

Nr 94 2018



Biuletyn Centrum
Dziedzictwa Przyrody
Górnego Śląska

ISSN 1425-4700 INDEKS 338168

Cena 4,00 zł (w tym 5% VAT)

ISSN 1425-4700



przyroda

zima 2018

GÓRNEGO ŚLĄSKA



COP24-KATOWICE 2018
KONFERENCJA NARODÓW ZJEDNOCZONYCH
W SPRAWIE ZMIAN KLIMATU

 Śląskie.

Pracujcie nieustrudzenie dla ratowania tego, co ukochaliście. Pouczajcie o tym, że idea ochrony przyrody jest ideą na wskroś demokratyczną, gdyż chroni ona skarby przyrody dla całego społeczeństwa. Przez poznanie i ochronę przyrody – do jej ukochania – oto nasze hasło!

Władysław Szafer (Chrońmy przyrodę ojczystą, Nr 1, 1945)

DLA PRZYRODY – SZCZYT KLIMATYCZNY W KATOWICACH

W dniach od 2 do 14 grudnia 2018 r. odbędą się w Katowicach międzynarodowe konferencje poświęcone przeciwdziałaniu zmianom klimatu: 24. Konferencja Stron Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (COP24), 14. Spotkanie Stron Protokołu z Kioto (CMP 14) oraz konferencja sygnatariuszy Porozumienia Paryskiego (CMA 1). W pierwszym tygodniu szczytu odbędą się również sesje organów pomocniczych, ustanowionych w roku 2015 w Paryżu: Grupy roboczej ad hoc ds. Porozumienia Paryskiego (APA 1-7), Organu pomocniczego ds. doradztwa naukowego i technologicznego (SBSTA 49) i Organu ds. wdrożeń (SBI 49). Ministerstwo Środowiska, organizator – w partnerstwie z miastem Katowice – spodziewa się udziału ok. 20 tys. osób ze 190 krajów. Polska – ratyfikując w dniu 16 czerwca 1994 r. Ramową konwencję w sprawie zmian klimatu, w dniu 2 grudnia 2002 r. Protokół z Kioto, a w dniu 6 października 2016 r. Porozumienie Paryskie – włączyła się do światowych działań na rzecz ograniczenia niekorzystnego wpływu człowieka na klimat.

W związku z tak doniosłym dla ochrony przyrody międzynarodowym szczytem przygotowaliśmy specjalny numer tematyczny poświęcony problemom, które będą przedmiotem analiz i dyskusji oraz ustaleń konferencji klimatycznej. U podstaw mojej decyzji redaktorskiej było bowiem przeświadczenie, że – mimo globalnej skali zmian klimatu – proces ten wywołany jest w skali lokalnej poprzez określone działania człowieka w jego domu, na ulicy, w osiedlu, wsi czy mieście, w którym mieszka. To my decydujemy o emisji substancji zanieczyszczających powietrze i powodujących efekt cieplarniany, to my wyniszczamy elementy i składniki przyrody, które łagodzą zmiany klimatyczne – wycinamy stare drzewa na własnej działce, zabudowujemy i uszczelniamy ją w nadmiarze, meliorujemy i niszczymy torfowiska, a urzędnicy – w naszym imieniu – przeznaczają stare drzewa do wycinki, planują budowę dróg przez tereny lasów, regulują koryta rzek i potoków a także zamieniają w przestrzeni publicznej tereny zielone w brzoze.

Do przygotowania niniejszego numeru poprosiłem specjalistów, którzy żywo zajmują się problematyką zmian globalnych przyrody. I choć poszczególne artykuły omawiają zjawiska zachodzące w szerszej skali przestrzennej, to jednak odnajdziemy w nich przykłady z naszego regionu: zmian klimatycznych na Górnym Śląsku, zmian w faunie i inwazji gatunków obcych, pojawów gatunków południowych ważek, zmian roślinności, a także skutków hydrologicznych zmian klimatu. Przedmiotem refleksji jest również niedźwiedź brunatny, którego nieliczne osobniki żyją w śląskich Beskidach.

Wszystkim uczestnikom konferencji klimatycznych w Katowicach życzę sukcesów w działaniach na rzecz przeciwdziałania globalnym zmianom klimatu.

Jerzy B. Parusel

Więcej o szczyście klimatycznym na stronach:

<https://unfccc.int/katowice>, <https://unfccc.int/dp-cop24>, <http://www.cop24.katowice.eu/>

94

Przyroda Górnego Śląska ■ ZIMA 2018
Nature of Upper Silesia ■ WINTER 2018
Natur des Oberschlesien ■ WINTER 2018



Na okładce:
Zamierające świerki
w masywie Baraniej
Góry
Fot. J. B. Parusel

3 Drewno historyczne jako archiwum zapisu zmienności warunków klimatycznych na Górnym Śląsku w okresie ostatnich 500 lat
Historical wood as an archive of the record of variability of climatic conditions in Upper Silesia over the last 500 years
Historisches Holz als Archiv über die Variabilität der klimatischen Bedingungen in Oberschlesien in den letzten 500 Jahren

7 Czy zwierzęta nadążą za zmianami klimatu?
Will animals keep up with climate change?
Können Tiere mit dem Klimawandel Schritt halten?

9 Ważki a zmiany klimatyczne
Dragonflies and climate change
Libellen als Indikatoren für den Klimawandel

12 Roślinność w dobie współczesnych zmian klimatycznych
Vegetation in the era of modern climate change
Pflanzenwelt in der Zeit des aktuellen Klimawandels

16 Hydrologiczne skutki zmian klimatu – wybrane przykłady z obszarów zurbanizowanych i ich otoczenia położonych na terenie województwa śląskiego
Hydrological consequences of climate change – selected examples from urbanized areas and their surroundings located in the Silesian Voivodship
Hydrologische Auswirkungen des Klimawandels – ausgewählte Beispiele aus urbanisierten Gebieten und deren Umgebung in der Woiwodschaft Schlesien

19 Jak zmiany klimatu wpływają na populację niedźwiedzi brunatnych?
How do climate changes affect the brown bear population?
Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Population des Braunbären aus?

W Y D A W C A
Centrum Dziedzictwa Przyrody Górnego Śląska

R A D A P R O G R A M O W A
Małgorzata Strzelec (Przewodnicząca)
Jan Duda (Z-ca Przewodniczącego)
Maciej Bakes, Elżbieta Dumnicka,
Bogdan Gieburowski, Adam Hibszer, Jan Holeska,
Joanna Limańska-Chwola, Arkadiusz Nowak,
Romuald Olacek, Józef Świerad

K O L E G I U M R E D A K C Y J N E
Jerzy B. Parusel (redaktor naczelny)
Marta Duda (sekretarz redakcji)
Renata Bula, Jan Duda, Małgorzata Strzelec

A D R E S R E D A K C J I
Centrum Dziedzictwa Przyrody Górnego Śląska
ul. Graniczna 29, 40-017 Katowice
tel.: 32 757 47 21, 32 757 47 26
e-mail: redakcja@cdpgs.katowice.pl
<http://www.cdpgs.katowice.pl>

R E A L I Z A C J A P O L I G R A F I C Z N A
APUS, Katowice
O P R A C O W A N I E G R A F I C Z N E
Joanna Limańska-Chwola
A U T O R Z N A K U G R A F I C Z N E G O W Y D A W C Y
Katarzyna Czermer-Wieczorek

Centrum Dziedzictwa Przyrody Górnego Śląska zostało powołane Zarządzeniem Nr 204/92 Wojewody Katowickiego z dnia 15 grudnia 1992 roku do badania, dokumentowania i ochrony oraz prognozowania stanu przyrody Górnego Śląska. Z dniem 1 stycznia 1999 r. Centrum jest samorządową jednostką budżetową, przekazaną województwu śląskiemu Rozporządzeniem Prezesa Rady Ministrów z dnia 25 listopada 1998 r.

W S K A Z Ó W K I D L A A U T O R Ó W
Biuletyn Przyroda Górnego Śląska jest recenzowanym czasopiśmie popularno-naukowym przeznaczonym do publikacji oryginalnych prac, krótkich komunikatów i artykułów przeglądowych o przyrodzie Górnego Śląska – jej bogactwie i różnorodności, stratach, zagrożeniach, ochronie i kształtowaniu, strukturze i funkcjonowaniu, a także o jej badaczach, miłośnikach i nauczycielach oraz postawach człowieka wobec przyrody. Przyjmujemy teksty oryginalne, o objętości 1-4 stron standardowego formatu. Zdjęcia przyjmujemy w postaci analogowej lub cyfrowej (minimalny rozmiar 10 x 15 cm i rozdzielczość 300 dpi). Ilustracje prosimy numerować i osobno dołączyć opis. Redakcja zastrzega sobie prawo dokonywania niezbędnych zmian treści artykułów bez naruszania zasadniczych myśli autora oraz zmiany tytułu. Nadesłanych maszynopisów redakcja nie zwraca. Prawa autorskie do zamieszczonych w biuletynie artykułów i zdjęć są zastrzeżone, ich reprodukcja jest możliwa jedynie za pisemną zgodą redakcji. Wydawca prosi autorów o załączenie następujących danych: stopień naukowy, miejsce pracy, krótki opis dorobku i zakres zainteresowań przyrodniczych. Autor otrzymuje dwa egzemplarze numeru.

W A R U N K I P R E N U M E R A T Y
Przyroda Górnego Śląska ukazuje się w cyklu czterech pór roku. Zamówienia na prenumeratę indywidualną i zbiorową biuletynu przyjmuje Kolporter. Biuletyn można także zaprenumerować w Centrum Dziedzictwa Przyrody Górnego Śląska. Warunkiem przyjęcia i realizacji zamówienia jest otrzymanie z banku potwierdzenia wpłaty na konto: Bank Zachodni WBK S.A. 9 Oddział w Katowicach, nr rach. 371500144512440034180000. Zamówione egzemplarze przesyłane będą pocztą zwykłą; można je także odebrać w biurze Centrum. Cena prenumeraty rocznej wynosi 14 zł.

Archiwalne numery biuletynu dostępne są w Śląskiej Bibliotece Cyfrowej pod adresem:
<https://www.sbc.org.pl/dlibrapublication/42036#structure>.

Centrum Dziedzictwa Przyrody Górnego Śląska oświadcza, że przetwarza dane osobowe autorów wyłącznie w celu redakcji i recenzji artykułów oraz zapewnienia ich ochronę zgodnie z warunkami określonymi w ustawie z dnia 10 maja 2018 r. o ochronie danych osobowych i w ogólnym rozporządzeniu o ochronie danych Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r.

© Centrum Dziedzictwa Przyrody Górnego Śląska

Poglądy wyrażone na łamach biuletynu są poglądami autorów i niekoniecznie odzwierciedlają punkt widzenia wydawcy.

N A K Ł A D : 2000 egzemplarzy

Drewno historyczne jako archiwum zapisu zmienności warunków klimatycznych na Górnym Śląsku w okresie ostatnich 500 lat

MAGDALENA OPAŁA-OWCZAREK (WYDZIAŁ NAUK O ZIEMI, UNIWERSYTET ŚLĄSKI, SOSNOWIEC)

MOŻLIWOŚCI REKONSTRUKCJI KLIMATU GÓRNEGO ŚLĄSKA

Warunki klimatyczne są obiektem zainteresowania badaczy, gdyż wpływają na rozwój i dynamikę procesów przyrodniczych, społecznych i gospodarczych. W związku z obserwowanymi globalnymi zmianami środowiska badania wieloletniej zmienności warunków klimatycznych ostatniego tysiąclecia zaliczane są do najistotniejszych problemów badawczych we współczesnej klimatologii. Chociaż w systemie klimatycznym zmiany i zmienność klimatu są naturalną cechą potwierdzoną w skali historycznej i geologicznej, to tempo współczesnych zmian jest zdecydowanie większe niż w wiekach ubiegłych. Uważa się, że jedynie precyzyjna charakterystyka zmienności przeszłego klimatu może pomóc odpowiedzieć na pytanie, w jakim stopniu współczesne zmiany klimatyczne są bezprecedensowe. W debacie o przyszłych zmianach klimatu niezwykle istotne jest poznanie zmienności klimatu w przeszłości.

Górny Śląsk jest jednym z obszarów dla których istnieją długoletnie pomiary meteorologiczne, dzięki funkcjonowaniu na tym terenie punktów pruskiej sieci meteorologicznej. Najwcześniejsze pomiary wykonywane były na stacji Głubczyce (Leobschütz) w latach 1805-1849, w Nysie (Neisse) w latach 1823-1851 oraz w Kluczborku (Kreuzburg) w latach 1823-1849. W późniejszych latach pomiary wykonywane były także w Opolu (Oppeln) od 1837 roku, Raciborzu (Ratibor) od 1842 roku oraz Bytomiu (Beuthen) od 1876 roku. Współcześnie prowadzone analizy klimatologiczne opierają się na materiale obserwacyjnym ze stacji meteorologicznej w Katowicach gromadzonym od 1931 roku.

Stosunkowo niewielki zasięg czasowy i przestrzenny instrumentalnych serii meteorologicznych skłania do szukania źródeł informacji o klimacie w środowisku przyrodniczym, wykorzystując tzw. dane proxy, czyli wskaźniki pośrednie. Są to przede wszystkim: dane geologiczne (osady lądowe i morskie), glaciologiczne (zapis w rdzeniach lodu oraz zmiany zasięgu lodowców) oraz biologiczne (mikro- i makroszczątki, szczególnie pyłki roślin, a także porosty oraz pierścienie drzew). Jeszcze innym użytecznym źródłem informacji paleoklimatologicznej jest materiał bezpośredni, czyli dane historyczne, najczęściej w postaci źródeł pisanych (kroniki, kalendarze, sprawozdania z podróży), zapisów fenologicznych czy dokumentów gospodarczych.

Informacji o dawnej pogodzie na obszarze Górnego Śląska dostarczają drukowane i rękopiśmienne kroniki miast śląskich, ówczesne czasopisma śląskie (Schlesische Provinzialblätter, Ökonomische Nachrichten) z działami poświęconymi wpływowi warunków atmosferycznych na produkcję roślinną, a także sprawozdania z rejencji śląskich oparte na sprawozdaniach landratów ze starostw. Unikatową i oryginalną informację o ekstremalnych warunkach klimatycznych na Śląsku stanowią medale okolicznościowe, które od XVI do około XVIII wieku były elementem zachodniej kultury mieszczańskiej, także śląskiej. Pojawiające się ekstremalne powodzie, susze czy ostre zimy upamiętniają śląskie medale „klęskowe” z 1736, 1740, 1746 r., gromadzone obecnie w Dziale Medali Muzeum Miejskiego Wrocławia.

W rekonstrukcjach warunków klimatycznych w bogatej w lasy strefie umiarkowanej szczególne znaczenie zyskały dane pochodzące z analizy słoży drzew. Metoda dendrochronologiczna polega na wyznaczeniu roku kalendarzowego dla każdego słoja (przyrostu rocznego) na badanej próbce drewna. Wykonuje się ją poprzez identyfikację odpowiadających sobie fragmentów wzoru przyrostowego. W celu przedłużenia chronologii można stosować procedurę datowania pomostowego i łączyć sekwencje przyrostowe przypadające na kolejne odcinki w czasie. Metoda dendroklimatyczna zakłada, że w przyroście rocznym drzewa, poza czynnikami siedliskowymi oraz szumem, zapisany jest przede wszystkim sygnał klimatyczny. Wykorzystując zależność między szerokością przyrostu (aktywnością kambium danego gatunku) a współczesnymi danymi meteorologicznymi oraz zasadę uniformitaryzmu

geologicznego (założenie stacjonarności zjawiska), jest możliwa rekonstrukcja przeszłego klimatu na podstawie wielowiekowych chronologii przyrostów rocznych drzew. Chronologie te są konstruowane z gatunków drzew długowiecznych, a także, zwłaszcza w Europie, z materiału historycznego, archeologicznego i subfossylowego.

W Polsce najwcześniejsza wzmianka dotycząca możliwości wykorzystania przyrostów rocznych w badaniach klimatologicznych pochodzi z pracy prof. Mereckiego z 1914 roku: „Faktyczny podkład zagadnienia nie podlega wątpliwości; słoje wielowiekowego drzewa są istotnie samopisem ubiegłych stanów pogody, i te należałoby odcyfrować (...), nastręcza się interesująca praca dla badaczy, którzy mogliby rozporządzać odpowiednio zgromadzonym materiałem”. Mimo to, pierwsze badania naukowe w zakresie dendroklimatologii prowadzone były dopiero po II wojnie światowej. Najczęściej wykonywane są rekonstrukcje warunków termicznych sezonu letniego z wykorzystaniem chronologii drzew iglastych (świerka i limby) z obszarów górskich. Również sosna zwyczajna jest jednym z ważniejszych gatunków wykorzystywanych w dendrochronologii. Wynika to z jej rozległego zasięgu terytorialnego, trwałości drewna, a także łatwości obróbki surowca drzewnego, co warunkuje jej powszechne występowanie w obiektach budowlanych oraz stanowiskach archeologicznych w Polsce.

