

Ekonomiczne konsekwencje zaburzeń w lasach – przegląd literatury

Economic impact of forest disturbances – a literature review

Mariusz Sołtykiewicz¹, Piotr Golos^{2*} , Emilia Wysocka-Fijorek³ 

¹Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Radomiu, ul. 25 Czerwca 68, 26-600 Radom;

²Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi, ul. Braci Leśnej nr 3, 05-090 Sękocin Stary;

³Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Geomatyki, ul. Braci Leśnej nr 3, 05-090 Sękocin Stary

*Tel. +48 22 7150 674, e-mail: P.Golos@ibles.waw.pl

Abstract. With this literature review, we aim to present and discuss the main research questions and analyses related to the economic impact of forest disturbances. To this end, we have conducted a content analysis of review papers.

From an economic perspective, forest disturbance can be defined as an event that interrupts or impedes the flow of human-desired goods and services provided by forest ecosystems. Disturbances affect the dysregulation of processes not only in the forest ecosystem, but also in its social, economic and institutional environment.

Our review shows that foresters' actions should aim to monitor the nature, frequency and extent of disturbances, choose an appropriate method for analysing the economic consequences of disturbances, develop scenarios for the effective elimination of their impacts, design strategies to minimise the risk of their occurrence through a gradual implementation taking into account the urgency of adaptation measures, and innovatively eliminate risks in economic practise that can disrupt the value streams of forest management, including the flow of wood raw materials. Among the topics discussed, one issue was raised that is unique to private forests, namely the conditions for the development of the forest insurance market.

Recent literature addresses the following issues related to forest disturbances: (1) the dynamics of disturbances in Europe since 1950, based on data from the EFI database; (2) the direction of economic analyses of forest disturbances; (3) the evaluation of the usefulness of four economic models used to assess the impact of disturbances; (4) the economic consequences of disturbances for forest management, illustrated by the results of empirical studies showing the increase in the cost of timber harvesting and the reduction in the quality (market value) of timber from forest areas where disturbances have occurred; (5) the complexity of the impact of disturbances on the social, economic and institutional environment of the forest sector; (6) different strategies to reduce the risk of disturbance; (7) possible directions of adaptation measures and innovations that represent ways to limit the economic consequences of disturbances in the forest; and (8) forest insurance as a possible solution for private forest owners.

The results of the analysis suggest that forest insurance can be an effective tool to mitigate the economic consequences of disturbances that occur. The publication addresses the above-mentioned topics on the basis of a content analysis of nine publications.

Słowa kluczowe: wiatr, pożar, drewno, susza, ubezpieczenia, dynamika, ryzyko, ekonomika

Keywords: wind, fire, timber, drought, insurance, dynamics, risk, economics

1. Wprowadzenie

Szkody biotyczne i abiotyczne (zaburzenia) są stałym elementem towarzyszącym gospodarce gruntami (rolnictwu i leśnictwu). Z ekonomicznego punktu widzenia zaburzenie w lesie można zdefiniować jako zdarzenie, które zakłóca lub utrudnia przepływ pożądaných przez ludzi towarów i usług (rynkowych lub nierynkowych) dostarczanych przez ekosystemy leśne (Holmes i in., 2008). Niepokoić może, to że w końcówce XX w. oraz w dwóch pierwszych dekadach XXI w. rośnie ich skala i częstotliwość. Dodatkowo wzrasta znaczenie zaburzeń ponieważ ich skutki obniżają naturalny potencjał lasu umożliwiający kształtowanie pożądanego poziomu różnorodności biologicznej

oraz wpływają na właściwości lasów jako istotnego elementu łagodzącego zmiany klimatu. Nie bez znaczenia w analizie konsekwencji zaburzeń są skutki społeczne, w tym ograniczenie potencjału usług ekosystemowych oczekiwanych przez różnorodne grupy interesariuszy korzystających z ekosystemów leśnych. Z wymienionych powodów należy w sposób szczegółowy analizować wszystkie obszary związane z zaburzeniami, w tym monitoring ich występowania uwzględniający intensywność i skalę, wartość strat oraz kosztów gospodarki leśnej związanych z likwidacją ich skutków, czynniki wpływające na destabilizację łańcuchów wartości związanych z lasami, w tym łańcucha dostaw surowca drzewnego, jako najważniejszej usługi produkcyjnej lasów. Należy poszukiwać zestawu

działań adaptacyjnych oraz rozwiązań innowacyjnych w gospodarce leśnej jak i w przemyśle opartym na drewnie, które będą skutecznymi narzędziami minimalizującymi skutki zaburzeń zarówno w obszarze ekonomicznym, przyrodniczym, społecznym jak i instytucjonalnym. Należy podjąć działania, które pozwoliłyby rozproszyć ryzyko gospodarcze i ekonomiczne gospodarki leśnej przez opracowanie i wdrożenie z wykorzystaniem rozwiązań i narzędzi polityki leśnej idei dobrowolnych ubezpieczeń lasów prywatnych.

Wśród zaburzeń, których skutki są najmocniej odczuwalne przez gospodarkę leśną w Europie są wiatry. W latach 1950–2000 odpowiadały one za 53% całkowitych szkód wyrządzonych w lasach przez czynniki abiotyczne. W wymienionym okresie pozyskano ponad 900 mln m³ drewna (średnio 18,7 mln m³ rocznie) (Romagnoli i in. 2023). Spośród 11 zjawisk ekstremalnych jakie wystąpiły w latach 1990–2020 w Europie, dla sześciu z nich oszacowano rozmiar strat w ilości 461 mln m³ zniszczonego drewna (Sanginés de Cárcer i in. 2021). Powierzchniowe zobrazowanie skali zaburzeń przedstawia publikacja Lierop i in. (2015). W skali świata w latach 2002–2013 średnio rocznie pożary występowały na powierzchni 67 mln hektarów lasów, szkody od owadów dotyczyły 85 mln hektarów, a na powierzchni 38 mln ha wystąpiły szkody abiotyczne wywołane ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi (np. burza, huragan, susza itp.). Na powierzchni 12,5 mln hektarów wystąpiły inne zjawiska chorobowe. Skutki zaburzeń wymagają od gospodarki leśnej szybkiego wdrożenia niestandardowych procedur umożliwiających ograniczenie strat. Powinny one gwarantować sprawne i bezpieczne pozyskanie i zrywkę drewna oraz jego wywóz z lasu, jak również w przypadkach zagrożeń związanych z destabilizacją rynku drzewnego, jego magazynowania. Zaburzenie równowagi cen rynkowych surowca drzewnego w wyniku pojawienia się na nim dużej miąższości drewna o obniżonej jakości destabilizuje sytuację ekonomiczną sektora drzewnego. Sytuacja taka wywołuje konieczność weryfikacji planów użytkowania – wstrzymania lub ograniczenia planowego pozyskania drewna. Ponadto koszty prac uprzętających oraz przywrócenia lasu na powierzchniach dotkniętych zaburzeniem są ponadnormatywne i skumulowane w krótkim czasie w warunkach zmniejszonych przychodów za surowiec drzewny obniżonej jakości (Zhai, Ning 2022). Opisane wyżej efekty zaburzeń można uznać za krótkookresowe oraz wymierne (łatwo policzalne). To samo zaburzenie jest jednak również źródłem efektów długookresowych i trudno policzalnych zarówno w jednostkach naturalnych, jak i w wymiarze ekonomicznym, ponieważ wpływa na zmniejszenie potencjału wielu usług ekosystemów leśnych (Sanginés de Cárcer i in. 2021), w tym nierynkowych. Dlatego należy pamiętać, że utrzymanie czy zwiększenie potencjału usług ekosystemowych bardzo często możliwe jest dzięki głównej funkcji produkcyjnej, czyli sprzedaży surowca drzewnego.

2. Cel i zakres przeglądu

Publikacja ma charakter przeglądowy, a jej celem jest przedstawienie, na podstawie autorskiego przeglądu literatury, najważniejszych obszarów badań i analiz związanych z ekonomicz-

nymi uwarunkowaniami i konsekwencjami zaburzeń w lasach. W celu kompleksowego omówienia problemu w publikacji wykorzystano przede wszystkim opracowania przeglądowe, w których ich autorzy dokonali syntezy wiedzy w omawianych obszarach związanych z zaburzeniami. Dynamikę zaburzeń od 1950 r. w skali europejskiej przedstawiono na podstawie publikacji Patacca i in. (2023). Informacji o kierunkach analiz ekonomicznych dotyczących zaburzeń w lesie dostarczyło opracowanie Montagné-Huck i Brunette (2018b). Dysponując danymi dotyczącymi skali zjawiska oraz możliwych sposobów jego rozpoznania, przedstawiono przydatność czterech modeli ekonomicznych wykorzystywanych w ocenie skutków zaburzeń (Zhai, Ning 2022). W celu zobrazowania ekonomicznych konsekwencji zaburzeń dla gospodarki leśnej odwołano się do wyników badań empirycznych omawiających wzrost kosztów pozyskania drewna oraz obniżenia jakości (wartości rynkowej) surowca drzewnego pozyskanego z obszarów leśnych gdzie wystąpiły zaburzenia (Loeffler, Anderson 2018; Kalle i in. 2018). Złożoność konsekwencji zaburzeń (wiatrów) dla otoczenia społecznego, gospodarczego i instytucjonalnego sektora leśno-drzewnego przedstawiono na podstawie publikacji Romagnoli i in. (2022). Omówiono również różne strategie ograniczania ryzyka zaburzeń (Auer, Rauch 2021) oraz czynniki predykcyjne umożliwiające ocenę odporności cen drewna tartacznego i papierówki na szoki podażowe i popytowe (Asada i in. 2023), a następnie możliwe kierunki działań adaptacyjnych i innowacji, które są sposobami ograniczania konsekwencji ekonomicznych zaburzeń w lesie (Hoebe i in. 2023). Jednym z kierunków działań (skierowanym tylko do właścicieli lasów prywatnych) na który warto zwrócić uwagę jest obszar ubezpieczeń lasów (Brunette, Couture 2023). Wymieniona publikacja wskazała, że ubezpieczenia lasu mogą stać się efektywnym narzędziem łagodzącym konsekwencje ekonomiczne występujących zaburzeń. W dalszej części opracowania przedstawiono najważniejsze informacje zawarte w dziewięciu publikacjach obejmujących zasadnicze obszary związane z ekonomicznymi skutkami zaburzeń oraz sposobami minimalizowania ich skutków.

