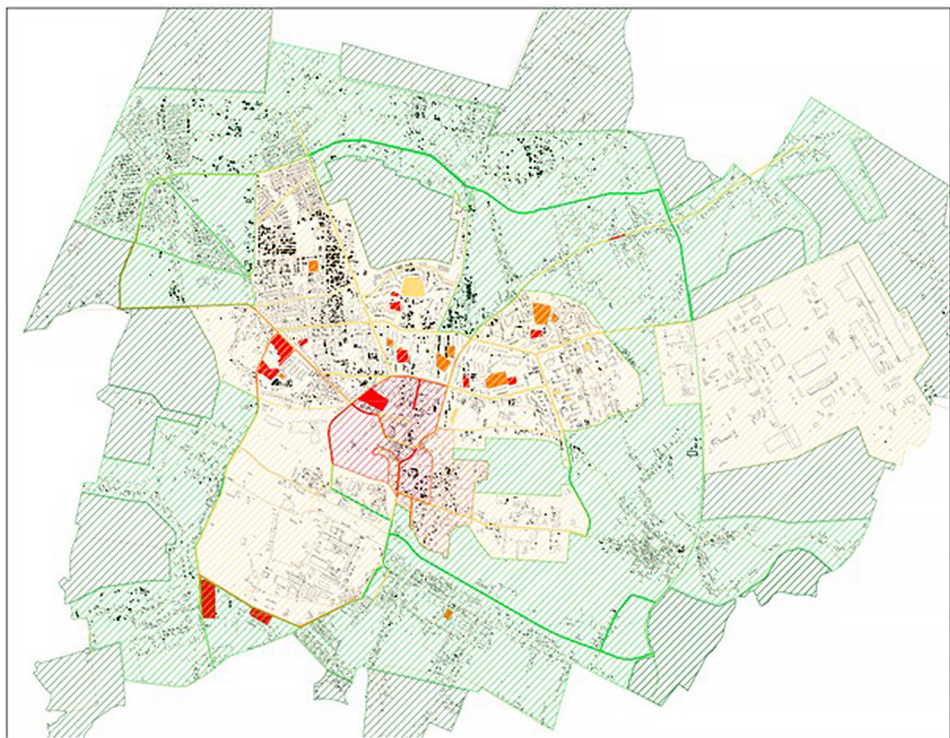
Klasa 1 – ryzyko bardzo niskie (tereny leśne, nieużytki, grunty orne, rolne, łąki i pastwiska) – ocena drzew co 5–7 lat.

Klasa 2 – ryzyko niskie (tereny ekstensywnej zabudowy jednorodzinnej i zagrodowa zabudowa rolna, parki leśne, doliny rzek i kanałów, place zabaw pozbawione drzew, ogrody działkowe z małymi drzewami, niezagospodarowane rekreacyjnie dukty leśne. Zalecana ocena drzew co 3–5 lat.

Klasa 3 – ryzyko średnie (tereny intensywnej zabudowy jednorodzinnej i zabudowy osiedlowej, zakłady produkcyjne i strefy przemysłowe, place zabaw z małymi drzewami i krzewami, drogi w strefach peryferyjnych miasta i drogi lokalne – dojazdowe, spontaniczne tereny rekreacyjno-wypoczynkowe). Wskazany monitoring drzew co 2–3 lata.

Klasa 4 – ryzyko wysokie (centrum miasta, intensywnie użytkowane parki, skwery, ekstensywnie użytkowane place zabaw lub z drzewami średnich

¹ [http://orzeczenia.plock.so.gov.pl/content/\\$N/15252500000503_I_C_001902_2009_Uz_2015-10-12_003](http://orzeczenia.plock.so.gov.pl/content/$N/15252500000503_I_C_001902_2009_Uz_2015-10-12_003)



Ryc. 7. Mapa stref ryzyka opracowana dla gminy Ostrowiec Świętokrzyski. Kolor czerwony oznacza ryzyko bardzo wysokie (5), kolor pomarańczowy – ryzyko wysokie (4), kolor żółty – ryzyko średnie (3), kolor jasnozielony – ryzyko niskie (2) i kolor zielony – ryzyko bardzo niskie (1)

Źródło: opracowanie własne.

rozmiarów, boiska sportowe, drogi osiedlowe, drogi gminne z wyłączeniem głównych obwodnic i dróg zbiorczych, centra usługowe i handlowe w strefach peryferyjnych, cmentarze). Zalecana ocena drzew co roku.

