

## ENGLISH SUMMARY

The conflicts arising from wildlife damage to human property are a main challenge for biodiversity conservation worldwide. Damages can result in substantial economic and emotional losses to people, which can trigger persecution and retaliatory killing of wild animals, and ultimately threaten their conservation. A cost-effective way to reduce the impact of this conflict is to predict when and where are damages more likely to occur to inform damage preventive programmes.

The occurrence of wildlife damage varies widely across space and time. Although many studies link this variability mostly to how damages are managed, evidence shows that damages also vary spatially and temporally under the same management conditions. To what extent do natural and anthropogenic factors drive the observed variability in damage occurrence remains still unresolved in the literature. Holistic approaches that integrate socioeconomic and management factors with the ecological mechanisms underlying the occurrence of wildlife damage at different scales are needed to answer these questions, but rarely followed (see general introduction in Chapter I).

The main objective of this dissertation is to improve the understanding of the factors that drive the occurrence of wildlife damage in different socio-ecological systems. By taking the brown bear (*Ursus arctos*) as a model species, I aim at disentangling the natural and anthropogenic factors associated with damage occurrence based on spatial-temporal analysis at different scales, and analyzing damage data from different habitats, populations and management scenarios.

In a first study (Chapter II), I evaluated current programs to compensate and prevent large carnivore damage in 27 European countries as well as the economic factors related to the costs of these programs. I found large differences in the compensation costs among countries and species. Overall, high compensation costs are associated with free-ranging livestock (68% of the total costs) and with national economic wealth. Contrary to the general belief, the return of large carnivores does not always translate into higher compensation costs. This lack of pattern is related to the type of compensation program, to the abundance of livestock and the type of husbandry practices present in the places that large carnivores have recolonized. Half of the studied countries do not invest in prevention programs and just a few wealthy countries pay the majority of the money allocated for prevention programs in Europe. Certain subsidized preventive measures seem ineffective to prevent damage. I discuss that programs mainly

## English summary

focused on paying large amounts for compensation, not conditioned to the use of effective preventive measures may fail to build tolerance towards large carnivores.

In a second study (Chapter III) I used 406 records of brown bear damage to apiaries occurring in 2010-2017 in the North-eastern Carpathians (SE Poland) to model the risk of bear predation on beehives. I used generalized additive models at three nested spatial scales to analyze the factors related to the occurrence of bear damage to beehives. I found that the habitat preferences of bears and beekeepers together with bear's tendency to avoid humans determine the risk of bear damage at multiple scales. Damage risk at fine scales increased when the broad landscape context also favored damage occurrence. The results from this study suggest that principles of resource selection by animals can be used to understand the occurrence of damage and help mitigate conflicts in a proactive and preventive manner.

Finally, in a third study (Chapter IV) I used a novel combination of remote sensing indicators of forest productivity and phenology and weather cues to predict tree masting and, ultimately, conflicts related to food shortages. To that end, I used a 14-years-long dataset on the production of European beech (*Fagus sylvatica*) seeds (beechnuts) and brown bear damage in the North-eastern Carpathians. Beech masting events were best predicted by a combination from on-the-ground measures of beechnut production and meteorological variables with remotely-sensed indicators of forest productivity and phenology, which, in turn, can predict years of high intensity of human-bear conflicts. These years of increased bear damage are associated with beech crop failure.

The present dissertation provides new insights into the ecological processes and management actions underlying bear damage occurrence. It represents an important contribution to human-wildlife conflict research, both from theoretical and applied perspectives. Furthermore, it contributes with a novel application of vegetation indices to model and predict crop failure in masting plants related to an increased occurrence of bear damage. The use of freely available satellite data in predicting drivers of bear damage can become a breakthrough in conflict management as it has the potential to reduce damage and optimize the costs-effectiveness of management actions.

## STRESZCZENIE – POLISH SUMMARY

Konflikty wynikające ze szkód w mieniu ludzkim wyrządzanych przez dzikie zwierzęta stanowią główne wyzwanie dla ochrony różnorodności biologicznej na całym świecie. Szkody mogą powodować znaczne straty ekonomiczne i emocjonalne u ludzi, co może wywołać prześladowania i odwetowe zabijanie dzikich zwierząt, a w efekcie zagrozić ich ochronie. Efektywnym pod względem kosztów sposobem ograniczenia wpływu tego konfliktu jest przewidywanie, kiedy i gdzie prawdopodobieństwo wystąpienia szkód jest największe, co pozwoli na opracowanie programów zapobiegania szkodom.

Występowanie szkód wyrządzanych przez dzikie zwierzęta jest silnie zróżnicowane w czasie i przestrzeni. Chociaż wiele badań wiąże tę zmienność głównie ze sposobem zarządzania szkodami, dowody wskazują, że występowanie szkód jest zróżnicowane przestrzennie i czasowo również gdy sposoby zarządzania nimi są takie same. W literaturze nadal nie rozstrzygnięto, w jakim stopniu czynniki naturalne i antropogeniczne wpływają na obserwowaną zmienność w zakresie występowania szkód. Podejścia holistyczne, które uwzględniają zarówno czynniki społeczno-ekonomiczne i sposoby zarządzania, jak i mechanizmy ekologiczne leżące u podstaw występowania szkód wyrządzanych przez dzikie zwierzęta w różnych skalach są niezbędne by odpowiedzieć na te pytania, ale rzadko stosowane (zob. ogólne wprowadzenie w rozdziale I).