3. Dynamika zaburzeń w lasach

Źródłem wiedzy o skali zaburzeń mierzonej miąższością pozyskanego drewna w uszkodzonych drzewostanach jest opracowanie Patacca i in. (2023). Autorzy omawiają wyniki aktualizacji bazy danych prezentującej skalę zaburzeń lasów w Europie (Database of Forest Disturbances in Europe – DFDE). Jest ona prowadzona przez Europejski Instytut Leśny (European Forest Institute – EFI) (baza dostępna jest pod adresem: https://dfde.efi.int/db/dfde_app.php). Baza zawiera dane gromadzone od 1950 r. dotyczące lasów o powierzchni ponad 200 mln ha w 34 krajach Europy (baza składa się z 173 506 rekordów uzyskanych z 600 źródeł – stan na koniec marca 2022 r.). Kompletność danych w bazie gwarantuje zastosowana przez autorów metoda uczenia maszynowego z wykorzystaniem odpowiednich algorytmów i metod statystycznych. Na podstawie aktualizowanych i weryfikowanych przez ekspertów danych zebranych dla lasów europejskich średnia miąższość drewna zniszczonego

przez wiatry w całym okresie badań wynosi średnio 24 mln m³/rok. W latach 90. XX w. oraz w pierwszej dekadzie XXI w. średnia miąższość zniszczonego drewna była wyższa i wyniosła średnio – odpowiednio 47,8 i 38,3 mln m³/rok (tab. 1). Najważniejszym czynnikiem odpowiadającym za szkody w lasach w okresie objętym badaniem był wiatr (46% całkowitych szkód), a następnie pożary (24%) i korniki (17%). W ciągu ostatnich 20 lat udział drewna pokłeskowego z powodu szkód spowodowanych gradacjami owadów (korników) podwoił się.

Średnia miąższość drewna pochodzącego z uszkodzonych drzewostanów w Europie w ciągu roku przez wszystkie wymienione w tab. 1 czynniki w latach 2001–2019 wyniosła 78,5 mln m³. Miąższość zniszczonego drewna stanowi około 15% planowanego rocznego pozyskania drewna w Europie w latach 1961–2000 i 16% w latach 2001–2019. Jest to wartość zbliżona do obecnej sytuacji w Polsce. Wskazuje na to linia trendu (ryc. 1) wyznaczona na podstawie danych dotyczących udziału miąższości drewna pozyskanego jako posusz i w cięciach przygodnych w miąższości drewna ogółem pozyskanego w Polsce w latach 1990–2021. Przy czym warto zauważyć, że o nachyleniu linii trendu dla szeregu czasowego przedstawionego na ryc.

1 decydują w największym stopniu pojedyncze zdarzenia, które miały charakter ekstremalny pod względem siły, powierzchni oraz rozmiaru strat, czyli lata 1993, 2007 oraz 2018. Wzrost udziału drewna pozyskanego z powierzchni na których wystąpiły zaburzenia, związany jest z efektami pożaru w 1992 r. w Kuźni Raciborskiej, huraganu „Cyryl” w 2007 r. oraz huraganu w Borach Tucholskich w 2017 r. W świetle przedstawionych wyników warto zauważyć, że w Polsce brak jest jednolitego systemu monitorującego zaburzenia. Tego rodzaju baza danych byłaby przydatnym narzędziem dla zrozumienia dynamiki zaburzeń, ich modelowania oraz opracowania adaptacyjnych strategii zarządzania. W chwili obecnej szczegółowo są monitorowane jedynie pożary (Instytut Badawczy Leśnictwa b.d.). Pozostałe rodzaje zaburzeń nie są w sposób usystematyzowany rejestrowane na poziomie krajowym (wyłącznie rozwiązania wewnętrzne PGL LP). Potencjalnym miejscem lokalizacji takiego systemu może być bank danych o lasach (Bank Danych o Lasach b.d.). Zaburzenie zależnie od charakteru oraz powierzchni na jakiej wystąpi, jak również jego intensywność generuje w różnym stopniu odczuwalne, szczególnie w bieżącej działalności gospodarki leśnej, negatywne skutki ekonomiczne. Wywołują one u właścicieli i zarządców lasów określone reakcje, których ce-

Tabela 1. Struktura [%] oraz miąższość [m³/rok] drewna pozyskanego w latach 1950–2019 w drzewostanach uszkodzonych w 34 krajach europejskich według rodzaju zaburzeń.

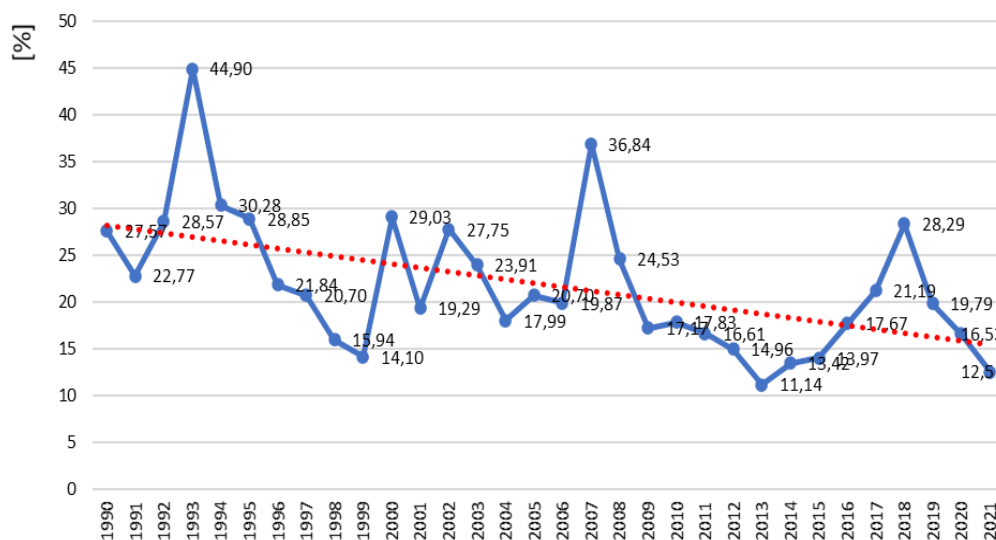
Table 1. Structure [%] and volume [m³/year] of timber harvested in 1950–2019 in damaged tree stands in 34 European countries by the disturbance type.

Rodzaj zaburzenia Type of disturbance	%	mln m ³ /rok million m ³ /year
wiatr / wind	46	24
pożary / fires	24	12,5
szkodniki (kornik) / pests (bark beetle)	17	23*
inne czynniki biotyczne / other biotic factors	7	5
inne czynniki abiotyczne / other abiotic factors	6	3,7
razem / total	100	68,2

*w przypadku szkodników (korniki) średnia w latach 2010–2019 / *for pests (bark beetles) an average from the period 2010–2019

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Patacca M. i in. 2022. Significant increase in natural disturbance impacts on European forests since 1950, *Global Change Biology* 29(5): 1359–1376. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.16531>

Source: Own data based on Patacca M. et al. 2022. Significant increase in natural disturbance impacts on European forests since 1950, *Global Change Biology* 29(5): 1359–1376. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.16531>.



Rycina 1. Udział procentowy miąższości drewna ogółem pozyskanego w cięciach sanitarnych i przygodnych w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe w latach 1990–2021.

Figure 1 Percentage of total timber volume harvested in sanitation and salvage logging in National Forest Holding State Forests in 1990–2021.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie roczników Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) „Leśnictwo”, lata 1990–2021.