Klasa 5 – ryzyko bardzo wysokie (drogi główne (promieniste i obwodnice), w tym drogi powiatowe i wojewódzkie; intensywnie użytkowane place zabaw z dojrzałymi/dużymi drzewami, przedszkola i szkoły z zadrzewieniem, tereny kościołów z zadrzewieniem, rynek główny, tereny wokół głównych urzędów, ambasad, zadrzewione tereny usług i parkingi w centrum miasta). Ocena drzew co roku lub częściej, w miarę potrzeby.

Podsumowanie

Korzyści z obecności drzew powinny być bilansowane ze stratami i uciążliwościami, co stanowi podstawę efektywnego gospodarowania zielenią miast.

Nie tylko wartościowanie usług ekosystemowych, ale również identyfikacja zagrożenia i kwantyfikacja ryzyka związanego z drzewami warunkuje prawidłowe funkcjonowanie systemu zarządzania drzewami. Wiedza o częstotliwości i skutkach wiatrołomów i wywrotów pozwala na podejmowanie racjonalnych decyzji adekwatnych do skali ryzyka. Dziś często stosuje się środki kardynalne, związane z usuwaniem okolicznych drzew, gdy po silnej wichurze złamać się jedno. Choć zbierane są dane o interwencjach w sprawie drzew, brakuje narzędzi i procedur do wykorzystania tej wiedzy w praktyce.

Badania własne udowodniły, że liczba i skutki wypadków w Polsce są na niskim poziomie. Ryzyko wypadku śmiertelnego w skutkach w naszym kraju jest na poziomie szerokiej akceptacji i wynosi 1 do 10 000 000. Z drugiej strony podczas silnego wiatru złamać się może potencjalnie każde, nawet zdrowe drzewo. Dlatego nie jest możliwe zminimalizowanie do zera ryzyka wypadku spowodowanego przez wiatrołomy i wywroty.

Należy chronić drzewa świadczące usługi ekosystemów, dbając o ich stan i prowadząc monitoring ryzyka. Usuwanie drzew jest ostatecznością. Dlatego trzeba uwzględnić i przeanalizować wszystkie możliwości minimalizacji ryzyka i podjąć kroki adekwatne do jego skali.

Przedstawione wytyczne do zarządzania ryzykiem, zarówno w skali regionalnej, jak i lokalnej, mogą przyczynić się do efektywniejszego gospodarowania drzewami w przestrzeni zurbanizowanej, w tym do poprawy klimatu, przy jednoczesnej dbałości o bezpieczeństwo ludzi.

Przedmiotem dalszych badań powinno być oszacowanie szkód związanych z usuwaniem wiatrołomów i wywrotów oraz szkód w mieniu, co może mieć duże znaczenie w ocenie bilansu korzyści i strat z posiadania drzew.

Literatura

- Ball D.J., Ball- King L. 2011. Public Safety and Risk Assessment: Improving Decision Making. Earthscan, London.
- Chmielewski T., Szer J. 2018. Możliwe straty spowodowane w Polsce wichurami, trąbami powietrznymi i szkwałami. *Inżynier Budownictwa*: 26–31.
- Czerwienic M., Lewińska J. 2000. Zieleń w mieście. Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej, Kraków.
- Dygulska A., Perlańska E. 2015. Mapa wietrzności Polski. Projekt Czysta Energia. Akademickie Centrum Czystej Energii, Słupsk.
- Ellison M.J. 2005. Quantified Tree Risk Assessment in Management of Amenity Trees. *Journal of Arboriculture*, 31(2): 57–65.
- Eiber T. 1998. Forest Insects and Disease (<http://www.dnr.state.mn.us/fild/june98/06309816.html>).
- GUS. 2021. Rocznik Statystyczny Województw. Warszawa (online: stat.gov.pl).
- Hubrig M. 2004. Analyse von Tornado- und Downburst -Windschäden an Bäumen. *Forst und Holz*, 59: 78–84.
- Krynicky M., Witkoś K. 2016. Monitoring standardów w zarządzaniu zielenią wysoką w największych miastach Polski. Fundacja Ekorozwoju, Wrocław.
- Lorenc H. 2012. Struktura maksymalnych prędkości wiatru w Polsce. [W:] H. Lorenc (red.), *Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju*. IMiGW, Warszawa, s. 33–59.
- Łozowska-Stupnicka T. 2000. Ocena ryzyka i zagrożeń w złożonych systemach człowiek–obiekt techniczny–środowisko. Politechnika Krakowska, Kraków.

