

ZIELONA PLANETA



Dwumiesięcznik
Dolnośląskiego Klubu Ekologicznego

2(137)

ZIELONA PLANETA

Kolegium redakcyjne:

Włodzimierz Brząkała

Krystyna Haladyn - redaktor naczelna

Maria Kuźniarz

Aureliusz Mikłaszewski

Maria Przybylska-Wojtyszyn

Bogusław Wojtyszyn

Korekta:

Maria Przybylska-Wojtyszyn

Opracowanie graficzne:

Bogusław Wojtyszyn

Układ typograficzny i łamanie:

Marcin Moskała

Wydawca:

Dolnośląski Klub Ekologiczny

ul. marsz. J. Piłsudskiego 74

50-020 Wrocław

Adres redakcji:

50-051 Wrocław

pl. Teatralny 2

<http://www.ekoklub.wroclaw.pl/>

e-mail: klub@eko.wroc.pl

tel./fax (+48) 71 347 14 45

tel. (+48) 71 347 14 44

Konto bankowe:

62 1940 1076 3116 0562 0000 0000

(Credit Agricole Bank Polska S.A.)

Wersja internetowa czasopisma:

<http://www.ekoklub.wroclaw.pl>

<http://www.esd.pl/zplaneta>

Redakcja zastrzega sobie prawo wprowadzania skrótów w tekstach autorskich.

Za zawartość merytoryczną tekstów odpowiadają autorzy.

Przedruk lub inny sposób wykorzystania materiałów za wiedzą i zgodą redakcji.

Obsługa poligraficzna:

ESD-Drukarnia Ewa Moskała

ul. Paczkowska 26

50-503 Wrocław

Nakład: 1500 egz.

ISSN 1426-6210

Naszą działalność możesz wspomóc przekazując 1% podatku na Dolnośląski Klub Ekologiczny – KRS nr 0000439192, adres: 50-020 Wrocław, ul. J. Piłsudskiego 74

SPIS TREŚCI

FORUM EKOLOGICZNE

Adaptacja do zmian klimatu – <i>Aureliusz Mikłaszewski</i>	3
Strata jako ekonomiczny wymiar realnej szkody – elementy rachunku ekonomicznej efektywności adaptacji – <i>Feliks Grądalski</i>	6
Największe zagrożenia pszczelarstwa w XXI wieku, cz. II – <i>Maciej Winiarski</i>	9
Słoneczna elektrownia na wrocławskich dachach – <i>Aureliusz Mikłaszewski</i>	11
W poszukiwaniu bezpiecznego do życia powietrza – <i>Tadeusz Kopta</i>	12
Porosty w służbie człowieka – <i>Katarzyna Patejuk</i>	17
Islandia - wyspa pełna energii – <i>Barbara Teisseyre</i>	19

PREZENTACJE

Gatunki chronione

Gągoł – <i>Marek Stajszczyk</i>	23
---------------------------------------	----

EKOFELETON

„...nie do nakarmienia! Nie do otrucia!” – <i>Maria Kuźniarz</i>	26
--	----

Zdjęcie na okładce:

Zwiastun wiosny,

fol. *Aureliusz Mikłaszewski*



Publikacja dofinansowana ze środków:
Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej we Wrocławiu

Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Opolu

ADAPTACJA DO ZMIAN KLIMATU

Cz. I

AURELIUSZ MIKŁASZEWSKI

Klimat Ziemi ociepla się. Dzieje się tak z powodu gazów zwanych cieplarnianymi (GHG), których obecność w zwiększonej ilości w atmosferze powoduje, że część promieniowania słonecznego jest absorbowana, ogrzewa Ziemię, a promieniowanie ciepłe jest zatrzymywane w atmosferze (zamiast przemieszczać się w kosmos poza atmosferę ziemską). Dzięki naturalnemu efektowi cieplarnianemu średnia temperatura Ziemi wynosi ok. +15°C. Gdyby tego efektu nie było, to temperatura byłaby znacznie niższa i wynosiłaby ok. -18°C. Cała Ziemia byłaby pokryta lodem i śniegiem, a życie roślin, zwierząt i ludzi, takie jakie znamy, byłoby niemożliwe. Tak więc, efekt cieplarniany kształtuje życie na Ziemi.

Stosunkowo niedawno, od połowy XVIII wieku zaczęła się intensywna, przemysłowa działalność człowieka i związany z nią bardzo szybki wzrost emisji gazów cieplarnianych, a szczególnie dwutlenku węgla (CO₂) ze spalania paliw kopalnych. Szacuje się, że od roku 1751 do 2012 wyemitowano około 1410 mld ton CO₂. Ale proces emisji CO₂ znacznie przyspiesza; połowa tej emisji przypada na lata 1750 – 1975 (225 lat), a druga połowa - na lata 1976 – 2012 (36 lat). Stężenie CO₂ w atmosferze wzrosło od 280 ppm (1750) do 407 ppm (2017) i nadal rośnie w tempie ok. 2 ppm rocznie. Jednocześnie, na skutek wycinki lasów i zajmowania terenów pod uprawy rolne i zabudowę, obniża się intensywność pochłaniania dwutlenku węgla przez rośliny. Przed 50 laty z jednej wyemitowanej tony CO₂ pochłanianie było ok. 600 kg, obecnie jest to 550 kg.

Ocieplenie przyspiesza

Rozwinięta gospodarka wiąże się z intensywną emisją GHG, która obecnie wynosi ok. 32-36 mld ton CO₂ rocznie. Ocieplenie nadal przyspiesza, a obserwacje wykazały, że od roku 1881 z 16 najcieplejszych lat aż 15 przypadało na lata XXI wieku. Na świecie coraz częstsze są ekstremalne zjawiska pogodowe – powodzie, tajfuny, susze i podtapianie, zagrażają bezpieczeństwu ludzi, przyczyniają się do niszczenia upraw rolnych i leśnych oraz obiektów inżynierskich. Z raportów IPCC wynika, że zmiany klimatu spowodują, że warunki zamieszkania w miastach mogą się znacznie pogorszyć. Przewiduje się, że gdyby temperatura

wzrosła o +2°C w porównaniu z okresem przedprzemysłowym, to duże metropolie jak Kalkuta czy Karaczi, o dużej wilgotności powietrza, nie będą się nadawały do zamieszkania ze względu na przewidywane tam fale upałów. Letnie upały w roku 2015 okazały się groźne dla ludzi, gdy wiele osób ich nie przeżyło.

Szacuje się, że w środowisku cieplejszym o 6°C stres cieplny w Nowym Jorku przekroczy poziom dzisiejszego Bahrajnu, słynącego z gorącego klimatu.

Podwyższenie temperatury w „kamienicznych pustyniach” miast będzie dolegliwe, jeżeli nie będą zastosowane środki łagodzące lub zmniejszające temperaturę.

Ocieplenie powoduje topnienie lodowców górskich i lądolodów, co wpływa na podnoszenie poziomu wód w ocenach i związane z tym podtapianie nisko położonych terenów (np. wyspa Kiribati). Intensywniejsze parowanie wód zwiększa zakwaszenie wód oceanicznych i powoduje białenie (obumieranie) raf koralowych oraz zmniejsza bioróżnorodność przyrodniczą mórz i oceanów. Ocieplenie klimatu i jego negatywny wpływ na nasze życie to zjawisko nieodwracalne, można je porównać do podróży w jedną stronę. Człowiek stara się je spowolnić poprzez ograniczenie emisji GHG.

Próba ograniczenia emisji GHG

Aby zapobiec globalnemu ociepleniu od wielu lat trwają starania, by ograniczyć główną przyczynę ocieplenia – emisję gazów cieplarnianych, a szczególnie dwutlenku węgla ze spalania paliw kopalnych

węgla, ropy i gazu. Na Szczycie Ziemi (konferencja ONZ) w roku 1992 w Rio de Janeiro przyjęto Ramową Konwencję w Sprawie Zmian Klimatu, a w roku 1997 Protokół z Kioto obligujący do ograniczenia emisji m.in. poprzez system handlu emisjami EU ETS (ang. *European Union Trading Scheme*). W roku 2007 Unia Europejska przyjęła program 3 x 20 zobowiązując się do roku 2020 zmniejszyć emisję CO₂, zwiększyć efektywność energetyczną oraz zwiększyć udział OZE – o 20% w stosunku do wartości z roku bazowego 1990. Były jeszcze inne inicjatywy na szczeblu światowym, unijnym, ale najważniejszą z nich jest...

Porozumienie Paryskie

Przyjęło je 195 państw 12 grudnia 2015 r. podczas COP21- Konferencji Stron Konwencji Klimatycznej (*Conference of the Parties*). Jest to pierwsza w historii umowa międzynarodowa, która zobowiązuje wszystkie państwa świata do działań na rzecz ochrony klimatu. Porozumienie będzie obowiązywało od roku 2020 zastępując Protokół z Kioto, który miał obowiązywać do 2012 r., ale nadal realizowane są jego postanowienia.

Porozumienie Paryskie wyznaczyło wspólny cel dla wszystkich państw; osiągnięcie w połowie XXI wieku równowagi pomiędzy emisjami GHG a ich pochłanianiem (wychwytywaniem). Porozumienie zakłada, że wzrost średniej temperatury nie powinien przekroczyć +2°C w porównaniu do okresu przedprzemysłowego i dołożenie wszelkich starań, by ten wzrost nie przekro-

czył +1,5°C. Redukcja GHG na całym świecie ma być osiągnięta poprzez budowanie gospodarki niskoemisyjnej.

Konieczna będzie adaptacja

W Paryżu ustalono też, że dotychczas zgłoszone przez poszczególne państwa cele redukcyjne nie wystarczają, by ocieplenie zahamować. Gdyby zostały zrealizowane bez dalszego znacznego ograniczenia emisji, to temperatura wzrosłaby o +3°C. wg „Nature” (2018 r.) wzrost temperatury na Ziemi może wynosić od 2,2 do 3,4°C. Wzrost temperatury mogą przyspieszać sprzężenia zwrotne jak zmiana albedo oceanów z mniejszą ilością kry lodowej czy uwalnianie metanu z topniejącej wiecznej zmarzliny. Prognozy te wskazują, że oprócz dążenia do ograniczenia emisji niezbędne będą także prace zmierzające do adaptacji do zmian klimatycznych.

Adaptacja – wyścig z czasem

Tak szybkich zmian temperatury na Ziemi nie było w historii. Procesy zmian klimatu trwały w przeszłości bardzo długo – miliony, setki tysięcy lat, obecnie zachodzą w przyspieszonym tempie. Klimat zmienia się zbyt szybko, by zwierzęta i rośliny mogły się przystosować. Większość gatunków po prostu nie będzie w stanie nadążyć z adaptacją do zmieniających się warunków. Zmiany ewolucyjne, które trwały miliony lat nie dokonują się w ciągu kilkudziesięciu lat. Ale do zmian klimatu trzeba się przygotować, by ich skutki były jak najmniej dotkliwe dla ludzi i środowiska. Mimo dużych kosztów profilaktyka jest jednak tańsza od kosztów ratowania i pokrywania strat.

Co na to Unia?

Konieczność podjęcia działań przystosowawczych do zachodzących zmian klimatu Unia Europejska ujęła po raz pierwszy w białej księdze (2009) pt. „Adaptacja do zmian klimatu: europejskie ramy działania”, w której określono szereg środków, m.in. internetową platformę przystosowania się do zmiany klimatu (ClimateADAPT13, uruchomioną w marcu 2012 r.). Kwestie przystosowania do zmian klimatu zaczęto uwzględniać w strategiach politycznych i programach finansowych.

16 kwietnia 2013 ogłoszona została „Strategia Unii Europejskiej w zakresie przystosowania do zmian klimatu”, której ogólnym celem jest, by Europa była bardziej odporna na zmiany klimatu. Podkreśla się w niej, że:

- bardziej opłaca się podjąć wcześniejsze, zaplanowane działania w zakresie przystosowania, niż zapłacić cenę nieprzystosowania;
- działania i środki należy uruchomić na wszystkich poziomach - lokalnym, regionalnym, krajowym i unijnym.

W strategii określono ramy i mechanizmy służące lepszemu przygotowaniu krajów unijnych na skutki zmiany klimatu, poprzez uodpornienie sektorów i obszarów szczególnie wrażliwych, lepszą koordynację działań, opracowanie spójnego podejścia do problematyki.

Ciekawą inicjatywą Komisji Europejskiej jest *Porozumienie Burmistrzów*, które skupia władze lokalne i regionalne krajów europejskich. Jego celem jest zmniejszenie emisji CO₂ co najmniej o 20% do roku 2020 poprzez zwiększenie efektywności energetycznej i wykorzystania OZE.

Kraj

W październiku 2013 r., polskie Ministerstwo Środowiska opublikowało **Strategiczny Plan Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030 (SPA 2020)** (przyjęty 20.10.2013 r. przez Radę Ministrów). Głównym celem tego dokumentu „jest zapewnienie zrównoważonego rozwoju oraz efektywnego funkcjonowania gospodarki i społeczeństwa w warunkach zmian klimatu”; poprzez realizację celów szczegółowych, m.in.: zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego i dobrego stanu środowiska, skuteczna adaptacja do zmian klimatu na obszarach wiejskich, rozwój transportu w warunkach zmian klimatu, zapewnienie zrównoważonego rozwoju regionalnego i lokalnego z uwzględnieniem zmian klimatu, stymulowanie innowacji sprzyjających adaptacji do zmian klimatu, kształtowanie postaw społecznych sprzyjających adaptacji do zmian klimatu.

W SPA 2020 określono wpływ zmian

klimatu na wrażliwe sektory i obszary (gospodarka wodna, różnorodność biologiczna i obszary prawnie chronione, leśnictwo, energetyka, strefa wybrzeża, obszary górskie, rolnictwo, transport, gospodarka przestrzenne i obszary zurbanizowane, budownictwo, zdrowie) oraz sprecyzowano kierunki działań. Dokument ten zawiera także rekomendację, aby do roku 2020 wszystkie miasta liczące powyżej 100 tys. mieszkańców przygotowały miejskie plany adaptacyjne (MPA). Plany te powinny zawierać analizę zagrożeń oraz propozycje konkretnych działań adaptacyjnych. By ułatwić pracę lokalnym samorządom, w 2015 r. opublikowany został **„Podręcznik adaptacji dla miast – wytyczne do przygotowania Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu”**.

Działania regionalne i lokalne

Z inicjatywy Ministerstwa Środowiska podjęto współpracę z władzami 44 miast w Polsce, w celu opracowania dla nich strategii adaptacyjnych. Uruchomiono projekt „Miejskie Plany Adaptacji (17.01.2017 – 17.01.2019)”, finansowany przez Unię Europejską ze środków Funduszy Spójności oraz budżetu państwa, w ramach którego przeprowadzane są m.in. konferencje, warsztaty, debata ekspercka, szkolenia e-learningowe, konkursy dla szkół. Efektem tego projektu mają być 44 miejskie plany adaptacji, zawierające indywidualną ocenę wrażliwości na zmiany klimatu każdego z 44 miast, działania adekwatne do występujących zagrożeń oraz źródła finansowania tych działań. W ramach tego projektu przewiduje się edukację oraz podniesienie świadomości lokalnych administracji i społeczności.

Pierwszym miastem, które przystąpiło do przygotowania MPA jest Warszawa, która w styczniu 2017 r. ogłosiła „Strategię adaptacji do zmian klimatu dla m.st. Warszawy do roku 2030 z perspektywą do roku 2050 – Założenia do konsultacji”. Hasłem przewodnim założeń jest „Warszawa mądra przed szkodą”.

Co można zrobić?

Dostosowanie sektorów gospodarczych i obszarów wrażliwych do nowych warunków zmian klimatycznych nie będzie łatwe,

gdyż cała znana nam cywilizacja powstawała we względnie stabilnych warunkach klimatycznych. Nie zmienimy więc wyglądu, konstrukcji budynków w miastach ani całej infrastruktury gospodarczej. To na jej bazie można próbować dokonywać przedsięwzięć, które złagodzą negatywne skutki zmian, które sami sobie, aczkolwiek nieświadomie „zafundowaliśmy”. Oprócz działań samorządów, praktycznie każdy z nas może mieć swój udział w procesie przystosowania naszego otoczenia do zmian klimatu, gdyż adaptacja staje się koniecznością. Dobre rozwiązania, które będziemy prezentować na łamach naszego biuletynu mogą pomóc w określaniu kierunków działań w skali państwa, miasta i osiedla, a także w podejmowaniu działań przez mieszkańców.

Przykłady adaptacyjne

Zielona infrastruktura (elementy zielone) – tak można nazwać działania zmierzające do zwiększenia w miastach ilości zieleni i zapewnienia im wystarczającej ilości wody. Rośliny w mieście – drzewa, krzewy, trawa, kwiaty łagodzą skutki upałów, absorbują część zanieczyszczeń, szczególnie pyłów, są dobrze odbierane wizualnie. Zielona infrastruktura ogranicza ilość wody deszczowej spływającej po asfaltowych i betonowych powierzchniach do kanalizacji. Jej obecność uatrakcyjnia dzielnice, stwarza lokalne miejsca wypoczynku, jak ławki w cieniu drzew otoczone niską zielenią. Rośliny wiążą też dwutlenek węgla, łagodzą efekt miejskiej wyspy ciepła, tworzą nowe siedliska przyrodnicze. Zielone dachy, zielone ściany, pomosty, wiadukty, dają budynkom

zieloną oprawę, obniżają lokalnie temperaturę, przyciągają ptaki i owady oraz dają ludziom okazję do bliskiego kontaktu z żywym, zielonym środowiskiem.

Elementy niebieskie – tak nazywane są wszelkie urządzenia zmierzające do zatrzymania wody opadowej, co szczególnie przy opadach nawalnych sprawia, że cała woda nie spływa do i tak przeciążonej kanalizacji, lecz zostaje w utworzonych, uwolnionych od betonu i asfaltu terenach zbiorników, lokalnych oczek wodnych cieków, sieci kanałów odprowadzających wodę do terenów zielonych. W zbudowanych już miastach trudno budować zbiorniki, które rozwiązałyby problem nadmiaru wody, ale ich działanie polega na utrzymywaniu części wody i jej oddawaniu, gdy jest potrzebna do życia terenów zielonych.