Source: Own data based on the yearbooks of the Central Statistical Office (GUS) "Forestry", years 1990–2021.

lem jest minimalizowanie strat oraz optymalizacja kosztów usunięcia skutków zaburzenia. Analizy stosowanych rozwiązań w tym obszarze dostarcza publikacja przeglądowa Montagné-Huck i Brunette (2018a). Autorzy na podstawie analizy treści 340 opracowań opublikowanych w latach 1916–2014 wskazują, że wśród literatury ekonomicznej przeważają opracowania omawiające reakcje na zaburzenie (261 publikacji). Niewielka liczba opracowań zawiera wyniki pomiaru skutków ekonomicznych zaburzeń (strat i kosztów) – 79 publikacji. Ponad 60% publikacji dotyczyło reakcji na pożary, natomiast 20% opisywało zaburzenia związane z czynnikami biotycznymi (szkodniki). Wysoki udział publikacji dotyczących pożarów to efekt uwzględnienia w przeglądzie dużej liczby publikacji amerykańskich (271 publikacji, w tym 182 opisujące pożary). W przypadku analizy literatury europejskiej dominującym zaburzeniem są wiatry (Patacca i in. 2023). W podsumowaniu opracowania zwrócono uwagę na rosnące negatywne skutki zaburzeń utrudniające realizację ambitnych celów polityk UE. Zagrożone mogą być wskaźniki strategii na rzecz różnorodności biologicznej (Komisja Europejska 2020), ustalenia w rewizji rozporządzenia LULUCF, którego celem jest wzmocnienie pochłaniania dwutlenku węgla (Parlament Europejski 2018) oraz oczekiwania w zakresie magazynowania dodatkowego węgla w produktach z pozyskanego drewna czy dostarczania energii odnawialnej z biomasy leśnej (Parlament Europejski 2023). Negatywne skutki zaburzeń w lasach mogą ograniczać dodatkowy potencjał łagodzenia zmiany klimatu jaki jest oczekiwany w związku z wdrażaniem ulepszonych praktyk gospodarki leśnej.

4. Ekonomiczne modele wykorzystywane w ocenie skutków zaburzeń

Dokładna i kompletna analiza ekonomiczna konsekwencji zaburzeń w lesie umożliwiającą ustalenie wartości strat bezpośrednich, poziomu wzrostu kosztów uprzątnięcia skutków zaburzenia, kosztów odbudowy zniszczonego lasu, zarówno tuż po wystąpieniu zaburzenia jak i w perspektywie wieloletniej wymaga wyboru adekwatnego sposobu analizy ekonomicznej. Przyjęte metody nie powinny się ograniczać tylko do możliwości oszacowania strat i kosztów gospodarki leśnej. Muszą one uwzględniać konsekwencje ekonomiczne i gospodarcze zaburzeń dla otoczenia gospodarki leśnej, w tym nie tylko społeczne ale również instytucjonalne. Przeglądu stosowanych w wymienionych okolicznościach modeli ekonomicznych dostarcza publikacja Zhai i Ning (2022) przygotowana na podstawie analizy treści 25 publikacji. Autorzy zidentyfikowali cztery główne modele ekonomiczne, które są wykorzystywane w analizie oceny gospodarczych i społecznych skutków zaburzeń. Każdy z modeli ma inny cel i zakres analizy:

- 1) Najmniej zaawansowany model określany w skrócie jako metoda “with and without” (Model oceny strat ekonomicznych – Economic Loss Evaluation Model) pozwala oszacować stan gospodarki w dwóch punktach czasu – przed i po zaburzeniu. Porównanie wyników umożliwia ocenę ekonomicznych konsekwencji zaburzenia. W modelu stosuje się różne techniki w zależności od rodzaju strat

i kosztów, które się ustala. Do najczęściej stosowanych należy analiza zmiany bieżącej wartości netto (Net Present Value – NPV) oraz metoda Monte Carlo (Monte Carlo simulation).

- 2) Model równowagi ogólnej (Model Equilibrium Models) pozwala ustalić wpływ wszelkiego rodzaju zakłóceń na rynku, na określony sektor gospodarki lub całą gospodarkę. Model umożliwia ocenę przepływu strumieni środków pieniężnych i towarów w gospodarce według sektorów, które są ze sobą powiązane bezpośrednio poprzez transakcje lub pośrednio poprzez konkurencję o pracę, kapitał i ziemię na etapie produkcji. W ocenie skutków zaburzeń w sektorze leśnym, tego rodzaju analizę należy uznać, za model równowagi sektorowej (równowagi częściowej), który pozwala ocenić wpływ zaburzenia w gospodarce leśnej na powiązania z podmiotami otoczenia gospodarczego i społecznego, w tym instytucji publicznych (rządowych i samorządowych). Model ten ma dużą przydatność z punktu widzenia możliwości analiz makroekonomicznych.
- 3) Model interwencji (Intervention Model) jest modelem rynkowym pozwalającym na badanie wpływu różnych zaburzeń na długoterminowy efekt interwencji. Skupia się on na ocenie wpływu na ceny drewna zaburzeń na różnych etapach ich trwania. Pozwala uwzględnić skutki zaburzeń przez pryzmat sytuacji przemysłu użytkującego drewno pokłeskowe oraz drewno pozyskane planowo. Model pozwala na ocenę wpływu drewna pokłeskowego na cenę równowagi rynkowej. Zakłada on wykorzystanie działań interwencyjnych na podstawie takich elementów jak: ilość uszkodzonego drewna; możliwość zwiększenia eksportu i zmniejszenia importu; możliwość składowania drewna okrągłego; możliwości wykorzystania lokalnego przemysłu drzewnego; elastyczność cenowa popytu oraz jakość pozyskiwania drewna. Metoda jest przydatna do analizy dużych zaburzeń oraz dla oszacowania dynamiki cen na różnych etapach rozwoju zaburzeń lasu.
- 4) Model dobrobytu społecznego (Social Welfare Model) określa ilościowo wpływ pozyskania drewna pokłeskowego na dobrobyt różnych uczestników rynku leśnodrzewnego. W szczególności można określić rynkowe konsekwencje działań ratowniczych dla właścicieli lasów ze skutkami zaburzeń (straty wynikające z uszkodzonych drzew i zyski z pozyskiwania drewna), właścicieli lasów, które uniknęły konsekwencji zaburzeń oraz konsumentów. Model dostarcza informacji umożliwiających ocenę niezbędnych wysiłków dla różnych grup interesariuszy w zakresie działań niezbędnych dla łagodzenia strat ekonomicznych. Model dobrobytu społecznego pozwala ocenić wpływ zaburzenia w perspektywie krótko i długoterminowej oraz oszacować dynamikę zmian dobrobytu w czasie trwania konsekwencji zaburzeń od czasu jego wystąpienia do momentu zakończenia usuwania jego skutków.

5. Koszty i straty gospodarki leśnej wskutek zaburzeń

Do oczywistych skutków zaburzenia w lesie należy wzrost kosztów pozyskania, zrywki i wywozu drewna wraz z jednoczesnym obniżeniem wartości surowca drzewnego. W przeglądzie literatury nie zidentyfikowano publikacji przeglądowej, która zawierałaby syntezę opracowań prezentujących wartość strat oraz kosztów gospodarki leśnej. Z wymienionego powodu jako przykład omawiający ten obszar, przedstawiono wyniki dwóch opracowań prezentujących oryginalne wyniki badań. W pierwszej Kärhä i in. (2018) przedstawili koszty pozyskania i zrywki drewna w drzewostanach świerkowych w Finlandii. Badania przeprowadzono na 938 drzewach uszkodzonych (średnia miąższość 0,70 m³) i 591 drzewach pozyskanych planowo (średnia miąższość 0,85 m³). Druga publikacja (Loeffler, Anderson 2018) informuje o wzroście kosztów gospodarki leśnej oraz spadku jej przychodów w drzewostanach sosny żółtej (*Pinus ponderosa* Dougl. ex C. Lawson) w wyniku szkód spowodowanych przez chrząszcza *Dendroctonus ponderosae*. Ocena zmiany struktury sortymentowej drewna została przeprowadzona na podstawie informacji z podmiotów przemysłu drzewnego. Oceńnię one strukturę sortymentową dla trzech stadiów gradacji: drzewostany zdrowe, zaatakowane oraz obumarłe.

Kärhä i in. (2018) przedstawiają analizę ekonomiczną uwzględniającą czas pracy maszyn wielooperacyjnych (tab. 2).

Wyniki wskazują, że na zrębach w drzewostanach uszkodzonych, mniejsza część efektywnego czasu pracy przeznaczana jest na prace związane z pozyskaniem. Większą część zajmowały przejazdy oraz inne czynności towarzyszące pozyskaniu drewna.

Średnia wydajność na powierzchniach z uszkodzonym drzewostanem wynosiła 20,8 m³/godzinę i 59,3 m³/godzinę odpowiednio dla drzew o miąższości 0,3 m³ i 1,5 m³ (tab. 3). Była ona mniejsza od 19 do 33% w porównaniu do wydajności w drzewostanach nieuszkodzonych. Niska wydajność na zrębach po zaburzeniu doprowadziła do wzrostu kosztów pozyskania drewna (tab. 4).