- Maciążek A. 2005. Pomiary wiatru. *Gazeta Obserwatora IMGW*, 3: 39–41.
- Mell I. 2016. *Global Green Infrastructure. Lessons for Successful Policy-making*, Investment and Management. Routledge, Taylor & Francis Group, London–New York.
- Mizgajski A., Stępniewska M. 2009. Koncepcja świadczeń ekosystemów a wdrażanie zrównoważonego rozwoju. [W:] D. Kielczewski, B. Dobrzańska (red.), *Ekologiczne problemy zrównoważonego rozwoju*. WSE, Białystok, s. 12–23.
- National Tree Safety Group. 2011. Estimating the costs and benefits of changing the approach to tree safety management and the role of local risk/benefit evaluation. Centre for Decision Analysis and Risk Management Middlesex University, s. 14.
- Romanowska-Słomka I., Słomka A. 2002. *Zarządzanie ryzykiem zawodowym*. Wyd. II. Tarbonus, Tar-nobrzeg.
- Rosłon-Szeryńska E. 2012. Ocena zagrożenia bezpieczeństwa ludzi i mienia powodowanego przez drzewa o osłabionej statyce. *Uprawa i Ochrona Drzew*, *Czasopismo Międzynarodowego Towarzystwa Uprawy i Ochrony Drzew*, 27: 1–89.
- Rosłon-Szeryńska E. 2019. *Drzewa w przestrzeni zurbanizowanej. Korzyści a zagrożenia*. Wyd. SGGW, Warszawa
- Solon J., Roo-Zielińska E., Affek A. i in. 2017. Świadczenia ekosystemowe w krajobrazie młodogłajalnym. Ocena potencjału wykorzystania. Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk, Wyd. Akademiczne SEDNO, Warszawa.
- Szczepanowska H.B., Sitarski M. 2015. *Drzewa. Zielony kapitał miast. Jak zwiększyć efektywność pracy drzew*. IGPIIM, Warszawa.
- Szulczewska B. 2018. Zielona infrastruktura – czy koniec historii? *Studia*, 189. Polska Akademia Nauk, Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju, Warszawa.
- Taszarek M., Brooks H.E. 2015. Tornado climatology of Poland. *Monthly Weather Review*, 143: 702–717.
- Wessolly L. 1997. Metody bezinwazyjnego określania statyki drzew. *Sztuka ogrodów w krajobrazie miasta*. Konferencja Naukowa 20–22 czerwiec 1997. VI Targi Zieleni Miejskiej, Wrocław, s. 213–219.

Trees as a risk related to weather anomalies

Abstract: Social awareness of the important role of trees in the natural environment and in the cultural landscape has existed for centuries, but it turns out to be extremely important today, in the era of progressive climate change. The multifaceted natural, social, health, cultural, aesthetic and economic benefits provided by trees, supported by many scientific studies, are converted into monetary values, which allows to effectively use their potential in building comfort and functionality of life in urban areas. For this reason, trees in many countries are considered a national good and the green capital of cities (Szczepanowska, Sitarski 2015), and the concept of “ecosystem services” and “green infrastructure” with trees in the main role is implemented in the spatial policy of territorial units around the world. The benefits of the presence of trees dominate the possible nuisance and losses caused by trees (Rosłon-Szeryńska 2019).

Nevertheless, in Poland, one can notice many problems with trees in the space of human life. The main thread is the discussion on the security risk, and the number of decisions authorizing logging is increasing year by year. The threat to safety is currently one of the important reasons for the removal of trees (Krynicky, Witkoś 2016). It is related to the financial liability of the owner of the land for damage caused by the tree in case of negligence in its care and maintenance. The Nature Conservation Act (Journal of Laws of 2021, item 1098) lists trees that threaten the safety of equipment, people or property as well as the safety of road, rail and shipping traffic, and the removal of which requires a permit from the commune without incurring fees. title. However, the lack of a method specifying the criteria of risk assessment contributes to many types of fraud.

Identifying the threat and quantifying the risk associated with trees present in the cultural landscape is the basis of a properly functioning tree management system. Knowledge about the frequency and effects of falling and breaking trees allows you to make rational decisions adequate to the scale of the risk.

The aim of the article is to present the problem of the threat posed by trees in Poland against the background of selected European and American countries. As part of the work, statistics of accidents and damage caused by trees during storms in the years 2000–2021 were compiled. A regional coefficient for the risk of windbreaks and overturning has been established. Own research proved that the number and effects of accidents in Poland are at a similar (low) level as in the world. Therefore, trees should be protected by taking care of their condition. Risk management guidelines are provided. The results of the research are to contribute to a better management of trees in urban areas, but also to the improvement of human living conditions in cities.

Key words: trees in urbanized space, windbreaks and fallen trees, trees and storms, hazard trees