Madryt

Takim przykładem próby adaptacji do zmian klimatu w dużej skali jest Madryt. Nie był zniszczony w czasie wojen, budowany stopniowo jako stolica dużego państwa europejskiego. Ale klimat Madrytu staje się coraz cieplejszy i podczas fali upałów w roku 2015 w czerwcu i lipcu zanotowano rekordową ilość dni, w których temperatura przekraczała 40°C. Fale upałów, które wcześniej zdarzały się raz na 10 lat, teraz zdarzają się co 5 lat. Przewiduje się, że do roku 2050 ilość gorących dni w lecie zwiększy się o 20%, a opadów będzie mniej o 20%. W tej sytuacji władze Madrytu zdecydowały się zainwestować miliony euro na rozbudowę zielonej infrastruktury. Na dachach i ścianach budynków zostanie umieszczona roślinność. 22 puste działki w mieście zostaną przekształcone w ogrody i oazy zieleni. Miasto wyda ponad 4,3 mln euro na obsadzenie drzewami przepływającej przez tereny miejskie rzeki Manzanares. Te drzewa wykorzystają część wody z rzeki, stworzą pas zieleni izolacyjnej i lokalnie poprawią klimat w mieście. Ogrody na dachach i roślinność na ścianach budynków poprawią izolację i przyczynią się do zaoszczędzenia energii

oraz mniejszą wielkomięjski hałas. Rośliność z dużych przestrzeni zielonych będzie wydzielala wodę (parowanie) nawilżając suchą, zapyloną, miejską atmosferę. Pilotażowe inicjatywy w Madrycie pokazały, że dzięki zielonym dachom i ścianom temperatura spadła w tych miejscach o ponad 4°C. Wiele ulic zostanie przekształcone w obszary dla pieszych i obsadzonych zielenią. Ulice te będą połączone w sieć obszarów zielonych przeznaczonych głównie dla pieszych i rowerzystów z ograniczonym do minimum ruchem samochodowym.

Władze Madrytu zatwierdziły już w roku 2014 plan przekształcenia 24 najbardziej ruchliwych ulic w obszary dla pieszych. Odwrót od ruchu samochodowego w centrach miast i zapewnienie mobilności środkami komunikacji zbiorowej jest także adaptacją do zmian klimatu, gdyż usuwa to źródła zanieczyszczeń powietrza, zatrucia środowiska (m.in. letni smog fotochemiczny). Takie lokalne (dzielnicowe) rozwiązania – więcej zieleni, wody, bardziej czyste powietrze wzmacniają odporność klimatyczną miasta, adaptując je do przewidywanych zmian.

Dzielnica odporna na zmiany klimatu

Po katastrofalnych opadach nawalnych w lipcu 2011 r., które wyrządziły szkody wycenione na ok. 1,3 mld euro, władze Kopenhagi w „Planie Adaptacji Kopenhagi” przewidziały ok. 300 projektów o łącznym koszcie 1,3 mld euro. Jednym z nich jest modernizacja dzielnicy St. Kjeld tak, by stała się odporna na zmiany klimatu. Dzielnica po modernizacji będzie łączyła funkcje społeczne przestrzeni miejskiej z infrastrukturą, która będzie ją chroniła przed deszczami nawalnymi, powodziami i upałami. Z racji tej modernizacji dzielnica już jest nazywana Klimakvarteret. Modernizacja jej polega na wykorzystaniu elementów niebieskich (woda) i zielonych (tereny zielone) dla zatrzymania i odprowadzenia wód opadowych do morza oraz terenów zielonych, które będą wody potrzebowały. Uznano, że rozbudowa systemu kanalizacji miejskiej byłaby zbyt kosztowna, a nadmiar wód odprowadzany szybko z obszaru miasta, nie służyłby mu. Dzielnica miała duże obszary pokryte asfaltem, z którego woda szybko spływała i wpa-



Fot. 1. Niska, luźna zabudowa otoczona zielenią, która łagodzi skutki ocieplenia klimatu, fot. A. Mikłaszewski

dała do przeciążonej kanalizacji. Postanowiono więc 20% asfaltowych powierzchni przekształcić w pagórkowate tereny zielone ze ścieżkami dla pieszych i rowerzystów. Lokalne ulice zostaną zwężone o 20%, ale bez zakłócania płynności ruchu drogowego, przy zachowaniu dotychczasowego transportu zbiorowego i ilości miejsc parkingowych, ale bez ich zwiększania. Na odzyskanych w ten sposób terenach będą utworzone ścieżki dla pieszych, trasy rowerowe, place zabaw i tereny zielone. Szacuje się, że około 30% wody deszczowej zamiast trafić do kanalizacji, zostanie wykorzystana do nawodnienia terenów zieleni i polepszenia klimatu w mieście. W przypadku dużych opadów deszczu wyprofilowane tereny zieleni i ulice St. Kjeld staną się zbiornikami retencyjnymi i kanałami odprowadzającymi nadmiar wody do morza. To, zdaniem projektantów, przybliży mieszkańców dzielnicy do natury, choćby

w ekstremalnej postaci. Ważny jest też aspekt socjalny. Projektanci uznali, że przed modernizacją ulica była „niemalże antyspołeczna”. Projekt zakłada utworzenie przestrzeni zielonych zachęcających do ruchu pieszego, rekreacji i kontaktów społecznych. Powstanie przestrzeni, o którą mieszkańcy będą chcieli dbać i w której będą chcieli przebywać. To zachęci do kontaktów z przyrodą oraz innymi ludźmi. Tego nie zapewni wypełniona samochodami ulica. W planach modernizacji – adaptacji podkreśla się, że planowane elementy będą pełniły podwójne role – ścieżki piesze i rowerowe w czasie powodzi staną się kanałami odprowadzającymi nadmiar wody do morza, a zielone dachy, tereny rekreacyjne i place przejmą część nadmiaru wody. Na terenie miasta powstaną dodatkowe zbiorniki na wodę, a podczas upałów roślinność na dachach domów i terenach zielonych ochłodzi powietrze. W projekcie zagospodarowania

przestrzennego dzielnicy wzięto pod uwagę nasłonecznienie, ruch drogowy, podziemną infrastrukturę (kanalizacja, kable, rury) oraz ukształtowanie terenu. Na obszarach nasłonecznionych zaplanowano tereny rekreacyjne, place zabaw, ogrody zielone, a parkingi usytuowano w miejscach zacienionych. Podobnie z podwórkami wewnątrz kwartałów zabudowy – zostaną przekształcone w tereny zielone, z miejscem na nadmiar wody i przestrzenią umożliwienia kontaktów z przyrodą i towarzyskich. Grupa mieszkańców dzielnicy założyła na jednym z dachów ogród o powierzchni ok. 700 m², w którym uprawiane są warzywa i owoce na własne potrzeby. Uroczyste otwarcie nowej Klimakvarteren odbyło się w roku 2014 i wciąż są udoskonalane jej elementy, by była ona odporna na skutki zmian klimatu.

DR INŻ. AURELIUSZ MIKŁASZEWSKI

STRATA JAKO EKONOMICZNY WYMIAR REALNEJ SZKODY – ELEMENTY RACHUNKU EKONOMICZNEJ EFEKTYWNOŚCI ADAPTACJI

FELIKS GRADALSKI

Działania adaptacyjne związane z ekstremalnymi zdarzeniami klimatycznymi są rozpatrywane w trzech aspektach. Pierwszy, to aspekt klimatyczno-przyrodniczy. Zajmują się nim klimatolodzy, meteorolodzy, hydrologi i przyrodniczy. Określają oni naturę, natężenie i częstotliwość występowania ekstremalnych zjawisk klimatycznych. Drugi, to aspekt inżynierijno-techniczny. Inżynierowie konstruują obiekty infrastruktury zabezpieczającej przed skutkami takich zdarzeń. I trzeci, to aspekt ekonomiczny. Temu właśnie aspektowi poświęcony jest poniższy tekst.

Strata jako ekonomiczny wymiar realnej szkody

Zjawiska ekstremalne wywołują realne szkody. W celu ich likwidacji muszą być one skwantyfikowane w porównywalnych jednostkach monetarnych. Wyrażoną w jednostkach pieniężnych realną szkodę (kilometry podmytych dróg, liczba powalonych drzew) określa się już mianem straty. Fakt ten sygnalizuje tytuł artykułu, w którym autor sugeruje czytelnikowi, iż

*strata jest niczym innym jak ekonomicznym, czyli sprowadzonym do porównywalnych jednostek monetarnych, **wymiarem realnej szkody***. Ekonomiczne szacowanie strat ma szczególne znaczenie dla podmiotów podejmujących decyzje dotyczące rodzaju i zakresu działań adaptacyjnych. Zasadnicza trudność podjęcia trafnej i skutecznej decyzji adaptacyjnej wynika z tego, iż wybór rodzaju i zakresu adaptacji jest skomplikowanym procesem optymalizacji

i zależy z jednej strony od prawdopodobieństwa wystąpienia potencjalnej straty, a z drugiej strony jest uzależniony od budżetowego ograniczenia danego podmiotu. W jednym i drugim przypadku porównanie tych dwóch stron możliwe jest tylko za pośrednictwem wspólnej jednostki pieniężnej. Tym samym powstają przesłanki do skonstruowania rachunku ekonomicznego, na podstawie którego można podjąć racjonalną decyzję adaptacyjną.

Podstawowe kategorie rachunku ekonomicznej efektywności adaptacji

W celu sporządzenia kompleksowego rachunku ekonomicznej efektywności przedsięwzięcia adaptacyjnego należy uwzględnić następujące cztery kategorie:

- prawdopodobieństwo,
- wartość oczekiwana,
- koszt ekonomiczny,
- dyskonto.

Skomentujmy kolejno wymienione kategorie ekonomiczne.

Prawdopodobieństwo

Prawdopodobieństwo wyraża przewidywaną częstotliwość wystąpienia danego zjawiska ekstremalnego na danym obszarze w określonym przedziale czasu. Prawdopodobieństwo to jest szacowane na podstawie danych historycznych oraz eksperckich opinii klimatologów, meteorologów, hydrologów i przyrodników.

Wartość oczekiwana

Wartość oczekiwana odnosi się do oczekiwanej wartości straty związanej z wystąpieniem danego zjawiska ekstremalnego z określonym prawdopodobieństwem. Wartość oczekiwana potencjalnej straty jest więc iloczynem wartości zdarzenia i prawdopodobieństwa jego wystąpienia. Dla przykładu przyjmijmy, iż wysokość strat w wyniku podtopienia na danym obszarze – jeśli takie podtopienie będzie miało miejsce – wyniesie 100 tys. zł. Jest to wartość zdarzenia – „podtopienie”. Przyjmijmy dalej, że prawdopodobieństwo wystąpienia podtopienia w ciągu 10 lat wynosi 30%. Z tych założeń wynika, że wartość oczekiwana straty na przestrzeni 10 lat, powstałej w wyniku podtopienia, wyniesie 30 tys. zł. Informacja dotycząca wartości oczekiwanej straty jest niezbędna do podjęcia ekonomicznie racjonalnej decyzji adaptacyjnej.

Koszt ekonomiczny

Koszt ekonomiczny jest pojęciem szerszym niż koszt księgowy. Z kosztem księgowym „żyjemy” praktycznie na co dzień i dlatego jest on powszechnie bardziej zrozumiały. Koszt księgowy obejmuje bieżą-

ce koszty funkcjonowania zarówno firm jak i gospodarstw domowych. Jest przecież zrozumiałe, że należy ponieść koszty wynagrodzeń pracowników, koszty wynajmu powierzchni, amortyzacji, zużycia materiałów i energii, zakupu surowców. Koszt ekonomiczny natomiast, oprócz kosztu księgowego, uwzględnia ponadto tzw. *koszt alternatywny*, czyli koszt utraconych korzyści. Pojęcie kosztu alternatywnego pojawia się zawsze wtedy, kiedy zasób środków jest dany i ograniczony. Decydent bowiem stoi wówczas przed dylematem w jaki projekt ograniczone środki zainwestować a z realizacji jakiego projektu zrezygnować. Utracona korzyść (zysk) z projektu niezrealizowanego jest właśnie kosztem alternatywnym i stanowi integralny komponent kosztów ekonomicznych. Dla przykładu wyobraźmy sobie, że władze gminy stoją przed następującym wyborem: albo ograniczony budżet przeznaczyć na działania adaptacyjne polegające na udrożnieniu ciekłu wodnego w mieście i tym samym uchronić sąsiadujące z rzeczką budynki od podtopień albo uwzględnić oczekiwania większości mieszkańców i wybudować ścieżkę rowerową. Jeśli władze zdecydują się na regulację rzeczki, to kosztem alternatywnym takiej decyzji będzie strata rowerzystów z powodu braku wygodnej ścieżki rowerowej.

Dyskonto

Pieniądz zmienia swoją wartość w czasie w tym sensie, że zarówno zyski jak i nakłady są inaczej wyceniane jeśli powstają „dziś”, niż jeśli powstają „jutro”. Generalnie rzecz biorąc, zrealizowany zysk czy nakład w przyszłości jest niżej wyceniony „dzisiaj” niż ich nominalne wartości w momencie realizacji. Narzędziem, pozwalającym porównywać zyski i wydatki różnie rozłożone w czasie jest tzw. współczynnik dyskonta, którego matematyczna postać wygląda następująco:

$$d = \frac{1}{(1+i)^n}$$

gdzie:

d – współczynnik dyskonta

i – rynkowa stopa procentowa

n – liczba lat

Dyskontowanie jest więc procesem odwrotnym do mechanizmu procentu składanego. Dyskonto pozwala sprowadzić przyszłe nakłady do wartości, jakie miałyby one w dniu sporządzenia rachunku ekonomicznego. Wartość nakładu w danym momencie jest odwrotnie proporcjonalna do stopy procentowej oraz liczby lat, które dzielą wydatek od momentu sporządzenia rachunku. W klasycznym rachunku efektywności inwestycji projektanci starają się koncentrować jak największe wydatki inwestycyjne w jak najpóźniejszym roku cyklu inwestycyjnego. W ten sposób koszt inwestycji zdyskontowany do momentu planowania jest niższy.

W odniesieniu do inwestycji adaptacyjnych, sytuacja wygląda inaczej. Z reguły większość nakładów należy ponieść na początku okresu, natomiast korzyści z inwestycji w infrastrukturę zabezpieczającą pojawiają się stopniowo i najczęściej ze znacznym odroczeniem czasowym. Ponadto, korzyści mają niejednokrotnie charakter pośredni, a nie bezpośredni. Fakty te przesądzają o tym, że projekty adaptacyjne nie będą podejmowane przez podmioty prywatne kierujące się rynkowymi kryteriami wyboru. Dlatego też należy uznać, że adaptacja jest dobrem publicznym i dlatego też działania w tym zakresie należą do kompetencji władz publicznych.

Kryterium optymalnego wyboru projektu adaptacyjnego

Wykorzystanie wyżej omówionych kategorii ekonomicznych pozwala na sformułowanie kryterium, za pomocą którego można ocenić czy dany projekt adaptacyjny z określonym prawdopodobieństwem spełnia warunki społecznej i ekonomicznej efektywności.

Generalną ideą rachunku ekonomiczno-społecznej efektywności adaptacji powinno być dążenie do uzyskania równości pomiędzy wartością oczekiwaną straty w wyniku zdarzenia ekstremalnego w okresie n lat, a zdyskontowaną wartością kosztów ekonomicznych poniesionych na instalację infrastruktury zabezpieczającej w okresie n lat.

Krzywa kosztów adaptacji

Z punktu widzenia kosztów ponoszonych na adaptację, ważne dla podmiotów podejmujących decyzje ekonomiczne jest ustalenie zależności pomiędzy ponoszonymi nakładami, a wysokością unikniętych strat. Charakter tej zależności leży bowiem u podstaw oceny opłacalności działań adaptacyjnych. Zależność między kosztami a unikniętymi stratami ilustruje przedstawiona poniżej krzywa kosztów adaptacji.

Krzywa kosztów adaptacji – jak widać – ma postać funkcji logarytmicznej. Oznacza to, iż w początkowym fragmencie jej przebiegu, o stromym nachyleniu, nawet niewielkie przyrosty kosztów poniesionych na adaptację dają więcej niż proporcjonalne korzyści w postaci unikniętych strat. Można powiedzieć, iż uniknięta strata staje się alternatywnym zyskiem. Ten przedział, stosunkowo niewielkich kosztów i dużych korzyści, należy przede wszystkim do kompetencji jednostek samorządu terytorialnego. Najbardziej efektywnym kosztem poniesionym na adaptację jest koszt przeznaczony na prewencję, a największe możliwości prewencji leżą właśnie w gestii jednostek samorządu terytorialnego.