Istnienie bogatego materiału źródłowego (zażytkowa zabudowa drewniana oraz starodrzew zachowany w rezerwach przyrody, a także archiwalne serie pomiarów meteorologicznych sięgających XIX wieku) umożliwiło podjęcie studiów nad

► s. 4-6

Lokalizacja obszaru badań. Rezerваты przyrody: 1 – Komorzno, 2 – Krzywiczyny, 3 – Bazany, 4 – Jaśkowice, 5 – Blok, 6 – Jeleni Dwór, 7 – Hubert, 8 – Boże Oko



Pobór rdzenia do badań dendrochronologicznych sosny za pomocą świdra Presslera



Ilustracje Autorki

wielowiekową rekonstrukcją klimatu także dla obszaru Górnego Śląska. Obszar ten był już przedmiotem badań prowadzonych w latach 1966-1970 z wykorzystaniem przyrostów rocznych drzew w celu prześledzenia wpływu przemysłowego zanieczyszczenia powietrza na niektóre elementy siedliska leśnego borów świeżych i mieszanych. Szczegółowe badania w gradiencie odległości od potencjalnych emitorów zlokalizowanych w GOP pozwoliły na ocenę wrażliwości różnych gatunków drzew na zanieczyszczenia. Jednakże analizy paleoklimatyczne z użyciem drewna historycznego na Górnym Śląsku przeprowadzono dopiero w ostatniej dekadzie.

Materiał do badań dendroklimatycznych zgromadzono pobierając próbki świdrem rdzeniującym Presslera z drzew rosnących w leśnych rezerwatach przyrody – o potencjalnie najstarszym i najmniej

oraz powstającą w lecie warstwę drewna późnego o grubościennych komórkach, dzięki czemu kolejne przyrosty są bardzo czytelne. W makroskopowym oznaczaniu drewna sosny charakterystyczne są: żółtawobiały biel, brunatnoczerwona twardziel, liczne przewody żywiczne obecne w drewnie późnym oraz niewidoczne promienie drzewne, słoje roczne wyraźne są na wszystkich przekrojach. W każdej próbie wykonano pomiary szerokości rocznego przyrostu, a najlepiej skorelowane ze sobą 100 sekwencji przyrostowych włączono do chronologii średniej. Eliminowano z kolei te sekwencje, które charakteryzowały się zaburzonym przebiegiem krzywych w stosunku do wspólnego wzoru przyrostowego, tzn. występowaniem silnych depresji przyrostowych będących efektem emisji przemysłowych. Zgromadzony materiał umożliwił konstrukcję chronologii szerokości przyrostów sosny zwyczajnej obejmującej lata 1571-2010.

Na podstawie analiz korelacyjnych wyznaczono elementy meteorologiczne istotnie wpływające na formowanie się słoików rocznych sosny zwyczajnej z Górnego Śląska. Jako najważniejszy czynnik wpływający na szerokość przyrostu radialnego sosny wskazano termikę lutego i marca oraz w mniejszym stopniu także opady atmosferyczne w czerwcu i lipcu. Wysokie wartości współczynnika korelacji uzyskano również w przypadku analizowania średniej temperatury całego sezonu zimowego. Wykorzystując metodę regresyjną zrekonstruowano warunki termiczne zimy dla regionu górnośląskiego w okresie ostatnich pięciu stuleci.

REKONSTRUKCJA WARUNKÓW TERMICZNYCH

Odchylenia zrekonstruowanej temperatury od standardowego wielolecia WMO 1961-1990 pozwalają ocenić, że badany okres ostatnich pięciu stuleci nie był jednorodny, lecz charakteryzował się występowaniem okresów szczególnie chłodnych przedzielonych seriami lat cieplejszych, nawiązującymi do wyróżnianych w literaturze okresów: Małej Epoki Lodowej (MEL), Minimum Maundera, Minimum Daltona oraz Współczesnego Ocieplenia. Na podstawie wykonanej rekonstrukcji dendroklima-

tycznej wydzielono cztery fazy o odmiennym charakterze termicznym: faza chłodna 1583-1700, faza ciepła 1701-1794, faza zimna 1795-1890, faza ciepła 1891-2012. Klimat Górnego Śląska w ostatnich pięciu stuleciach charakteryzował się jednak dużą większą zmiennością, dlatego w obrębie głównych wydzielonych faz wyznaczono także podokresy ciepłe i chłodne (tabela poniżej).

FAZA CHŁODNA 1583-1700

Początek wykonanej rekonstrukcji przypadający na drugą połowę XVI wieku jest szczególnie interesującym okresem, ponieważ wielu badaczy datuje na te lata początek Małej Epoki Lodowej. W literaturze przedmiotu za lata graniczne wyznaczano najczęściej 1550 lub 1570. W jej świetle, pierwsza wyróżniona faza chłodna trwająca 117 lat (1583-1700) można zostać uznana za początek MEL na Górnym Śląsku.



Przykład zabytkowego spichlerza z którego pobierano próby drewna historycznego (Muzeum Wsi Opolskiej w Opolu)



Przykład zabytkowych obiektów wykorzystanych do konstrukcji skali dendrochronologicznej (Muzeum Wsi Opolskiej w Opolu)

przekształconym drzewostanie w województwach opolskim i śląskim. Przebadane egzemplarze sosen z rezerwatów miały około 200-280 lat. Do wydłużenia skali dendrochronologicznej wykorzystano więc fragmenty drewna historycznego, pochodzącego z wcześniejszych okresów, pobrane z zabytkowych budynków drewnianych zgromadzonych w Muzeum Wsi Opolskiej w Opolu-Bierkowicach. Obiekty zgromadzone w Muzeum Wsi Opolskiej reprezentują najlepiej zachowane tego typu budowle w regionie i są zbudowane z drewna o lokalnym pochodzeniu. Współpraca z konserwatorem zabytków pozwoliła także na uzyskanie materiału z zabytkowych budynków murowanych, będących w trakcie prac rekonstrukcyjnych. Próbkę do badań pobierano z elementów drewnianych w stropach, więźbie dachowej oraz konstrukcjach ścian typu szachulcowego. Innym rodzajem materiału badawczego były drewniane palisady (fragmenty pali zachowane w Odrze i Brzniczyce) oraz drewniane pozostałości obudów szybów górniczych ze sztolni kopalni srebra w Tarnowskich Górach. Najczęściej występującym gatunkiem wśród prób drewna z obiektów zabytkowych była sosna zwyczajna. Wewnątrz przyrostu rocznego sosny zwyczajnej można wyodrębnić powstającą na wiosnę jasną warstwę drewna wczesnego o cienkich ścianach komórkowych

Ta chłodna faza charakteryzowała się jednak dużym zróżnicowaniem temperatury i występowaniem naprzemiennych okresów cieplejszych i chłodniejszych. W świetle informacji z kronik początkowe lata była szczególnie śnieżne, zwłaszcza 1583 i 1600. W kolejnych dekadach wystąpiły dwa wyraźnie cieplejsze okresy (1604-1611 oraz 1620-1630), kiedy średnia temperatura wynosiła ponad 2°C. Druga dekada XVII wieku to zimy o ujemnych odchyleniach,

Charakterystyka statystyczna zrekonstruowanej termiki zimy na Górnym Śląsku w głównych wydzielonych fazach oraz wybranych podokresach w okresie ostatnich pięciu stuleci

lata	okres	liczba lat	średnia t [°C]	Δt K	maks. Δt K	rok maks.	min. Δt K	rok min.
1583-1700	FAZA CHŁODNA	118	1,2	-0,2	5,2	1645	-5,1	1696
1701-1794	FAZA CIEPŁA	94	1,5	0,1	6,1	1775	-5,8	1751
1795-1890	FAZA CHŁODNA	96	0,5	-0,9	3,1	1885	-6,7	1845
1891-2012	FAZA CIEPŁA	122	1,3	0,0	5,0	1990	-7,3	1929
OKRESY CHŁODNE								
1790-1820	Minimum Daltona	31	0,6	-0,8	5,5	1791	-5,4	1790
1645-1715	Minimum Maundera	71	1,2	-0,1	5,2	1645	-5,1	1696
1583-1601	początek MEL	18	0,8	-0,6	2,3	1598	-3,7	1601
1886-1890	koniec MEL	4	-0,8	-2,2	-0,1	1890	-3,7	1886
OKRESY CIEPŁE								
1576-1582	XVI-wieczne maksimum	7	3,0	1,6	3,6	1581	0,6	1576
1701-1715	ciepła część Minimum Maundera	14	2,2	0,8	5,0	1713	-1,1	1705
1988-2002	współczesne maksimum	14	2,9	1,5	5,0	1990	-4,0	1996
1961-1990	okres referencyjny WMO	30	1,4	0,0	5,0	1990	-4,9	1963

szczególna pod względem termicznym jest zima 1614 opisywana w kronikach jako „ostra i niezwykle długa zima”. Druga połowa tej chłodnej fazy przypada na okres minimalnej aktywności słonecznej znany w literaturze jako Minimum Maundera (1645-1715). Minimum Maundera na Górnym Śląsku nie było jednolitym chłodnym okresem, lecz składało się z dwóch głębokich spadków krzywej temperatury przedzielonych okresami cieplejszymi. Co ciekawe, początek tego okresu jest dość ciepły (1645-1649), a w informacjach kronikarskich na temat Śląska szczególnie dokładnie opisywana jest zima 1648: „zima z plutą i deszczami; na Śląsku druga połowa lutego przeszła ponadto wśród burz huraganowych które wyrządziły olbrzymie szkody”. Pierwszy zimny podokres wystąpił w latach 1653-1657, co dość dobrze opisują także źródła historyczne, np. „w roku

różnia się jedynie rok 1682, o niezwykle ciekawym przebiegu zjawisk pogodowych w pierwszych miesiącach. Przebieg zimy tego roku jest opisywany jako niezwykle łagodny, bez opadów śnieżnych i mrozów, mający „charakter zimy włoskiej”, „także marzec był suchy i ciepły, w kwietniu pogoda ulega gwałtownej zmianie – na bujną roślinność spadają obfite śniegi i nastają mrozy”. W 1695/1696 wystąpiła „zima ciężka i długa, trwająca od października po koniec marca” najmroźniejsza zima w całym XVII stuleciu oraz dwie dość mroźne zimy w 1681 i 1685.

FAZA CIEPŁA 1701-1794

Początkowe lata tej fazy przypadają na wyjątkowo ciepłą ostatnią część Minimum Maundera (1701-1715), o średniej temperaturze 2,2°C. W kronikach znajdujemy wzmianki o występujących ciepłych zimach, a w krzywej dendroklimatycznej to zwarty okres anomalii dodatnich. Wybitnie ciepła zima wystąpiła w 1713 roku o temperaturze wynoszącej aż 6,4°C. W opisywanej fazie ciepłej zaznacza się jedno wyraźniejsze ochłodzenie przypadające na lata 1751-1785. Okres ten odznaczał się wyjątkowo dużymi wahaniami temperatury z roku na rok. Kroniki historyczne na okres ten podają występowanie czterech mroźnych zim oraz wielu lat z zimnozmrokami wiosennymi i opadami śniegu w czerwcu i maju. Ostatnia część wyróżnionej ciepłej fazy, lata 1786-1794, to zwarty okres o dodatnich anomaliach termicznych w zimie.

FAZA ZIMNA 1795-1890

Jest to bardzo chłodny okres charakteryzujący się długoletnimi, głębokimi spadkami krzywej temperatury, przerywanymi jedynie pojedynczymi cieplejszymi epizodami. Faza ta jest bardzo wyraźna w przebiegu dendrochronologicznej rekonstrukcji temperatury. Jej początek przypada na minimum aktywności słonecznej określanej nazwą Minimum Daltona, a koniec stanowi zakończenie Małej Epoki Lodowej.

Fragmenty drewna sosnowego z podziemi kopalni srebra w Tarnowskich Górach



1653 pojawia się w wielkiej ilości dzika zwierzyna, co niezawodnie świadczy o ostrej zimie”, „zima 1655 należy do zim wyjątkowo ostrych”, „rok 1656 zaczyna się ostrą zimą”. W latach 1658-1680 nastąpił znaczny wzrost temperatury, a zima 1657/58 określana była przez kronikarzy jako „zmienna i kapryśna”. A ze szczegółowych opisów wynika iż „od listopada do połowy stycznia panuje aura mglista i deszczowa, w styczniu nastają gwałtowne mrozy z śnieżycą tak silną, że drogi zostały zawiane i komunikacja na nich musiała ulec przerwie. W lutym gwałtowna odwilż, deszcze powodują wylew rzek”. Także zimy 1661-1663 opisywane są jako „niezwykle łagodne” oraz „wilgotne i ciepłe”. Kroniki podają, że w 1668 szczególnie ciepły był luty i marzec, a średnia temperatura tych miesięcy według rekonstrukcji dendroklimatycznej wynosiła 2,4°C. Bardzo „łagodne, bezśnieżne i deszczowe” zimy wystąpiły na Górnym Śląsku także w 1671 i 1672. Do szczególnie ciepłych należała także zima 1680 (średnia 2,2°C), której charakter oddają opisy historyczne: „Począwszy od stycznia wskutek nastania wyjątkowego ciepła rozpoczęły się normalne prace w polu i siewba, a ziemia pokryła się bujną roślinnością”.

Za kulminację Minimum Maundera na Górnym Śląsku można uznać wyjątkowo zimny okres 1681-1700. W tym generalnie chłodnym okresie wy-

Pierwszy wyróżniony w rekonstrukcji okres zimny w latach 1795-1814 przypada na Minimum Daltona. W kronikach jako wyjątkowo ciężka zapisała się jedynie zima 1803. Natomiast w świetle rekonstrukcji dendroklimatycznej wszystkie zimy, aż do 1814 roku były poniżej normy. Lata 1815-1824 charakteryzowały się niewielkimi dodatnimi odchyleniami. Wyjątkiem była bardzo mroźna zima 1821. Znany z literatury „rok bez lata” w 1816, związany z niezwykle silną erupcją wulkaniczną (Tambora 1815), charakteryzował się zimą poniżej normy. Drugi wyraźny bardzo chłodny okres przypada na lata 1821-1858. Z wyjątkiem pojedynczych cieplejszych zim, wszystkie zimy tego okresu charakteryzowały się znacznymi ujemnymi odchyleniami. W zapiskach historycznych szczególną uwagę zwrócono na zimą 1830, która opisywana jest jako „ciężka zima, trwa-



Przykład zabytkowej chaty, z której pobierano próby drewna historycznego (Muzeum Wsi Opolskiej w Opolu)

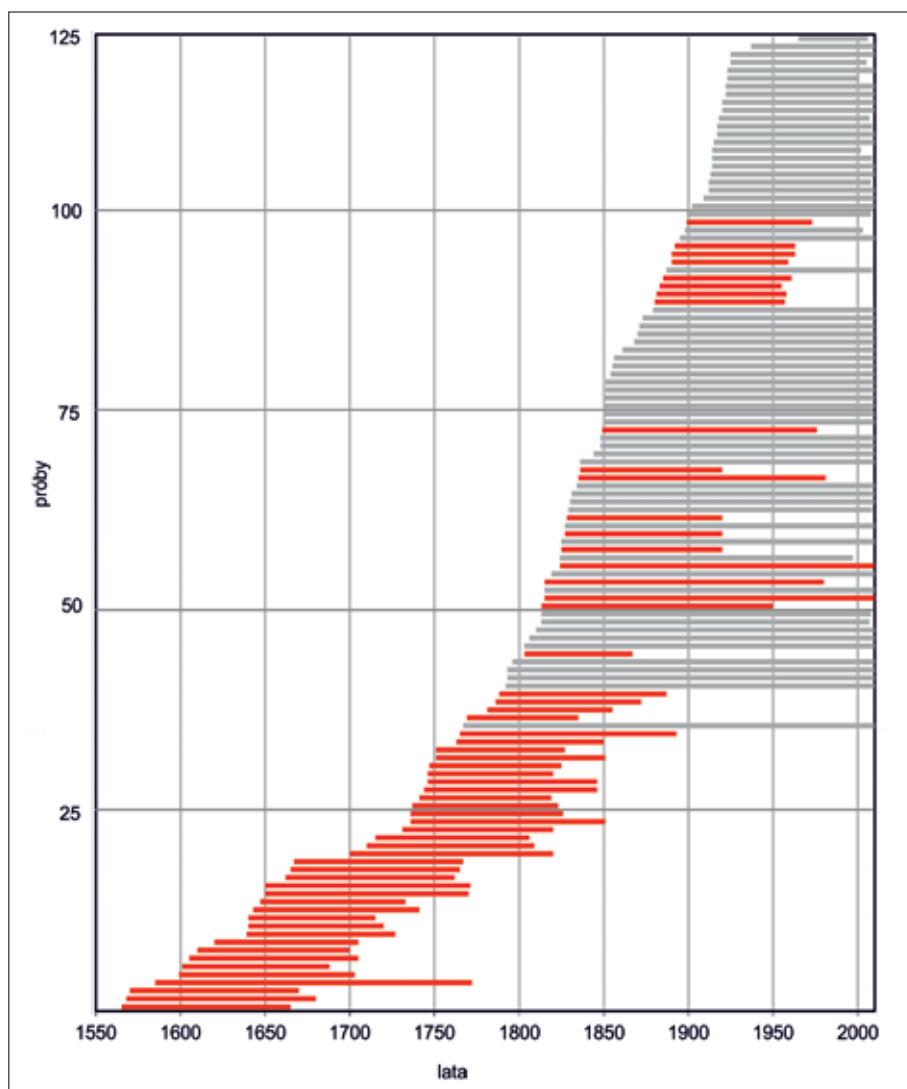
jąca od 8 listopada, o dużych opadach śniegu, której temperatura dochodziła do -35 stopni”. W świetle wykonanej rekonstrukcji dendroklimatycznej jest to zima chłodna, lecz nie wybitnie mroźna. Lata 1859-1885 były dość zróżnicowane pod względem termicznym, ciepłe zimy występowały na przemian z chłodnymi. Trzecia wyraźna depresja krzywej rekonstrukcji była serią następujących po sobie pięciu chłodnych zim 1886-1890. Okres ten był ostatnim chłodnym epizodem trwającej trzysta lat Małej Epoki Lodowej na Górnym Śląsku.