Średni koszt pozyskania w drzewostanach uszkodzonych wyniósł 7,55 €/m³ natomiast w przypadku pozyskania planowego 4,61 €/m³ (koszty dla drzew o średniej miąższości pozyskanego drewna 0,3 m³ były o 64% wyższe). W przypadku drzew o miąższości 1,5 m³ średni koszt wyniósł 2,65 €/m³ i 1,96 €/m³ odpowiednio dla drzew uszkodzonych i pozyskiwanych planowo (koszty były wyższe o 35% wyższe). O różnicowaniu kosztów decydowała wydajność prac, ponieważ efektywny czas ścinki wynosił w drzewostanach uszkodzonych średnio 51,8 s i 91,0 s (odpowiednio dla drzew o miąższości 0,3 m³ i 1,5 m³) i był o 49% i 23% wyższy od czasu w pozyskaniu planowym.

W drzewostanach różniących się poziomem uszkodzenia (trzy strefy: zielona – zdrowe, czerwona – uszkodzone i szara – zamierające) Loeffler i Anderson (2018) ustalili, że udział

Tabela 2. Porównanie struktury [%] efektywnego czasu pracy na zrębach zupełnych planowanych oraz związanych z koniecznością usunięcia skutków zaburzeń.

Table 2. Comparison of the structure [%] of effective working time for the planned and disturbance-induced clear-cuts.

Czynności Activities	Udział całkowitego efektywnego czasu pracy na zrębach zupełnych [%] Proportion of total effective working time in clear-cuts [%]	
	planowanych planned	związany z usunięciem skutków zaburzenia disturbance-induced
Manipulacja drewna Timber manipulation	87,7	74,3
Czas transportu Logging time	9,0	17,8
Inne / other	3,3	7,9
Razem / Total	100,0	100,0

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Kärhä K. i in. 2018. Evaluation of Salvage Logging Productivity and Costs in Windthrown Norway Spruce-Dominated Forests, *Forests* 9: 280. DOI: <https://doi.org/10.3390/f9050280>

Source: Own data based on Kärhä K. et al. 2018. Evaluation of Salvage Logging Productivity and Costs in Windthrown Norway Spruce-Dominated Forests, *Forests* 9: 280. DOI: <https://doi.org/10.3390/f9050280>

Tabela 3. Wydajność pozyskania drewna [m³ drewna/godzinę] na zrębach zupełnych planowanych oraz związanych z koniecznością usunięcia skutków zaburzeń.

Table 3. Timber harvesting capacity [m³ timber/hour] for the planned and disturbance-induced clear-cuts.

Miąższość pozyskanego drzewa [m ³] Volume of timber harvested [m ³]	Wydajność godzinowa pozyskania na zrębach zupełnych [m ³] Hourly capacity of timber harvesting on clear-cuts [m ³]	
	planowany planned	związany z usunięciem skutków zaburzenia disturbance-induced
0,3	31,0	20,8
1,5	73,0	59,3

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Kärhä K. i in. 2018. Evaluation of Salvage Logging Productivity and Costs in Windthrown Norway Spruce-Dominated Forests, *Forests* 9: 280. DOI: <https://doi.org/10.3390/f9050280>

Source: Own data based on Kärhä K. et al. 2018. Evaluation of Salvage Logging Productivity and Costs in Windthrown Norway Spruce-Dominated Forests, *Forests* 9: 280. DOI: <https://doi.org/10.3390/f9050280>

miąższości drewna tartaczego zmniejszył się odpowiednio z 85 do 73 i 36% w drzewostanach zdrowych, uszkodzonych i zamierających, natomiast miąższość papierówki zwiększała się odpowiednio jak wyżej z 4 do 18 i 46%. Wartość rynkowa zniszczonego drewna zmniejszyła się o 35% w drzewostanach uszkodzonych w stosunku do wartości drewna w drzewostanach zdrowych i o 46% w drzewostanach zamierających w stosunku do wartości drewna w drzewostanach uszkodzonych (tab. 5).

6. Czynniki predykcyjne umożliwiające ocenę odporności cen drewna tartaczego i papierówki na szoki podażowe i popytowe

Duża ilość drewna pokłeskowego, która trafia na rynek w krótkim czasie po wystąpieniu zaburzenia w lasach powoduje gwałtowne zniekształcenie, a czasami zniszczenie utrwalonych powiązań gospodarczych między gospodarką leśną, a sektorem drzewnym. Dotyczy to zarówno strony ilościowej jak i cen. Wyniki obrazujące wymienione aspekty przedstawia Asada i in. (2023). Autorzy zidentyfikowali czynniki które mogą decydować o odporności cen drewna tartaczego i papierówki w sytuacjach pojawienia się w krótkim czasie na rynku dużej ilości surowca drzewnego (szok podażowy) lub w której popyt znacznie przewyższa podaż drewna. Wyniki omówiono dla pięciu krajów – Austria, Finlandia, Czechy, Szwecja, Niemcy. Ustalono krótkoterminową odporność łańcucha wartości w przypadku (1) zakłóceń podaży w wyniku pozyskiwania drewna pokłeskowego (wiatr i kornik) oraz (2) wahania cen spowodowanych zmianami popytu. Autorzy omawiając wyniki wskazują, że zakłócenia zmieniają wartość przychodów gospodarki leśnej na dwa sposoby: przez obniżenie jakości surowca drzewnego, czego efektem jest zmiana struktury pozyskanych sortymentów oraz poprzez obniżenie cen rynkowych spowodowane większą podażą drewna. Obniżenie jakości surowca drzewnego określane jest jako „efekt jakościowy”, natomiast zmiany cen określane są terminem „efektów rynkowych”. W przypadku drewna tartaczego najwyższej jakości efekt rynkowy, co może być zaskoczeniem powoduje wzrost jego cen. Dzieje się tak ponieważ następuję odczuwalny deficyt drewna. W przypadku papierówki efekt ten decyduje o obniżeniu jej cen. Autorzy opracowania podkreślają, że dynamika rynku europejskiego (analizowana na poziomie krajowym) w ciągu ostatnich dwóch dekad mierzona zmianami cen drewna tartaczego i papierówki pozyskanych w drzewostanach uszkodzonych była w miarę odporna na wysoką podaż drewna. O takich relacjach decyduje głównie lokalny charakter zaburzeń oraz wdrożenie działań (w skali kraju), które pozwalają łagodzić efekt nadpodaży drewna.

7. Wpływu huraganowych wiatrów na otoczenie społeczne gospodarki leśnej

Efektami zaburzeń są określone, najczęściej negatywne konsekwencje nie tylko dla gospodarki leśnej, ale również dla jej otoczenia społecznego, gospodarczego oraz instytu-

cjonalnego. Romagnoli i in. (2022) przedstawia na podstawie analizy treści 45 opracowań informacje na temat pierwotnych i wtórnych skutków zaburzeń (wiatrów), ze szczególnym uwzględnieniem aspektów społeczno-ekonomicznych, instytucjonalnych i związanych z zarządzaniem systemami społeczno-ekologicznymi (socio-ecological systems – SES). Synteza wyników wskazuje na związek szkód w lasach wywołanych zaburzeniem z 8 wymiarami wśród których wyróżniono 30 obszarów szczegółowych związanych z gospodarką leśną (tab. 6). Przegląd pozwolił zidentyfikować 267 bezpośrednich rodzajów oddziaływań. Duża część publikacji (31%) zwracała uwagę na koszty gospodarki leśnej i związane z nimi niezbędne zmiany, tj. konieczność aneksowania planów urządzenia lasu; modyfikacja rozmiaru i sposobu pozyskiwania drewna, jak również planowania w zakresie operacji leśnych i weryfikacji zaplanowanych inwestycji wraz z korektą planów finansowych. W kilku publikacjach zwrócono uwagę na rynki drzewne i łańcuchy wartości oparte na leśnictwie. Ponad 80% artykułów skupia się na reakcjach prywatnych właścicieli lasów i strategiach łagodzenia skutków zaburzeń. W mniejszym zakresie odnotowano strategie właścicieli lasów publicznych takich jak gminy lub inne podmioty odpowiedzialne za lasy państwowe. Ograniczona liczba badań omawiała wpływ huraganowych wiatrów na wymiar kulturowy i sektor turystyczny, różne grupy interesariuszy lub reakcje i strategie łagodzenia wdrożonych przez podmioty spoza sektora leśnego, jak również ramy prawne i instytucjonalne, czyli zmiany w procedurach decyzyjnych; zmiany w polityce i ustawodawstwie leśnym; zmiany w pomocy rządowej i technicznej dla prywatnych właścicieli lasów. Liczba pośrednich oddziaływań była prawie dwukrotnie wyższa od bezpośrednich – 507. W wymiarze gospodarczym dominowały strategie zarządzania po zaburzeniu, w tym zarządzania drewnem pokłeskowym. Odnoszono się również do polityk na poziomie instytucjonalnym dotyczących dotacji i środków finansowych asygnowanych na pokrycie szkód i kosztów. Zwrócono uwagę na zmiany w planach urządzenia lasu, które mają swoje konsekwencje gospodarcze. W wymiarze społecznym zwracano uwagę na postawy i działania wdrażane przez prywatnych właścicieli lasów oraz wpływ strategii instytucjonalnych na sieci interesariuszy leśnych i relacje władz. Wymiar ekologiczny i leśny dotyczył głównie działań adaptacyjnych związanych z wprowadzaniem gatunków bardziej odpornych na wiatr, aby złagodzić negatywne skutki ewentualnych przyszłych huraganowych wiatrów na rynek drewna i ogólnie na sektor leśny. Wyniki potwierdziły istnienie silnych powiązań między wymiarem społeczno-ekonomicznym i instytucjonalnym, a także aspektami ekologicznymi, środowiskowymi i technicznymi. Analiza treści pozwoliła uzyskać obraz wpływu skutków ekstremalnych zjawisk pogodowych na interesariuszy zaangażowanych w zarządzanie zasobami leśnymi.