Samorząd terytorialny ma w dyspozycji trzy skuteczne narzędzia o charakterze

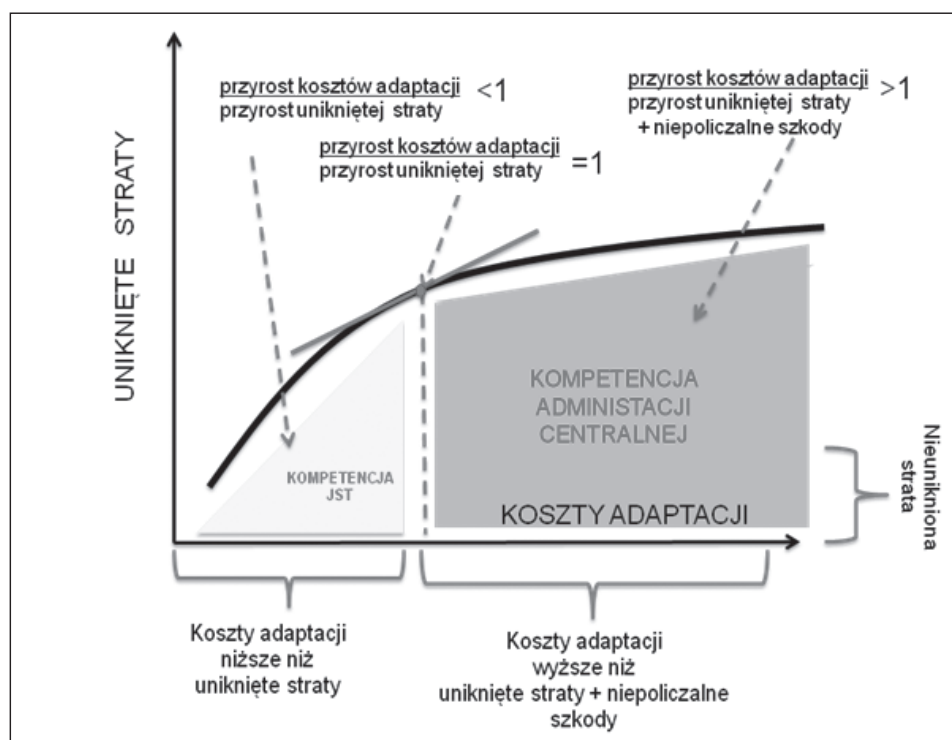
działań prewencyjnych i równocześnie adaptacyjnych. Pierwszym jest studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego, drugim – plan zarządzania kryzysowego, a trzecim – plan przestrzennego zagospodarowania. W ramach studium uwarunkowań, gmina opracowuje raport pt. „System przyrodniczy miasta” wraz z opracowaniem ekofizjograficznym, w którym zawarte są celowo wyodrębnione obszary pełniące funkcje klimatyczne, hydrologiczne i biologiczne. Z kolei rolą planu zarządzania kryzysowego jest ograniczanie skutków paniki i działań nieorganizowanych w obliczu nagłych zagrożeń. Najbardziej jednak skutecznym instrumentem działań adaptacyjnych w rękach gminy jest plan przestrzennego zagospodarowania. W planie przestrzennego zagospodarowania władze gminy mogą bowiem zawrzeć **reguły prawa miejscowego**, które już bezpośrednio są działaniami prewencyjno-adaptacyjnymi. Ten model działań adaptacyjnych nie wymaga dużych nakładów. W ramach reguł prawa miejscowego można zawrzeć:

- zakazy lokalizacji (np. na terenach zalewowych),
- nakazy uwzględniania wymagań ochrony środowiska (np. ochrona drzewostanów),

- preferowanie korzystnych działań i rozwiązań (np. promowanie perforowanych nawierzchni),
- nakładanie obowiązku (np. instalowanie zielonej infrastruktury czy też obowiązków rekompensowania).

Druga część krzywej kosztów adaptacji, bardziej płaska, odzwierciedla z kolei sytuację, w której działania adaptacyjne wymagają coraz większych nakładów, a oczekiwana korzyść, czyli uniknięte straty w relacji do poniesionych kosztów, są mniejsze. Dotyczy to przede wszystkim dużych inwestycji w infrastrukturę zabezpieczającą np. budowa wałów przeciwpowodziowych. Można sobie wyobrazić sytuację, kiedy wały konstruowane są na wypadek powodzi stulecia, a w danym stuleciu taka powódź nie wystąpi. Koszt duży, a uniknięta strata niewielka. Tego rodzaju przedsięwzięcia, ze względu na ich skalę i nakłady należą do kompetencji administracji centralnej lub też mogą być realizowane w formule partnerstwa publiczno-prywatnego.

Krzywa kosztów adaptacji nie wychodzi z początku układu współrzędnych lecz zaczyna się na pewnej wysokości pionowej osi rzędnych. Oznacza to, że zawsze musimy pogodzić się z jakąś wartością straty nieuniknionej, powstałej w wyniku zdarzenia ekstremalnego.



Ryc. 1. Krzywa kosztów adaptacji (opracowanie własne)

Zakończenie

Ekonomiczny aspekt działań adaptacyjnych wymaga wielopłaszczyznowego i interdyscyplinarnego podejścia. Z jednej bowiem strony musi się brać pod uwagę klimatyczno-przyrodniczy wymiar zdarzeń ekstremalnych z uwzględnieniem prawdopodobieństwa ich wystąpienia, z drugiej zaś musi zostać podjęta konkretna decyzja administracyjna, oparta na ekonomicznym rachunku zysków i strat, podejmowana zawsze w warunkach ograniczenia budżetowego. Coraz częściej notowane ekstremalne zdarzenia klimatyczne i coraz większa ich uciążliwość stanowią dostateczną przesłankę do stwierdzenia, iż racjonalnie podejmowane działania adaptacyjne zawsze się opłacają.

PROF. DR HAB. FELIKS GRADALSKI
INSTYTUT OCHRONY ŚRODOWISKA – PIB

NAJWIĘKSZE ZAGROŻENIA PSZCZELARSTWA W XXI W.

część II.

MACIEJ WINIARSKI

Rzeczą normalną i zrozumiałą dla wszystkich jest fakt dążenia ludzi do posiadania takich rzeczy, które nie tylko ułatwiają codzienne życie mieszkańców miast i wsi, lecz również, w miarę wzrostu zamożności, dążenie aby mieć dobra, które podnoszą prestiż danego człowieka w oczach współmieszkańców.

Do najbardziej pożądaných dóbr należy dobrze wyposażony w przeróżne urządzenia techniczne, własny dom i samochód osobowy. Takie dążenia nie są niczym zdrożnym, ani nie podlegającym jakiegokolwiek krytyce, gdyby nie jeden prosty i niezaprzeczalny fakt; wzrost zasobności społeczeństwa, wyrażający się dążeniem do własnego samochodu i domu, najczęściej odbywa się kosztem środowiska. Od połowy XX w. własny samochód stał się przedmiotem nie tylko pożądanym licznych ludzi, ale przede wszystkim środkiem łatwego i niezależnego przemieszczania się z miejsca na miejsce. Procesy te nasiliły się w Polsce i w Europie w pierwszych dwóch dekadach XXI w., kiedy liczba zarejestrowanych pojazdów samochodowych w samej tylko Polsce wzrosła do 25,7 mln szt. w roku 2016, a wg danych na 8.06.2017 pojazdów 28,7 mln, w tym samochodów osobowych - nieco ponad 22 mln (www.prawodrogowe.pl/informacje/).

Pomimo dość dużych wysiłków czynionych przez kolejne rządy, infrastruktura drogowa nie jest przystosowana do obsługi tak dużej liczby pojazdów samochodowych. Dlatego czeka nas przebudowa tej infrastruktury, a to oznacza trwałe wyłączenie znacznego arealu użytków rolnych przeznaczonych na rozbudowę dróg i autostrad. Już w chwili obecnej rocznie wyłączanych z rolnictwa jest 12-14 tys. ha z zasobu wynoszącego nieco ponad 18 mln ha (Dzun 2011). Prawdopodobnie proces wyłączenia użytków rolnych nasili się w latach 2018-2030, aby w następnym okresie spaść poniżej 10 tys. ha rocznie. Trwałe wyłączenie każdego ha ziemi rolnej oznacza nieodwracalną utratę na tej powierzchni bazy pożytkowej dla pszczół.

Użytki rolne przeznaczane są nie tylko na drogi, ale także pod budownictwo przemysłowe i mieszkaniowe, rozwój infrastruktury kolejowej i transportu powietrznego. Jeżeli miejsca architektki pamiętają o równoległym do powstających osiedli zachowaniu terenów zielonych to straty dla pszczół nie są całkowite. W niektórych przypadkach obszary wielkomiejskie stają się nawet bezpieczną ostoją dla pszczół udomowionych i dziko żyjących, z racji braku zabiegów chemizacyjnych na bytujących w mieście roślinach. Rzecz jasna, miejskie aglomeracje obsługiwane są wyłącznie przez pszczelarzy-hobbystów, ponieważ wydajności miodu od jednej rodziny nie mogą być wysokie. Na świecie jednak są liczne dzielnice przylegające do dużych miast, w których życie ludzi jest bardzo ciężkie, najczęściej w warunkach urągających godności człowieka. Mam tu na myśli slumsy, które z reguły nie są zwodociągowane i nie są skanalizowane. Współczesna historiografia kieruje swoje zainteresowania na życie zwykłych ludzi w minionych epokach. Uważam, że zanim ktoś przystąpi do opisywania życia codziennego człowieka starożytności lub średniowiecznego, to powinien zwiedzić slumsy, obojętnie w jakim kraju. I niech go nie zmylą komórki w dłoniach młodych ludzi, czy telewizory we wnętrzach nędznych chat. Jak przed wiekami ludzie noszą wodę na głowach z odległych studni, nieczystości są odprowadzane nieprzykrytymi rynsztokami, w których niekiedy bawią się małe dzieci. Dominującym zapachem jest kwaśno-mdły smród w całej okolicy. Regułą jest, że w slumsach nie uświadczą się żadnego drzewka, żadnego krzewu i o hodowli pszczół na takich ob-

szarach nie może być mowy. Ale nadzwyczajny rozrost slumsów w II połowie XX w. i na początku XXI w. posiada jeszcze inny bardzo niepokojący wymiar. Otóż, do różnych metropolii wpływają strumienie ludzi opuszczających obszary wiejskie. Dzieje się tak dlatego, ponieważ w krajach III świata, (prawie cała Afryka, część Azji i większa część Ameryki Południowej) w przypadkach klęsk żywiołowych (głównie susz wyniszczających uprawy), przeżycie na obszarach wiejskich jest o wiele trudniejsze niż na obszernych przedmieściach dużych miast (Winiarski 2007). W tych regionach świata, powstaje taki oto paradoks: obserwuje się pustoszenie obszarów wiejskich przy równoczesnym, ogromnym przeludnieniu dużych miast. Dla przykładu można podać, że Peru liczy ok. 32 mln mieszkańców, z czego prawie 10 mln mieszka w stolicy kraju w Limie. Ale slumsy w tym mieście są ogromne. Rzecz oczywista, że tak duże migracje ludności stanowią dużą barierę rozwoju pszczelarstwa w tym kraju.

Odrębną sprawą są wojny i lokalne konflikty zbrojne (etniczne i religijne). W czasach mojej młodości o wojnach religijnych uczyliśmy się wyłącznie na lekcjach historii. Nigdy, przenigdy nie przyszło mi na myśl, że doczekam czasów ponownego pojawienia się wojen religijnych na naszym globie! Cóż w technice i technologii produkcji broni zmieniło się wszystko, tylko człowiek się nie zmienił... Europa od ponad 70 lat nie była uwikłana w żadną wojnę z wyjątkiem krajów byłej Jugosławii (lata 90. XX w.) i trwający od 4 lat konflikt na Południowej Ukrainie. Współcześnie większość konfliktów rozgrywa się w Afryce i w Azji, sporadycznie

w Ameryce Południowej. Zdziwiał tylko zaciekłość i brutalność walczących stron, która powoduje exodus większej części ludności z obszarów objętych konfliktami do krajów sąsiednich, dalej do Europy i Ameryki Północnej. Każda wojna jest olbrzymim zagrożeniem dla całej gospodarki obszaru objętego konfliktem zbrojnym, w tym również i dla rozwoju pszczelarstwa. Wątku tego nie będę rozwijał, jako że Polska i Polacy w swej najnowszej historii doświadczili niejednokrotnie okrucieństw wojen, prowadzonych na Jej terytorium i nam nie trzeba tego tematu bez końca powtarzać. **Ale ceńmy sobie pokój**, bo nie jest on nam dany **raz na zawsze!**

Myślę, że omawiając zagrożenia dla pszczół i pszczelarstwa nie od rzeczy będzie wspomnieć o panującej nędzy na naszym globie. Według Forbes w skrajnym ubóstwie żyje 1,2 mld ludzi na świecie! W szczególnej trudnej sytuacji jest Afryka, której liczne konflikty zbrojne na tle etnicznym i religijnym pogarszają sytuację materialną mieszkańców w wielu krajach. Dużym niebezpieczeństwem dla Afryki jest sytuacja demograficzna tego kontynentu. Dzisiaj liczy 1,2 mld ludzi (z tego 60% poniżej 25 roku życia!), a w roku 2050 kontynent ten będzie liczył już dużo ponad 2 mld ludzi. Narastające przeludnienie tego kontynentu spowoduje wzrost liczby ludzi żyjących w skrajnej biedzie, a równocześnie u wrót Europy stanie kilkaset milionów młodych ludzi, pragnących urządzić sobie życie na Starym Kontynencie. Ktokolwiek widział dzieci ze wzdętymi brzuskami, patykowatymi kończynami i te oczy, olbrzymie gasnące oczy, ten mając to w pamięci nie będzie potępiał migrantów. Lecz w masowej migracji Afrykańczyków nie widzę rozwiązania problemu skrajnej nędzy na tym kontynencie. Podczas moich podróży, w Peru zaobserwowałem zadziwiające zjawisko: dietność rodzin gwałtownie malała, jeżeli młoda rodzina miała stałe źródło dochodów, zabezpieczające w miarę jej spokojne życie. Były to rodziny nauczycieli, policjantów, urzędników, wojskowych itd. Zatem „eksplozję demograficzną” możemy rozładować dając tym ludziom przyszłościową „wędkę” zabezpieczającą im stałe i względnie wysokie dochody. Dobrze to opisuje Jeffrey Sachs (2006), na przykładzie

zdobywania edukacji przez biedne kobiety w Bangladeszu. Rzecz jasna, przy tej okazji można zadbać o rozwój pszczelarstwa – bo jak dotąd - ludzie żyjący w skrajnej biedzie - mogą tylko dziko żyjące rodziny pszczoł obrabowywać i niszczyć. Bieda jest straszonym „panem” i człowiek nią dotknięty zrobi wszystko, aby tylko przetrwać.

Duże powierzchnie użytków rolnych są przeznaczane pod budowę lotnisk. Zazwyczaj są to tysiące ha, które z punktu widzenia pszczół i pszczelarstwa są całkowicie bezużyteczne. Oczywiście, przed postępem technicznym nie ma odwrotu i my pszczelarze takie działania musimy zaakceptować, tym bardziej, że sami korzystamy z samochodów, czy też z różnych form komunikacji zbiorowej. Ale przy podejmowaniu decyzji lokalizacyjnych nowych inwestycji, planiści muszą być bardzo rozważni. Mamy już kilka lotnisk w Polsce, które zostały tak nieszczerliwie zlokalizowane, iż nie mają i nie będą miały wymaganego obłożenia pasażerów i prawdopodobnie zostaną zamknięte. Bezenna ziemia zostanie prawie bezpowrotnie stracona. Dlaczego piszę „prawie”? Mamy przykład miasta Prypeć na Ukrainie, położonego 3 km od czarnobylskiej elektrowni atomowej. Po katastrofie w kwietniu 1986 r. miasto zostało ewakuowane i pomimo, że minęło już 30 lat, to powrót roślinności na te tereny jest bardzo powolny. Zresztą dla współczesnych pszczelarzy ukraińskich sukcesja ekologiczna Prypeci nie ma najmniejszego znaczenia, jako, że czas połowicznego rozpadu Plutonu 238 wynosi 88 lat, strontu 90 „tylko” 28 lat! Blokadą (zakaz zamieszkania przez ludzi) objęto obszar 2500 km², co stanowi 9% powierzchni Ukrainy (<https://pl.wikipedia.org>). Z punktu widzenia pszczelarstwa, obszary tak silnie zanieczyszczone materiałami promieniotwórczymi są całkowicie bezużyteczne. W świetle powyższych danych o czarnobylskiej katastrofie, nie powinni dziwić obawy polskich pszczelarzy na wieść, że polski rząd wraca do pomysłu budowy elektrowni atomowej w Żarnowcu. Jest to być może najczystsza technologia, ale w razie awarii skutki są katastrofalne i praktycznie nieodwracalne. Wracając do opuszczonych lotnisk i dróg, sukcesja ekologiczna roślin na zabetonowanych powierzchniach

jest procesem długotrwałym, najprawdopodobniej przekraczającym długość życia człowieka. Dlatego porównałem to do opuszczonego przez ludzi miasta na Ukrainie.

Użytki rolne, niekiedy także lasy, są również zabierane na budowę nowych miast i osiedli, a zdecydowanie częściej – na rozbudowę miast już istniejących. W takim postępowaniu nie ma nic zdrożnego, jednakże pod warunkiem, że zostanie zabezpieczony zrównoważony rozwój miast, częściej nazywany przez architektów „Nowym Urbanizmem”, który jest przeciwstawny do lansowanego przez były blok krajów socjalistycznych – od Berlina po Sachalin – osiedli mieszkaniowych wysokościowców, wykonanych z betonu i stali. Znajdujące się w nich mieszkania są nieprzyjemne dla ich mieszkańców, no i zazwyczaj zapomniano o tym, iż równocześnie osiedlom tym powinny towarzyszyć jakieś parki i skwery rekreacyjne. Koncepcja tzw. Nowego Urbanizmu w „pełni zabezpiecza wielofunkcyjność zagospodarowywanej przestrzeni ponieważ łączy obiekty mieszkalne, usługowe, biurowe i rekreacyjne. Chodzi o to, żeby w najbliższym miejscu swojego zamieszkania, móc uczyć się, pracować, robić zakupy, spędzić miło wolny czas, pójść do lekarza. Równocześnie by ta przestrzeń była atrakcyjna, przyjemna i bezpieczna. Także sama społeczność powinna być zróżnicowana, by przeciwdziałać wykluczeniu”. Pod względem komunikacji, Nowy Urbanizm propaguje hasło: „Miasta są dla ludzi, nie dla samochodów” (www.morison.pl/blog/nowy-urbanizm/). W tak zarysowanej koncepcji funkcji Nowego Urbanizmu, śmiało mieszczą się również pszczoły miodne. Zresztą w jednym ze wcześniej opublikowanych artykułów wspominałem, że w Berlinie znajduje się 9 rodzin na km², a także o istnieniu Londyńskiego Stowarzyszenia Pszczelarzy Dachowych, które energicznie działa w stolicy Wielkiej Brytanii. Ze smutkiem powtórzę to jeszcze raz, że jeżeli w rolnictwie procesy chemizacyjne nadal będą szły w kierunku maksymalizacji zysku za wszelką cenę, to jedyną ostoją dla pszczół miodnych i części pszczół dziko żyjących mogą stać się obszary dużych miast.