FAZA CIEPŁA 1891-2012

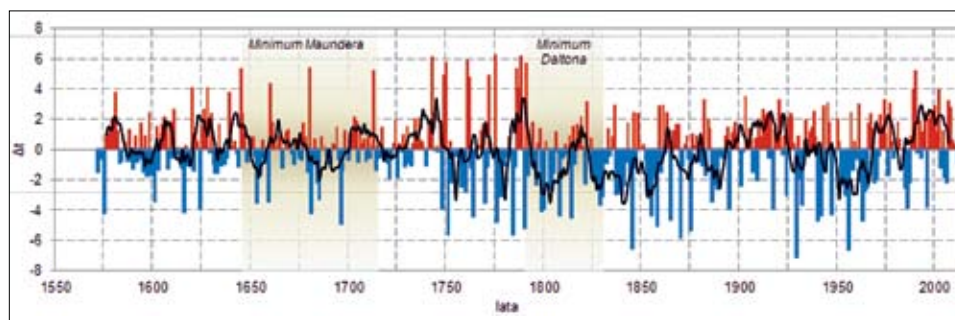
Faza ciepła, określana jako „Współczesne Ocieplenie” trwała od końca XIX wieku. Generalnie pod względem termicznym można w tej fazie wyróżnić trzy ciepłe okresy oraz dwa chłodne. Faza rozpoczyna się wyraźnie cieplejszymi latami 1891-1927. W tym dość zmiennym okresie odnotowano ekstremalnie chłodną zimą w 1929 roku. Od lat 50. rozpoczyna się wyraźne ochłodzenie przypadające zwłaszcza na okres 1952-1967 (średnia temperatura -0,4°C, -1,8K). Zmiana tendencji termicznej następuje od 1966 do 1982. Ten 16-letni okres jest wyjątkowo ciepły, średnia temperatura zimy wynosi 2,0°C. Dla lat 80. XX wieku charakterystyczna jest wyraźne ujemne odchylenie od średniej normalnej. Od roku 1988 dominują zimy ciepłe, szczególnie ciepły okres przypadł na lata 1988-2002. Średnia temperatura tego okresu wynosi prawie 3°C.

WCZESNE DANE INSTRUMENTALNE

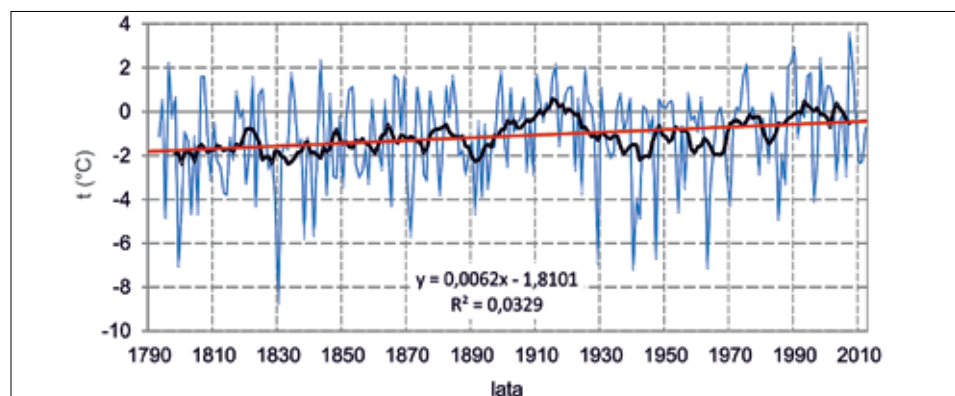
Bardziej precyzyjnych informacji o przebiegu zmienności temperatury okresu zimowego dostarczają wczesne dane instrumentalne. Są one dostępne jedynie dla okresu ostatnich 220 lat. Zarys najistotniejszych zmian w przebiegu wieloletnim temperatury powietrza na Górnym Śląsku przedstawiono na podstawie średniej serii obszarowej (uwzględniając pomiary ze stacji meteorologicznych w Katowicach, Raciborzu, Opolu i Wrocławiu), reprezentującej warunki klimatyczne na Górnym Śląsku w okresie 1772-2010. W analizowanym wieloletniu średnia temperatura zimy wynosi $-1,1^{\circ}\text{C}$. Najniższa temperatura wystąpiła w 1830 roku. Wpłynęła na to temperatura grudnia 1829 - najniższa w całej serii ($-11,5^{\circ}\text{C}$). Największe fluktuacje temperatury występowały w pierwszym pięćdziesięcioleciu badanej serii. Wyraźnie zaznaczają się dwa cieplejsze okresy 1900-1927 oraz 1988-2002. Wyraźne ochłodzenie zaobserwowano w latach 20. XIX wieku, w ostatniej dekadzie XIX wieku, oraz w latach 30. i 40. XX wieku. Notowany jest systematyczny dodatni trend temperatury okresu zimowego. Analiza ponad 200-letnich przebiegów temperatury w poszczególnych miesiącach i porach roku wykazuje, iż sezon zimowy oraz wiosenny charakteryzują się istotnym statystycznie trendem wzrostowym temperatury powietrza. Wpływa na to przede wszystkim wyraźny wzrost temperatury w miesiącach styczeń, luty, marzec oraz listopad i grudzień. Współczynniki trendu w marcu wynoszą aż $0,92^{\circ}\text{C}/100$ lat, czyli ponad 2°C w rozpatrywanym okresie 220 lat. Dla całego sezonu zimowego jest to $0,62^{\circ}\text{C}/100$ lat. Także dla średniej rocznej



Datowanie dendrochronologiczne sekwencji przyrostowych sosny z drzew żywych (szare słupki) i belek drewna historycznego (czerwone słupki)



Rekonstrukcja warunków termicznych zimy na Górnym Śląsku w okresie 1568-2010 na podstawie chronologii szerokości przyrostów rocznych sosny zwyczajnej (wartości przedstawiono jako odchylenia od średniej wieloletniej z okresu 1961-1990)



Zmienność średniej sezonowej (niebieska linia) oraz średniej 11-letniej (czarna linia) temperatury powietrza zimy w okresie 1792-2010 na Górnym Śląsku z istotnym statystycznie trendem dodatnim ($+0,6^{\circ}\text{C}$) zrekonstruowana na podstawie wczesnych pomiarów instrumentalnych

temperatury powietrza obserwowana jest tendencja wzrostowa temperatury powietrza o $0,3^{\circ}\text{C}/100$ lat czyli około $0,7^{\circ}\text{C}$ w rozpatrywanym wieloletniu.

PODSUMOWANIE

Przedstawione rezultaty świadczą, że poza danymi instrumentalnymi i historycznymi o największej dokładności lecz ograniczonym zasięgu czasowym, poznanie dawnych warunków klimatycznych jest możliwe dzięki wykorzystaniu przyrodniczych archiwów zmian klimatu. Obecnie dane dendrochronologiczne są najważniejszym źródłem pośredniej informacji „proxy”, które pozwalają tak dokładnie przeanalizować zmienność warunków klimatycznych, nie tylko w skali roku ale i sezonu. W słojach rocznych przyrostów jak w nowoczesnym rejestratorze zapisany jest zbiór danych o drzewie, tempie jego wzrostu a także panujących warunkach pogodowych. Trzeba tylko umieć odczytać te dane. ♦



Las zniszczony przez hugaranowy wiatr

Fot. P. Skubala

Czy zwierzęta nadążą za zmianami klimatu?

PIOTR SKUBAŁA (WYDZIAŁ BIOLOGII I OCHRONY ŚRODOWISKA, KATEDRA EKOLOGII, UNIwersYTET ŚLĄSKI, KATOWICE)

W fanerozoicznej historii Ziemi, czyli w ciągu ostatnich ponad 540 mln lat, miały miejsce epizody intensywnego wymierania, obejmujące znaczący procent świata organicznego w skali planetarnej. Życie na naszej planecie doświadczyło pięciu wielkich wymierań i wielu pomniejszych (Gould 2004). Obecnie obserwujemy szóste takie zjawisko, tym razem wywołane przez jeden z gatunków – człowieka. Obecne tempo wymierania gatunków wynosi, według konserwatywnych ocen, 5000 gatunków na rok. Szacunki pesymistyczne mówią nawet o 150 000 gatunków znikających każdego roku z Ziemi (Goodland 1991). Naukowcy oceniają, że każdego dnia z naszej planety bezpowrotnie znika od 150 do 200 gatunków (Vidal 2011). Średnie tempo wymierania gatunków jest dzisiaj co najmniej 1000-krotnie większe niż przed pojawieniem się człowieka (Millennium Ecosystem Assessment 2005).

BIG KILLERS I ZMIANY KLIMATU

W jakim stopniu na współczesne wymieranie gatunków wpływają zmiany klimatu? W 2016 roku, w artykule w „Nature”, zaprezentowano wyniki badań naukowców z Uniwersytetu Queensland w Australii oraz z Międzynarodowej Unii Ochrony Przyrody, w których autorzy poszukiwali głównych przyczyn wymierania gatunków (Maxwell i in. 2016). Analizie poddano sytuację 8688 gatunków zagrożonych bądź będących blisko zagrożenia wyginięciem. Gatunki te są odnotowywane w Czerwonej Księdze prowadzonej przez Międzynarodową Unię Ochrony Przyrody (IUCN). Jako kluczowy czynnik, tzw. big killer, będący zagrożeniem dla największej liczby gatunków (6241 – 72% ogólnej liczby) naukowcy podają nadmierną eksploatację środowiska naturalnego, wymieniając polowania, połowy, zbieractwo oraz wy-

ręb lasów. Na drugim miejscu znalazło się szeroko rozumiane rolnictwo, które zagraża 5407 (62%) gatunkom. W tej kategorii autorzy wymieniają uprawę roślin, hodowlę zwierząt, akwakultury i lasy gospodarcze. Na trzecim miejscu znalazła się urbanizacja (zagraża 3014 gatunkom). Zmiany klimatu również znalazły się wśród dziesiątki big killers. Zajmują one obecnie siódme miejsce, ale autorzy podkreślają, że ten czynnik ma największą dynamikę i wkrótce może znaleźć się wśród wiodących czynników przyczyniających się do utraty bioróżnorodności (Maxwell i in. 2016).

NIEDŹWIEDZIE POLARNE, PINGWINY I BIAŁUCHA

Niedźwiedź polarny dostąpił wątpliwego zaszczytu zostania pierwszym gatunkiem uznanym za zagrożony wskutek ocieplenia klimatu. Lód jest podstawowym środowiskiem życia niedźwiedzi polarnych. Potrzebują go zimą, jak i wiosną, by polować na foki. To właśnie ten pokarm dostarcza im niezbędną ilość tłuszczów i innych składników odżywczych, niezbędnych w surowym arktycznym środowisku. Topnienie lodu w Arktyce sprawia, że foki mają coraz mniejszy udział w ich diecie. Wpływa to na ich zdrowie, waga ciała obniża się (Stern, Laidre 2016). Antarktyda jest często uważana za dziewiczą krainę nietkniętą przez ludzkie działania. Jedną z ofiar zmian klimatycznych może stać się symbol kontynentu Antarktycznego – pingwin cesarski. Dzisiaj wszystkie pingwiny są objęte ochroną i znajdują się w Czerwonej Księdze Gatunków Zagrożonych. Dziesięć gatunków jest uznanych za zagrożonych, a cztery za bliskie zagrożenia, głównie z powodu zmian klimatycznych. Zmiany w morskiej pokrywie lodowej wpływają na ich proces rozmnażania i żerowania (Watanabe i in. 2012). Białucha,

wal białły jest jednym z gatunków, które są zmuszone zmierzyć się ze zmianami klimatu. Wale białe występują głównie w wodach wokół Arktyki. Zwartą pokrywa lodu morskiego zapewnia białuchom schronienie przed ich głównym wrogiem. Badania dowodzą, że orki zwiększają zasięg polowań, w regionach, gdzie pokrywa lodowa ulega zmniejszeniu (Higdon, Ferguson 2009). Wale białe są podatne na uwięzienie i gdy warunki lodu morskiego ulegają gwałtownej zmianie, nie mogą one uciec, umierają lub stają się ofiarą niedźwiedzi polarnych lub ludzi (Rugh, Shelden 1993).

Zmiany klimatu zagrażają przyszłości nie tylko takich gatunków jak niedźwiedź polarny, pingwin cesarski czy białucha, związanych z zimnymi rejonami. Na konferencji klimatycznej w Kopenhadze Międzynarodowa Unia Ochrony Przyrody i Jej Zasobów (IUCN) wymieniała wiele takich gatunków, m.in. misie koala, błazenki (morskie ryby okoniosształtne), foki, lis polarny, żółw skórzasty, łosoś, czy drzewa kołczanowe (jeden z najwyższych gatunków aloesu). Lista gatunków, które poniosą ogromne straty w wyniku globalnego ocieplenia staje się coraz dłuższa. Zagrożenie to dotyczy dzisiaj praktycznie większości gatunków na Ziemi.

ZMIANY KLIMATU I BIORÓŻNORODNOŚĆ

Postępujące zmiany klimatyczne uważane są za największe zagrożenie dla różnorodności biologicznej na świecie. Dane naukowców o wpływie zmian klimatu na florę i faunę są alarmujące. Na skutek zmian klimatu zniknie wiele roślin i zwierząt. Thomas z University of Leeds i współautorzy przedstawiają w „Nature” w 2004 roku prognozę dotyczącą bioróżnorodności dla różnych scenariuszy klimatycznych na obszarze obejmujących 20% powierzchni Ziemi. Zdaniem autorów 15, 24 lub 37% gatunków roślin i zwierząt będzie skazanych na wyginięcie do 2050 roku z powodu globalnych zmian klimatu. Szacunki te wskazują, jak duże znaczenie dla bioróżnorodności będzie miało szybkie wdrożenie technologii skutkujących zmniejszeniem emisji gazów cieplarnianych czy też zastosowanie sekwestracji dwutlenku węgla (Thomas i in. 2004). Foden i współautorzy oceniali konsekwencje zmian klimatycznych dla 16 787 gatunków. Wzrost temperatury o około 2°C powyżej poziomu sprzed epoki przemysłowej narazi na wyginięcie 7 tysięcy gatunków, w tym 24 do 50% to ptaki, 22-44% płazy i 15-32% koralowce (Foden i in. 2013).