Tabela 4. Koszty pozyskania drewna [euro/m³ drewna] na zrębach zupełnych planowanych oraz związanych z koniecznością usunięcia skutków zaburzeń.Table 4. Timber harvesting costs [euro/m³ timber] for the planned and disturbance-induced clear-cuts.

Miaższość pojedynczego pozyskanego drzewa [m³] Volume of a single harvested tree [m³].	Koszty pozyskania na zrębach zupełnych w drzewostanach świerkowych (Finlandia) [euro/m³ drewna] Harvesting costs in clear-cuts in spruce stands (Finland) [euro/m³ wood].		
	planowanych planned	związany z usunięciem skutków zaburzenia disturbance-induced	%
0,3	4,61	7,55	64
1,5	1,96	2,65	35

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Kärhä K. i in. 2018. Evaluation of Salvage Logging Productivity and Costs in Windthrown Norway Spruce-Dominated Forests, *Forests* 9: 280. DOI: <https://doi.org/10.3390/f9050280>

Source: Own data based on Kärhä K. et al. 2018. Evaluation of Salvage Logging Productivity and Costs in Windthrown Norway Spruce-Dominated Forests, *Forests* 9: 280. DOI: <https://doi.org/10.3390/f9050280>

Tabela 5. Spadek wartości pozyskanego drewna oraz wzrost kosztów jego pozyskania (ścinki, zrywki oraz transportu) jak również pierwiastkowego przerobu drewna w zależności od strefy uszkodzenia drzewostanów.

Table 5. Decrease in the value of harvested timber and increase in the costs of timber harvesting (felling, extraction and transport) as well as elementary timber processing depending on the damage zone of tree stands.

Kategorie Categories	Zmiany wartości oraz kosztów dla trzech stref uszkodzenia drzewostanu [%] Value and cost changes for the three stand damage zones [%].		
	zielona do czerwonej green to red	czerwona do szarej red to gray	zielona do szarej green to gray
Wartość drewna (złomów) Timber value (scrap)	-35	-46	-81
Koszty ścinki Felling costs	15	28	43
Koszty zrywki i transportu Extraction and transport costs	18	28	46
Koszty pierwiastkowego przerobu drewna Elementary timber processing costs	15	31	46

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Loeffler D., Anderson N. 2018. Impacts of the Mountain Pine Beetle on Sawmill Operations, Costs, and Product Values in Montana, *Forest Products Journal* 68(1): 15–24. DOI: <https://doi.org/10.13073/FPJ-D-17-00041>

Source: Own data based on Loeffler D., Anderson N. 2018. Impacts of the Mountain Pine Beetle on Sawmill Operations, Costs, and Product Values in Montana, *Forest Products Journal* 68(1): 15–24. DOI: <https://doi.org/10.13073/FPJ-D-17-00041>

Tabela 6. Wpływ ekstremalnych zjawisk pogodowych na interesariuszy sektora leśno-drzewnego zaangażowanych w zarządzanie zasobami leśnymi.

Table 6. Impact of extreme weather events on the forestry and timber sector stakeholders involved in the management of forest resources.

Wymiar Dimension	Obszary wpływu i znaczenia Areas of influence and importance
Instytucjonalny Institutional	Znaczenie instytucji The importance of institutions
	Pomoc instytucjonalna Institutional assistance
	Zaangażowanie lokalnej ludności Involvement of local people
	Krajowe i międzynarodowe ramy na poziomie lokalnym National and international frameworks at the local level
	Zaangażowanie interesariuszy Stakeholder involvement
Ekonomiczny Economic	Rynek drzewny i ceny Timber market and prices
	Dochody podmiotów związanych z lasami Income of forest-related entities
	Handel krajowy i międzynarodowy Domestic and international trade
Kulturowy Cultural	Wartość krajobrazu Landscape value
	Aktywność rekreacyjna Recreational activities
	Wiedza Knowledge
	Sektor turystyczny Tourism sector
	Tradycyjne formy użytkowania lasu Traditional forms of forest use

Ciąg dalszy tabeli na następnej stronie

The Table continues on the next page

Ciąg dalszy Tabeli z poprzedniej strony

Continuation of the Table from the previous page

Tabela 6. Wpływ ekstremalnych zjawisk pogodowych na interesariuszy sektora leśno-drzewnego zaangażowanych w zarządzanie zasobami leśnymi.

Table 6. Impact of extreme weather events on the forestry and timber sector stakeholders involved in the management of forest resources.

Operacyjny Operational	Plany gospodarki leśnej Forest management plans
	Strategie mitygacji ryzyka Risk mitigation strategies
	Zarządzanie zaburzeniami Disturbance management
	Logistyka drewna Timber logistics
	Czynności gospodarcze w lesie Forest operations
Spoleczny Social	Uszkodzona infrastruktura Damaged infrastructure
	Relacje między interesariuszami Stakeholder relationships
	Reakcje właścicieli lasów prywatnych Responses of private forest owners
	Aspekty związane ze lokalną społecznością Aspects related to the local community
	Konsultanci leśni (wiedza i wsparcie) Forest consultants (knowledge and support)
Ekologiczny Ecological	Epidemie szkodników Pest epidemics
	Odnowienie lasu Forest regeneration
	Struktura lasu Forest structure
Usług ekosystemowych Ecosystem services	Dostarczanie Provisioning
	Regulacja Regulation
Sektor ubezpieczeniowy Insurance sector	Rynek ubezpieczeń Insurance market
	Polityka ubezpieczeń Insurance policy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Romagnoli F.; Masiero M.; Secco L., 2022. Windstorm Impacts on Forest-Related Socio-Ecological Systems: An Analysis from a Socio-Economic and Institutional Perspective, *Forests* 13: 939. DOI: <https://doi.org/10.3390/f13060939>

Source: Own data based on Romagnoli F.; Masiero M.; Secco L., 2022. Windstorm Impacts on Forest-Related Socio-Ecological Systems: An Analysis from a Socio-Economic and Institutional Perspective, *Forests* 13: 939. DOI: <https://doi.org/10.3390/f13060939>

8. Ryzyko w łańcuchu dostaw drewna oraz strategię jego ograniczania

Zaburzenia biotyczne i abiotyczne, które mają miejsce w gospodarce leśnej stanowią źródło zagrożeń (ryzyk) dla trwałości łańcucha dostaw surowca drzewnego. Auer i Rauch (2021) z wykorzystaniem analizy treści 105 opracowań opublikowanych w latach 1975–2019 poszukiwali odpowiedzi na pytania dotyczące: 1) głównych zagrożeń w łańcuchu dostaw, 2) wpływu ryzyka na bezpieczeństwo dostaw drewna oraz 3) sposobów ograniczania ryzyka w celu zapewnienia ciągłości dostaw drewna. Wyniki wskazują, że 88% publikacji dotyczyło sposobów ograniczania ryzyka. Rzadziej w analizowanych publikacjach uwzględniano ryzyko łańcucha dostaw czy też skutki ryzyk łańcucha dostaw lub bezpieczeństwo dostaw – odpowiednio 71%, 43% i 12% publikacji. Autorzy zidentyfikowali siedem rodzajów ryzyk. Dla pięciu z nich (poza ryzykiem bezpieczeństwa oraz wpływem ryzyka popytu i konkurencji) zidentyfikowano ich wpływ na łańcuch dostaw (tab. 7).

W 92 publikacjach zidentyfikowano sposoby ograniczania ryzyka w łańcuchu dostaw drewna. Pogrupowano je w ośmiu kategoriach oznaczając je ze względu na czas w jakich mogą zostać wdrożone. Wyróżniono sposoby długoterminowe (strategiczne – S), średnioterminowe (taktyczne – T) i krótkoterminowe (operacyjne – O) (tab. 8).

Weryfikowane artykuły dotyczyły głównie tematyki bioenergii – biopaliwa (USA), ciepło i energia (Europa) – 75% publikacji. Rzadko badano uznane i nowe chemiczne produkty drewnopochodne (8% opracowań) oraz uznane produkty z drewna (19% publikacji). Spośród 75 artykułów poświęconych ryzyku w łańcuchu dostaw najczęściej zwracano uwagę na ograniczone zasoby (41 artykułów), a następnie ryzyko dostaw i ryzyko operacyjne (22 opracowania). Wśród najczęściej wymienianych strategii ograniczania ryzyka w łańcuchu dostaw drewna zwrócono uwagę na dywersyfikację zasobów i surowców – 92 artykuły.