DR INŻ. MACIEJ WINIARSKI

SŁONECZNA ELEKTROWNIA NA WROCŁAWSKICH DACHACH

AURELIUSZ MIKŁASZEWSKI

To praktyczna realizacja budowania energetyki prosumenckiej. 18 grudnia 2017 r. Spółdzielnia Mieszkaniowa Wrocław-Południe uruchomiła elektrownię składającą się z 35 instalacji fotowoltaicznych umieszczonych na 35 dachach budynków. Jest to pierwsza w Polsce tak duża elektrownia słoneczna na dachach budynków spółdzielczych.

Łączna moc instalacji to 739 kWp¹, powierzchnia zajęta na dachach wynosi ok. 0,5 ha. Przewiduje się, że w ciągu roku panele będą wytwarzały, a właściwie pozyskiwały ze słońca ok. 700 MWh energii elektrycznej. Będzie ona wykorzystana do zasilania infrastruktury części wspólnych budynków (windy, maszynownie, oświetlenie korytarzy i klatek schodowych) zamieszkałych przez ok. 15 tys. mieszkańców. Dotychczas ich rachunki za prąd wynosiły ok. 1 mln zł rocznie. Szacuje się, że po uruchomieniu elektrowni mieszkańcy będą płacili ok. 337 tys. zł mniej za prąd.

Cała inwestycja kosztowała 4,2 mln. zł i została sfinansowana z ogólnopolskiego programu Prosument, który Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej realizował na Dolnym Śląsku we współpracy z Wojewódzkim Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej we Wrocławiu. Inwestycja kosztująca 4,2 mln zł, zrealizowana została dzięki bezwrotnej dotacji (1,7 mln zł) oraz kredyto-

wi (2,5 mln zł) o preferencyjnym oprocentowaniu. Program Prosument nie wymagał wkładu własnego ze strony mieszkańców spółdzielni.

Efekty środowiskowe

Zakładając, że z uzyskanych oszczędności będzie spłacony kredyt, to okazuje się, że zostanie on spłacony po 7-9 latach i cała inwestycja zostanie zamortyzowana, a w dalszych latach „prąd będzie za darmo” dla części wspólnych budynków, co przeloży się na obniżenie kosztów ich utrzymania.

Wykorzystanie prądu z paneli fotowoltaicznych zamiast z sieci pozwala na niewyemitowanie do atmosfery zanieczyszczeń, jakie obciążają wytwarzanie prądu z węgla czy gazu oraz na obniżenie emisji gazu szklarniowego (dwutlenku węgla) wpływającego negatywnie na klimat.

Jeżeli prąd pochodziłby z elektrowni na węgiel brunatny o emisyjności 0,98 kg CO₂/kWh, to uniknięta emisja wynosi 686 ton CO₂ rocznie.

Jeśli prąd jest z węgla kamiennego (o emi-

syjności 0,765 kg CO₂/kWh), to emisja uniknięta w ciągu roku wynosi 535 ton CO₂.

Przy wykorzystaniu prądu z gazu ziemnego (emisyjność 0,445 kg CO₂/kWh) do atmosfery trafiłoby o 311 ton CO₂ mniej w ciągu roku.

Zakładając, że energia elektryczna jaka dociera do Wrocławia pochodzi z węgla (kamiennego, brunatnego o różnych parametrach emisyjności) można wyliczyć ilość innych produktów spalania, których emisji dzięki wykorzystaniu energii z fotowoltaiki można w ciągu roku uniknąć, i tak:

- dwutlenku siarki - SO₂ (1,3 – 5,2 kg/MWh) od 910 do 3640 kg;
- tlenków azotu - NO_x (1,5 – 5,2 kg/MWh) od 1050 do 3650 kg;
- pyłów (1–4 kg/MWh) od 700 do 2800 kg.

Obniżenie emisji CO₂ wpisuje się też w realizację celu zobowiązań Polski wobec Unii Europejskiej, tj. uzyskanie 15% energii z OZE do roku 2020.

DR INŻ. AURELIUSZ MIKŁASZEWSKI



Fot. 1. Panele fotowoltaiczne na dachu budynku przy ul. Sanockiej 9, fot. Aureliusz Mikłaszewski



Fot. 2. Prezes Zarządu WFOŚiGW Łukasz Kasztelowicz udziela wywiadu podczas uruchomienia elektrowni fotowoltaicznej, fot. Aureliusz Mikłaszewski

W POSZUKIWANIU BEZPIECZNEGO DO ŻYCIA POWIETRZA

TADEUSZ KOPTA

Obecny stan techniki pozwala każdemu na poszukiwanie miejsc gdzie zanieczyszczenie powietrza będzie na tyle małe, że można tam „wywietrzyć swoje płuca” zatrwane spalinami i smogiem codziennego życia. Pozwala na to zaopatrzenie się w pyłomierz, który wskaże nam miejsca o różnym zanieczyszczeniu pyłami zawieszonymi PM10 lub PM2,5. Nie chodzi przy tym o ustalenie ścisłych wartości liczbowych, bo to wymaga zastosowania odpowiednich procedur badawczych, lecz o ocenę jakościową zjawiska zanieczyszczenia powietrza, którym oddychamy w naszych miastach i wsiach. Dzięki prowadzeniu przez WIOŚ i inicjatywę AIRLY stałych pomiarów coraz więcej wiemy o wielkości zanieczyszczenia powietrza w ustalonych punktach. Natomiast mało wiemy czy są jakieś miejsca, do których można uciec przed zanieczyszczeniami, a przynajmniej znaleźć takie o mniejszym skażeniu, zapewniające większe bezpieczeństwo dla zdrowia.

Spróbujmy zatem prześledzić co nam zagraża w różnych miejscach naszego pobytu a więc: na ulicy, w autobusie, w tramwaju, w samochodzie, na rowerze, w parku, w lesie, w górach, nad morzem, w mieszkaniu. Musimy sobie zdawać sprawę, że ta ocena nie będzie pełna, gdyż nie ma możliwości zbadania stężeń wszystkich składników spalin samochodowych, których wg badań szwedzkich jest około 15 000. Zbadamy jedynie skalę zanieczyszczenia PM2,5 pozostawiając w domyśle resztę zanieczyszczeń. Możemy też założyć z dużym prawdopodobieństwem, że wysokie stężenia PM2,5 będą wskaźnikiem wysokich stężeń innych zanieczyszczeń. Dzięki pomiarom i badaniom także innych badaczy będziemy mogli określić swoje zagrożenie przebywając w środowisku ww. miejsc. Samo uzyskanie stężenia zanieczyszczenia pyłowego nie jest wystarczające, bo pyły mogą być pochodzenia naturalnego i te w normalnej sytuacji nie są szkodliwe dla człowieka. Dla człowieka groźne są pyły pochodzenia antropogenicznego i te należy wnikliwie badać. Pyły naturalne to: pyły z gleb i skał, pyły pochodzące z roślin, pyły powstałe

w trakcie naturalnych pożarów roślinności, aerozole morskie, pyły z erupcji wulkanicznych, pyły wtórne powstające z gazów emitowanych ze źródeł naturalnych. Pyły pochodzenia antropogenicznego to: pyły związane z działalnością gospodarczą (przemysł, rolnictwo), pyły powstające ze spalania paliw kopalnych w piecach/kotłowniach grzewczych, pyły emitowane przez pojazdy, pyły wtórne powstające z gazów emitowanych w związku z aktywnością człowieka.

Chodząc po ulicach narażamy się na wdychanie powietrza zatrutego pyłami i gazami samochodowych spalin. Jeśli oddalimy się od ulicy i idziemy chodnikiem po drugiej stronie wysokiej kamienicy, która nas ekranuje od ulicznego ruchu samochodów to stężenie pyłu PM2,5 spada. Spada też zapewne stężenie gazów, bo czuć wyraźną różnicę między zapachem powietrza zanieczyszczonego węglodorami. Zawsze lepiej spacerować po oddalonych od ulic skwerkach i parkach oraz obszarach osiedlowych gdzie stężenie pyłu PM2,5 spada niż wzdłuż ulic gdzie wzrasta, szczególnie na skrzyżowaniach. Spacerowanie wzdłuż głównych

ulic i dróg naraża nas na wdychanie silnie zanieczyszczonego powietrza, nie tylko pyłami ale także gazami. Z badań wynika także, że w porównaniu do kierowców i pasażerów samochodów, piesi i rowerzyści są w lepszej sytuacji.

W miastach zachęcają nas do korzystania z komunikacji zbiorowej zamiast samochodu. Wsiądźmy zatem do nowoczesnego autobusu Solaris czy Mercedes, spełniających normę emisji spalin Euro 6 o dobrej wentylacji i klimatyzacji ze szczelnymi drzwiami. Okazuje się, że stężenie pyłu PM2,5 spadnie wewnątrz autobusu o 10-40% w stosunku do tego jakie występuje na zewnątrz autobusu. Każde otwieranie drzwi autobusu na przystankach powoduje napływ zanieczyszczonego powietrza z zewnątrz co objawia się wzrostem stężenia PM2,5. Jeśli na ulicy występuje stężenie około 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (dopuszczalne polskim prawem) to wewnątrz autobusu może spaść nawet do 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Podobnie jest w przypadku nowoczesnych tramwajów typu PESA 2014 N Kraków lub Bombardier NGT8. Jadąc dłużej przez różne obszary obserwuje się, że zanieczyszczenie pyłem PM2,5 wewnątrz

autobusu jest uzależnione od zewnętrznego zanieczyszczenia powietrza danego obszaru. Jeśli autobus przejeżdża przez obszar o większym zanieczyszczeniu tym pyłem to wewnątrz zanieczyszczenie także zwiększa się. Jednak zupełnie inaczej jest w przypadku starych tramwajów typu 105N, wiedeńskich E1, C3EU8N, norymberskich GT6 i N8 i innych niemieckich GT8S jeżdżących jeszcze po polskich miastach. Tramwaje te nie posiadają wentylacji i klimatyzacji, a drzwi są nieuszczelnione co znacząco odbija się na jakości powietrza, zwłaszcza w sytuacji dużego napełnienia. Stwierdzono stężenia PM_{2,5} nie różniące się od stężeń występujących na zewnątrz pojazdu, a nawet są one większe wewnątrz tramwaju niż na zewnątrz.

Jak jest w przypadku zanieczyszczeń gazowych nie wiemy, bo nikt takich pomiarów nie robił w przypadku tramwajów i autobusów. Natomiast robione były pomiary dla samochodów osobowych i okazało się, że wewnątrz samochodu stężenia zanieczyszczeń gazowych takich jak tlenek węgla (czad), węglowodory (np. benzen), tlenki azotu są znacznie większe niż na zewnątrz samochodu (Lynham 1997, Konferencja „Transport zrównoważony dla zdrowia i środowiska”, 2001). Natomiast w przypadku pyłu PM_{2,5} jest odwrotnie. Ben Barratt z King's College London, mierzył ekspozycję osób podróżujących samochodem, autobusem, rowerem i pieszo w Londynie w 2014 roku. Stwierdził on, że kierowcy samochodów są narażeni na najwyższy poziom zanieczyszczenia. Zanieczyszczenia z pojazdów poprzedzających i sąsiednich wpadają do samochodu i tam się komasują. Autor badań przestrzega kierowców, że ich wyobrażenia o możliwości zabezpieczenia się przed spalinami wewnątrz samochodu są nieprawdziwe. Wręcz przeciwnie, trzeba z samochodu wysiąść aby poprawić swoją sytuację. Badania wykazały, że aż połowa zanieczyszczeń w samochodach testowych pochodzi z pojazdów jadących bezpośrednio przed nami, zwłaszcza jeśli są to pojazdy silnie zanieczyszczające, takie jak ciężkie samochody ciężarowe z silnikiem wysokopręż-

nym. Poziomy niektórych zanieczyszczeń i związków toksycznych mogą być nawet 10 razy wyższe w pojazdach niż na zewnątrz. Otwieranie lub zamykanie okien samochodu i otworów wentylacyjnych może zmniejszyć niektóre zanieczyszczenia ale jednocześnie zwiększyć inne, np. PM_{2,5}. Używanie klimatyzacji ustawionej na recykulowanie powietrza może odfiltrować większość pyłów PM₁₀ i PM_{2,5}, ale utrzyma w nich lotne związki organiczne, zwłaszcza gdy pojawiają się opary podczas tankowania lub gdy silnik działa nieprawidłowo, albo jeśli zanieczyszczenia pochodzą z wnętrza samochodu. Częste zatrzymania jakie są nieuniknione w ruchu miejskim znacznie zwiększa narażenie kierowcy na zanieczyszczenie powietrza. Stwierdzono w pomiarach nawet 29-krotnie wyższe stężenia szkodliwych pyłów w czasie postoju na skrzyżowaniach niż w czasie jazdy. I choć kierowcy spędzili tylko 2 procent czasu na skrzyżowaniach, to wtedy właśnie powstało aż 25 procent zanieczyszczeń powietrza, którym oddychali w czasie podróży. Oprócz tego nie wolno zapominać, że szereg zanieczyszczeń uwalnia się z materiałów wewnętrznego wyposażenia samochodów. Dotyczy to: wykładzin, winylu, tworzyw sztucznych, skóry, tkanin, piankowych poduszek, klejów i uszczelnaczy. Te zanieczyszczenia są szczególnie odczuwalne podczas upałów, gdyż ciepło pomaga uwolnić chemikalia, a w niektórych przypadkach wyzwała rozpadanie się na toksyczne produkty uboczne. Pod tym względem nowe samochody są bardziej dokuczliwe. Poza tym dezodoranty i środki czyszczące zanieczyszczają powietrze wewnątrz samochodów, podobnie jak wnętrza mieszkań. Wg japońskiego Instytutu Zdrowia Publicznego zanieczyszczenia te są szczególnie aktywne w okresie czterech miesięcy od zakupu nowego samochodu, ale nasilają się przy rozgrzaniu samochodu w słoneczne dni w ciągu pierwszych trzech lat użytkowania.

Przy ekstremalnych zanieczyszczeniach służby ochrony środowiska zachęcają do pozostania w domach, ale czy rzeczywiście powietrze w domach

i pomieszczeniach zamkniętych zapewnia bezpieczeństwo? Wyniki badań nie są jednoznaczne, jedne - szczególnie w zakresie zanieczyszczeń pyłowych, mówią o lepszej sytuacji w domach niż na zewnątrz, a inne - szczególnie w zakresie zanieczyszczeń gazowych, wskazują na znacznie większe zanieczyszczenie powietrza w mieszkaniach. Zachęcający do pozostania w domach ograniczają się w swoich pomiarach do pyłów PM₁₀ i PM_{2,5} zapominając, że w powietrzu mieszkań oddychamy nie tylko pyłami, ale wieloma substancjami, których stężenia (jak wynika z innych badań) przekraczają dopuszczalne normy. Badania zachęcające do pozostawania w domach podają, że stężenia pyłów PM₁₀ i PM_{2,5} wewnątrz mieszkań są o 20-70% niższe niż na zewnątrz naszych domów, a przeprowadzone przez AGH wskazują, że w zależności od wieku budynku i szczelności okien, do pomieszczeń przedostaje się od 30 do 80% pyłów zawieszonych z powietrza z zewnątrz (Bartyzel 2017). Równocześnie inne badania stężenia pyłów PM₁₀ i PM_{2,5} przeprowadzone w Krakowie wskazują, że w 31% przypadków powietrze było bardziej zanieczyszczone w środku budynku niż na zewnątrz. Moje obserwacje stężenia PM_{2,5} w mieszkaniu wskazują, że przy częstym wietrzeniu mieszkania, co jest konieczne ze względów higienicznych, stężenia zewnętrzne PM_{2,5} niewiele się różnią od wewnętrznych.

Niestety, badania te ograniczają się wyłącznie do pyłów, a wewnątrz mieszkań mamy zanieczyszczenia przede wszystkim gazowe, pochodzące zarówno z zewnątrz jak i emitowane wewnątrz. Warunkiem ograniczenia stężenia pyłów są bardzo szczelne okna; przy nieuszczelnionych oknach i używaniu lufek stężenie pyłów zawieszonych wewnątrz mieszkania nie różni się od tego na zewnątrz. Nawet szczelne okna nie zapewniają pełnego bezpieczeństwa mieszkańcom, gdyż zależy ono od skali smogu. Jeśli na zewnątrz mieszkania notuje się stężenia czterokrotnie przekraczające dopuszczalne normy to wewnątrz mieszkania będą to przekroczenia około dwukrotne, a więc nadal poważ-

nie zagrażające naszemu zdrowiu. Poza tym, nawet jeśli stężenia pyłów wewnątrz mieszkania będą mieściły się w dopuszczalnych normach to musimy mieszkania wietrzyć i wtedy do mieszkań wpuszczamy bardziej zanieczyszczone pyłami i gazami powietrze zewnętrzne, czyli błędne koło się zamyka.

Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska twierdzi, że powietrze w pomieszczeniu może być od dwóch do pięciu razy bardziej zanieczyszczone niż powietrze na zewnątrz. Na takie zanieczyszczenia w naszych domach i biurach wpływają lotne substancje chemiczne: trichloroetylen, aldehyd mrówkowy, benzen, ksylen, amoniak. Oprócz nich, w niewentylowanych pomieszczeniach stwierdzono prawie 150 szkodliwych substancji, często w stężeniu przekraczającym kilkudziesięciokrotnie dopuszczalne dla zdrowia normy. Atmosfera w naszych domach i miejscach pracy na pewno nam nie sprzyja, a może poważnie odbić się na naszym zdrowiu. Te szkodliwe substancje wydzielają się z tworzyw sztucznych, farb, wykładzin, urządzeń elektronicznych (drukarek, kserokopiarek, komputerów), AGD, dywanów, instalacji, mebli z syntetyków (popularna płyta wiórowa), materiałów budowlanych, klejów,

środków czyszczących, tapet, obrazów, emalii. Ponadto, w sytuacji gdy używamy w domu gazu do gotowania i w piecykach łazienkowych, dodatkowo zanieczyszczamy nasze powietrze tlenkami azotu i węgla oraz innymi substancjami. Niekorzystną sytuację pogarszają oczywiście palące papierosów z sąsiednich mieszkań i klatek schodowych, nawet jeśli sami nie palimy. Wielu naukowców uważa, że powietrze w pomieszczeniach ma większy wpływ na nasze zdrowie niż zanieczyszczenia zewnętrzne na ulicy, ze względu na długość przebywania i ciągłe narażenie na kontakt z niebezpiecznymi substancjami. Zatem zachęty do pozostawiania w domach w sytuacjach smogowych wydają się nie w pełni uzasadnione, bo oprócz pyłów należałoby dokonywać pomiarów stężeń substancji gazowych wewnątrz budynków.