POSTANOWIENIE SZCZYTU KLIMATYCZNEGO W PARYŻU A BIORÓŻNORODNOŚĆ

W tym roku ukazał się raport brytyjskich naukowców z University of East Anglia i Tyndall Centre for Climate Change Research oraz ich współpracowników z australijskiego James Cook University. Autorzy opracowali różne scenariusze dotyczące bioróżnorodności do końca wieku w zależności od efektów Konferencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu w Paryżu w 2015 roku (Warren i in. 2018). Naukowcy przebadali 80 000 gatunków roślin, ssaków, ptaków, gadów i płazów w 35 najbardziej



Gil – jego zasięg się zmniejsza

Fot. K. Musik

bogatych, dzikich częściach świata. Stwierdzili, że 50% gatunków może zostać utraconych bez wprowadzenia skutecznej polityki klimatycznej, gdy temperatura wzrośnie o 4,5°C (w stosunku do czasów przedindustrialnych). Do 90% płazów, 86% ptaków i 80% ssaków może potencjalnie wyginąć lokalnie w lasach Miombo w Afryce Południowej. W Amazonii możemy stracić 69% gatunków roślin. W południowo-zachodniej Australii 89% płazów może wyginąć lokalnie. Na Madagaskarze szacunki mówią o wyginięciu 60% wszystkich gatunków. Realizacja postanowień paryskich i ograniczenie wzrostu temperatury do 2°C oznaczać będzie zmniejszenie różnorodności o 25%. Dla gatunków, które są zdolne do migracji na nowe tereny, ryzyko lokalnego wymierania zmniejsza się z około 25% do 20% przy globalnym średnim wzroście temperatury o 2°C. Z kolei gatunki niezdolne do szybkiej migracji, mogą nie przetrwać nawet przy tym optymistycznym scenariuszu. Większość roślin, płazów i gadów, takich jak storczyki, żaby i jaszczurki, nie jest zdolna do szybkiego przemieszczania i nie nadąży za zmianami klimatycznymi. Autorzy nie oceniali różnych zagrożeń towarzyszących ociepleniu klimatu, takich jak ekstremalne zjawiska pogodowe, czy rozpowszechnienie się chorób. Ich wpływ wydatnie może nasilić masowe zanikanie roślin i zwierząt (Warren i in. 2018).

ZMIANA ZASIĘGÓW WYSTĘPOWANIA

Zmiany klimatu mogą spowodować u organizmów przystosowanie się do zmienionych warunków, ich wyginięcie lub też doprowadzają do ucieczki i przemieszczenia się w poszukiwaniu dogodnych warunków. Najnowsze badania oparte na metaanalizie z 27 wcześniejszych badań, dowiodły, że prawie połowa gatunków (47%) zmieniła swój zasięg bądź zachowanie pod wpływem zmian klimatycznych, które dokonały się na przestrzeni ostatnich 140 lat. Gatunki tropikalne i subtropikalne są bardziej narażone na ryzyko lokalnych wyginięć (55%) niż gatunki strefy umiarkowanej (39%) (Wiens 2016). Wzrost średniej temperatury powietrza o zaledwie 1 stopień powoduje rozciągnięcie arealu występowania populacji zwierząt aż o 160



Dzięcioł zielony – jego zasięg się zwiększa

Fot. K. Musik

km w kierunku bieguna lub o 160 metrów wyżej w przypadku gatunków górskich (Parmesan, Yohe 2003). Badania dowodzą, że 80% obserwowanych przemieszczeń gatunków jest związanych ze zmianami klimatu (Root i in. 2003). Wartym podkreślenia jest, że przesunięciu ulega najczęściej tylko jedna granica, ponieważ dla większości gatunków czynnikiem limitującym występowanie na danym terenie jest minimalna, a nie maksymalna temperatura. Większość badanych gatunków zwiększyła zasięg na północ, a tylko połowa przesunęła jednocześnie granicę południową (Chen i in. 2011).

Doskonałymi wykrywaczami zmian klimatu są ptaki. Porównywane są do kanarków służących kiedyś do wykrywania toksycznych gazów w kopalniach węgla kamiennego (Wormworth, Mallon 2006). Dwa główne typy reakcji poszczególnych gatunków ptaków na zmianę klimatu to przesunięcia w czasie poszczególnych etapów ich cyklu życiowego (czyli zmiany w fenologii) oraz zmiany zasięgów występowania. Ocenia się, że granica zasięgu niektórych europejskich gatunków ptaków może przesunąć się o ponad 1000 km do końca wieku, przy założeniu, że średnia globalna temperatura wzrośnie o 2,5°C (Huntley i in. 2006). Przykładami gatunków występujących w Polsce, którym w ostatnich dwóch dekadach klimat sprzyja, są dudek, krętogłów, potrzeszcz, dzięcioł zielony, kłaskawka czy

trzciniak. Niestety dla takich gatunków, jak sikora czarnogłowa, świergotek łąkowy czy gil zasięg występowania wyraźnie się ogranicza (Ślązak 2015).

OBCE GATUNKI W POLSCE

Naturalną konsekwencją obserwowanych zmian zasięgów jest pojawianie się w naszym kraju nowych, południowych gatunków. Rosnąca systematycznie średnia temperatura sprawia, że na tereny Polski migrować będą gatunki z południa Europy i Azji. Do tej pory te gatunki wprowadzone do środowiska, w klimacie umiarkowanym nie były w stanie przetrwać lub utworzyć stabilnej populacji. Teraz jednak coraz cieplejsze i krótsze zimy umożliwiają przetrwanie wielu osobników do kolejnego sezonu rozrodczego, a wyższe temperatury latem pozwalają na odchowanie potomstwa zwierząt zmiennocieplnych czy inkubację jaj ptaków i gadów. Ich pojawienie się dla rodzimych gatunków roślin i zwierząt oznacza to, że w ciągu najbliższych dziesięcioleci mogą zostać wyparte. Przybysze z południa stwarzają zagrożenie dla lokalnej przyrody, ponieważ konkurują z organizmami rodzimymi i zmieniają strukturę ekosystemu.

W Europie i Polsce w ostatnich latach coraz częściej obserwujemy przybyszów, których inwazję można wiązać z ocieplaniem klimatu, a czasem dodatkowo z naszym nieodpowiedzialnym postępowaniem. Spektakularnym przykładem jest aleksandretta obrożna, gatunek papugi, zamieszkujący środkową Afrykę i Półwysep Indyjski z Cejlonem. Został on introdukowany do Ameryki Północnej, na Bliski i Daleki Wschód, a do Europy masowo sprowadzany jest jako zwierzę domowe. Papugi nie mogą

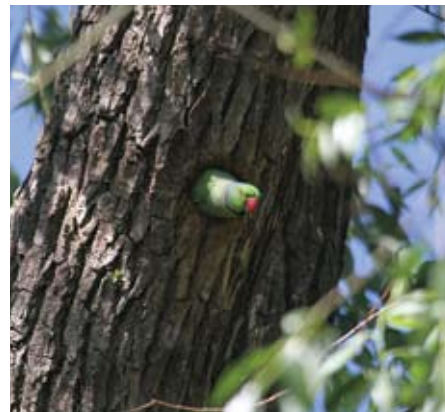
s. 11

Aleksandretta obrożna w Nysie



Fot. Sz. Beuch

Pierwsza para lęgowa w Polsce – Nysa, 13.05.2018



Fot. Sz. Beuch



Lecicba białoznaczna, samica – Lubliniec

Ważki a zmiany klimatyczne

ALICJA MISZTA (KATOWICE, A.MISZTA@CDPGS.KATOWICE.PL)

W skali istnienia Ziemi ważki, jako owady, są jedną z dłużej żyjących grup zwierząt bezkręgowych. Ich pierwsze, skamieniałe ślady datowane są na 325 mln lat wstecz, a nie jest znana długość okresu, w którym grupa ta rozwijała się z wcześniejszych form organizmów, których obecność wykrywana jest w pokładach kambryjskich liczących 570 mln lat.

Trzeba też zdawać sobie sprawę z tego, że do stanu równowagi termicznej, umożliwiającej przeżywanie wyższych form organicznych, doszło na Ziemi około 2 mld lat temu. Według Chrystiana-Ditricha Schönwiese*, zaawansowane metody (np. analizy – zasięgu lodowców alpejskich, gęstości drewna, łańcuchów węgla, poziomu jezior śródlądowych, śladów poziomu oceanu światowego, wzajemnego stosunku izotopów tlenu o masie atomowej 18 i 16 w polarnych warstwach lodu) pozwoliły wykazać, że klimat na Ziemi występował w różnych kombinacjach: ciepły i wilgotny, ciepły i suchy, chłodny i wilgotny, chłodny i suchy. Mogły one występować niezależnie na obu półkulach. Od 2–3 mln lat Ziemia przechodzi „zlodowacenie czwartorzędowe”, ale w tym czasie powtarzają się na zmianę cykle chłodne i ciepłe trwające po około 100 tys. lat. Ostatnie 11 tys. lat cechuje znowu faza cieplejsza. Współcześnie, na naturalny cykl klimatyczny występujący na Ziemi,

nałożył się wpływ 200 lat intensywnej działalności przemysłowej człowieka. W roku 1990 odnotowano wzrost temperatury o 0,5°C, w zakresie przewidywanych trendów ocieplenia, po uwzględnieniu średniej temperatury globalnej wód powierzchniowych oceanu światowego.

Te fakty znajdują się u podstawy stwierdzenia, że ważki miały dużo ewolucyjnego czasu reagowania na zmiany i przystosowywania się do warunków środowiska. Natomiast liczba gatunków wymarłych (około 6 500) oraz współcześnie żyjących (około 5 500) pośrednio także daje wyobrażenie o sile oddziaływania czynników środowiskowych. Charakterystykę ważki musimy brać również pod uwagę zajmowanie przez nie środowisk wodnych – potrzebnych do rozwoju larw, oraz lądowych – umiejętność przemieszczania się osobników dorosłych i aktywne zdobywanie nowych obszarów lub ucieczka z obszarów narażonych na niekorzystne oddziaływania. Podstawowymi czynnikami limitującymi obecność ważek jest temperatura oraz ilość opadów.

Liczne obserwacje, że ważki reagują na zmiany klimatyczne, szczególnie na tzw. ocieplenie, pojawiły się w latach 90. XX wieku. Biorąc pod uwagę tylko gatunki ważek rejestrowane w Europie (143, w tym 99 dla wód stojących i 44 dla wód płynących), można wyróżnić ważki ciepłolubne oraz takie, których lar-

wy mogą przeżywać w wodach chłodniejszych. Jeśli weźmiemy pod uwagę zdolność do lotu to stwierdza się, że niektóre gatunki mają większe preferencje do migracji lub wykazują zachowania nomadyczne.

Na podstawie tych prostych podziałów, zaczęto rejestrować zmianę zasięgów występowania gatunków po roku 1990, w porównaniu z okresami wcześniejszymi. Dość szybko stwierdzono, że jednym z gatunków rozszerzających swój zasięg występowania w kierunku północnym jest lecicba białoznaczna. Spośród czterech gatunków leci ch występujących w Polsce ważka ta miała najmniejszy zasięg przed rokiem 1990 – jej występowanie ograniczało się do południowo-wschodniej części kraju. Ze Śląska w latach 60. XX wieku była stwierdzona faktycznie tylko na jednym stanowisku (Katowice-Muchowiec). Współcześnie w Polsce i na Śląsku można spotkać ją często, szczególnie na zbiornikach pochodzenia antropogenicznego (stawy, piaskownie, żwirownie, glińniki). Toleruje wody mętne. Lecicba południowa i lecicba mała, które także są ważkami ciepłolubnymi, wolą wody czystsze i z wodą płynącą.

Inną ważką wybitnie ciepłolubną jest szafranka czerwona. Szczególnie samce są bardzo łatwe do rozpoznania w terenie. Gatunek występujący powszechnie w Afryce, przed rokiem 1989 w Polsce był notowany tylko na 6 stanowiskach, między innymi raz w Chorzowie przed rokiem 1922. Równolegle z rejestrowaniem ocieplenia klimatu w naszej strefie geograficznej zaczęto coraz częściej stwierdzać, najpierw pojedyncze osobniki dorosłe, a później także potwierdzono rozwój szafranki czerwonej na stanowiskach poza jej historycznym zasięgiem, np. pierwszy raz na Śląsku w 2005 w Krzyżanowicach na polderach zalewowych Odry. Współcześnie ważka ta jest już stwierdzona w Europie do granicy łańdu z Bałtykiem i na półwyspie skandynawskim. Z obserwacji prowadzonych w Polsce wynika, że do rozwoju larwalnego wybiera zbiorniki otwarte, płytkie, łatwo nagrzewające się, ale preferuje wody czyste i pośrednio można wykorzystywać jej obecność do oceny stanu wód.

Na ociepleniu klimatu skorzystała również żaglica południowa. Gatunek ten charakteryzuje się zachowaniem nomadycznym. W szczególnie ciepłe lata pojawia się inwazyjnie, opanowując wody astatyczne – okresowo wysychające. W okresie historycznym rzadko tworzył krótkotrwałe na danym stanowisku populacje, ponieważ ustępował z chwilą

Lecicba białoznaczna, samiec – Sudół



Lecicba mała, samiec – Rosochacz



Lecicba południowa, samiec – Borowa Wieś



nadejścia ostrzejszych zim, których nie przeżywały larwy. Współcześnie notuje się w Polsce jego stały rozwój larwalny także na niektórych stanowiskach przed pasmem pojezierzy, prawdopodobnie z powodu cieplejszych ostatnio, bezśnieżnych okresów zimowych. W województwie śląskim odnotowano obecność żagnicy południowej nawet w rezerwacie torfowiskowym „Rotuz”, a w kamieniołomie w Ogrodzieniu obserwowano składanie jaj nawet przy braku wody, jedynie w wilgotną szczelinę w ziemi pomiędzy kłaczami trzciny i pałki szerokolistnej.

Od roku 2008 można spotkać rokrocznie na zbiornikach antropogenicznych w konurbacji górnośląskiej szablaka wędrownego, nawet w centrum tak dużego miasta, jakim są Katowice, aczkolwiek niezbyt licznie. Jest to kolejny gatunek ciepłolubny i nomadyczny, pospolity w rejonie śródziemnomorskim, na północ zalatujący na fali ciepłego powietrza wiosną (ważka ta czasem nazywana jest u nas szablakiem wiosennym). Natomiast larwy nie zawsze przeżywają. Na przykład w roku 2010, w kamieniołomie w Ogrodzieniu, odnotowano masowe pojawienie się szablaka wędrownego i jego rozród, jednak kontrola w następnym roku wykazała, że larwy nie przeżyły zimy.

Nowe obserwacje, z wyjątkowo upalnego roku bieżącego, potwierdziły pojawienie się drugiego pokolenia szafranki czerwonej i szablaka wędrownego nawet na północnych stanowiskach w Polsce.

Opisywane powyżej gatunki oraz szablak południowy i husarz wędrowny, są od roku 2009 objęte programem monitorowania ważek ciepłolubnych w Polsce i więcej informacji o nich i o programie można znaleźć na stronach www.odonata.pl lub www.wazki.pl.

Jest oczywiste, że skoro są gatunki, które zyskują na ociepleniu klimatu to muszą być także

gatunki, które przeżywają regres z tego samego powodu. Ponieważ obszar Górnego Śląska znajduje się w strefie południowej to wpływ zmian klimatycznych ujawniał się tu wcześniej niż w innych regionach Polski. Jednym z objawów ocieplenia klimatu, przy zmniejszonej ilości opadów, jest przesuszenie siedlisk, szczególnie torfowisk, na które najbardziej zareagowały: iglica mała, miedziopień północna i żagnica torfowa. Gatunki te znalazły się w roku 2009 na Czerwonej liście ważek Polski.

Specyficznym dla naszego regionu i mocno niepokojącym jest status szablaka przepasanego który zniknął z około 90% znanych wcześniej stanowisk. Jest to piękna ważka, wyróżniająca się szerokimi ciemnymi pasami na skrzydłach, łatwo rozpoznawalna, żyjąca w stadium larwalnym w wolno płynących ciekach. Ponieważ na północy Polski radzi sobie zdecydowanie lepiej, jest możliwe, że jej zanikanie na południu to także efekt ocieplenia klimatu, być może jednak spotęgowany jeszcze przez specyficzną dla naszego regionu antropopresję.

W okresie ostatnich 25 lat potwierdzono, że w Europie dynamika zmian klimatycznych i siedliskowych zachodzi w osi północ – południe. Znacząco zmienił się zasięg wielu gatunków ważek. Różnorodność gatunkowa spada na północy – czynnikiem ograniczającym jest ciepło, oraz na południu – czynnikiem ograniczającym jest brak wody. Widoczne jest także, że zmiany klimatyczne sprzyjają niektórym gatunkom.

Obserwacja gatunków ciepłolubnych, a także preferujących warunki chłodniejsze, jest metodą prostą, którą można wykorzystywać jednocześnie w wielu krajach, na dużych obszarach – obejmujących różne strefy klimatyczne. Rejestrowanie obecności poszczególnych gatunków może dać wcześniejsze sygnały zmian niż sygnały dokumentowane pomia-



Szafranka czerwona, samiec – Katowice, staw Oczko



Żagnica południowa, samiec – Zabrze-Mikulczyce



Składanie jaj przez żagnicę południową – Ogrodzieniec, kamieniołom (2015)

rami za pomocą specjalistycznych przyrządów, metodami wymagającymi długich okresów czasu oraz dużych nakładów finansowych. ♦

* Chrystian-Ditrich Schönwiese. 1997. Klimat i człowiek. Prószyński i S-ka. Warszawa; ss. 185.