Głównym celem tej dysertacji jest próba lepszego zrozumienia czynników, które wpływają na występowanie szkód wyrządzanych przez dzikie zwierzęta w różnych systemach społeczno-ekologicznych. Przyjmując niedźwiedzia brunatnego (*Ursus arctos*) jako gatunek modelowy, staram się rozdzielić naturalne i antropogeniczne czynniki związane z występowaniem szkód w oparciu o analizę przestrzenno-czasową w różnych skalach i analizując dane dotyczące szkód w różnych siedliskach, populacjach i systemach zarządzania.

W pierwszym badaniu (rozdział II) oceniłem aktualne programy kompensacji i zapobiegania szkodom powodowanym przez duże drapieżniki w 27 krajach europejskich, a także czynniki ekonomiczne związane z kosztami tych programów. Stwierdziłem duże różnice w kosztach kompensacji pomiędzy krajami i gatunkami. Ogólnie ujmując, wysokie koszty odszkodowań są związane ze zwierzętami gospodarskimi żyjącymi na wolności (68% całkowitych kosztów) oraz z sytuacją ekonomiczną danego kraju. Wbrew powszechnemu przekonaniu, powrót dużych drapieżników nie zawsze przekłada się na wyższe koszty odszkodowań. Brak takiej zależności związany jest z rodzajem obowiązującego programu kompensacyjnego, liczebnością zwierząt gospodarskich i rodzajem praktyk hodowlanych stosowanych w miejscach ponownego skolonizowania przez duże drapieżniki. Połowa badanych krajów nie inwestuje w programy

prewencyjne, a większość pieniędzy przeznaczanych na programy prewencyjne w Europie przypada na zaledwie kilka bogatych krajów. Niektóre dotowane działania prewencyjne wydają się nieskuteczne w zapobieganiu szkodom. Wskazuję, że programy skoncentrowane głównie na wypłacaniu dużych kwot odszkodowań, nie uwarunkowane stosowaniem skutecznych środków zapobiegawczych, nie budują tolerancji wobec dużych drapieżników.

W drugim badaniu (rozdział III) wykorzystałem 406 odnotowanych przypadków szkód wyrządzonych w pasiekach przez niedźwiedzia brunatnego, które miały miejsce w latach 2010-2017 w północno-wschodnich Karpatach (SE Polska) do modelowania ryzyka drapieżnictwa niedźwiedzi na ulach. Do analizy czynników związanych z występowaniem uszkodzeń uli przez niedźwiedzie wykorzystałem uogólnione modele addytywne w trzech zagnieżdżonych skalach przestrzennych. Stwierdziłem, że tendencja niedźwiedzia brunatnego do unikania ludzi oraz preferencje siedliskowe niedźwiedzi i pszczelarzy determinują ryzyko wystąpienia szkód powodowanych przez niedźwiedzie w różnych skalach. Ryzyko wystąpienia szkód w małych skalach wzrastało, gdy szeroki kontekst krajobrazowy również sprzyjał występowaniu szkód. Wyniki tego badania sugerują, że zasady wyboru zasobów przez zwierzęta mogą być wykorzystane do zrozumienia występowania szkód i pomóc w łagodzeniu konfliktów w sposób proaktywny i prewencyjny.

W trzecim badaniu (rozdział IV) wykorzystałem nowatorską kombinację teledetekcyjnych wskaźników produktywności i fenologii lasu oraz danych pogodowych do przewidywania produktywności drzew, a w konsekwencji konfliktów związanych z niedoborem pokarmu. W tym celu wykorzystałem 14-letni zbiór danych dotyczących produkcji nasion buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica*), czyli bukwi i szkód wyrządzanych przez niedźwiedzia brunatnego w północno-wschodnich Karpatach. Zdarzenia związane z wyrządzaniem szkód przez niedźwiedzie były najlepiej przewidywane dzięki połączeniu naziemnych pomiarów produktywności buka i zmiennych meteorologicznych ze zdalnie monitorowanymi wskaźnikami produktywności fenologii lasu, co pozwala przewidzieć lata o wzmożonej intensywności konfliktów na linii człowiek-niedźwiedź. Lata charakteryzujące się większą liczbą szkód wyrządzanych przez niedźwiedzie związane są z latami o niskiej produkcji bukwi.

Niniejsza rozprawa doktorska dostarcza nowego spojrzenia na procesy ekologiczne i działania związane z zarządzaniem środowiskiem leżące u podstaw występowania szkód wyrządzanych przez niedźwiedzie. Stanowi ona ważny wkład w badania nad konfliktami na linii człowiek-dzikię zwierzęta, zarówno z perspektywy teoretycznej, jak i praktycznej. Ponadto, wnosi nowatorskie zastosowanie indeksów wegetacyjnych do modelowania i przewidywania lat nienasiennych,

## Polish summary

związanych ze zwiększonym występowaniem szkód wyrządzanych przez niedźwiedzie. Wykorzystanie ogólnodostępnych danych satelitarnych w przewidywaniu czynników powodujących szkody wyrządzane przez niedźwiedzie może stać się przełomem w zarządzaniu konfliktami ze względu na potencjał do redukcji szkód i zoptymalizowanie opłacalności systemów zarządzania.

## Polish summary