Natomiast zachęcanie do kupowania i instalowania w mieszkaniach oczyszczaczy powietrza, które są w stanie doprowadzić powietrze w mieszkaniu do dopuszczalnego stężenia, uzasadniałoby pozostawianie w domu. Nie można jednak zapominać, że przy ekstremalnym smogu także one mają problem z utrzymaniem dobrej jakości powietrza. Ale

naszymi sprzymierzeńcami mogą być rośliny, które pochłaniają zanieczyszczenia gazowe, chociaż skala ich możliwości nie jest nieograniczona. W 1989 roku NASA przeprowadziła badanie dotyczące wpływu roślin na czystość powietrza. Spośród wielu wybrano 18 najskuteczniejszych w pochłanianiu toksyn, które można wykorzystywać w domu lub w biurze. Najlepiej oczyszcza powietrze: **chryzantema wielkokwiatowa, dracena odwrócona, skrzydłokwiat, bluszcz pospolity i sansewieria gwinejska**. Dalsze miejsca na liście zajęły: rapis wyniosły, gerbera Jamesona, dracena wonna, dypsis lutescens, figowiec Benjamina, epipremnum złociste, anturium Andrego, liriopie szafirkowata, daktylowiec niski, nefrolepis wyniosły, nephrolepis obliterata, zielistka Sternberga, aglaonema. Okazuje się, że rośliny potrafią chronić się przed zanieczyszczeniami wchłaniając niebezpieczne substancje i wiążąc je w postaci, która przestaje być szkodliwa. Innym zjawiskiem (to na nie właśnie wskazuje w swoim badaniu NASA) jest działanie mikroorganizmów żyjących w glebie oraz układu korzeniowego roślin. Opiswane mechanizmy sprawdzają się w oczyszczaniu powietrza z niebezpiecznych związków chemicznych, ale nie zapewnią usuwania pyłów zawieszonych PM10 i PM2,5, których stężenia są regularnie w Polsce przekraczane.

Czy pójdzie do parku poprawi naszą sytuację w przypadku pyłów PM2,5? Okazuje się, że w niewielkim stopniu, bowiem stężenia pyłów nie są tam znacząco mniejsze niż na otaczających ulicach. W parkach mogą być natomiast mniejsze stężenia zanieczyszczeń gazowych, co podkreślają eksperci od zieleni mówiący o niej jako o swoistym filtrze. Na terenach parkowych nie czuć też tak charakterystycznego zapachu węglowodorów z jakimi mamy do czynienia na ulicach i stacjach benzynowych. Jednak w sytuacji ekstremalnie smogowej nie znajdziemy ratunku w dużych kompleksach leśnych, bo i tam stwierdza się wysokie stężenia pyłu PM2,5. Przykładowo, w Krakowie, w Lesie Wolskim nie stwierdzono mniejszego



Fot. 1. Łądek Zdrój - nawet w uzdrowisku trudno o dobrej jakości powietrze, bezpieczne dla zdrowia, fot. Krystyna Haladyn

stężenia PM_{2,5} od stężenia odnotowanego w pobliżu tego lasu. W środku Puszczy Niepołomickiej zlokalizowanej w pobliżu Krakowa, która jest znacznie większym kompleksem leśnym niż Las Wolski, stwierdzano o połowę mniejsze stężenia PM_{2,5} niż obok obszaru leśnego, ale pomiary zostały przeprowadzone w dniu bez smogu. Natomiast w zachodniej części puszczy, przy wysokich stężeniach PM_{2,5} w jej otoczeniu, stwierdzono nieznacznie mniejsze stężenia.

W sytuacji ekstremalnego smogu najlepszym wyjściem jest pójście wysoko w góry lub nad morze, gdyż tam stwierdza się niskie poziomy stężeń pyłu PM_{2,5}, natomiast parki i małe obszary leśne nie zapewniają dobrego powietrza. Przy smogu o stężeniu PM_{2,5} (60-80) µg/m³ w dolinie Raby w Myślenicach można się „ewakuować” w poszukiwaniu lepszego powietrza na sąsiadującą z miastem górę Ukleina 677 m n.p.m. Stwierdzono tam wyraźny spadek stężenia PM_{2,5} wraz ze wzrostem wysokości. Ten spadek zaznaczył się powyżej 500 m n.p.m. aby na szczycie osiągnąć minimum 11 µg/m³. Jednak im większy smog w górskiej dolinie, tym wyżej trzeba wyjść aby znaleźć dobre powietrze. Przy stężeniu PM_{2,5} w granicach 200 – 400 µg/m³ w Myślenicach na stokach Ukleiny występuje stężenie rzędu 60-80 µg/m³. To dużo mniej, ale nie na tyle, aby uznać to powietrze za bezpieczne dla zdrowia. W Porębie koło Myślenic domy są zlokalizowane na stromych stokach wąskiej doliny, gdzie stężenie pyłu PM_{2,5} sięga od 400 do 600 µg/m³. Wystarczy podejść w kierunku Suchej Polany, oddzielającej masyw Kamiennika od Łysiny, aby poczuć lepsze powietrze. Dopiero jednak na szczycie Łysiny (897 m n.p.m.) stwierdzono stężenie PM_{2,5} od 17 do 31 µg/m³. W otoczeniu Gorców przy stężeniu PM_{2,5} w granicach 8-18 µg/m³ na szczytach stwierdzano stężenie rzędu 2-9 µg/m³. Oczywiście należałoby sprawdzić czy te górskie pyły są w większości pochodzenia naturalnego, czy też antropogenicznego, gdyż nawet takie samo stężenie w Krakowie i Gorcach może oznaczać, że pyły krakowskie zagrażają zdrowiu,



Fot. 2. Kotlina Jeleniogórska przykryta warstwą smogu, lepszej jakości powietrze znaleźć można dopiero na szczytach Karkonoszy, fot. Krystyna Haladyn

a pyły gorczańskie nie!

Badacze problematyki zagrożeń zdrowia spowodowanych zanieczyszczeniem powietrza próbują ustalić wskaźniki ryzyka (Baran, Bubak i Wieczorek 2017). Wpływ zanieczyszczenia powietrza na zdrowie ustala się w wyniku badań epidemiologicznych, które pokazują skutki zdrowotne i czynniki odpowiedzialne za ten stan. Natomiast ocenę ryzyka zdrowotnego opiera się na danych środowiskowych i przez modelowanie matematyczne uzyskuje się prawdopodobne skutki zdrowotne. Ocenę ryzyka zdrowotnego można podzielić na cztery etapy: identyfikacja zagrożenia, ocena toksyczności, ocena narażenia, charakterystyka ryzyka. W identyfikacji zagrożenia trzeba ustalić dane na temat czynników chemicznych występujących w środowisku oraz warunków narażenia wywołujących szkodliwe efekty zdrowotne. Przy ocenie toksyczności trzeba zebrać ilościowe i jakościowe dane dotyczące toksyczności substancji oraz informacje o ich miarach toksyczności. W substancjach nierakotwórczych efekt biologiczny nie występuje poniżej określonego poziomu narażenia. Natomiast w substancjach rakotwórczych istnieje możliwość wystąpienia nowotworu przy dowolnie małych dawkach. Dla substan-

cji nierakotwórczych ustala się stężenie referencyjne (RfC) a dla rakotwórczych ryzyko jednostkowe (UR). Oceniając stopień narażenia należy oszacować wielkości, częstotliwości i czas trwania narażenia populacji na dany czynnik szkodliwy. W charakterystyce ryzyka ocenia się ryzyko nierakotwórcze (HQ ≥ 1) jako możliwość wystąpienia negatywnych skutków zdrowotnych oraz akceptowalne ryzyko rakotwórcze (CR=10⁻⁶) jako 1 dodatkowy przypadek zachorowania na raka na 1 000 000 osób w populacji. Posługując się tą metodą, autorzy (Barab, Bubak, Wieczorek 2017) wybierając spośród tysięcy zanieczyszczeń benzo(a)piren i benzen, określili dla tych zanieczyszczeń ryzyko rakotwórcze (CR) związane z narażeniem inhalacyjnym. Określili także ryzyko nierakotwórcze (HQ) związane z narażeniem inhalacyjnym na benzo(a)piren. Policzyli to dla Krakowa, Małopolski i Puszczy Boreckiej, zlokalizowanej w województwie warmińsko-mazurskim. To odniesienie do Puszczy Boreckiej ma wskazać na ile inhalacyjne ryzyko zamieszkania gdziekolwiek w Polsce jest większe od przebywania w puszczy, z dala od ludzkich siedzib, z teoretycznie najczystszyim powietrzem. Okazuje się jednak, że nawet tam istnieje ryzyko, bo maksymalny wskaźnik ryzy-

ka rakotwórczego (CR) związany z narażeniem inhalacyjnym na benzo(a)piren wynosi $2,30 \times 10^{-6}$ przy akceptowalnym ($CR=1 \times 10^{-6}$). Oczywiście, większe ryzyko występuje w pozostałej części Polski, ale i tak w Gdańsku, i Suwałkach jest lepiej niż we Wrocławiu, Opolu, Katowicach, Krakowie, czyli w dużych miastach na południu Polski. Nie jest to jakaś generalna zasada, bo ryzyko w Kościerzynie na północy Polski jest także wysokie. Podobnie jest w Lublinie, w Kielcach, Jaśle czy Opolu. Okazuje się także, że duże ryzyko występuje w takim znakomitym uzdrowisku jak Ciechocinek. W skali województwa to ryzyko także różni się znacząco, co autorzy pokazali na przykładzie Małopolski. I tak - w Gorlicach i Tarnowie jest najmniejsze, w Krakowie pośrednie, a w Brzeszczach największe. Podobnie jest w przypadku ryzyka nierakotwórczego (HQ) związanego z narażeniem inhalacyjnym na benzo(a)piren. Co ciekawe, ryzyko większe niż w Krakowie jest w uzdrowiskach Muszyna i Rabka Zdrój. Zatem potwierdzają się niekorzystne wyniki pomiarów przeprowadzonych przez AGH w zakresie PM10 w Rabce Zdroju (Bartzel i in. 2016). Można z tego wnioskować, że niekorzystne zanieczyszczenie pyłem PM10 wskazuje też na niekorzystne zanieczyszczenie innymi substancjami, w tym przypadku benzo(a)pirenem. Większe ryzyko niż w Krakowie jest także w Nowym Targu i Nowym Sączu. Okazuje się, że ryzyko rakotwórcze (CR) związane z narażeniem inhalacyjnym na benzo(a)piren może się różnić w skali niedużego obszaru, co autorzy oszacowali w Krakowie. Największe ryzyko w Krakowie występuje w rejonie ul. Tełlimeny w Nowym Bieżanowie i ul. Złoty Róg w Bronowicach, a najmniejsze w Os. Kurdwanów. Ryzyko rakotwórcze (CR) związane z narażeniem inhalacyjnym na benzen występuje w największym stopniu w pobliżu dróg, a wynika to z emisji samochodowych spalin. Ryzyko rakotwórcze (CR) związane z narażeniem inhalacyjnym na benzen i benzo(a)piren zależy od pory roku. I tak, największe jest w okre-

sie październik – luty kiedy do spalin samochodowych dochodzą dymy z tysięcy domów opalanych piecami. Poziom ryzyka zdrowotnego wywołany obecnością benzo(a)pirenu oraz benzenu w powietrzu jest poziomem ryzyka uznanego za nieakceptowane (szczególnie w okresie jesienno-zimowym). Wyniki oceny ryzyka dotyczą jedynie benzo(a)pirenu oraz benzenu i reprezentują tylko jedną inhalacyjną drogę narażenia - nie odzwierciedlają pełnego ryzyka zdrowotnego, w którym mogą mieć udział także inne czynniki (np. żywność). Analiza ryzyka zdrowotnego to narzędnik:

- dostarczające informacji o wielkości i rozkładzie przestrzennym ryzyka zdrowotnego,
- określające potrzebę działań zmniejszających ryzyko zdrowotne na danym terenie i ustalenie priorytetów w tym zakresie,
- służące ograniczeniu możliwości wystąpienia niekorzystnych skutków zdrowotnych.

Trzeba zwrócić uwagę na wielką różnicę pomiędzy dopuszczalnymi wartościami stężeń zanieczyszczenia, a stężeniami jakiegokolwiek nie zagrażają zdrowiu i życiu. Podstawą do określenia bezpiecznego środowiska są normy jakości powietrza. W Polsce stosujemy normy obowiązujące w UE, ale te niestety są bardziej liberalne niż normy WHO i normy amerykańskie. Dopuszczalny poziom stężenia PM_{2,5} w USA wynosi $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a w UE $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (średniorocznie). Tymczasem Amerykanie biją na alarm, gdyż nawet tamtejsze, bardziej rygorystyczne niż w Europie, normy jakości powietrza nie chronią ludności. Wg ich badań ponad 60 milionów osób w podeszłym wieku jest narażonych na długoterminową ekspozycję smogu fotochemicznego (ozon O₃) i pyłu (PM_{2,5}), co wiąże się ze zwiększonym ryzykiem przedwczesnej śmierci. W analizach nie znaleziono bezpiecznego poziomu zanieczyszczenia, poniżej którego ryzyko wcześniejszego zgonu zostało by usunięte. Naukowcy z Uniwersytetu Harvarda, którzy przeprowadzili badanie, obliczyli, że zmniejszenie stężenia PM_{2,5} o $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mogłoby

w USA ograniczyć przedwczesne zgony o około 12 000 osób rocznie (Acid News 2017). W przypadku PM_{2,5} odkryto, że seniorzy byli narażeni na zwiększone ryzyko przedwczesnej śmierci, gdy byli wystawieni na działanie stężenia zaledwie $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Takie stężenia i wyższe (rzędu $5-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) występują w środku Puszczy Niepołomickiej przy korzystnej sytuacji w jej otoczeniu oraz w partiach szczytowych gór w Beskidzie Wyspowym ($3-5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a które uznajemy w świetle polskich norm za zdrowe. Z badań amerykańskich wynika natomiast, że nie ma w pełni bezpiecznego dla zdrowia powietrza, a ucieczka w mniej zanieczyszczone obszary oznacza jedynie mniejsze ryzyko zagrożenia. W świetle tych badań także nasze domy nie są bezpieczne i zalecenie pozostania w nich w okresie ekstremalnych stężeń niewiele mają wspólnego z troską o bezpieczeństwo dla zdrowia.

DR INŻ. TADEUSZ KOPTA

Literatura

- B. Lynham. „Traffic and health”. European Federation for Transport and Environment. Brussels, December 1997.
- Konferencja „Transport zrównoważony dla zdrowia i środowiska”, Regional Environmental Center (REC) Szentendre (Węgry) 26 – 27 marca 2001 roku.
- „Miasta rowerowe miastami przyszłości”. Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Ochrony Środowiska. Luksemburg, 2000
- Jakub Bartyzel. „Wpływ zewnętrznych zanieczyszczeń na jakość powietrza wewnątrz budynków” AGH, Kraków 2017
- Agnieszka Baran, Anicenta Bubak, Jerzy Wieczorek. „Ocena środowiskowego ryzyka zdrowotnego”. Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. Kraków, 2017.
- Jakub Bartyzel i inni. „Mobilne pomiary stężeń pyłów zawieszonych w obrębie Krakowa, Podhala oraz Górnego Śląska”. AGH, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Katedra Zastosowań Fizyki Jądrowej, Zespół Fizyki Środowiska. Kraków 2016.
- Acid News. No. 3, October 2017 w oparciu o „Air pollution and mortality in the medicare population”. New England Journal of Medicine. June 2017. DOI: 10.1056/NEJMoa1702747.

POROSTY W SŁUŻBIE CZŁOWIEKA

KATARZYNA PATEJUK

Porosty (*Lichenes*) – tajemnicze organizmy, zaskakujące barwą i formą, występują niemal na każdym podłożu. Powstałe dzięki symbiozie dwóch, a czasem nawet trzech komponentów, spotykane są niemalże na całej kuli ziemskiej. W Polsce występuje około 1600 gatunków porostów, natomiast w skali światowej wyróżnić możemy około 13 500 gatunków. Aby ułatwić sobie dostęp do terenów niedostępnych dla innych organizmów, porosty wytwarzają tzw. kwasy porostowe, czyli metabolity wtórne, wśród których wyróżnić możemy około 800 substancji. Dzięki tym, a także wielu innym cechom, porosty wykorzystywane były przez człowieka niemal od zawsze, a zastosowanie w przemyśle znajdują po dziś dzień.

Porosty jako źródło jedzenia

Dawniej porosty stanowiły ważny element diety ludów zamieszkujących tereny ubogie bądź trudne, jak obszar Skandynawii oraz tundry. Dzięki wysokiej zawartości cukrów (w suchej masie sięgającej niekiedy nawet 70%) były one doskonałym źródłem energii. Oprócz tego w ich plechach znaleźć można białko (maksymalnie do 5% w suchej masy); a tłuszcze występują jedynie u niektórych gatunków jako metabolit uboczny. Obecnie częstotliwość spożycia porostów znacząco spadła, jednak po dziś dzień płucnica islandzka (*Cetraria islandica*), zwana również „*fjallagras*”, stosowana jest przez Islandczyków jako dodatek do podplomyków czy zup. Lapończycy, dla których tundra porostowa po dziś dzień stanowi źródło pożywienia, wyróżniają tereny „dobre” (tzw. „*Jaegel*”) – bogate w plechy porostowe i słabe, nienadające się do wy-

pasu reniferów. W okresach srogich zim, plechy płucnicy islandzkiej oraz chrobotków (*Cladonia* sp.) po dziś dzień stanowią dla nich uzupełnienie, a czasem nawet podstawę żywieniową niezbędną do przeżycia. Zebrane w czasie lata plechy spożywane są w formie galaretki (ze względu na dużą zawartość substancji śluzowych) lub jako dodatek do wypieków.