Tabela 7. Zagrożenia wpływające na bezpieczeństwo dostaw drewna według zidentyfikowanych ryzyk.
 Table 7. Threats affecting security of timber supply by identified risks.

Kategorie ryzyka Risk categories	Podkategoria ryzyka Risk subcategory	Wpływ ryzyka na łańcuch dostaw Impact of risk on the supply chain	
Ryzyko dostaw Supply risk	Nadmierna eksploatacja zasobów leśnych Overexploitation of forest resources	Nieefektywne wykorzystanie zasobów drewna Inefficient use of timber resources	
		Degradacja lasów Degradation of forests	
		Rosnąca presja na lasy Increasing pressure on forests	
		Wyższe wieki rębności drzewostanów (wpływ na wielkość pozyskania) Higher rotation ages (impact on harvesting volume)	
	Niewystarczająca podaż zasobów Insufficient supply of resources	Wyższe ceny, uzależnienie od importu Higher prices, dependence on import	
	Niedobór zasobów Scarcity of resources	Konkurencja zakładów energetycznych Competition from energy plants	
		Efekt mniejszej dostępności papierówki i produktów ubocznych tartaku w związku ze spadkiem popytu na drewno tartaczne Effect of lower availability of pulpwood and sawmill by-products due to decline in demand for sawtimber	
Konkurencja o zasoby między producentami energii a przemysłem celulozowym i producentami paneli Competition for resources between energy producers and the pulp and panel industry			
Ryzyko operacyjne Operational risk	Zagrożenia związane z jakością drewna Risks associated with wood quality	Pogorszenie jakości, brak międzynarodowych standardów Deterioration of quality, lack of international standards	
	Ryzyko makro Macro risk	Ryzyko handlu Trade risk	Złożona logistyka dostaw drewna Complex logistics of wood supply
			Zmniejszona wydajność ze względu na duże odległości transportu w celu pokrycia zapotrzebowania dużych zakładów Reduced efficiency due to long transport distances to meet the demand of large plants
			Ograniczenia wydajności, długie terminy realizacji, zmienny czas transportu, trudności operacyjne Capacity constraints, long lead times, variable transportation times, operational difficulties
			Wpływ niedostatecznej podaży drewna na przemysł i zatrudnienie w skali lokalnej Impact of inadequate timber supply on industry and local employment
Ryzyko polityczne Political risk	Zagrożenia ekosystemowe Ecosystem risks	Zmniejszone możliwości zatrudnienia i dochody Reduced employment opportunities and income	
		Ograniczenie decyzji inwestycyjnych, przepływu kapitału oraz zmniejszenie produkcji Reduced investment decisions, capital flows and reduced production	
		Nadmierna eksploatacja zasobów lokalnych/regionalnych Overexploitation of local/regional resources	
Ryzyko zasobów Resource risk	Ryzyko sezonowości Seasonality risk	Wahania podaży drewna, niepewność prawna w innych krajach, zależność od innych krajów, malejący potencjał importu drewna Fluctuations in timber supply, legal uncertainty in other countries, dependence on other countries, declining potential for timber imports	
		Wpływ na handel drewnem (pozytywny i negatywny) Impact on timber trade (positive and negative)	
		Regulacje dotyczące normalizacji/certyfikacji Regulations on standardization/certification	
		Dostępność zasobów i niepewność inwestycyjna Resource availability and investment uncertainty	
		Wahania w dostępności drewna: nagła nadpodaż w krótkim okresie, a następnie znaczny niedobór podaży Fluctuations in timber availability: sudden oversupply in the short term, followed by a significant shortage of supply	
		Zmniejszenie dostępnej ilości drewna określonych gatunków Reduction in the available amount of timber of specific species	
		Wahania cen i rozmiaru pozyskania oraz możliwości transportowych Fluctuations in the price and size of harvesting and transport capacity	
		Dostępność lasu, dostępność dróg leśnych Forest availability, availability of forest roads	

Źródło: Auer V., Rauch P. 2021. Wood supply chain risks and risk mitigation strategies: A systematic review focusing on the Northern hemisphere, *Biomass and Bioenergy* 148: 106001. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106001>
 Source: Auer V., Rauch P. 2021. Wood supply chain risks and risk mitigation strategies: A systematic review focusing on the Northern hemisphere, *Biomass and Bioenergy* 148: 106001. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106001>

Tabela 8. Sposoby ograniczania ryzyka w łańcuchu dostaw drewna pogrupowane w ośmiu obszarach oznaczonych ze względu na czas, w jakich mogą zostać wdrożone.

Table 8. Risk mitigation opportunities in the timber supply chain, divided into eight areas, labelled with the time in which they can be implemented. S – strategic, T – tactical, O – operational.

Horyzont czasowy* Time horizon*	Obszary Areas	Strategie ograniczania ryzyka Risk mitigation strategies
T	Pozyskanie Sourcing	Genetyka, zalesienia, wiek rębności, nowe sortymenty Genetics, afforestation, rotation age, new sortiments
		Ograniczenie cięć rocznych na rzecz zrównoważonej gospodarki leśnej Reducing annual cuts in favor of sustainable forest management
O		Wykorzystanie dostępnej biomasy Utilization of the available biomass
		Efektywne zarządzanie biomasa Effective biomass management
		Ochrona gleby Soil conservation
T	Dywersyfikacja zasobów/ surowców Diversification of resources/ raw materials	Dywersyfikacja zasobów Diversification of resources
		Strategia wielu surowców/substytucji Multi-resource/substance strategy
		Zróżnicowanie surowców – biomasa Diversification of raw materials - biomass
		Wymienna technologia/sprzęt Interchangeable technology/equipment
		Umiędzynarodowienie Internationalisation
		Mobilizacja krajowa Domestic mobilisation
S	Integracja łańcucha dostaw Supply chain integration	Zaopatrzenie spółdzielcze Cooperative sourcing
		Nowe modele biznesowe, nowe struktury organizacyjne, integracja handlowców New business models, new organisational structures, integration of traders
		Strategia kolokacji Co-location strategy
		Integracja pozioma i współpraca (np. sieć prywatnych właścicieli lasów) Horizontal integration and cooperation (e.g., network of private forest owners)
		Integracja pionowa Vertical integration
T	Umowy długoterminowe Long-term contracts	Ustalona cena i ilość – nieelastyczna strategia kontraktowa na wczesnym etapie Fixed price and quantity - inflexible contract strategy at an early stage
		Strategia kontraktów łączenia wskaźników cen Contract strategy of combining price indices
		Elastyczność kontraktów długoterminowych (kontrakty opcyjne lub hedging) Flexibility of long-term contracts (option contracts or hedging)
		Zaangażowanie dostawcy w strategię kontraktów długoterminowych Supplier involvement in the long-term contract strategy
		Połączenie kontraktów długoterminowych z integracją dostawców Combination of long-term contracts with supplier integration
		Strategia kontraktów długo-, średnio- i krótkoterminowych z różnymi dostawcami Long-, medium- and short-term contract strategy with different suppliers
S	Strategia logistyczna Logistics strategy	Plany awaryjne Contingency plans
		Optymalizacja łańcucha dostaw Supply chain optimisation
T		Punkty przeładunkowe, terminale, systemy pociąg/statek/kontener, integracja portów Transshipment points, terminals, train/ship/container systems, port integration
		Dopasowanie infrastruktury do popytu i podaży Matching infrastructure to demand and supply
O		Regionalna strategia dostaw z uwzględnieniem dróg (leśnych), sieci drogowej Regional supply strategy including (forest) roads, road network
	Zaopatrzenie rynku spot (transakcje natychmiastowe) Spot market supply (spot transactions)	

*długoterminowe (strategiczne – S), średnioterminowe (taktyczne – T) i krótkoterminowe (operacyjne – O)

*Long-term (strategic – S), medium-term (tactical – T) and short-term (operational – O)

ciąg dalszy tabeli na następnej stronie

The Table continues on the next page

Ciąg dalszy Tabeli z poprzedniej strony

Continuation of the Table from the previous page

Tabela 8. Sposoby ograniczania ryzyka w łańcuchu dostaw drewna pogrupowane w ośmiu obszarach oznaczonych ze względu na czas, w jakich mogą zostać wdrożone.

Table 8. Risk mitigation opportunities in the timber supply chain, divided into eight areas, labelled with the time in which they can be implemented. S – strategic, T – tactical, O – operational.