Szablak wędrowny, z lewej samiec – Katowice, staw Oczko; z prawej samica – rezerwat „Rotuz”



Tandem szablaka wędrownego, z prawej miejsce rozrodu – Ogrodzieniec (2010)



Szablak południowy, samiec – Zabrze-Mikulczyce



GATUNKI WAŻEK ZNAJDUJĄCE SIĘ W REGRESIE NA GÓRNYM ŚLĄSKU



Miedziopteryx północna, samiec – rezerwat „Rotuz”



Żagnica torfowa, z lewej wylinka – soo „Bagno w Korzonku”, z prawej samiec – Las Siewierski (Korczok)



Iglia mała, tandem – Rosochacz (Stare Pole)



Szablak przepasany, z lewej samiec, z prawej samica – Ciężkowice (Kozł Bród)



dokończenie ze s. 7-8

przetrwac w klimacie umiarkowanym, ale ekspansyjna aleksandretta świetnie przystosowała się do chłodniejszego klimatu, jest w stanie wyprowadzić lęgi i przetrwać miesiące zimowe. Badania dowodzą, że przy dużej liczebności aleksandretty obrotne negatywnie wpływają zarówno na rodzime gatunki, jak i na lokalną gospodarkę. Zajmują np. dziuple wcześniej niż rodzime dziecięty oraz kowaliki (Strubbe i in. 2010). W Europie odnotowano już obecność 65 populacji o liczebności od kilkudziesięciu do kilku tysięcy osobników (Strubbe, Matthysen 2007). W maju 2018 roku udokumentowano pierwszy przypadek lęgu aleksandretty obrotnej w Polsce. W Nysie już od 2015 roku obserwowano kilka osobników, a teraz potwierdzono ich gniazdowanie (Gatunki obce w Polsce).

Szakal złocisty jest uznawany za gatunek rodzimy w pasie od Bałkanów po Indochiny, obejmując Bliżni Wschód. Europejska populacja przez długi czas ograniczona była do południowo-wschodnich krańców kontynentu. W drugiej połowie XX wieku rozpoczęła się ekspansja tego gatunku w kierunku północnym i zachodnim. Wiosną 2015 roku dokonano pierwszych udokumentowanych zdjęć obserwacji tego gatunku w naszym kraju. Miały one miejsce w dolinie Biebrzy oraz w pobliżu Białej Podlaskiej (Gatunki obce w Polsce). Mimo że nie ma powszechnie przyjętego wyjaśnienia ekspansyjności populacji szakala w Europie, przyjmuje się, że wpływ na nią ma zmiana klimatu i zmiana użytkowania terenu (Trouwborst i in. 2015).

Żółw czerwonołby to gatunek masowo rozmnażany początkowo w fermach hodowlanych w USA, a następnie w innych rejonach świata. W Polsce na wolności pojawił się około 1996 roku. Pojedyncze

osobniki lub niewielkie grupy żółwi stwierdzane są na terenie niemal całego kraju. Żółwie silnie zmieniają ekosystemy wodne z powodu swojej żarłoczności i skażenia wody odchodami. Ponadto mogą konkurować z europejskim żółwiem błotnym o terytorium (Gatunki obce w Polsce). Żółwie ozdobne są gatunkiem, który korzysta na ociepleniu klimatu, zaczęły się już z sukcesem rozmnażać na południu Europy, kwestią czasu jest, aż zaczną odnosić sukces rozrodczy także w naszym kraju.

Problemem dla świata przyrody, w tym zwierząt, nie jest wyższa bądź niższa temperatura jaka w danym momencie panuje na Ziemi. Poszczególne gatunki w procesie ewolucyjnym potrafią się do tego przystosować. Dramatem naszych czasów jest tempo tych zmian, które jest nieporównywalne z wydarzeniami, które miały miejsce w przeszłości. Mark Williams, profesor geologii z Leicester University, skomentował to słowami: „Zagłada dinozaurów to drobiazg w porównaniu ze zmianami, które

dzisiaj fundujemy biosferze Ziemi” (Williams i in. 2015). Zmiany klimatu to zdaniem wielu największe wyzwanie, przed jakim stoi ludzkość. Pod koniec 2017 roku w artykule pt. World Scientists’ Warning to Humanity: A Second Notice, podpisanym przez ponad 15 tys. przedstawicieli świata nauki ze 184 krajów, autorzy przestrzegali, że wkrótce może być za późno (Ripple i in. 2017). W lipcu 2018 roku bardzo mocny głos dotarł z Watykanu, gdzie odbyło się sympozjum mające wesprzeć m.in. COP24 w Katowicach. Kardynał Peter Turkson podczas otwarcia stwierdził, że nasza planeta „znajduje się na granicy bezprecedensowej, globalnej katastrofy”. W jego przekonaniu, skutki zmian klimatycznych, to jest ocieplenia i podnoszenia się poziomu mórz, „stawiają pod znakiem zapytania przyszłość ludzkiej egzystencji.” (Watykan wzywa do pilnych ...). ♦

Piśmiennictwo wykorzystane przez Autora wydrukowano na ulotce dołączonej do niniejszego numeru.

Żółw czerwonołby – „Bagno Bączek”, Bytom-Miechowice, 26.05.2014. Ten osobnik żył w tym zbiorniku co najmniej przez okres 2008-2015



Roślinność w dobie współczesnych zmian klimatycznych

ANNA ORCZEWSKA (UNIwersYTET ŚLĄSKI, WYDZIAŁ BIOLOGII I OCHRONY ŚRODOWISKA, KATOWICE)

Sceptykami, którzy utrzymywali, że „globalne ocieplenie to fikcja” coraz trudniej tę retorykę obronić. Świat w dobie Antropocenu zmienia się bowiem w bardzo szybkim tempie. Doświadczamy tego na całej Ziemi niemal każdego dnia. Dziś naukowcy nie mają wątpliwości, że nękające nas coraz częściej upały, susze i pożary, szalejące huragany i supertajfuny czy topnienie lodowców mają związek z rosnącą emisją gazów cieplarnianych i są przejawem globalnych zmian klimatycznych na Ziemi. Dla przykładu lodowiec Vatnajökull, największy lodowiec Islandii i największe skupisko lodu w Europie, o objętości 3300 km³, który uformował się tysiące lat temu i pokrywa obszar 8000 km², w najgłębszym miejscu osiągając grubość 1000 m, a średnio 500 m (<https://www.glaciarguides.is/vatnajokull-general-information>), jak wszystkie lodowce świata, kurczy się w zastraszającym tempie. Masy lodu rozpadają się tu, topią, a spływając do wód Atlantyku, tworzą ogromną lagunę Jökulsárlón, która jeszcze 60 lat temu nie istniała na mapie (<https://www.businessinsider.com/icelands-glacier-lagoon-2016-5?IR=T>). Innym przykładem są pożary. Ich częstotliwość i areał nieustannie rosną. Szczególnie dramatyczne pod tym względem w wielu rejonach Europy było lato 2018 roku. Pożary nękały bowiem wówczas nie tylko obszary położone m.in. w basenie Morza Śródziemnego, ale też Portugalii i niemal całej Skandynawii. Szacuje się, że w samej Szwecji, z powodu panujących minionego lata bardzo wysokich temperatur i suszy, nienotowanej od 74 lat, do końca lipca spaliło się ponad 25000 hektarów lasu (<https://www.express.co.uk/news/world/993472/Sweden-fire-map-Sweden-wildfires-drought-heatwave>), w tym wybuchło około 200-250 pożarów o powierzchni przekraczają-

cej 2 hektary. Spłonęło w nich w sumie 2600000 m³ drewna (<https://www.skogsstyrelsen.se/nyhetslista/skog-for-over-900-miljoner-kronor-har-brunnit/>).

Bez wątpienia długie i gorące okresy letnie, z jakimi coraz częściej się borykamy, są przejawem globalnych zmian klimatycznych wywołanych działalnością człowieka i jego presją na środowisko (<https://www.nbcnews.com/news/us-news/global-warming-can-make-extreme-weather-worse-now-scientists-can-n901751>). Dowiodła tego grupa naukowców z World Weather Attribution, a swe konkluzje oparła o symulacje komputerowe wykorzystujące ogromną ilość danych klimatycznych z całego świata. Symulacje zmian klimatycznych uwzględniały jak kształtowałby się klimat Ziemi przy hipotetycznym braku gazów cieplarnianych pochodzenia antropogenicznego. Co więcej, wielu naukowców utrzymuje, że takich ekstremalnych zjawisk pogodowych, których aktualnie doświadczamy, nie notowano nigdy w okresie poprzedzającym nadejście ery industrialnej. Od początku ery przemysłowej nieprzerwanie emitujemy do atmosfery ogromne ilości dwutlenku węgla, płacąc dziś cenę za te działania. Najpoważniejszym źródłem emisji dwutlenku węgla jest spalanie węgla. A przecież już ponad 100 lat temu prognozowano, że spalanie węgla i związane z nim emisje CO₂, spowodują ocieplenie się klimatu. Donosiła o tym bowiem m.in. prasa w Nowej Zelandii w roku 1912 (<https://qz.com/817354/scientists-have-been-forecasting-that-burning-fossil-fuels-will-cause-climate-change-as-early-as-1882/>). Kilkanaście lat wcześniej, w roku 1882, w prestiżowym czasopiśmie Nature pojawiły się doniesienia o prognozowanym, negatywnym wpływie emisji gazów uwalnianych podczas spalania węgla na organizmy żywe (26).

Choć dramatyczne prognozy autora tego tekstu nie potwierdziły się, to jego artykuł zainicjował pod koniec XIX wieku szeroką dyskusję o środowiskowych skutkach zanieczyszczenia atmosfery powodowanej spalaniem węgla.

PRZYSTOSOWAĆ SIĘ, UCIEC LUB ZGINĄĆ – REAKCJA ROŚLIN I ZBIOROWISK ROŚLINNYCH NA ZMIANY KLIMATU

Fale uporczywych upałów są powodem nie tylko strat w środowisku, ale także wyraźnego wzrostu śmiertelności wśród ludzi (22). Jednak dużo bardziej bezradne wobec globalnych zmian klimatu, w tym panujących wysokich temperatur i towarzyszącej im suszy, są rośliny. Przystosować się, uciec lub zginąć – taki wybór, mówiąc kolokwialnie, mają one w obliczu zmian klimatycznych. Innymi słowy możliwa jest egzystencja roślin w miejscu, w którym klimat uległ zmianie, w warunkach termicznych i wilgotnościowych odmiennych od optimum klimatycznego, migracja w miejsca bardziej do życia dogodne, odpowiadające warunkom, jakie panowały w miejscach ich dotychczasowej egzystencji, lub śmierć, jeśli dwa pierwsze scenariusze zawiodą (1). Trwanie roślin w środowisku, w którym zaszły zmiany jest możliwe zazwyczaj dzięki ich plastyczności fenotypowej. Nie można też wykluczyć adaptacji genetycznych (ewolucyjnych) (36), choć często spotykamy się z opinią, że ten drugi mechanizm jest bardziej prawdopodobny w przypadku roślin o krótkich cyklach życiowych i szybkim tempie wzrostu, podczas gdy u długowiecznych bylin, np. u roślin runa leśnego, większego znaczenia nabiera plastyczność fenotypowa (35).

W warunkach globalnego ocieplenia, w poszukiwaniu optimum klimatycznego, rośliny wędrują w miejsca chłodniejsze, a zatem na niżu w wyższe szerokości geograficzne, zaś w górach w ich wyższe partie. Migracja roślin zależy od dostępności siedlisk i stopnia ich ciągłości/izolacji w krajobrazie. Szanse przemieszczania się roślin uwarunkowane są indywidualnymi zdolnościami poszczególnych gatunków do rozprzestrzeniania się i trwałego osiedlania w nowych miejscach. Te dwa mechanizmy wydają się krytyczne dla sukcesu rośliny. Ogromnego znaczenia nabierają zatem cechy biologiczne gatunku, w tym wielkość i żywotność nasion, sposoby ich rozsiewania, tempo i siła kiełkowania nasion, tempo wzrostu rośliny i wiele innych. Cechy te charakteryzują się dużą zmiennością, zależną od warunków klimatycznych i siedliskowych. Równie ważne są relacje abiotyczne i biotyczne między gatunkami, w tym przede wszystkim konkurencja, dostępność

Lodowiec Vatnajökull (Islandia) widziany z samolotu (wrzesień 2018)





Lasy w środkowej Szwecji, w prowincji Västmanland, które spłonęły latem 2014 roku. Całkowity obszar objęty tym pożarem wyniósł 13800 hektarów (zdjęcia wykonano w sierpniu 2017 roku)

składników pokarmowych, grzybów mikoryzowych, bakterii glebowych i wielu innych czynników (4).

ROŚLINY LEŚNE NA NIŻU

Wszystkie wspomniane wyżej składowe sprawiają, że zmiany zasięgów poszczególnych gatunków oraz zmiany składu gatunkowego tworzonych przez nie zbiorowisk, w odpowiedzi na globalne zmiany klimatu, są niezmiernie trudne do przewidzenia. Nie oznacza to jednak, że niczego na ten temat nie wiemy. Zachowanie wielu gatunków leśnych na niżu próbuje się modelować i śledzić eksperymentalnie, np. poprzez obserwację ich zmieniającej się amplitudy ekologicznej i optimum ekologicznego (m.in. 28, 36) ich reakcji na odmienne warunki glebowe lub zmienność ich wybranych cech biologicznych, w tym przede wszystkim tych odpowiedzialnych za efektywną migrację i osiedlanie się (4,5), w gradientach rosnącej szerokości geograficznej. Ów gradient reprezentuje kierunek prognozowanej migracji tych gatunków w poszukiwaniu dogodnych warunków termicznych, w różnych scenariuszach zmian klimatycznych.

Uzyskana tą drogą wiedza na temat prognozowanych reakcji niektórych gatunków na globalne ocieplenie jest fragmentaryczna i niesie znaczny pierwiastek niepewności, gdyż nie uwzględnia pełnej puli czynników, lecz tylko wybrane z nich (np. glebę i warunki świetlne), możliwe do prześledzenia w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych. Po-

zornie wydaje się, że o wiele więcej wiemy na temat możliwości wędrówki gatunków leśnych na poziomie krajobrazu. Tu m.in. z pomocą przychodzą nam liczne modele wyjaśniające funkcjonowanie populacji gatunków leśnych w dynamicznych krajobrazach. Do takich bowiem bez wątpienia należą współcześnie obszary leśne, które poddane wielowiekowej presji ludzkiej uległy znacznej fragmentacji. Wszystkie modele wywodzą się z biogeograficznej teorii wysp MacArthura i Wilsona (20) i stosuje się je do tzw. wysp siedliskowych, najczęściej do wysp leśnych w krajobrazie rolniczym. Najpopularniejsze w badaniach krajobrazowych są: model metapopulacji, model populacji źródłowych i populacji typu ujścia (ang. source-sink dynamics) oraz model płatów, matrycy i korytarzy (ang. patch-corridor-matrix network) (szczegółowy opis modeli: patrz 25).

Choć wspomniane modele są dobrym narzędziem w prognozowaniu możliwości wędrówki roślin leśnych, proces ten jest dużo bardziej złożony. O długotrwałej egzystencji i migracji gatunków leśnych w krajobrazie decyduje wiele czynników. Kluczowe znaczenie ma w tym procesie przestrzenność i czasowość heterogeniczność pokrywy leśnej, a więc duży udział powierzchniowy tzw. starych lasów (ang. ancient forests) i ich kontakt przestrzenny z lasami istniejącymi w krajobrazach od niedawna, a także łączność przestrzenna lasów, czyli obecność efektywnych korytarzy, pełniących funkcję szlaków mi-

gracji gatunków. Niemniej ważne jest wolne tempo zmian w strukturze przestrzennej lasów (wolniejsze niż tempo rozmnażania się gatunku i jego zdolność do przemieszczania się) oraz krótki czas użytkowania rolniczego obszaru pierwotnie pokrytego lasem (czyli czasu, jaki upłynął od wycięcia lasu do chwili jego ponownego pojawienia się w krajobrazie) (przeгляд literatury: patrz 25).

Reasumując, należy stwierdzić, że współczesne rozmieszczenie lasów w Europie dowodzi, iż ucieczka gatunków leśnych na chłodniejszą północ będzie w wielu przypadkach bardzo utrudniona, głównie z uwagi na fragmentację pokrywy leśnej, niewielki udział powierzchniowy starych, bogatych w gatunki lasów i ubogość struktur pełniących w krajobrazie rolę łączników między lasami o takim charakterze.