Spożycie porostów zaobserwowano również wśród ludów Ameryki Północnej, m.in. u członków plemienia Secwempec, zamieszkujących tereny obecnej Kanady, którzy pieką plechy włostki (*Bryoria fremontii*) w specjalnie do tego przygotowanych ziemiankach. Również w diecie Japończyków znalazł się porost – krusznica jadalna (*Umbilicaria esculenta*), którego zbiory uwiecznił na obrazie XIX wieczny japoński malarz Hiroshige II. Do dziś w mieście Chichibu niedaleko Hiroshimy

jest ona sprzedawana na dużą skalę pod nazwą „*iwatake*”. Po odpowiednim przygotowaniu podawana jest z pastą sezamową, jako element sałatek, zupy z czerwonej fasoli lub panierowana i smażona na głębokim oleju jako zastępstwo dla chipsów ziemniaczanych. Dzięki zawartości kwasów porostowych, inhibujących rozwój niektórych grzybów i bakterii, plechy tarczownicy (*Parmelia austrosinensis*) sprowadzane są z Indii i Iranu

do Arabii Saudyjskiej, gdzie dodawane do gulaszu nadają mu charakterystyczny smak, ale również przedłużają jego termin przydatności do spożycia. Fakt ten w XX wieku wykorzystali Amerykanie, próbnie wykorzystując płucnicę islandzką jako dodatek do konserwowych mielonek.

Historycznie, porosty znalazły zastosowanie również przy produkcji alkoholu. W Szwecji płucnica islandzka do 1884 roku była bardzo cenionym dodatkiem do produkcji brandy, co doprowadziło do niemal całkowitego jej wyginięcia na tym terenie. Również Rosjanie wykorzystywali porosty do fermentacji alkoholowej, zyskując wysokie uznanie wśród koneserów wódek. Dzięki granicznikowi płucnikowi (*Lobaria pulmonaria*), gatunkowi w Polsce obecnie bardzo rzadkiemu i zagrożonemu wyginięciem, uzyskiwano bardzo gorzkie piwa, które znakomicie oczyszczały organizm. Po dziś dzień na Islandii oraz w niektórych rejonach Polski kupić możemy „płucnicówkę” czyli wspomagającą trawienie nalewkę z płucnicą islandzką.

Niemniej możliwość wykorzystania porostów jako źródła pożywienia w skali świata jest niemożliwa ze względu na ich powolny wzrost i niewielkie „zbiory”. Niemniej, próby przemysłowego przetwórstwa porostów prowadzone były podczas II Wojny Światowej. Wówczas to Rosjanie w celu pozyskania cukru zaczęli przetwarzać tundrę chrobotkową w specjalnie wybudowanych cukrowniach. Z eksperymentów tych otrzymywano produkt wysokiej jakości, jednak koszty produkcji ekonomicznie były nieuzasadnione.



Fot. 1. Małklik otrębiasty (*Pseudevernia furfuracea*) stosowany przez stulecia jako utrwalacz zapachów w perfumerii.

Barwniki i perfumeria

Już w czasach antyku porosty, a dokładniej *orselka* barwierska (*Rocella tinctoria*), były bardzo cenionym tworzywem w przemyśle tekstylnym. Pozyskiwanie z nich fioletowego i czerwonego barwnika, zwanego ochrilem, było tańsze niż ze ślimaków, ponadto tkanina nabierała dzięki temu połysku i miękkości. Najstarsze wskaźniki pH, czyli lakmus, również pozyskiwano z plech porostów *Parmelia* oraz *Ochrolechia* rodzaju *Rocella*. W historii tkactwa duże znaczenie miała tarczownica (*Parmelia* sp.), z której otrzymuje się brązowy barwnik, wykorzystywany w barwieniu kultowych po dziś dzień Tweedów Harris. To właśnie dzięki tarczownicy, po dziś stosowanej przez tą firmę, oryginalne marynarki sygnowane marką Harris Tweed, mają charakterystyczny, słodkawy zapach i nie są porażane przez larwy moli. O walorach zapachowych porostów, a przede wszystkim o zastosowaniu ich jako utrwalaczy zapachów, wzmianki znajdujemy już w księgach z XII wieku. Największe znaczenie mają tutaj dwa gatunki, pospolicie występujące w Polsce, mąkla tarniowa (*Evernia prunastri*) i mąklik otrębiasty (*Pseudevernia furfuracea*), których obecność po dziś dzień znaleźć możemy na etykietach niektórych perfum pod nazwą „meh dębowy” (*oakmoss*) bądź „meh drzewny” (*treemoss*).

Lecznice porosty

W ziołolecznictwie ludowym porosty wykorzystywane są od wieków, a miejsce ich działania ludzie upatrywali w wyglądzie



Fot. 2. Chrobotek palczasty (*Cladonia digitata*) porastający podstawy pnia oraz martwe drewno.

plech. Z tego powodu granicznik płucnik stosowany był do leczenia gruźlicy z racji na silnie spłaszczoną, ożytkowaną plechę, a płucnica islandzka, wyglądem przypominająca górne drogi oddechowe, „leczyła” choroby oskrzeli. Niemniej jednak, obecne badania laboratoryjne wykazały silne działanie inhibujące kwasów porostowych na rozwój bakterii gram+, grzybów i wirusów. Lecznice działanie porostów znane jest nie tylko człowiekowi. Jak donoszą leśnicy, również wśród zwierzyny zaobserwować można aktywne poszukiwania plech wybranych gatunków porostów obfitujących w bakteriobójcze metabolity wtórne.

Firmy farmaceutyczne, zważywszy na powrót mody na medycynę alternatywną, powszechnie wykorzystują wyciągi z plech niektórych porostów do produkcji leków. W Polsce największą popularnością cieszą się syropy i tabletki osłonowe na gardło z płucnicy islandzkiej, która często nazywana jest „porostem islandzkim” (niekiedy nawet można spotkać błędną próbę tworzenia łacińskiego odpowiednika od tej nazwy). Oprócz tego na rynku spotkać możemy mydła antybakteryjne z dodatkiem brodaczk (*Usnea* sp.), a także leki służące do podniesienia odporności u gołębi, zawierające ten sam porost.

Kwasy porostowe skrywają również swoją ciemną stronę. Niektóre z nich wykazują alergizujące działanie, inne metabolity potrafią być śmiertelnie trujące. W literaturze znaleźć możemy wzmiankę o istnieniu osobnej jednostki chorobowej zwanej „wo-odcutters eczema” (zapalenie skóry u drwali), która może być wywoływana przez częsty kontakt pracowników leśnych z dużą ilością cząstek skruszonych porostów w powietrzu. Również toksyczne działanie złotlinki jaskrawej (*Vulpicida pinastri*) wykorzystane zostało przez człowieka. W celu zmniejszenia presji ze strony wściekliczyny, kojarzonej przede wszystkim

z lisami, do XVIII wieku wypychano złotlinkę jaskrawą truchła upolowanej zwierzyny i wyrzucano do lasu. Dla wygłodniałych zwierząt leśnych posiłek ten był wyrokiem śmierci.

Porosty w nauce

O wykorzystaniu porostów jako bioindykatorów (wskaźników) czystości powietrza uczy się już w szkole. Ich wrażliwość na tlenki siarki IV (SO_2) struktura bardzo silnie reaguje na podwyższone stężenia zanieczyszczenia w powietrzu, co determinuje skład gatunkowy porostów na danym terenie. Dzięki sporządzeniu map porostowych oraz obserwacji przemian biot na terenach użytkowanych przemysłowo, uzyskać można ciekawe wyniki pokazujące efekty długofalowe na żywych organizmach. Oprócz tego, porosty wykorzystywane są do tzw. lichenometrii czyli oznaczania wieku skał, poprzez zmierzenie wielkości plechy i porównanie wyniku do średniego przyrostu rocznego wyznaczonego doświadczalnie dla danego gatunku. Do tego typu badań najbardziej nadają się porosty naskalne, zwłaszcza wzorzec (*Rhizocarpon* sp.), u którego tempo wzrostu jest niemalże niezmiennie i wynosi 1mm/rok. Dzięki zastosowaniu tej metody skutecznie możemy datować osuwiska skalne, budowle (np. megality na Wyspach Owczych) oraz powierzchnie odkryte przez topnienie lodowców, na których niemożliwe byłoby wykonanie badań dendrochronologicznych, radiowęglowych lub termoluminescencyjnych.

Jak widać porosty, często niezauważane przez nas, dla naszych przodków stanowiły nieodzowną część życia. Ratowały ludzi przed chorobą i głodem, przyczyniły się do postępów w nauce, decydowały o rozwoju gospodarki. Dziś ich znaczenie zmalało, jednak warto pamiętać o potencjale jaki w sobie niosą i zwrócić uwagę na ich subtelne piękno.

MGR KATARZYNA PATEJUK

ZAKŁAD FITOPATOLOGII I MYKOLOGII
UNIwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Literatura dostępna w Redakcji

ISLANDIA

– WYSPA PEŁNA ENERGII

BARBARA TEISSEYRE

Islandia była od zawsze miejscem na Ziemi, które chciałam zobaczyć. Oddalona od Polski ku północnemu zachodowi o ok. 3 tys. km w linii prostej, administracyjnie należy do Europy, ale jest geologicznie obca dla „starego kontynentu”. W pojęciu czasu geologicznego Islandia jest wyspą młodą z wciąż aktywnym wulkanizmem i powszechnie występującymi zjawiskami geotermalnymi. Można na niej obserwować trwające wciąż procesy budowania skorupy ziemskiej, jakie zachodziły w ubiegłych epokach geologicznych. Ciepło dostarczane z wnętrza Ziemi i cechy klimatu wyspy są źródłem ogromnych zasobów energii odnawialnej, wykorzystywanej przez jej mieszkańców w postaci energii elektrycznej i ciepłej wody użytkowej.

Geografia, klimat, mieszkańcy

Islandia położona jest w północnej części Oceanu Atlantyckiego w pobliżu koła polarnego, w połowie odległości pomiędzy Europą a Ameryką Północną. Wyspa ma powierzchnię około 102 000 km² i mocno urozmaiconą rzeźbę terenu, którą określa się jako wyżynno-górzystą, o średniej wysokości 700-1000 m npm. Najwyższym szczytem jest Hvannadalshnúkkur (2110 m npm.) usytuowany w południowo-wschodniej części wyspy. Jest to silnie zerodowany szczyt wulkanu, który wystaje jako nunatak¹ nad powierzchnię lodowca Vatnajökull.

Pejzaż wyspy jest efektem działania dwu przeciwstawnych sił natury – pochodzących z wnętrza Ziemi procesów wulkanicznych, które utworzyły wyspę i procesów niszczących, wywołanych klimatem.

Islandia oznacza „kraj lodu”, lecz cechą charakterystyczną krajobrazu w porze letniej, na powierzchni przeważającej części wyspy, są sąsiadujące ze sobą dwa kolory ciemnoszary i śnieżnobiały. Ciemnoszary są stożkowate góry o nagich i stromych zboczach oraz spłaszczone wyniesienia o bardzo stromych ścianach, przykryte śnieżnobiałymi czapami lodowców, od których odchodzą jezory lodu wypełniające doliny śródgórskie. Lodowce zajmują

12% powierzchni wyspy. Największym lodowcem Islandii i Europy jest Vatnajökull o powierzchni ok. 8000 km² usytuowany w południowo-wschodniej części wyspy i zajmujący ok. 8% jej powierzchni. Tam gdzie obecnie nie ma lodowców, poszczególne pasma górskie rozdzielają ostro wcięte doliny rzeczne wykorzystujące spękania w pokrywach lawy, albo szerokie płaskodenne U-kształtne doliny będące wynikiem erozyjnej działalności lodowców. Rzeki płynące tymi dolinami, wypływają spod lodowców, są płytkie o wartkich prądach i dużych wahaniami poziomu wody. Niosą dużo materiału okruchowego i często zmieniają układ koryta. Sieć rzeczna wyspy jest bogata. Rzeki wypływają promieniście z wnętrza wyspy i uchodzą do Oceanu Atlantyckiego. Najdłuższe rzeki to Bjórsá (230 km) i Jökulsá o długości 206 km, obie usytuowane są w południowo-wschodniej części wyspy (https://pl.wikipedia.org/wiki/geografia_islandii).

Wielką ozdobą krajobrazów są liczne wodospady, tych największych jest ok. 50. Najczęściej są to wodospady kaskadowe. Powodem tego zjawiska jest mocno urozmaicona morfologia powierzchni wyspy i zróżnicowana odporność skał na wietrzenie. Do największych, o wyjątkowo silnym nurcie, należy wodospad Gullfoss.

Doliny rzeczne, mają szerokie, estuariowe ujścia do oceanu, wypełnione

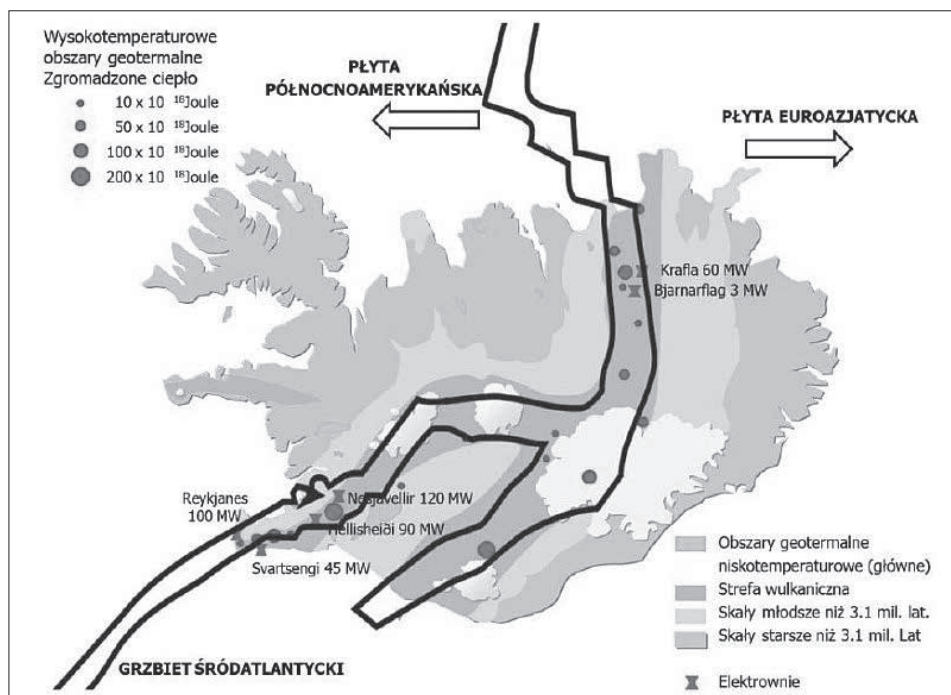
czarnym bazaltowym żwirem i piaskiem, tworzącym w ten sposób czarne plaże, np. na wschodnim wybrzeżu - Reynisfjara w Katla Geoparku. Stożki napływowe, utworzone przez okresowe rzeki wypływające z lodowców na wschodnim wybrzeżu, budują rozległe pola sandrowe o długości nawet do 35 km. Ich głównym budulcem są otoczaki pochodzące ze skalnego podłoża lodowców.

Latem krajobraz południowej części wyspy urozmaica kolor zielony, który nadają rozległe łąki i drobne zagajniki niskich drzew liściastych, najczęściej składające się z brzozy omszałej, jarzębiny, wierzby krzaczastej i jałowca. Roślinność Islandii zawiera głównie gatunki spotykane w Skandynawii, a jedynie 5 gatunków zaliczyć można do endemicznych (https://pl.wikipedia.org/wiki/geografia_islandii).

W szerokich kotlinach, pomiędzy wygasłymi stożkami wulkanicznymi niekiedy występują mokradła i bagna porośnięte bogatą roślinnością łąkową i tundrową, m.in. dębikiem ośmiopłatkowym, lepnicą bezłodygową, arcydzięglem i wełnianką.

Natomiast w miastach, nawet w północnej części wyspy np. w Akureyri, jest dość dużo zieleni – drobnych drzew i krzewów oraz kwiatów na rabatach i w wielkich donicach. Są to zazwyczaj gatunki używane do takich nasadzeń także w naszym kraju. W Akureyri znajduje się najdalej wysunięty na północ Europy, ogród botaniczny

1. Nunataki – są to wystające nad pokrywą lodolodu szczyty górskie o ostrych poszarpanych graniach, które są wynikiem silnego wietrzenia mrozowego. Opisywany nunatak jest wierzchołkiem wulkanu



Ryc. 1. Przebieg ryftu międzykontynentalnego na powierzchni Islandii (Źródło: Orkusrofnun, 2005, Geology of Iceland)

z bujną roślinnością kwiatową i drzewami iglastymi - rosnącymi na wolnym powietrzu. W miastach, utrzymaniu zieleni w zimie sprzyjają podgrzewane place i chodniki, np. w Reykjavíku i Akureyri.

W krajobrazie wyspy mocno zaznaczają się rozległe pola lawowe o powierzchni nawet do 12 tys. km². Są to ciągnące się po horyzont szarawe zwałowiska pofalowanej lawy, pochodzące z różnych okresów działalności wulkanicznej tej wyspy. Starsze pola lawowe porośnięte są roślinności pionierską - szarymi porostami naskalnymi i mchami, niekiedy kępami traw i szczawioru.

Wnętrze wyspy tworzą dwa pasma górskie zbudowane z lawy stosunkowo młodej, sprzed około 1mln. lat, natomiast bliżej wybrzeżom wyspy występują lawy coraz starsze, mające ok. 8 mln lat. Często przykryte są pokrywkami lawy z kolejnych erupcji, nadającymi krajobrazowi tajemniczy i groźny wygląd, mając niespokojną, poszarpaną powierzchnię, pełną ciemnych pieczar i ostrych czarnych pagórków zastygłej lawy, np. pole lawowe Dimmuborgir o powierzchni kilkunastu km². W sagach islandzkich są to miejsca zamieszkałe przez elfy itrolle.