Horyzont czasowy* Time horizon*	Obszary Areas	Strategie ograniczania ryzyka Risk mitigation strategies
T	Strategia przechowywania Storage strategy	Strategia oparta na zapasach Inventory-based strategy
		Logistyka stron trzecich, zapasy konsygnacyjne Third-party logistics, consignment inventory
		Magazyny zewnętrzne Third-party warehousing
O		Magazynowanie na miejscu, magazynowanie krótkotrwale On-site storage, short-term storage
S		Normy wstępnego przetwarzania biomasy Biomass pre-processing standards
T	Innowacje procesowe Process innovation	Technologia zdolna do przetwarzania/konwersji wielu surowców Technology capable of processing/converting multiple feedstocks
		Elastyczność w działaniu i technologii Flexibility in operation and technology
O		Obróbka wstępna: suszenie, rozdrabnianie, granulowanie, korowanie itp. Pre-treatment: drying, grinding, pelletising, debarking, etc.
S	Strategie polityczne Policy strategies	Produkcja i wykorzystanie biomasy Biomass production and utilisation
		Stabilność polityczna: podatki i dotacje, dostępność siły roboczej Political stability: taxes and subsidies, labor availability
		Międzynarodowy przepływ drewna: dane, spójność i łańcuch dostaw, certyfikacja International wood flow: data, consistency and supply chain, certification
		Zachęty do spełniania wymogów w zakresie bioenergii i biogospodarki Incentives to meet bioenergy and bioeconomy requirements
		Kaskadowe wykorzystanie drewna: zachęty polityczne, stabilne ramy, recykling Cascading wood use: policy incentives, stable framework, recycling
		Regulacje zrównoważonej gospodarki leśnej, systemy certyfikacji Regulation of sustainable forest management, certification systems

*długoterminowe (strategiczne – S), średnioterminowe (taktyczne – T) i krótkoterminowe (operacyjne – O)

*Long-term (strategic – S), medium-term (tactical – T) and short-term (operational – O)

Źródło: Auer V., Rauch P. 2021. Wood supply chain risks and risk mitigation strategies: A systematic review focusing on the Northern hemisphere, *Biomass and Bioenergy* 148: 106001. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106001>Source: Auer V., Rauch P. 2021. Wood supply chain risks and risk mitigation strategies: A systematic review focusing on the Northern hemisphere, *Biomass and Bioenergy* 148: 106001. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106001>

9. Innowacje oraz działania adaptacyjne ograniczające konsekwencje ekonomiczne zaburzeń w lesie

Opracowanie przedstawia analizę treści 125 artykułów opublikowanych w okresie styczeń 2013 r. – grudzień 2022 r. omawiających możliwe ścieżki innowacji w łańcuchu wartości drewna. Wśród opracowań 71 publikacji dotyczyło możliwych i koniecznych innowacji oraz działań adaptacyjnych związanych ze zmianami klimatu (Hoeben i in. 2023). Innowacja na potrzeby analizy treści została zdefiniowana jako „generowanie, akceptacja i wdrażanie nowych pomysłów, procesów, produktów lub usług”; które niosą ze sobą strategię przystosowania się do zmiany klimatu wykraczającą poza te stosowane w bieżącej praktyce operacyjnej w zakresie gospodarki leśnej lub przemysłu

opartego na drewnie. Autorzy wskazali dziewięć ścieżek innowacji w łańcuchu wartości, zwracając szczególną uwagę na znaczenie trzech czynników, które zwiększają odporność lasów i łańcucha wartości poprzez: dywersyfikację, zwiększenie wydajności oraz poprawę elastyczności. Każda z dziewięciu niżej wymienionych ścieżek innowacyjnych została szczegółowo opisana. Autorzy wskazali korzyści i zagrożenia wdrożenia proponowanych rozwiązań innowacyjnych. Innowacji należy upatrywać w działaniach dotyczących:

- 1) leśnictwa o zróżnicowanej strukturze wiekowej i gatunkowej,
- 2) wykorzystania nowoczesnych technologii (technologia satelitarna i teledetekcja),
- 3) wzmacniania rekreacji w lesie (technologie cyfrowe, opłaty za parkingi leśne),

- 4) rozwoju systemu płatności za usługi ekosystemowe (brak wsparcia instytucjonalnego),
- 5) dywersyfikacji źródeł przychodów gospodarki leśnej (polowania, uboczne użytkowanie, farmy wiatrowe, ale również las jako miejsce pochówku),
- 6) wspierania współzarządzania i współwłasności lasów (wszystkie zorganizowane formy gospodarowania lasami),
- 7) wsparcia obiegu zamkniętego (kaskadowe wykorzystanie drewna, optymalne wykorzystanie odpadów, biorafinerie),
- 8) poszerzenia portfolio produktów o produkty o wysokiej wartości (przemysł farmaceutyczny, kosmetyczny, opakowania, drewno klejone),
- 9) zmian w podejściu do sprzedaży i marketingu (certyfikacja, oznaczenia ekologiczne, nowe kanały sprzedaży).

Ustalenia wskazują, że innowacje przybierają inną formę na początku łańcucha wartości (w gospodarce leśnej) niż na końcu łańcucha wartości (w przemyśle przetwórczym). W części związanej z gospodarką leśną w innowacjach dominuje dywersyfikacja czynników zwiększających odporność. Natomiast wydajność jako czynnik zwiększający odporność dominuje w elementach łańcucha wartości zajmujących się przetwarzaniem drewna. Przy czym zachodzi pewien konflikt, że od struktur bardziej złożonych (drzewostany zróżnicowane pod względem wieku, składu gatunkowego, budowy przestrzennej oraz sposobów ich zagospodarowania – dywersyfikacja gospodarki leśnej) oczekuje się większej wydajności na końcu łańcucha wartości – w przemyśle drzewnym. Autorzy przedstawiają również przykłady wielu synergii i kompromisów między ustalonymi ścieżkami innowacji. Jako przykład synergii wskazują las mieszany o zróżnicowanej strukturze, który jest akceptowanym przez użytkowników miejscem rekreacyjnych (ścieżka 3), a ponadto pozytywnie wpływa na możliwości rozszerzenia portfolio produktów poza drewno. Przykładami kompromisu to powszechnie dzisiaj identyfikowane konflikty między produkcją drewna a rekreacją, sekwestracją węgla oraz celami ochrony przyrody.

10. Ubezpieczenie lasów

Wśród wielu działań adaptacyjnych, które mogą ograniczać ryzyko wystąpienia zaburzenia w lesie lub w przypadku jego wystąpienia łagodzić jego skutki znajdują się ubezpieczenia lasu. W Europie na czele państw z rozwiniętym rynkiem ubezpieczeń leśnych jest Szwecja (95% powierzchni lasów prywatnych jest ubezpieczona) oraz Finlandia i Norwegia (około 40% powierzchni lasów prywatnych jest ubezpieczona). W Nowej Zelandii ubezpieczonych jest 55% powierzchni lasów, w Chinach 50%, natomiast w Chile ubezpieczenie lasów obejmuje 60% powierzchni lasów plantacyjnych. Syntezy problematyki ubezpieczeń poruszanej w publikacjach naukowych w okresie 1928–2021 dostarcza opracowanie Brunette i Couture (2023). Autorzy na podstawie analizy treści 38 publikacji wskazują, że na ubezpieczenia lasów w USA częściej zwraca się uwagę w kontekście pożarów, natomiast opracowania europejskie poruszają wymienioną problematykę głównie jako problem dla ubezpieczania lasów w przypadku niszczycielskich wiatrów. Przeprowadzony przegląd pozwolił autorom zidentyfikować kilka ważnych obszarów związanych z rozwojem rynku ubezpieczeń lasów, w tym:

- 1) sformułowanie wniosków dotyczących wpływu pomocy publicznej na decyzje ubezpieczeniowe właścicieli lasów wskazując, że programy publiczne obejmujące bezwarunkowe wsparcie finansowe po klęsce żywiołowej zmniejszają gotowość właścicieli do zawierania umów ubezpieczeniowych. Pozytywny wpływ ma natomiast dotowanie składki ubezpieczeniowej,
- 2) w obszarze ubezpieczeń lasów widoczny jest dualizm. Lasy mogą być jednocześnie ubezpieczone w celu ich ochrony przed szkodami wynikającymi z zagrożeń naturalnych (tzw. ubezpieczenie finansowe), ale jednocześnie ten sam las może chronić określone składniki środowiska i jakość życia człowieka (tzw. ubezpieczenie naturalne),
- 3) identyfikację determinantów popytu ubezpieczeniowego w lasach, w tym: motywację i wiek właściciela lasu, poziom uwagi właściciela względem aspektów ochrony środowiska, stopień awersji do ryzyka, czy też cele związane z posiadanym lasem – właściciele nastawieni na dochód chętniej szukają rozwiązań w ubezpieczaniu lasów,
- 4) ubezpieczenia leśne w kontekście zmian klimatycznych, ubezpieczenia węglowe oraz wymiar przestrzenny ubezpieczeń leśnych,
- 5) konieczności uwzględnienia w umowach ubezpieczeniowych aktywności gospodarczej właściciela lasu zmierzającej do wprowadzenia jak największej liczby działań adaptacyjnych zmniejszających ryzyko szkód w lasach,
- 6) poszukiwania mechanizmu ubezpieczeń w celu pokrycia straty z tytułu pogorszenia jakości lub zniszczenia świadczenia leśnych usług ekosystemowych,
- 7) autorzy opracowań omawiają problematykę ubezpieczeń lasów wiążąc ją przeważnie z prywatną własnością leśną,

Brunette i Couture (2023) wskazują na wieloaspektowość problematyki ubezpieczeń lasów, ponieważ skuteczne zawarcie umowy ubezpieczeniowej oraz stawki ubezpieczenia zależą m.in. od wartości lasu (konieczność znajomości wartości nieruchomości leśnych), ryzyka (konieczność dysponowania bazą danych z informacjami dotyczącymi zaburzeń), rodzaju zagrożenia, aktywności właściciela w gospodarce leśnej (zakres działań adaptacyjnych oraz innowacji). Analiza treści publikacji dostarcza również informacji o nowych alternatywnych sposobach ubezpieczania lasów pochodzących z rolnictwa, czyli ubezpieczeniach parametrycznych lub indeksowanych. Odszkodowanie w tego rodzaju ubezpieczeniach jest wypłacane w określonej kwocie w przypadku przekroczenia progowego poziomu wskaźnika (np. poziom suszy określony na podstawie ilość opadów, prędkość wiatru, % spalanej powierzchni lasu).