ROŚLINY GÓRSKIE

Z uwagi na stromy gradient środowiskowy i związaną z nim znaczną zmienność składu gatunkowego roślin, w górach, niezależnie od strefy klimatycznej, obserwuje się bardzo dynamiczne zmiany granic zasięgów roślin wywołane globalnym ociepleniem. Pionowe przemieszczanie się gatunków jest efektem synergistycznego działania wielu czynników, a nie tylko samego klimatu, wyrażającego się wzrostem temperatur, skróceniem czasu zalegania pokrywy śnieżnej i wydłużeniem okresu wegetacyjnego. Takim synergistycznie działającym czynnikiem stresowym, powodującym zmiany zasięgów roślin może być utrata niektórych siedlisk, np. lasów, która szczególnie wydatnie przyczynia się do wędrówki roślin w wyższe położenia górskie w klimatach gorących (9). Innym czynnikiem jest turystyka, a dokładniej związane z nią wydeptywanie roślinności, powodujące poziome rozprzestrzenianie się niektórych gatunków czy też wreszcie zaniechanie wypasu zwierząt na halach, ułatwiające przemieszczanie się roślin w wyższe partie gór (3). W Alpach za czynnik w równym stopniu co klimat odpowiedzialny za zmiany granic zasięgów wielu gatunków roślin uznano globalną depozycję azotu. Dzięki dodatkowym dostawom azotu z powietrza gatunki nitrofilne z niższych położeń górskich zawędrowały w wyższe partie gór, skutecznie konkurując z gatunkami wysokogórskimi, o niskich wymaganiach troficznych, przyczyniając się tym do kurczenia ich zasięgów (29).

Pewne prawidłowości w rozmieszczeniu i ogólnym bogactwie gatunkowym roślin górskich widoczne są w skali całego kontynentu europejskiego. Manifestują się nie tylko wyraźnym wzrostem bogactwa gatunkowego flory występującej na szczytach górskich, szczególnie widocznym w ciągu ostatnich 20-30 lat, ale też pięciokrotnie wyższym tempem wzrostu liczby gatunków w ostatniej dekadzie w stosunku do okresów wcześniejszych (32). Zmiany górnej granicy zasięgów wielu roślin autorzy tej analizy wiążą ze wzrostem temperatury. Mogą one powodować lokalne wymieranie wielu gatunków piętra alpejskiego i niwalnego. Dynamizm tych zmian jest szczególnie niepokojący.

MASOWE POJAWY OWADÓW ATAKUJĄCYCH DRZEWA (GRADACJE)

Wzrost temperatur i zmiana rozkładu opadów, w tym susze letnie, są bezpośrednią przyczyną śmierci wielu gatunków drzew iglastych, które preferują klimat chłodny i wilgotny. Ciepłe i suche lata przyczyniają się do wzrostu śmiertelności drzew pośrednio, albowiem powodują nasilenie częstotliwości i skali tzw. gradacji, czyli masowych pojawów owadów atakujących osłabione suszą drzewa (19, 27). To ten mechanizm przyczynia się do cyklicznie powtarzającej się śmierci drzewostanów świerkowych w wielu częściach Europy Centralnej i Środkowej, m.in. w Szumawie (Czechy) (12, 33), Lesie Bawarskim (Niemcy) (12, 16), Karpatach (13, 31) czy wreszcie w Puszczy Białowieskiej (11).

Masowe zamieranie świerków spowodowane gradacją kornika drukarza wywołało ostatnio w przestrzeni publicznej wiele emocji i dyskusji. Opinia publiczna bowiem mocno koncentruje się na tym wydarzeniu w Puszczy Białowieskiej (38). Sam masowy pojaw kornika nie wzbudza aż tyle negatywnych emocji, co masowe cięcia lasu dotkniętego tą gradacją, jakie, mimo licznych protestów społecznych i wbrew prawu, miały miejsce w 2017 i 2018 roku. Toczy się przy tym spór między zwolennikami cięć i ich przeciwnikami, dlatego warto wyjaśnić krótko, jakie są naukowe argumenty przemawiające za powstrzymaniem się od tzw. cięć sanitarnych (ang. salvage logging), mających na celu usunięcie martwych świerków zabitych przez korniki.

Skuteczny atak świerka przez kornika nie jest zadaniem łatwym. U większości zdrowych świerków działają sprawne mechanizmy obronne, gdyż chrząszcze atakujące warstwy podkorowe (łyko) drzewa zalewa żywica, uniemożliwiając atak. Te proste mechanizmy nie działają jednak u drzew osłabionych z różnych powodów. Wówczas drzewa nie mają wystarczającej energii, aby skutecznie się bronić. Ale to nie kornik jest pierwotną przyczyną śmierci takich drzew, lecz ich obniżona kondycja zdrowotna spowodowana suszą i wysokimi temperaturami, których świerk nie toleruje. Kornik w tej sytuacji jedynie przyspiesza agonię drzew, a zabite świerki zanim się przewrócą jak i potem, leżąc na dnie lasu, jeszcze dziesiątki lat po swojej śmierci służą różnym gatunkom za dom i pokarm. Paradoksalnie jest w nich więcej życia niż wtedy gdy rosły (10) i, co niezmiernie ważne dla ciągłości lasu, zapewniają efektywne odradzanie się młodego pokolenia świerków (33). Sam las nie umiera zatem wraz ze śmiercią drzew. Drzewa to jeden z elementów tego ekosystemu, ale nie jedyny, a faza bezdrzewna jest naturalnie wpisana w cykl życiowy lasu. Zresztą naturalne odradzanie się lasu po zaburzeniach jest dla ekosystemu leśnego dużo bardziej korzystne, aniżeli ingerencja człowieka poprzez wycinanie drzew (cięcia sanitarne), oranie gleby i sadzenie młodych drzew (40, 41). Co więcej, bez kornika las byłby znacznie uboższy, bo nie byłoby w nim wielu grup organizmów, m. in. tych, które korzystają z okresowego braku drzew czy luk w drzewostanie



Las odradzający się po zaburzeniach spowodowanych gradacją kornika drukarza w Parku Narodowym Lasu Bawarskiego

czy dużej dostawy martwego drewna. Co więcej, odradzający się po zaburzeniu las jest bardziej odporny na przyszłe gradacje, bo, jak pokazały ostatnie badania Six i in. (30), odporność drzew na ataki owadów wywołujących wielkoskalowe zaburzenia, jakimi są gradacje, jest uwarunkowana genetycznie. Dlatego, wbrew myśleniu ekonomicznemu, kornik nie jest szkodnikiem, tylko gatunkiem kluczowym, bo tak w ekologii nazywa się gatunki, które przyczyniają się do wzrostu różnorodności biologicznej w przyrodzie. Bez kornika i jego działalności nie byłoby w lesie wielu grzybów, owadów ptaków, mszaków i innych grup organizmów (15). Las odradzony po gradacji jest najczęściej bogatszy w gatunki, a nowe pokolenie drzew jest zróżnicowane wiekowo, bo przecież ustępowanie miejsca przez umierające świerki odbywa się w różnym tempie (6, 18, 39). Owa złożoność strukturalna i gatunkowa czyni las bardziej odpornym nie tylko na przyszłe gradacje, ale i inne zaburzenia, np. wiatrolomy i wiatrowały. Dlatego, paradoksalnie, kornik drukarz może być ratunkiem dla monokultur świerkowych, tak często dominujących w krajobrazach leśnych lasów gospodarczych Polski i Europy. Lasy o naturalnie większej odporności na zaburzenia w dobie zmian klimatycznych nabierają szczególnie dużego znaczenia.

ROLA LASÓW I TORFOWISK W WIĄZANIU DWUTLENKU WĘGLA I ŁAGODZENIU ZMIAN KLIMATU

Roślinność jest naszym sprzymierzeńcem w redukcji najliczniej emitowanego do atmosfery gazu cieplarnianego, jakim jest CO₂. Rośliny pochłaniają go bowiem w procesie fotosyntezy, a następnie wbudowują w swoje tkanki. Szacuje się, że w skali globu roślinność, w tym przede wszystkim drzewa, pochłania ¼ światowej emisji CO₂, wydając łącznie zmiany klimatu. Szczególnie dużą efektywnością w pochłanianiu (=sekwestracji) CO₂ i magazynowaniu węgla cechują się lasy (2). Chroniąc je i odtwarzając ludzkość zredukowałaby w 18% emisję gazów cieplarnianych w stosunku do poziomu, jaki należy osiągnąć do 2030 roku (https://www.theguardian.com/environment/2018/oct/04/climate-change-deforestation-global-warming-report?fbclid=IwAR1XNFY_Z6eqON5LdXVQA4DnBtFTW_RuDOTLIJTeeJDof9KfVhhNvA-xtQ). Odlesianie

odpowiada bowiem za 18% globalnej emisji CO₂ i jest trzecim, największym źródłem emisji tego gazu do atmosfery (14). Sadzenie lasów w miejsce wyciętych oraz zalesianie gruntów porolnych i wydłużenie tzw. wieku rębności drzew w lasach gospodarczych to najbardziej efektywne metody wykorzystania lasów w walce z globalnym ociepleniem (17). Lasy klimatu borealnego i tropikalnego, ale także niektóre typy wilgotnych lasów klimatu umiarkowanego są ekosystemami najwydatniej pochłaniającymi CO₂ i magazynującymi węgiel (14). Takie stare, długo trwające w krajobrazie lasy, w nieznacznym stopniu przekształcone przez człowieka, gromadzące ogromną ilość biomasy, powinny zostać chronione w sposób szczególny, z uwagi na ich wielką rolę w łagodzeniu zmian klimatycznych (14; 37). Tymczasem okazuje się, że aż 82% obszarów leśnych świata to lasy zdegenerowane wskutek gospodarki leśnej, głównie cięć, a także urbanizacji, rolnictwa i innych, bezpośrednich działań człowieka (37).

Bardzo sprawne w procesie pochłaniania CO₂ i regulacji klimatu lokalnego oraz globalnego są torfowiska. Dzięki trwałemu uwodnieniu i obecności roślin torfotwórczych, jako jedyny typ ekosystemów mokradłowych, cechują się zdolnością do akumulacji osadów organicznych, czyli torfu. Zbudowane z tkanek obumarłych roślin pokłady torfu, sięgające w skrajnych przypadkach nawet kilkanaście metrów grubości, czynią torfowiska największym magazynem węgla organicznego spośród wszystkich typów ekosystemów lądowych świata. O ciągłości procesu torfotwórczego decyduje jednak trwałość, wysoki poziom wody, bo tylko wtedy tzw. akrotelm, czyli wierzchni, żywy, bardzo cienki element, pokrywający torfowisko szczelną powłoką, zapewnia ciągłość procesu torfotwórczego, gromadząc wodę opadową i izolując złoża położone pod nim torfu od tlenu atmosferycznego. Odwodnienie torfowiska (np. w celu jego wykorzystania w rolnictwie) powoduje przenikanie tlenu do torfu (aerację) i zatrzymanie procesu jego akumulacji, a następnie uruchamia proces decesji (= tzw. biologicznego spalania torfu), czyli rozkład materii organicznej, wskutek którego następuje uwalnianie gazów cieplarnianych z powrotem do atmosfery. Szacuje się, że w wyniku odwodnienia torfowisk w ciągu roku z powierzchni



Świerki zabite w 2016 roku wskutek gradacji kornika drukarza *Ips typographus* L. w Puszczy Białowieskiej

1 hektara może zniknąć 8-20 ton substancji organicznej (34).

Nie tylko trwałe, dobre zaopatrzenie w wodę, ale także temperatura jest kluczowa dla zachowania równowagi dynamicznej między procesem pochłaniania węgla przez torfowisko a rozkładem mikrobiologicznym torfu. Ostatnie doniesienia naukowe, będące wynikiem prac międzynarodowej grupy specjalistów, którzy badali próbki pochodzące z kilkuset torfowisk z całego świata (8) mówią o tym, że efektywność torfowisk w magazynowaniu węgla będzie się utrzymywać do 2100 roku. Po tym okresie, wydatnie obniży się, bo prognozowany globalny wzrost temperatury spowoduje przyspieszenie procesu mineralizacji torfów. Nie zrekomensuje tego wcześniejszy wzrost obszarów zajętych przez torfowiska, spowodowany ich rozwojem w miejscach np. po uwolnionych masach topniejących lodowców. Innymi słowy na początku XXII wieku torfowiska będą uwalniały więcej węgla niż go akumulowały, co jeszcze bardziej podniesie temperaturę na Ziemi. Redukcja emisji gazów cieplarnianych oraz ponowne zabagnienie osuszonych torfowisk są kluczowe w naszych wysiłkach mających na celu ochłodzenie klimatu globalnego (24).

ZAMIAST ZAKOŃCZENIA

Masowe pojawy kornika drukarza, wiatrowala czy pożary, to naturalne zjawiska wpisane w dynamikę lasu. Z racji gwałtowności zmian, jakie powodują w środowisku, jak już wcześniej wspomniano, w ekologii nazywane są zaburzeniami (7). Niemniej jednak na niwie naukowej coraz częściej słychać głosy (21), że rosnąca presja człowieka na lasy, w tym chroniczność i nasilenie zaburzeń, jakie powoduje człowiek, sprawiają że lasy klimatu umiarkowanego zbliżają się do progu swej naturalnej odporności na zaburzenia, zwane przez wspomnianych naukowców, z racji swej siły i skali, megazaburzeniami. Millar i Stephenson (21) ostrzegają, że współcześnie konsekwencje fal wysokich temperatur, ekstremalne susze, rozprzestrzeniające się pożary i masowe pojawy owadów osłabiają lasy do tego stopnia, że mogą spowodować przekroczenie ich progu odporności, a w konsekwencji przekształcenie lasu w zbiorowiska bezdrzewne, czyli układy o dużo mniejszych walorach przyrodniczych i bogactwie gatunkowym.

Ale lasy strefy umiarkowanej nie są jedynym typem ekosystemu zagrożonego wskutek globalnego ocieplenia. Grupa ponad 40 naukowców z całego świata opublikowała ostatnio na łamach prestiżowego czasopisma *Science* pracę poświęconą prognozowanym zmianom roślinności Ziemi w reakcji na globalne ocieplenie, wywołane emisją gazów cieplarnianych (23). Autorzy opracowania przeanalizowali wyniki blisko 600 badań paleobotanicznych z całego świata, aby prześledzić tempo i charakter przemian roślinności, jakie dokonały się w okresie od ostatniego zlodowacenia (21 tys. lat temu) po czasy współczesne, poprzedzające nadejście ery industrialnej (rok 1800), a więc w okresie o dobrze poznanym przebiegu zmian temperatury. Następnie wyniki te posłużyły do prognozowania tempa i skali przemian roślinności w przyszłości, w odpowiedzi na istniejące scenariusze emisji gazów cieplarnianych i związane z tym, przewidywane wzrosty temperatur. Okazało się, że od czasu epoki lodowej temperatura na Ziemi wzrosła o 4-7°C. Tymczasem scenariusze zmian klimatycznych przewidują, że jeśli nie ograniczymy drastycznie emisji gazów cieplarnianych, w ciągu najbliższych 100-150 lat temperatura wzrośnie o 4-5°C, co spowoduje zmiany równie gwałtowne, jak

te które dokonały się od czasu epoki lodowej do końca ery preindustrialnej. Przy scenariuszu emisji RCP 2.6 (około 490 ppm CO₂ do 2100 roku, a następnie spadek) większość roślinności globu zagrożona jest dużymi zmianami kompozycyjnymi, sięgającymi do 45%, a zmianami strukturalnymi do 30%. Scenariusz RCP 8.5 (około 1370 ppm CO₂ do 2100 roku) przewiduje, że zmiany składu gatunkowego i struktury roślinności sięgną w obu przypadkach ponad 60%. Tempo ocieplania się Ziemi przy drugim z wymienionych wyżej scenariuszy będzie 65 razy większe aniżeli średnie tempo tego procesu obserwowane od czasu epoki lodowej (23). Jeśli to nas nie zatrzyma, bo przecież trudno sobie zwizualizować co to oznacza w praktyce, to może przełożmy to na inne dane. Naukowcy próbują oszacować jaka będzie skala i tempo wzrostu poziomu oceanów do końca 2100 roku i choć nie ma wśród nich konsensusu, wszystkie scenariusze przewidują wyraźne podniesienie się poziomu mórz do końca tego stulecia. Jedną z hipotez jest szczególnie zatrważająca. Naukowcy ostrzegają, że analiza paleoklimatyczna zmian poziomu oceanów wyraźnie dowodzi, iż wahania te w okresach glacialnych i interglacialnych sięgały nawet 120-130 metrów. O tyle bowiem obniżał się poziom mórz w epokach lodowych, gdy woda była zasycana z oceanów do uformowania się czas lodowych (<http://naukaoklimacie.pl/fakty-i-mity/mit-prognozy-wzrostu-poziomu-oceanow-w-xxi-w-sa-przesadzone-57>). Czy scenariusz tak drastycznego wzrostu poziomu mórz w odpowiedzi na rosnącą temperaturę i spowodowane tym topnienie lodowców może się zrealizować w ciągu najbliższego wieku, jeśli nie ograniczymy emisji CO₂? Choć tego nie wiemy, trzeba ponieść odpowiedzialność za klimat Ziemi i zacząć myśleć co po sobie zostawimy dla przyszłych pokoleń. Nie mamy alternatywy ani czasu. ♦

Piśmiennictwo wykorzystane przez Autorkę wydrukowano na ulotce dołączonej do niniejszego numeru

Torfowiska o niezaburzonej gospodarce wodnej są naszymi sprzymierzcami w walce z globalnym ociepleniem, gdyż wiążą ogromne ilości dwutlenku węgla i deponują go w postaci pokładów torfu. Współcześnie, podczas upalnych miesięcy letnich, często ulegają poważnemu przesuszeniu, jak to, położone w środkowej Finlandii



Hydrologiczne skutki zmian klimatu – wybrane przykłady z obszarów zurbanizowanych i ich otoczenia położonych na terenie województwa śląskiego

DAMIAN ABSALON¹, MAGDALENA MATYSIK¹, ANDRZEJ WOŹNICA²

¹ UNIwersYTET ŚLĄSKI, WYDZIAŁ NAUK O ZIEMI, ŚLĄSKIE CENTRUM WODY, ² UNIwersYTET ŚLĄSKI, WYDZIAŁ BIOLOGII I OCHRONY ŚRODOWISKA, ŚLĄSKIE CENTRUM WODY

Województwo śląskie położone jest w dorzeczu Wisły, Odry i Warty. Stan środowiskawtymzamieszkałymprzezponad 4,6mln ludzi regionie jest mocno zróżnicowany – obok terenów zdegradowanych występują obszary bardzo dobrze zachowane, sprzyjające rozwojowi turystyki i rekreacji. Na terenie województwa występują ponadto liczne złoża kopaliny. Stosunkowo niewielkie są zasoby wód powierzchniowych, dodatkowo pogarszane przez zanieczyszczenia. Gleby narażone są na oddziaływanie emisji szkodliwych substancji z różnych źródeł.