Wyspa ma klimat subarktyczny. Temperatura powietrza latem wynosi ok. 12°C, natomiast zimą, która trwa 8 miesięcy, średnia

dobowa jest poniżej 0°C. Ten stosunkowo łagodny klimat wyspa zawdzięcza położeniu na drodze ciepłego morskiego Prądu Północnoatlantyckiego - Golfstromu, który obmywa wyspę od południa. Ale to usytuowanie powoduje częste i długotrwałe występowanie silnych wiatrów wschodnich oraz bardzo obfite opady deszczu i śniegu, a także niespodziewane zmiany pogody. Popularne powiedzenie – „Jeśli nie podoba ci się pogoda, poczekaj pół godziny” dobrze charakteryzuje szybkie zmiany pogody w ciągu dnia.

Pierwszymi mieszkańcami wyspy byli norwescy Wikingowie i celtyccy osadnicy, którzy na wyspę przybyli prawdopodobnie w IX wieku. Obecnie na wyspie mieszka około 320 tys. ludzi, nie wliczając pracujących tu obcokrajowców, wśród których dużą grupę tworzą Polacy. Połowa populacji mieszka w stolicy - w Reykjavíku, reszta mieszka głównie na południowym zachodzie wyspy. Wnętrze i północno-zachodnia część wyspy są prawie bezludne. Praktycznie Islandia jest obecnie krajem dwujęzycznym. Rodzimy językiem Islandczyków jest język islandzki należący do grupy języków nordyckich, zbliżony do języka Wikingów, pierwszych mieszkańców wyspy (https://pl.wikipedia.org/wiki/jezyk_islandzki). Bez trudu można porozumieć się w języku angielskim, a także w języku pol-

skim, ponieważ pracuje tu dużo Polaków.

Budowa geologiczna i zjawiska geotermalne

Islandia jest geologicznie najmłodszą częścią Europy. Pojawiła się na powierzchni Oceanu Atlantyckiego około 25 mln lat temu i od tego wydarzenia zwiększa się jej powierzchnia i zmienia kształt. W budowie geologicznej wyspy biorą udział skały z najmłodszych okresów geologicznych dziejów Ziemi – z trzeciorzędu i czwartorzędzu. Trzon wyspy tworzą skały magmowe wylewne tzw. formacja bazaltowa utworzona w trzeciorzędzie. Skały budujące powierzchnię wyspy mają zróżnicowany wiek. Na powierzchni często widoczne są nawarstwienia kolejnych pokryw lawowych, przekładane produktami mechanicznego wietrzenia tych skał, spowodowanym niszcącym działaniem lodowców. Najmłodszy osadami na powierzchni wyspy są współczesne osady polodowcowe (gliny morenowe) oraz osady rzeczne i plażowe (żwiru i piaski) (Chmielewska, Tomaszewska, Sowizdzał 2016).

Wyspa położona jest w strefie kontaktu płyt tektonicznych – euroazjatyckiej od wschodu i północnoamerykańskiej od zachodu. Kontakt ten określany jako ryft międzykontynentalny przebiega przez wyspę z południowego-zachodu na północny-wschód i przez 315 km, wyraźnie zaznacza się w morfologii powierzchni jako pasy równoległych, rozwartych głębokich pęknięć w pokrywkach skał bazaltowych. Zbadano, że wzdłuż tego ryftu płyty kontynentalne oddalają się od siebie o 2 cm rocznie. Przyczyną tego ruchu jest wznoszenie się tzw. pióropusza gorąca pochodzącego z gorącego płaszcza Ziemi. Ruch pióropusza wypycha ku górze osiową część ryftu, na którym położona jest Islandia. Bliskość tego źródła ciepła powoduje, że gradient termiczny² w strefie ryftu na Islandii wynosi 135°C – 165°C/km. Dalszym efektem pióropusza gorąca, określanego także jako płama gorąca, jest występowanie aktywnego wulkanizmu zarówno na wyspie jak i na dnie oceanicznym. Na Islandii znajdu-

2. Gradient termiczny - parametr opisujący zmiany temperatury Ziemi wraz z głębokością, określa przyrost temperatury na jednostkę odległości w głąb Ziemi

je się blisko 200 wulkanów, z których 30 wybuchło od początku zasiedlenia wyspy. Są to wulkany tarczowe i szczelinowe. Najaktywniejsze z nich to Grimsvötn, Hekla, Katla i Eyjafjallajökull. Wybuch tego ostatniego w 2010 r. na wiele dni zamknął komunikację lotniczą w tej części naszej planety.

Ciepło z wnętrza Ziemi³ powoduje, że na powierzchni wyspy oprócz wulkanów występują pola geotermalne – miejsca wydobywania się na powierzchnię gorących par i gazów wulkanicznych złożonych głównie z pary wodnej i siarkowodoru. Miejsca te położone są nad złożami geotermalnymi, w których temperatura wody i gazów zależy od głębokości ich pochodzenia, co najczęściej łączy się z odległością od ognisk magmy. Wyróżnia się dwa typy złóż geotermalnych, w których woda występuje w postaci płynnej lub w postaci pary – niskotemperaturowe (200°C-350°C) i wysokotemperaturowe (350°C-1000°C). Na wyspie zlokalizowano 32 miejsca występowania wysokotemperaturowych pól geotermalnych i 250 pól niskotemperaturowych oraz kilkaset gorących źródeł o temperaturze wody ok. 75°C (*island.pl*). Powierzchnia pól jest zróżnicowana od kilkunastu hektarów do kilku metrów kwadratowych. Pola te rozrzucone są po całej wyspie i charakteryzują występowaniem gejzerów, pióropuszy pary, jeziorzek błotnych i drobnych strumyków, gorącej i silnie zmineralizowanej wody. Siłą napędową tych zjawisk są gazy rozpuszczone w wodzie, które w czasie wydostania na powierzchnię gwałtownie się rozprężają, co daje efekty niestannego bulgotania i syczenia całego pola geotermalnego. Zjawiskom tym towarzyszy wszechobecny zapach siarkowodoru.

Wiercenia geologiczne w południowo zachodniej części wyspy potwierdziły wielkie zasoby energii geotermalnej drzemiące w jej wnętrzu. W wykonanym w 2016 r. na półwyspie Reykjánes odwiercie poszukiwawczym o nazwie „Thora”, na głębokości

4659 m natrafiono na zbiornik wody w stanie nadkrytycznym⁴, która przy ciśnieniu 340 barów miała temperaturę 427°C (Ściążko 2011).

Warunkiem przydatności wody w geotermii, oprócz temperatury i ciśnienia, jest wysokość i jakość jej mineralizacji. Wody geotermalne są w różnym stopniu zmineralizowane. Oprócz rozpuszczonych w nich gazów takich jak siarkowodór, dwutlenek węgla i azot zawierają rozpuszczone chlorki sodu, potasu i wapnia oraz duże ilości krzemionki. W zależności od ilości rozpuszczonych składników chemicznych wyróżnia się wody termalne zmineralizowane (do 1g/l suchej substancji mineralnej) i wody słabo zmineralizowane – są to wody ciepłe użytkowe (Ściążko 2011).

Wykorzystanie geotermii na Islandii

Woda ze źródeł geotermalnych ma wielorakie zastosowanie, niezwykle istotne dla gospodarki tego kraju. Wykorzystywana jest (Matheus 2010):

- jako ciepła woda użytkowa po uprzednim wstępnym oczyszczeniu, ponieważ jest wysoko zasiarczona. Pomimo to, większość wody w kranach na południu wyspy ma łatwo wyczuwalny zapach siarkowodoru;
- do produkcji energii elektrycznej;
- do ogrzewania budynków (87% budynków w kraju) i szklarni (największy w Europie producent bananów w szklarniach);
- do hodowli ryb (łososi, pstrągów);
- do roztopiania lodu (podgrzewane chodniki i place);
- w balneoterapii.

Bogactwo, łatwa dostępność i powszechne występowanie gorącej wody na Islandii spowodowało, że w stolicy państwa - Reykjaviku używa się jej do ogrzewania mieszkań i szklarni od 1930 r. Obecnie energia geotermalna zaopatruje 87% potrzeb kraju w zakresie ciepłownictwa (9 na 10 gospodarstw domowych) oraz 24% zapotrzebowania na energię elektryczną. Gorąca woda dostarczana jest z 91 otworów geotermalnych, usytuowanych w różnych częściach

wyspy (www.landsvirkjun.is; www.nea.is/geothermal/direct-utilization; <http://globe-nergia.pl/geotermia/geotermia-na-islandii>)

Elektrownie geotermalne

Zalety.

Elektrownie geotermalne bazują na gorących wodach i parze wodnej znajdującej się w porowatych warstwach skał w skorupie ziemskiej, które występują najczęściej poniżej 1000 m ppt. Przyjęto, że do produkcji energii elektrycznej opłaca się wykorzystywać wodę o temperaturze 120°C-1500°C. Na Islandii, z powodu warunków geologicznych, woda o pożądanej temperaturze występuje na znacznie mniejszych głębokościach i w zależności od regionu wyspy (250 m - 750 m ppt.).

W Islandii działa 5 większych elektrowni geotermalnych, które dostarczają blisko 24% krajowej produkcji energii elektrycznej (2012 r.) (www.landsvirkjun.is).

Najstarszą elektrownią geotermalną na wyspie jest usytuowana 30 km od Reykjaviku, elektrownia Svartsengi. Była budowana etapami w latach 1977-79 i 2006-2008. Położona jest na polu lawy bazaltowej utworzonej po erupcji w XIII w. Pierwszy odwiert wykonano w 1971 r. i z głębokości 250 m uzyskano parę wodną o temperaturze 200°C. Najgłębszy otwór sięga 400 m ppt. Elektrownia ma moc – 75 MW energii elektrycznej i 150 MW energii cieplnej w postaci gorącej wody o temperaturze 90°C (475 litów/sek.). Część wody ciepłej odprowadzana jest do pobliskiej Błękitnej Laguny, znanego kąpieliska w otoczeniu pola lawy. Jest pierwszym zakładem na świecie, który zastosował kogenerację, tj. jednoczesne wytwarzanie energii elektrycznej oraz ciepłej wody użytkowej i grzewczej (www.verkis.is).

Największa elektrownia geotermalna Hellisheidi, usytuowana na południowy zachód od Reykjaviku, została zaplanowana na maksymalną moc elektryczną 303 MW i 133MW w formie ciepła (gorącej wody do celów grzewczych). Energia dostarczana jest z 50 otworów geotermalnych o głębokości 1000-2000 m (*Hellisheidi Power Station*). Uruchamiana była w kilku etapach, w latach 2006-2011. Już w 2013 r. zauwa-

3. Ciepło we wnętrzu Ziemi i związane z nim zjawiska geotermalne swoje źródło mają w reakcjach rozpadu pierwiastków promieniotwórczych w tzw. płaszczu Ziemi. Z tej strefy pochodzą pióropusze gorąca nazywane także „pióropuszmami płaszczu” sięgające do dolnych części skorupy ziemskiej i dalej przenoszone ku powierzchni przez skały i warstwy wodonośne.

4. Para wodna znajduje się w stanie nadkrytycznym gdy zanika granica pomiędzy fazą ciekłą a fazą gazową.

żono, że zaczyna brakować pary czerpanej z głębi wyspy, a uzyskanie dodatkowych ilości jest bardzo kosztowne z powodu dużych kosztów nowych głębokich odwiertów. Zbudowano więc dodatkowe rurociągi dostarczające parę wodną z pobliskiego pola lawy. Przyczyną takiej sytuacji było zbyt szybkie pobieranie dużej ilości gorącej wody ze złoża (wysokienapiecie.pl/2134-islandia-darmowa-geotermia-za-miliard-dolarow/).

Wady.

Wbrew powszechnej opinii, że wykorzystywanie energii cieplnej Ziemi jest tanim źródłem energii, budowa elektrowni do pozyskania tej energii jest inwestycją bardzo drogą; zaczynając od wierceń poszukiwawczych i udostępniających złoża geotermalne. Są to wiercenia głębokie, technicznie podobne do wierceń za ropą naftową, ale wymagające specjalnych stopów do budowy rur osłonowych i kolumny wiertniczej. Ponieważ wody i pary termalne są agresywne dla stali i betonu, powodują szybką korozję sprzętu wiertniczego, a ciśnienie panujące w złożu może ten sprzęt uszkodzić (wysokienapiecie.pl/2134-islandia-darmowa-geotermia-za-miliard-dolarow/).

Wody geotermalne uważane są za odnawialne źródło energii. Ale proces odnawiania tego źródła jest powolny. Ponieważ woda po oddaniu ciepła musi być wtłaczana (oddzielnym otworem) z powrotem do górotworu i musi być w sposób naturalny ponownie ogrzana ciepłem Ziemi. Tempo wydobywania i obniżania temperatury wody, z czym jest związane także obniżanie temperatury zbiornika tej wody, nie może przekraczać szybkości ponownego ogrzania się wody we wnętrzu Ziemi. Szybkie pobieranie dużej ilości ciepła może doprowadzić do obniżenia ciśnienia i temperatury w zbiorniku. Wytwarzanie energii elektrycznej przez długi okres eksploatacji złoża jest opłacalne tylko w przypadku źródeł szczególnie gorących i ograniczonej mocy elektrowni geotermalnej. W geologicznych warunkach Islandii najwłaściwsza moc elektrowni geotermalnej powinna wynosić 50-100 MW ([https://wysokie-napiecie.pl/2134-islandia-darmowa-geotermia-za-miliard-dolarow/](http://wysokie-napiecie.pl/2134-islandia-darmowa-geotermia-za-miliard-dolarow/)).

ciepła pobieranego przez człowieka ze złoża geotermalnego, a ilością ciepła dostarczanego przez naturę z wnętrza Ziemi.

Eksploatacja złóż geotermalnych powoduje poważne problemy ekologiczne. Do najważniejszych należy emisja do atmosfery szkodliwych gazów, które uwalniają się w czasie eksploatacji ze studni geotermalnej. Są to głównie siarkowodór, radon, dwutlenek węgla oraz związki azotu. Ponadto, głębokie wiercenia poszukiwawcze i eksploatacyjne zaburzają naturalny układ warstw wodonośnych w przewiercanym górotworze, co może spowodować mieszanie się wody z różnych warstw wodonośnych oraz przenoszenie zanieczyszczeń występujących w złożu geotermalnym.

Elektrownie wodne i wiatrowe

Elektrownie geotermalne i pola geotermalne z gejzerami i kłębamii pary o zapachu siarkowodoru są wizytówką Islandii, ale energia z nich otrzymywana nie stanowi o potęgę energetycznej tej wyspy. Położenie geograficzne i ukształtowanie powierzchni dały wyspie dodatkowe, naprawdę niewyczerpalne źródła energii odnawialnej, są nimi energia wodna i wiatr. Udział poszczególnych nośników energii w produkcji energii elektrycznej Islandii w 2012 r. przedstawiał się następująco:

- geotermia – 665 MW (24%),
- hydroenergetyka – 1986 MW (71,7%),
- paliwa kopalne - 117 MW (4,2%),
- wiatr – 3 MW (0,1%) (wysokienapiecie.pl/2134-islandia-darmowa-geotermia-za-miliard-dolarow/).

Islandia ma duże zasoby hydrologiczne. Na wyspie jest bogata sieć rzeczna. Rzeki niosą dużo wody, zasilane są wodami z topniejących lodowców i z częstych silnych opadów atmosferycznych. Duży spadek koryt rzecznych potęguje energię tych rzek, które mają największe natężenie przepływu wody w Europie. Na swej drodze do oceanu tworzą dziesiątki wodospadów i bystrzy. Największe, niezwykle widokowe wodospady są obecnie chronione prawem, zabraniającym budowę na nich elektrowni.

Pierwsza mała elektrownia wodna (9 kW) została uruchomiona w 1904 r.

w miejscowości Hafnarfjörður w pobliżu Reykjavíku. W połowie XX w. rozwój przemysłu na wyspie, szczególnie budowa trzech energochłonnych hut aluminium i huty żelaza, spowodował wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną (www.islandi.org.pl/arttykuły/2006/energetyka.html). Dla zasilania dużej huty aluminium Straumsvík, niedaleko Reykjavíku i południowej części wyspy, zbudowano w 1969 r. hydroelektrownię (210 kW) na rzece Bjórsá.

Najnowszym i dotychczas najbardziej niezwykłym dziełem inżynierskim jest elektrownia wodna Kárahnjúkar (690 MW), którą budowano w latach 2003-2007. Turbiny elektrowni umieszczone są wewnątrz góry 1km pod powierzchnią, a woda na turbiny doprowadzana jest podziemnymi tunelami o średnicy 7,5 m z odległego o 40 km zbiornika zaporowego Halston o powierzchni 57 km². Zbiornik powstał po przegrodzeniu dwóch rzek wypływających spod lodowca Vatnajökull. Główna zaporę tego zbiornika należy do najpotężniejszych w Europie; została tak zbudowana, że zdolna wytrzymać nawet silne trzęsienie Ziemi, których na Islandii nie brakuje (Sciążko 2011; https://pl.wikipedia.org/wiki/hydroelektrownia_Kárahnjúkar).

Usytuowanie geograficzne Islandii na drodze prądów morskich i powietrznych powoduje, że jest to jedno z najbardziej wietrznych miejsc na naszej planecie. Najczęściej wieją silne wiatry wschodnie, lecz wykorzystanie ich energii jest niewielkie. Na wyspie nie ma farm wiatrowych. Ilość energii elektrycznej i cieplnej, jaką obecnie wytwarzają elektrownie Islandii wystarcza na pokrycie zapotrzebowania. Wprowadzone restrykcyjne prawo ochrony środowiska w każdej jego formie oraz ograniczenie energochłonnego przemysłu spowodowało, że rozważana jest możliwość eksportu nadmiaru energii elektrycznej podmorskimi kablami z Islandii do Europy i na Grenlandię.

DR BARBARA TEISSEYRE

Literatura dostępna w redakcji

GĄGOŁ

MAREK STAJSZCZYK

To jeden z trzech gatunków kaczek w Polsce, gniazdujących w dziuplach drzew. Na Dolnym Śląsku od półwiecza, lęgowa populacja gągoła sukcesywnie wzrasta liczebnie. Kaczka ta regularnie u nas zimuje, a pojedyncze osobniki zobaczyć można nawet na rzekach i wodach stojących w strefie śródmiejskiej Warszawy, Wrocławia, Krakowa, Poznania i Trójmiasta.