11. Podsumowanie

Zamieranie drzewostanów spowodowane czynnikami abiotycznymi oraz biotycznymi nabiera coraz większej intensywności i ma coraz większy wpływ na prowadzenie gospodarki leśnej, w tym na rodzaje i sposób podejmowania decyzji gospodarczych. Ma to miejsce w obliczu nowych oczekiwań społecznych wobec gospodarki leśnej, w tym związanych z łagodzeniem zmian klimatycznych. Publikacja obrazuje wiele złożonych aspektów związanych z zaburzeniami w lesie, ich konsekwencjami oraz sposobami minimalizowania skutków zaburzeń zarówno dla gospodarki leśnej jak i jej otoczenia gospodarczego i społecznego oraz instytucjonalnego. Przedstawione uwarunkowania mają

istotne znaczenie w kontekście rosnącej roli lasów w łagodzeniu zmian klimatycznych oraz ochrony różnorodności biologicznej. Omówione aspekty dotyczą zjawisk, których nie można wyeliminować, ale można szacować prawdopodobieństwo ich wystąpienia, skutki oraz sposoby minimalizowania ich negatywnego wpływu na las. Temu mają służyć działania adaptacyjne, wszelkiego rodzaju innowacje które ograniczają ryzyka czy też system ubezpieczeń, który pozwala dywersyfikować ryzyko gospodarcze i ekonomiczne (dotyczy prywatnej własności leśnej).

Omówione wyniki na tle sytuacji w Polsce, skłaniają do podjęcia inicjatyw mających na celu:

- 1) opracowanie publicznie dostępnej bazy danych, w której byłyby rejestrowane zaburzenia w lasach,
- 2) opracowanie założeń systemu wspierania decyzji w gospodarce leśnej (Decision Support Systems – DSS) niezbędnego do wdrożenia w PGLLP,
- 3) opracowanie wieloletniego planu działań zachęcającego do powszechnego ubezpieczania lasów prywatnych.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Źródła finansowania badań

Badania sfinansowano ze środków własnych autorów.

Wkład autorów

M.S. – koncepcja artykułu, gromadzenie danych, przygotowanie rycin, korekta tekstu; P.G. – koncepcja artykułu, przegląd literatury, przygotowanie rycin, korekta tekstu; E.W.-F. – koncepcja artykułu, gromadzenie danych, przygotowanie rycin, korekta tekstu.

Literatura

- Asada R., Hurmekoski E., Hoeben A.D., Patacca M., Stern T., Toppinen A. 2023. Resilient forest-based value chains? Econometric analysis of roundwood prices in five European countries in the era of natural disturbances, *Forest Policy and Economics* 153: 102975, ISSN 1389-9341, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2023.102975>.
- Auer V., Rauch P. 2021. Wood supply chain risks and risk mitigation strategies: A systematic review focusing on the Northern hemisphere, *Biomass and Bioenergy* 148: 106001, ISSN 0961-9534, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106001>.
- Bank Danych o Lasach. b.d. <https://www.bdl.lasy.gov.pl/portal/> (dostęp 10.02.2024)
- Brunette M., Couture S. 2023. Forest Insurance for Natural Events: An Overview by Economists, *Forests* 14(2): 289. DOI: <https://doi.org/10.3390/f14020289>.
- Hoeben, A.D., Stern, T., Lloret, F. 2023. A Review of Potential Innovation Pathways to Enhance Resilience in Wood-Based Value Chains, *Current Forestry Report*, DOI: <https://doi.org/10.1007/s40725-023-00191-4>.
- Holmes T.P., Prestemon J.P., Abt K.L., 2008. The Economics of Forest Disturbances: Wildfires, Storms, and Invasive Species; Springer Science & Business Media: Berlin/Heidelberg, Germany, Vol. 79, https://books.google.pl/books?hl=pl&lr=&id=bSgPQrVotgwC&oi=fnd&pg=PA2&ots=3CXxCa8oEU&sig=3xZrNH9j0tNejCF3CUaFRo&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (dostęp 28.12.2023)
- Instytut Badawczy Leśnictwa. b.d. Krajowy System Informacji o Pożarach Lasów. <https://bazapozarow.ibles.pl/> (dostęp 10.02.2024)
- Kärhä K., Anttonen T., Poikela A., Palander T., Laurén A., Peltola H., Nuutinen Y. 2018. Evaluation of Salvage Logging Productivity and Costs in Windthrown Norway Spruce-Dominated Forests, *Forests* 9(280). DOI: <https://doi.org/10.3390/f9050280>.
- Komisja Europejska. 2020. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, COM(2022) 230 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022DC0230> (dostęp 28.12.2023)
- Lierop P., Lindquist E., Sathyapala S., Franceschini G., 2015. Global forest area disturbance from fire, insect pests, diseases and severe weather events, *Forest Ecology and Management* 352: 78-88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.010>.
- Loeffler D., Anderson N. 2018. Impacts of the Mountain Pine Beetle on Sawmill Operations, Costs, and Product Values in Montana, *Forest Products Journal* 68(1): 15–24. DOI: <https://doi.org/10.13073/FPJ-D-17-00041>.
- Montagné-Huck C., Brunette M., 2018a. A bibliographic database on economic analysis of natural forest disturbances, *Data in Brief* 20: 662–666. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.08.128>.
- Montagné-Huck C., Brunette M., 2018b. Economic analysis of natural forest disturbances: A century of research, *Journal of Forest Economics* 32: 42–71. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2018.03.002>.
- Parlament Europejski, Rada UE. 2013. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/841z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie włączenia emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych w wyniku działalności związanej z użytkowaniem gruntów, zmianą użytkowania gruntów i leśnictwem do ram polityki klimatyczno-energetycznej do roku 2030 i zmieniające rozporządzenie (UE) nr 525/2013 oraz decyzję nr 529/2013/UE (Tekst mający znaczenie dla EOG), Dziennik Urzędowy UE L156/1: 1-125. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32018R0841&qid=1703841609578> (dostęp 28.12.2023)
- Parlament Europejski, Rada UE. 2023. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/2413 z dnia 18 października 2023 r. zmieniająca dyrektywę (UE) 2018/2001, rozporządzenie (UE) 2018/1999 dyrektywę 98/70/WE w odniesieniu do promowania energii ze źródeł odnawialnych oraz uchylająca dyrektywę Rady (UE) 2015/652, Dziennik Urzędowy UE L. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=OJ.L_202302413 (dostęp 28.12.2023)
- Patacca M., Lindner M., Esteban M., Borja L., Cordonnier T., Fidej G., Gardiner B., Hauf Y., Jasinevičius G., Labonne S., Edgaras Linkevičius E., Mats Mahnken M., Slobodan Milanovic S., Nabuurs G.J., Nagel T.A., Nikinmaa L., Panyatov M., Bercak R., Seidl R., Ostrogović Sever M.Z., Socha S., Thom D., Vuletic D., Zudin S., Schelhaa M.J. 2022. Significant increase in natural disturbance impacts on European forests since 1950, *Global Change Biology* 29(5): 1359–1376. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.16531>.
- Rocznik Statystyczny Leśnictwa. Roczniki 1990–2021. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa.
- Romagnoli F., Cadei A., Costa M., Marangon D., Pellegrini G., Nardi D., Masiero M., Secco L., Grigolato S., Lingua E., Picco L., Pirotti F., Battisti A., Locatelli T., Blennow K., Gardiner B., Cavalli R. 2023. Windstorm impacts on European forest-related systems: An interdisciplinary perspective, *Forest Ecology and Management* 541: 121048. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121048>.
- Romagnoli F., Masiero M., Secco L. 2022. Windstorm Impacts on Forest-Related Socio-Ecological Systems: An Analysis from a Socio-Economic and Institutional Perspective, *Forests* 13: 939. DOI: <https://doi.org/10.3390/f13060939>.
- Sanginés de Cárcer P., Mederski P.S., Magagnotti N., Spinelli R., Engler B., Seidl R., Eriksson A., Eggers J., Leo Gallus Bont L., Schweizer J. 2021. The Management Response to Wind Disturbances in European Forests, *Current Forestry Reports* 7: 167–180. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40725-021-00144-9>.
- Zhai J., Zhuo N. 2022. Models for the Economic Impacts of Forest Disturbances: A Systematic Review, *Land* 11(9): 1608. DOI: <https://doi.org/10.3390/land11091608>.