Gospodarowanie wodą na obszarze Górnego Śląska jest uwarunkowane przez czynniki naturalne jak i antropogeniczne. Negatywny wpływ spowodowała m.in. 200-letnia eksploatacja węgla kamiennego powodująca osiadania terenu, skutkujące lokalnie podtopieniami. Nie bez znaczenia jest również degradacja zaawansowanych systemów gospodarowania środowiskiem i zasobami wodnymi, obecnymi na Śląsku od okresu średniowiecza do czasu wzmocnionej industrializacji na początku XX wieku.

ZMIANY KLIMATU NA OBSZARZE POŁUDNIOWEJ POLSKI W KONTEKŚCIE WYBRANYCH SCENARIUSZY KLIEMATYCZNYCH

Zgodnie z prognozami, w bieżącym stuleciu temperatura powietrza na Ziemi może podnieść się od 1,7°C do 4,4°C, a wzrost temperatury o 1°C może zwiększać intensywność opadów atmosferycznych o około 7% (Landerink, Meijgaard 2008). Prognozy zmian klimatu dla Polski do końca XXI wieku przewidują wzrost średniej rocznej temperatury o 3–3,5°C, wzrost temperatury zimy o 3,5–5°C i wzrost temperatury lata o 3–3,5°C. Prognozy zmian opadów są znacznie trudniejsze i zależą w istotny sposób od scenariuszy emisji gazów cieplarnianych. Decyduje o nich także przyjęty model. W okresach letnich niektóre modele przewidują wzrost opadów, inne zaś

ich obniżenie. W zimie wszystkie modele przewidują wzrost opadów, przy czym wzrosnąć ma częstość opadów deszczu, a zmaleć częstość opadów śniegu (Gutry-Korycka i in. 2014). W ostatnich dziesięcioleciach wyraźnie zaobserwowano w Polsce wzrost częstości opadów intensywnych, przekładający się na wzrost zagrożenia powodziowego, erozji wodnej i osuwisk. Częstsze niż kiedyś opady nawałne stają się problemem w szybko rozrastających się aglomeracjach miejskich, gdzie kanalizacja deszczowa zaprojektowana i wykonana była przed wielu laty, a w międzyczasie wystąpił znaczny wzrost liczby ludności i przybyło powierzchni nieprzepuszczalnych. Wskutek redukcji pokrywy śnieżnej zwiększa się prawdopodobieństwo wystąpienia susz wiosennych i erozji wietrznej gleby niepokrytej roślinnością (Kundzewicz 2014).

PROBLEM I – WZROST CZĘSTOTLIWOŚCI OPADÓW NAWALNYCH

Na większości obszaru Polski nastąpiła zmiana struktury opadów polegająca na zdecydowanym wzroście liczby dni z opadem dobowym o dużym natężeniu.

Kryterium dobowych wysokości opadów stwarzających odpowiednią kategorię zagrożenia powodziowego w Polsce określono następująco (Lorenc i in., 2012): • ≥ 30 mm/dobę – zagrażający, • ≥ 50

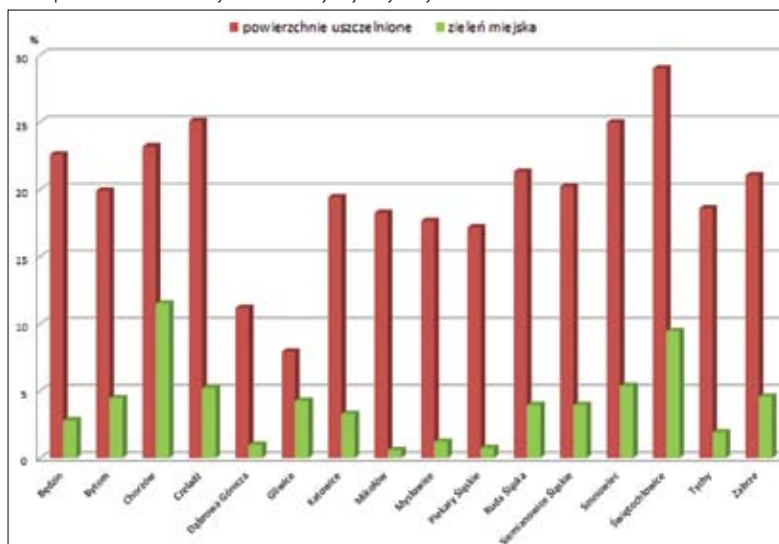
mm/dobę – groźny powodziowo, • ≥ 70 mm/dobę – powodziowy, • ≥ 100 mm/dobę – katastrofalny.

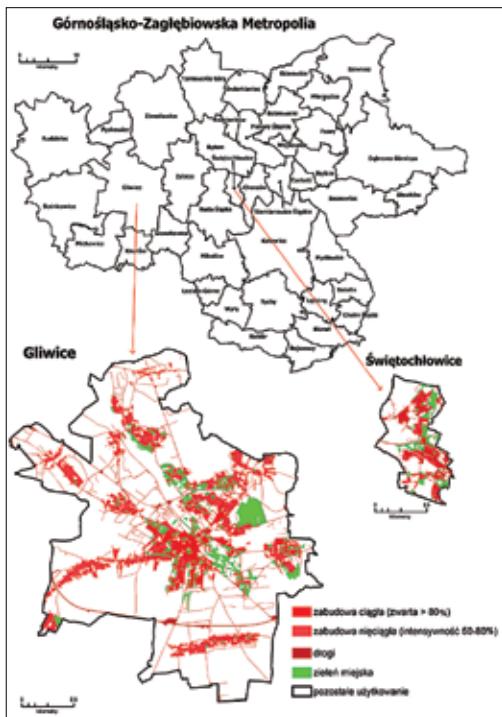
Nagła powódź lokalna (ang. flash flood) to powódź o dużej objętości wody i krótkim czasie trwania, występująca po gwałtownym, intensywnym (zwykle burzowym) opadzie deszczu, trwającym od kilkunastu minut do kilku, a nawet kilkunastu godzin. Powódź taka może zdarzyć się praktycznie w każdym rejonie Polski i wcale nie musi skutkować wystąpieniem wody z koryta rzecznej. Może to być również powódź miejska (ang. urban flood), wywołująca podtopienia i zalania niektórych obszarów miasta. Jest to zjawisko bardzo niebezpieczne, powodujące znaczne straty materialne, a nawet ofiary śmiertelne (Ostrowski i in. 2012; Pociask-Karteczka, Żychowski, Bryndal 2017).

Czynnikami sprzyjającymi wystąpieniu nagłej powodzi są rzeźba terenu, pokrywa glebowa i użytkowanie terenu oraz sposób jego zagospodarowania. Duże nachylenia stoków oraz liczne i wąskie doliny przyspieszają spływ wody i zwiększają niebezpieczeństwo. Na obszarach zurbanizowanych, zabudowanych materiałami nieprzepuszczalnymi (jezdnie, chodniki, parkingi, dachy), znacznie zwiększa się odpływ (od 2 do 6 razy) w stosunku do terenów o pokryciu naturalnym (Ostrowski i in. 2012). Lo-

kalne krótkotrwałe podtopienia mogą być zatem powodowane przez gwałtowny spływ wód z powierzchni uszczelnionych (np. budynki, parkingi, jezdnie, chodniki). W połączeniu z niedrożnym lub źle zaprojektowanym systemem odprowadzania wód deszczowych, może to prowadzić do znacznych strat materialnych w miastach i na ich obrzeżach. Przyczyną podtopień na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) jest często także zmiana ukształtowania terenu związana z eksploatacją górniczą złóż węgla kamiennego. Wydobycie węgla prowadzi niejednokrotnie do powstawania tzw. niecek osiadania generujących

Udział powierzchni uszczelnionych i zieleni miejskiej w wybranych miastach GZM





Miasta GZM o skrajnie odmiennym udziale powierzchni uszczelnionych
Źródło: opracowano na podstawie danych <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2006?tab=mapview>

w konsekwencji deformacje profilu podłużnego rzeki. Pogórnymi osadzeniami terenu na obszarze Górnśląskiego Zagłębia Węglowego objęte jest ok. 1200 km².

W oparciu o dane Urban Atlas (Meirich 2008) w wybranych miastach Górnśląsko-Zagłębiowskiej Metropolii (GZM) dokonano analizy najbardziej zurbanizowanych terenów o najmniejszej przepuszczalności (uszczelnionych), tzn. zabudowy terenu o intensywności powyżej 80%, zabudowy o intensywności 50-80%, dróg oraz terenów zielonych (parków, zieleńców i skwerów) w miastach. Konsekwencją „uszczelnienia” powierzchni w miastach jest m. in. przyspieszenie spływu wód opadowych, wzrost albedo i temperatury powierzchni. Najwyższym udziałem powierzchni uszczelnionych w analizowanych miastach GZM charakteryzują się Świętochłowice, gdzie udział ten wynosi 29%, ponad 25% udziałem powierzchni nieprzepuszczalnych charakteryzują się: Będzin, Chorzów, Czeladź, Ruda Śląska, Sosnowiec oraz Zabrze. Najmniejszy udział terenów uszczelnionych charakteryzuje Gliwice – 8%. Udział zielonych terenów miejskich waha się od 1% (Dąbrowa Górnicza, Mikołów, Mysłowice, Piekary Śląskie) do 12% powierzchni miasta w Chorzowie, na co niewątpliwie wpływ ma lokalizacja na jego terenie Parku Śląskiego.

Dodatkowo na obszarach miast GZM mamy do czynienia z postępującym uszczelnianiem kolejnych powierzchni, które do tej pory były najczęściej terenami biologicznie czynnymi lub nieużytkami przemysłowymi, co spowoduje wzrost spływu powierzchniowego, nadmierne obciążenia odborników wód opadowych i w konsekwencji wzrost zagrożenia powodziowego. Jednym z przykładów może być teren jednej z największych w Polsce galerii handlowej „Silesia” wraz z parkingami. Przy założeniu, że w trakcie deszczu nawałnego spada około 50 mm wody, to na uszczelnioną powierzchnię terenu galerii spadnie łącznie ponad 10 tys. m³ wody. Stanowi to objętość wystarczającą do wypełnienia zbiornika wodnego o powierzchni 1 ha i głębokości 1 m.

PROBLEM II – WZROST CZĘSTOTLIWOŚCI WYSTĘPOWANIA NIŻÓWEK ORAZ WZROST TEMPERATURY AKWENÓW JAKO EFEKT CZĘSTSZEJ WYSTĘPOWANIA ZJAWISKA SUSZY

Przebieg warunków pogodowych, którym towarzyszy deficyt lub brak opadów, wysoka temperatura powietrza itp. powodują wystąpienie pierwszej fazy suszy, która nazywana jest suszą meteorologiczną. Zwiększający się niedobór opadów oraz wzrost parowania i transpiracji zwiastuje suszę glebową (rolniczą). W kolejnej fazie następuje szczypanie retencji wód podziemnych, zmniejszanie się przepływów w rzekach – w literaturze nazywana jest ona fazą suszy hydrologicznej. Faza ta, w praktyce, najczęściej utożsamiana jest z długotrwałymi niżówkami (Dębski 1970).

Choć oddziaływanie w postaci niedoborów wody ma dużo większe bezpośrednie znaczenie dla terenów rolniczych i leśnych, to wpływa także na obszary zurbanizowane. Z jednej strony może powodować ograniczenia w dostępie do wody, z drugiej – przyczyniać się do wzrostu cen żywności dostarczanej z podmiejskich obszarów rolniczych. Ponadto okresowe braki opadów odbijają się na kondycji terenów zieleni miejskiej oraz akwenów o charakterze rekreacyjnym. Susze miejskie, oprócz czynników klimatycznych, „wspomagane” są dodatkowo przez niską przepuszczalność gruntów oraz ich odizolowaniem od poziomów wód podziemnych (Kassenberg 2016).

Temperatura wody stanowi podstawową wielkość łączącą zmiany klimatyczne z przebiegiem zjawisk zachodzących w środowisku wodnym. Zmiany warunków meteorologicznych mają bezpośredni wpływ przede wszystkim na kształtowanie się warunków termicznych w akwenach, a te z kolei implikują zmiany w przebiegu zjawisk i procesów w nich zachodzących. Wzrost temperatury powoduje zmniejszenie ilości tlenu rozpuszczonego w wodzie, zwiększenie biochemicznego zapotrzebowania tlenu (BZT), przyspieszenie procesu nityfikacji oraz utleniania amoniaku, co może prowadzić do występowania w wodzie deficytów tlenowych. Podwyższenie temperatury wywołuje przyspieszenie reakcji chemicznych i biologicznych zachodzących w wodzie. Zmiany w przebiegu zjawisk znajdują odzwierciedlenie w wielkościach parametrów, opisujących stan jakościowy i przydatność do wykorzystania gospodarczego (Ślesicki 2012). Według analiz wzrost temperatury wody wynikający ze zmian klimatu (Woźnica i in. 2018) będzie powodował większą częstotliwość zakwitów glonów i sinic. Zakwity są już obecnie dużym problemem na zbiornikach wodnych województwa śląskiego. Może to również wpływać na pojawianie się toksyn sinicowych czy substancji zapachowych, takich jak na przykład geosmina (produkowanych przez sinice). Będzie to wpływać na obniżenie jakości wód i uniemożliwiałoby korzystanie z nich.

Poważnym problemem przekładającym się na jakość wód zbiorników wodnych na Śląsku są zmiany powierzchni ich zlewni oraz jej zagospodarowania

wynikające z postępującej urbanizacji, rozbudowy sieci dróg, działalności górniczej. Powoduje to kolejny problem, a mianowicie deficyt wody, gdyż ze zmniejszonej powierzchni zlewni dociera do zbiornika mniejsza ilość wody. Problem narasta w latach suchych, kiedy do zbiorników dopływa mniej wody niż z nich odprowadzają. Taka sytuacja wpływa znacząco na pogarszanie się jakości wód zbiornika.

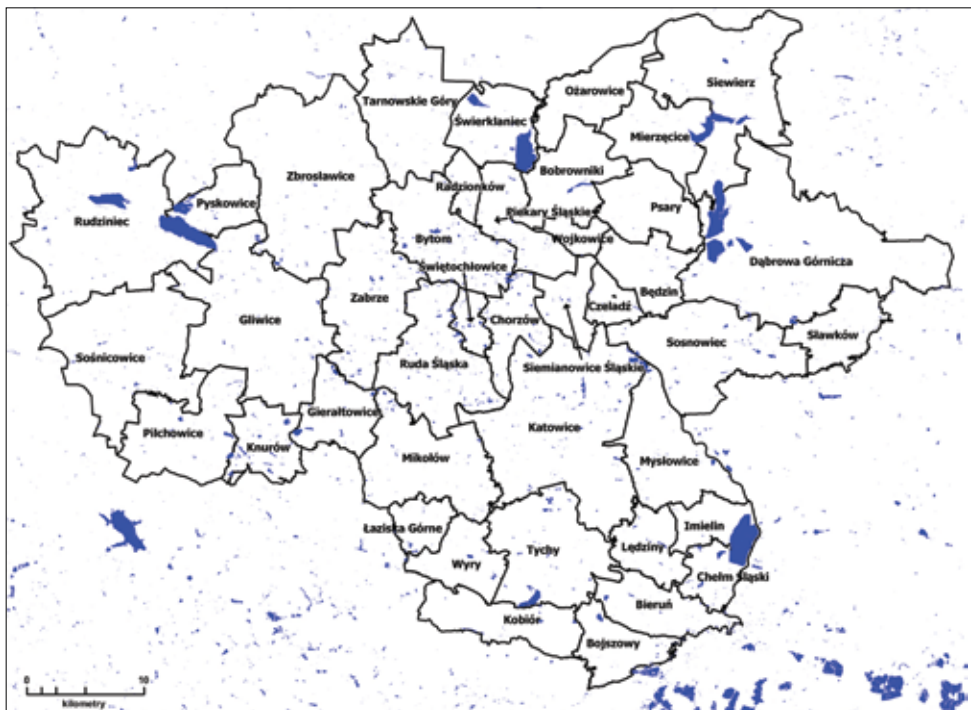
EKOSYSTEMY ZALEŻNE OD WÓD – ROLA W ŁAGODZENIU NIEKORZYSTNYCH SKUTKÓW ZMIAN KLIMATU

Ekosystemy wodne pełnią istotne funkcje związane z mitygacją zmian klimatycznych generując ważne z punktu widzenia człowieka usługi i towary. Jedną z takich usług jest filtracja wody polegająca na pobieraniu substancji biogennych przez roślinność szuwarową i rośliny zanurzone. Podobną rolę pełni również fitoplankton. Roślinność wodna stwarza również dużą powierzchnię aktywną, umożliwiającą rozwój biofilmu bakteryjnego. Bakterie występują także w formie bakterioplanktonu. Rolą mikroorganizmów w ekosystemach wodnych jest

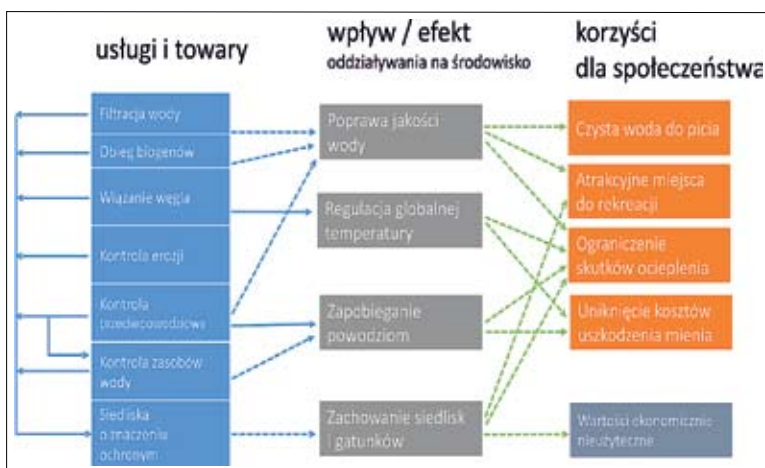
Deficyty wody powodują niekorzystne zjawiska w zbiornikach i ograniczają ich funkcję rekreacyjną



Ważne, by tereny wokół zbiorników wodnych porastała roślinność, która jest w stanie spowolnić spływ powierzchniowy, uchronić glebę przed wy-



Rozmieszczenie zbiorników wodnych na terenie GZM i w jej otoczeniu



Interakcje między usługami ekosystemowymi terenów podmokłych a ich efektem ekonomicznym
Według www.defra.gov.uk: „An introductory guide to valuing ecosystem services”

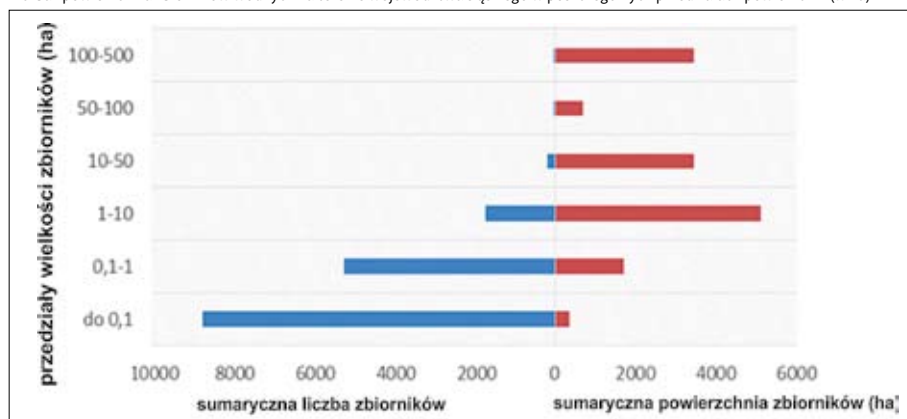
W województwie śląskim funkcjonuje ok. 15 900 zbiorników wodnych o łącznej powierzchni prawie 195 km². Duża liczba zbiorników wodnych na tym obszarze umożliwia ich wykorzystania jako terenów rekreacyjnych, obszarów atrakcyjnych przyrodniczo i jako ważne zasoby wody dla regionu. Zagospodarowanie tych zbiorników obejmuje między innymi

Nadrzędnym celem prowadzenia nowoczesnej gospodarki wodnej na terenach miejskich jest stworzenie systemów pełniących funkcje: zabezpieczenia przeciwpowodziowego, uzupełniania zasobów wód podziemnych, stabilizacji koryt rzecznych, ochrony

- zwiększeniu powierzchni zieleni miejskiej, co spowoduje zmniejszenie ewaporacji oraz wydłużenie czasu odpływu wody;
- zwiększeniu infiltracji poprzez rozszczelnienie powierzchni w miastach, np. budowa „zielonych” parkingów, zielone zagospodarowanie dachów;
- budowie podziemnych zbiorników retencyjnych, zbierających wodę z opadów nawaalnych, którą następnie można wykorzystać do nawodnień zieleni miejskiej;
- budowie systemów małej i mikro- retencji;
- tworzeniu miejsc rekreacji łagodzących skutki ekstremalnych temperatur;
- zrównoważonym gospodarowanie zasobami. ♦

Piśmiennictwo wykorzystane przez Autorów wydrukowano na ulotce dołączonej do niniejszego numeru

Liczba i powierzchnia zbiorników wodnych na terenie województwa śląskiego w poszczególnych przedziałach powierzchni (w ha)



Jak zmiany klimatu wpływają na populację niedźwiedzi brunatnych?

■ AGNIESZKA SERGIEL¹, AGNIESZKA OLSZAŃSKA¹, TOMASZ ZWIJACZ-KOZICA², NURIA SELVA¹
(¹ INSTYTUT OCHRONY PRZYRODY PAN, KRAKÓW, ² TATRZAŃSKI PARK NARODOWY, ZAKOPANE)

Istnieją znaczące różnice w reakcjach poszczególnych gatunków czy grup gatunków na coraz wyraźniej obserwowane zmiany klimatyczne, a także różnice w tym, jak różne regiony świata zostały przez te zmiany dotknięte. Nowe gatunki kolonizują regiony dotychczas dla nich za chłodne, podczas gdy inne, unikające cieplejszego klimatu, zmniejszają swoje zasięgi występowania. Obserwuje się także zmiany fenologiczne wskazujące na wcześniejszą aktywność w okresie coraz wcześniejszej wiosny, np. wcześniejsze przyloty ptaków i motyli, wcześniejsze okresy rozrodu u płazów, wcześniejsze zakładanie gniazd u ptaków, wcześniejsze kwitnienie roślin czy rozwój pąków drzew. Zmiany takie mają oczywiście wpływ na poziomy troficzny i mogą spowodować „niedopasowanie zasobów” na różnych poziomach producentów i konsumentów (np. cykle życiowe drapieżników i ich ofiar przestają się nakładać, rozchodzą się cykle roślinożernych owadów i ich roślin żywicielskich, czy owadów zapylających i roślin żywicielskich), co ostatecznie może doprowadzić do spadku liczebności populacji i w efekcie do globalnego spadku bioróżnorodności. Poza zmianami zasięgu czy fenologii, obserwuje się również adaptacje do zmian klimatu w skali lokalnej, m.in. rozprzestrzenianie się młodych osobników na większe obszary czy rozszerzenie diety o dotychczas niewykorzystywane zasoby pokarmowe.

Duże drapieżniki zamieszkujące północne szerokości geograficzne mogą stanowić bardzo dobre wskaźniki do obserwacji i zrozumienia obecnych zachodzących zmian klimatycznych i środowiskowych. Najbardziej znanym symbolem badań nad wpływem zmian klimatu na biologię, ekologię i zachowanie zwierząt jest niedźwiedź polarny. Jego gatunek siostrzany, niedźwiedź brunatny, również może być gatunkiem modelowym w badaniach nad skutkami zmian klimatycznych, zwłaszcza w ekosystemach borealnych i alpejskich.

Niedźwiedź brunatny jest gatunkiem wszystkożernym. Skład jego diety zmienia się w zależności od dostępności pokarmu i pory roku. W skali biogeograficznej skład diety niedźwiedzi brunatnych jest różny zależnie od zajmowanego siedliska, jego położenia geograficznego, tj. długości i szerokości geograficznej czy wysokości nad poziomem morza, a także miejscowych warunków środowiska, np. średnich temperatur czy czasu zalegania i grubości pokrywy śnieżnej. Również okres rozrodu u niedźwiedzi brunatnych może podlegać zmianom wynikającym ze zmieniającego się klimatu. Ruja u niedźwiedzi zwy-

kle rozpoczyna się na początku maja i trwa do lipca. Młode rodzą się w trakcie snu zimowego, od grudnia do marca. Ciężarne samice najwcześniej zakładają gawry i opuszczają je jako ostatnie. Wykazano, że sygnałem do rozpoczęcia hibernacji u niedźwiedzi brunatnych są przede wszystkim bodźce środowiskowe, natomiast sygnałem do jej zakończenia są czynniki fizjologiczne. Ekologia, fizjologia, a nawet zachowanie niedźwiedzi brunatnych są więc w dużej mierze zależne od warunków klimatycznych.

W wielu obszarach Europy coraz częściej obserwuje się, że niedźwiedzie nie hibernują lub hibernują znacznie krócej. Zima to okres niskiej dostępności pokarmu, bądź jego braku i hibernacja jest dostosowaniem do tych niekorzystnych warunków. Skrócenie okresu zimowego snu lub zwiększona aktywność niedźwiedzi w czasie zimy skutkuje poważnymi zmianami. Zbyt wczesne wybudzenie się czy zbyt późne zapadanie w zimowy sen lub, w skrajnych przypadkach, aktywność przez całą zimę, ma często niebagatelne skutki dla poszczególnych osobników. Może mieć także przełożenie na ich sukces reprodukcyjny, a w konsekwencji zagrozić przyszłości gatunku. Wywołane zmianami klimatycznymi zmiany w ekologii, fizjologii i zachowaniu niedźwiedzi, mogą mieć również wpływ na relacje człowiek-niedźwiedź, na potencjalnie pojawiające się konflikty czy też postrzeganie niedźwiedzi przez ludzi, zwłaszcza wzrost niechęci wobec tego gatunku.

Zagadnienie wpływu zmian klimatu na karpacką i skandynawską populację niedźwiedzi brunatnego badano w ramach międzynarodowego projektu GLOBE (Global climate change and its impact on brown bear populations: Predicting trends and identifying management priorities), którego głównym celem była ocena i prognoza już istniejących, a także przyszłych efektów zmian klimatycznych na populację niedźwiedzi brunatnych. Celem projektu było również opisanie mechanizmów adaptacji niedźwiedzi do zmian klimatycznych i zmian w naturalnych siedliskach wywołanych działalnością człowieka. W ramach projektu GLOBE zbadano i wykazano, że ocieplający się klimat doprowadził do skurczenia się populacji niedźwiedzi na dwa sposoby: pośrednio, ułatwiając ludzką ekspansję, ale też bezpośrednio utrudniając im hibernację.

Dwanaście tysięcy lat temu niedźwiedzie przebiegały cały kontynent europejski, jednak stopniowo zasięg tego gatunku znacząco się skurczył, do dzisiejszych pofragmentowanych populacji. Proces ten zbiegł się z ekspansją człowieka na półkuli

północnej, ale też ze stopniowym i narastającym w ostatnich dziesięcioleciach ocieplaniem się klimatu. Niedźwiedzie brunatne zamieszkują szerokie spektrum stref klimatycznych, od suchych pustyń do chłodnej arktycznej tundry. Okazuje się, że hibernacja, w trakcie której samice rodzą młode, jest tym najbardziej wrażliwym okresem. Wbrew temu, co podpowiada nam intuicja, samice niedźwiedzi zużywają znacznie więcej energii podczas hibernacji, w sytuacji, gdy na zewnątrz jest cieplej. Porównując dane na temat rozrodu samic niedźwiedzi na całym świecie stwierdzono, że rzeczywiście tempo reprodukcji jest niższe w obszarach cieplejszych.

Wcześniejsze badania dotyczące wpływu zmian klimatycznych na populację zwierząt i roślin wskazywały, że ocieplenie się klimatu wraz z presją ludzkich populacji wspólnie oddziaływały na wymieranie wielkich ssaków. W najnowszych badaniach, zespołowi naukowców współpracujących w ramach projektu GLOBE, udało się oddzielić rolę ocieplenia klimatu od wpływu ludzkiej ekspansji na znikanie niedźwiedzi brunatnych w Europie. Wyniki analiz zebranych danych wskazują na to, że wzrastające zimowe temperatury znacząco wpłynęły na zmniejszenie się zasięgu tego gatunku. Ludzie silnie sprzyjali tym procesom, jako że prześladowania niedźwiedzi były powszechne w ludzkich kulturach północnej półkuli już wiele tysięcy lat temu. Okazuje się również, że zmiany klimatyczne mają zasadniczy wpływ na skład diety niedźwiedzi, a skutki przewidywanych przyszłych zmian klimatu mogą negatywnie oddziaływać na dostępność pokarmu, m.in. borówek, które są najistotniejszym składnikiem pokarmu niedźwiedzi przed hibernacją.

Zmiany klimatyczne są obecnie jednym z głównych globalnych zagrożeń dla różnorodności biologicznej. W powiązaniu z czynnikami niezwiązanymi z klimatem, zwłaszcza zmianami środowiskowymi powodowanymi działalnością człowieka, to jedno z najpoważniejszych zagrożeń i powodów ginięcia gatunków na Ziemi. Zrozumienie, jak gatunki reagują na zmiany klimatyczne jest kluczowe dla zachowania różnorodności biologicznej i zarządzania ekosystemami. ♦

Ilustracje na s. 20 ▶

Piśmiennictwo wykorzystane przez Autorów wydrukowano na ulotce dołączanej do niniejszego numeru



Jak zmiany klimatu wpływają na populację niedźwiedzi brunatnych?

DUŻE DRAPIEŻNIKI ZAMIESZKUJĄCE PÓŁNOCNE SZEROKOŚCI GEOGRAFICZNE MOGĄ STANOWIĆ BARDZO DOBRE WSKAŹNIKI DO OBSERWACJI I ZROZUMIENIA OBECNIE ZACHODZĄCYCH ZMIAN KLIMATYCZNYCH I ŚRODOWISKOWYCH. NAJBARDZIEJ ZNANYM SYMBOLEM BADAŃ NAD WPŁYWEM ZMIAN KLIMATU NA BIOLOGIĘ, EKOLOGIĘ I ZACHOWANIE ZWIERZĄT JEST NIEDŹWIEDŹ POLARNY. JEGO GATUNEK SIOSTRZANY, NIEDŹWIEDŹ BRUNATNY, RÓWNIEŻ MOŻE BYĆ GATUNKIEM MODELOWYM W BADANIACH NAD SKUTKAMI ZMIAN KLIMATYCZNYCH, ZWŁASZCZA W EKOSYSTEMACH BOREALNYCH I ALPEJSKICH.

◀ (tekst Agnieszki Sergiel, Agnieszki Olszańskiej, Tomasza Zwijacz-Kozicy, Nirii Selva na s. 19)



Fot. M. Zwijacz-Kozica

Widok z niedźwiedziej gawry w Tatrzańskim Parku Narodowym.



Wnętrze gawry niedźwiedzia brunatnego zlokalizowanej w skalnej nży w piętrze kosodrzewiny



Samica z młodymi na borówczysku



Młody niedźwiedź brunatny



Niedźwiedzica z młodym po wyjściu z gawry w Dolinie Jaworzynki w Tatrzańskim Parku Narodowym

Zdjęcia: T. Zwijacz-Kozica