Gągoł *Bucephala clangula* jest średniej wielkości kaczką: mierzy 42 – 50 cm długości, jego rozpiętość skrzydeł sięga 62 – 77 cm, a waży 0,7 – 1,0 kg, przy czym samice się nieco mniejsze od samców.

U gągoła występuje bardzo wyraźny dymorfizm płciowy. Samiec w upierzeniu godowym jest charakterystycznie ubarwiony i trudno go pomylić z jakimkolwiek innymi środkowoeuropejskimi kaczkami – posiada czarną głowę z zielonkawym połyskiem, a między nasadą dzioba a okiem znajduje się owalna biała plama. Jego szyja, pierś, brzuch i boki oraz część lotek II rzędu i pokryw wierzchu skrzydła są białe, zaś grzbiet, ogon oraz lotki I i częściowo II rzędu wraz z przyległymi pokrywami – czarne. Samica zaś jest ubarwiona dość monotonnie – jej głowa jest brązowa, zaś górna część szyi, brzuch oraz część lotek II rzędu i pokryw jest biała, a szyja i boki mają kolor szaropopielaty, natomiast grzbiet jest szarobrązowy. Ptaki młodociane przypominają wyglądem samice, ale ich tęczówka oczu jest brązowa (u dorosłych tęczówka jest żółta).

Dawna nazwa „gągoł krzykliwy” jest o tyle niewłaściwa, gdyż dotyczy nie odgłosu wydawanego dziobem, a przez lotki pierwszego rzędu, które wydają głośny i świszczący głos o dość wysokiej tonacji, co np. ułatwia wykrycie gągoła w lecącej masie innych gatunków kaczek. Nazwa „świszczący” byłaby bardziej adekwatna niż „krzykliwy”.

Rozród

U gągoła tworzenie par odbywa się już zimą lub w czasie wczesnowiosennej migracji. Podczas toków samiec opływa sa-

micę, czasami wyciągając głowę i szyję do przodu, by zaraz potem cofnąć ją ku plecom. W tym czasie samica wyciąga szyję prosto, równoległe do powierzchni wody.

Gągoł jest gatunkiem dwuśrodowiskowym, zasiedlającym w okresie lęgowym wody stojące i płynące w otoczeniu lasów i borów, gdzie część powierzchni zajmują starodrzewy w wieku powyżej 100 lat. Gągoł preferuje wody oligotroficzne, zasiedlając nawet dystroficzne śródlądne jeziora, otoczone często mszarem torfowcowym.

Specyfiką biologii lęgowej gągoła jest gniazdowanie w dziuplach. W Polsce, poza gągołem, czynią to jeszcze 2 inne gatunki kaczek – nurogęs (*Mergus merganser*) i mandarynka (*Aix galericulata*). Samica gągoła już pod koniec marca lub na początku kwietnia wyszukuje dziuplę, najczęściej po dzięciole czarnym (*Dryocopus martius*), aby przystąpić w niej do gniazdowania. Gągoł chętnie też zajmuje budki lęgowe, zwłaszcza zawieszane na wyspach. Zagęszczenie lęgowych samiec jest zazwyczaj niskie i nie przekracza 1 samicy na 1 km brzegu akwenu, ale w miejscach, gdzie wywieszono budki lęgowe, zagęszczenie może dochodzić nawet do 3 samicy na 2 km linii brzegowej jeziora.

Samica składa od 6 do 14 jaj, ale wysiadująca zaczyna po złożeniu wszystkich jaj. Wysiadytuje przez blisko 30 dni. Ponieważ w niektórych okolicach ma miejsce deficyt odpowiednich dziupli, zdarza się, że do jednego gniazda znoszą jaja nawet 2 – 3 samice. Po wykluciu, pisklęta przebywają w dziupli około doby, po czym wabione są przez matkę, by wyskoczyły na zewnątrz. Pisklęta czasami spadają – na ziemię lub wodę – aż z 8 – 12 metrów! W pierwszych

tygodniach wodzone są przez matkę, która je prowadzi do miejsc bogatych w pokarm oraz ostrzega przed drapieżnikami, a w nocy ogrzewa. Młode stają się lotne po około 7 – 8 tygodniach od momentu wyklucia. Nierzadkie są też lęgi powtarzane (po stracie pierwszego lęgu), a małe pisklęta są obserwowane w końcu czerwca i w lipcu.

Bywa, że gągoł hybrydyzuje z innymi kaczkami gniazdującymi w dziuplach – w Europie obserwowano mieszańce gągoła z bielaczką (*Mergellus albellus*), a w Ameryce Północnej z – siostrzanym gatunkiem – z sierpcem (*Bucephala islandica*). W Polsce obserwowano bielaczki w parach z gągołem, np. na Wielkopolsce, a samca wykazującego cechy hybryda gągoła z bielaczką, widziano na Kurpiach.

Historia

W wyniku prześladowania przez ludzi oraz niszczenia biotopu lęgowego – wycinania starych, dziuplastych drzewostanów w sąsiedztwie wód, gągoł przestał gniazdować na wielu obszarach Europy, zwłaszcza w środkowej i zachodniej części kontynentu, w tym również na większości obszaru Polski.

Relacje gągoła z człowiekiem od niepamiętnych czasów związane są z eksploatacją jego lęgów oraz zabijaniem tych ptaków. Ale są też przykłady racjonalnych działań, np. w Fennoskandii i na północy europejskiej części obecnej Federacji Rosyjskiej oraz na zachodzie Syberii. Tamtejsze ludy, jak Karelowie, Komi i Nieńcy oraz Chantowie i Mansowie, umyślnie zawieszali budki lęgowe, aby przywabiać samice gągoła w celu poboru puchu i jaj. Z kolei mięso gągoła cenione jest tam bar-

dziej niż np. mięso innej borealnej kaczki – uhli (*Melanitta fusca*).

Na ziemiach polskich gągoł przed wiekami był prawdopodobnie nierzadkim gatunkiem lęgowym, ale rozpoczęte w średniowieczu masowe trzebienie lasów i zagospodarowanie dolin rzecznych i obszarów wokół jezior, spowodowało silne obniżenie, a następnie zanik wielu lokalnych populacji lęgowych gągoła, zwłaszcza na południu i w centrum ziem polskich.

Wyniszczenie gągoła jako gatunku lęgowego na znacznych obszarach Europy jeszcze w czasach nowożytnych, spowodowało w drugiej połowie XX w. u ornitologów i amatorów ornitologii zainteresowanie jego powrotem. Akcje wywieszania odpowiednich budek w Szkocji, Bawarii i Czechach dały pozytywny skutek i obecnie gągoł jest tam regularnie gniazdującym gatunkiem, o wzrostowym trendzie liczebności populacji.

Areal

Gągoł jest gatunkiem lęgowym na rozległych obszarach Holarctyki, czyli w Europie, Azji i Ameryce Północnej. Na naszym kontynencie gągoł jako ptak lęgowy sięga na zachód do Szkocji, Anglii i Holandii, a na wschodzie do gór Ural, zaś na południe do Bawarii, Czech, Ukrainy (po dolny Dniepr) i Rosji (po dolny bieg Wołgi i środkowy bieg rzeki Ural), a na północ dociera do strefy lasotundry w Fennoskandii i północnej części Rosji. Pod koniec XX w. pojedyncze stanowiska lęgowe gągoła wykryto w Irlandii, Francji, Szwajcarii i Austrii oraz na Węgrzech i w Rumunii. Gągoł na wielu obszarach północno-wschodniej części Europy nie jest jedynym przedstawicielem kaczek – dziuplaków, ponieważ występuje tam sympatrycznie¹ z traczami – bielaczkiem i nurogęsią.

W Azji gągoł zasiedla strefę tajgi i lasostępu, od Uralu na zachodzie po Kraj Ussuryjski, Sachalin i Kamczatkę na wschodzie oraz od północnego Kazachstanu, Mongolii i Mandżurii po strefę syberyjskiej lasotundry na północy. W azjatyckiej części swego arealu, występuje on sympatrycznie nie tylko z traczami – bielaczkiem, nurogęsią

i z traczem chińskim (*Mergus squamatus*), ale także z mandarynką.

W Ameryce Północnej gągoł gniazduje w strefie tajgi i lasów mieszanych, od Alaski po półwysep Labrador, Nową Fundlandię i Nową Szkocję, na południe sięgając do północnych stanów USA – Wyoming, Dakota Północna, Wisconsin, Minnesota i Maine. Interesujące jest, że występuje on sympatrycznie z sierpcem i oraz gągołkiem (*Bucephala albeola*), a także z Karolinką (*Aix sponsa*) i traczami – kapturnikiem (*Lo-phodytes cucullatus*) i nurogęsią.

Głównymi europejskimi zimowiskami gągoła są wybrzeża środkowego i południowego Bałtyku oraz wybrzeża Morza Północnego i Kanału La Manche. Znaczne ilości tego gatunku zimują też wokół Wysp Brytyjskich, u wybrzeży Włoch, Chorwacji i na wybrzeżach Morza Czarnego i Kaspijskiego. Na śródlądziu zimujące gągoły notowane są mniej licznie, ale regularnie występują od Estonii, Białorusi i Ukrainy po obszary atlantyckie we Francji i śródziemnomorskie w Grecji. Podczas łagodnych zim nawet w Estonii przebywają tysiące ptaków, np. w Matsalu zimowało w latach 1996 – 2000 do 4600 gągołów, a w rejonie Tagamoisa do 3000. Ciekawostką jest zimowanie gągoła u południowych wybrzeży Islandii, gdzie nie gniazduje, a najbliższe lęgowiska znajdują się w odległej o ok. 1200 km Szkocji.

Podczas bardzo surowych zim, część gągołów przemieszcza się daleko na zachód i południe, pojawiając się z dala od tradycyjnych zimowisk, nawet w Maroku, Algierii, Egipcie, Izraelu, Jordanii, Iraku oraz w Pakistanie, północnej części Indii, Birmie (Myanmar) i na Tajwanie. Rekordowe dystans pokonała samica gągoła, która pojawiła się 17 października 2013 r. na wyspie Corvo w archipelagu Azorów, leżącym ok. 1400 km na zachód od wybrzeży Portugalii. Niestety, zginęła uderzona łopatą wiatraka energetycznego... .

W Ameryce gągoł w surowe zimy pojawia się czasami nawet w środkowej części Meksyku i na Karaibach. Jako gatunek zalatujący, notowano go na Grenlandii.

Występowanie w Polsce

Na przełomie XX i XXI w., gągoł zasiedla przede wszystkim północną i zachodnią część kraju, czyli Warmię i Mazury oraz Pomorze, a także zachodnią część Wielkopolski, Ziemię Lubuską i północno-zachodnią część Dolnego Śląska. Najdalej na południe, izolowane stanowiska lęgowe odnotowano m.in. w okolicach Bełchatowa i Działoszyna na Ziemi Łódzkiej, na Śląsku w rejonie Pokoju i Świerczowa (ostoja Dorzecze Stobrawy) oraz Niemodlina i Lublińca, a w Małopolsce - koło Oświęcimia i Tarnobrzegu.



Fot. 1. Samiec gągoła w upierzeniu godowym, fot. Marek Stajszczyk

1. sympatryczność – zjawisko polegające na występowaniu na jednym obszarze populacji, gatunków lub taksosów wyższych rangą i oznacza zachodzenie na siebie zasięgów ich występowania – mogą one występować w tych samych lub różnych siedliskach.

Gągoł zaczął też gniazdować na wodach śródmiejskich, co odnotowano m.in. w Łęczanach, Miliczu, Mrągowie, Olsztynie, Poznaniu, Puławach i Szczecinie. Lęgi gągoła w miastach są możliwe w nowych miejscach, np. na przełomie kwietnia i maja 2014 r., parokrotnie obserwowano parę gągoła na miejskim odcinku Odry w Brzegu (wschód historycznego Dolnego Śląska).

Liczebność polskiej populacji lęgowej rośnie; ile pod koniec XX w. krajową populację oceniono na ok. 1300 – 1500 par, to obecnie szacuje się ją na 3000 – 4000 par.

Z pośród wielu krajowych miejsc zimowania, gągoł najliczniej występuje na wodach Zatoki Gdańskiej, gdzie rekordowo notowano do ponad 16 tys. osobników tego gatunku, w tym w ujściu Wisły obserwowano koncentracje liczące do ok. 12 tys. gągołów. W głębi kraju liczniej zimuje na Wiśle, a zwłaszcza na Zbiorniku Włocławskim, gdzie obserwowano nawet ok. 16 tys. gągołów w styczniu 1989 r. Poza tym regularnie zimuje na Odrze oraz niektórych zbiornikach retencyjnych, np. na Dzierżnie Dużym koło Gliwic notowano do 165 zimujących gągołów.

W Polsce podczas migracji obserwowano wielotysięczne zgrupowania nie tylko na wybrzeżu Bałtyku, ale również w głębi lądu, np. w dolnym odcinku Wisły naliczono 8 marca 2012 r. aż 14 tys. gągołów!

Na Śląsku Dolnym i Górnym

Gągoł powrócił na Śląsk jako gatunek lęgowy najpierw w Bory Dolnośląskie. Stało się to prawdopodobnie na przełomie lat 60 i 70 XX w., ponieważ na stawach w rejonie Węglińca na początku lat 60-tych jeszcze go nie stwierdzono, podczas gdy wiosną 1976 r. obserwowano tam co najmniej 7 par gągoła. Populacja ta dość szybko wzrastała i w latach 1981 – 1983 gniazdowało tam już 12 par tej kaczki.

Nieco później gągoł skolonizował doliny większych rzek północnej części Dolnego Śląska – dolinę Nysy Łużyckiej, Kwisy i Bobru oraz Odry. Na początku lat 90-tych XX w. tylko populacja nad Bobrem liczyła co najmniej 3 – 40 par. Na stawach w dolinie Baryczy pierwszą parę w okresie lęgowym odnotowano wiosną 1965 r., ale pierwszy lęg (samiec z piskletami) stwierdzono



Fot. 2. Samica gągoła, fot. Marek Stajszczyk

na jednym ze stawów kompleksu Stawno w 1976 r. W 2-giej połowie lat 90. XX w. populacja ta liczyła już około 20 par. Na południowym wschodzie Dolnego Śląska gągoł gniazduje od początku lat 90. XX w. – pierwszy lęg odnotowano w rejonie Jelcza latem 1992 r., a kolejne po 2000 r. w okolicach Świerczowa (pow. Namysłów).

Gągoł jest „od zawsze” gatunkiem regularnie zimującym na śląskim odcinku Odry. Podczas trzech ostrych zim 1984/1985 – 1986/1987, na górno- i dolnośląskim odcinku Odry naliczono – odpowiednio: 548, 900 i 772 osobników tego gatunku, a w łagodnej zimie 1987/1988 i 1988/1989 – odpowiednio: 659 i 343 gągołów. Natomiast podczas dość łagodnego stycznia 2014 r. odnotowano 792 gągoły na całym górno- i dolnośląskim odcinku Odry, a w styczniu 2015 r. stwierdzono ich 479. Na Odrze, między Brzegiem a Oławą, podczas zim 1982 – 1989 regularnie zimował w liczbie do 139 osobników, a obecnie z reguły do 25 – 30, w tym corocznie na Odrze w Brzegu, np. samicę zaobserwowano 30 XII 2016 i 1 I 2017 r., a grupę 7 samców - 25 II 2018 r. (Stajszczyk 1994, M. Stajszczyk i J. Regner – obserwacje niepublikowane).

Kaczka ta regularnie zimuje także na śląskich wodach stojących, zwłaszcza na zbiornikach zaporowych, a także na zalanych wyrobiskach, stawach rybnych, a w północnej części Dolnego Śląska również na jeziorach.

Przyszłość

Gągoł w Polsce objęty jest ścisłą ochroną prawną. Jego egzystencja wydaje się być nie zagrożona, ale wrażliwość na niszczenie siedlisk lęgowych (wycinanie dziuplastych drzew) oraz zanieczyszczenie wód, powinno być powodem stałej troski o ochronę siedlisk przez niego zasiedlanych.

Gągołowi sprzyja racjonalna gospodarka leśna, pozostawiająca dziuplaste drzewa oraz wszelkie działania zmierzające do ochrony czystości wody. Również progres populacji bobra w Europie, pozytywnie wpływa na tworzenie nowych biotopów lęgowych dla gągoła, zwłaszcza w miejscach, gdzie bobry tworzą większe, śródlądowe rozlewiska.

Niestety, w ostatnich dziesięcioleciach pojawiło się nowe zagrożenie – dynamicznie zaczęły rozwijać się populacje obcych, introdukowanych w Europie drapieżników, tj. wschodnioazjatyckiego jenota oraz dwóch gatunków pochodzących z Ameryki Północnej - szopa pracza i norki amerykańskiej. Ich wspólną cechą jest regularne penetrowanie środowisk na styku lądu i wody, więc przy wyższych zagęszczeniach populacji tych drapieżników, gągoł w lęgach ponosi duże straty.

MGR MAREK STAJSZCZYK

Literatura dostępna w Redakcji

„...NIE DO NAKARMIENIA! NIE DO OTRUCIA!”

MARIA KUŹNIARZ

Wędrując niedawno po śródmiejskich chodnikach udekorowanych ciapkami rozdeptanych gum do żucia, przypomniał mi się moment mojego pierwszego z nią kontaktu. Ponad pół wieku temu gościliśmy córeczkę mojego wujka, który po wojennej zawierusze osiadł w Anglii, gdzie z polską pielęgniarką założył rodzinę. Korzystając z uprzejmości znajomych udających się na wakacje do Kraju, wujostwo powierzyło im swoją dziesięcioletnią córkę, marząc by poznała rodzinę i Ojczyznę.

Oprócz pachnących „zachodem” kosmetyków, ubrań i czekoladowych batoników, dziewczynka miała w swojej walizce kolorowe kulki zawinięte w papierki z bajkowymi obrazkami. Któregoś dnia poczęstowała mnie taką kulką i tak poznałam gumę do żucia. Bardzo mnie zaskoczyło, że kulka była taka smaczna i że nie wolno było jej połknąć tylko wypluć jak się smak skończył.

Bardzo szybko guma do żucia stała się i u nas wszędobylska. Przesmyknęła się przez Peweks do powszechnej sprzedaży zmieniając nawet zainteresowania kolekcjonerów. Z różnych stron docierały kusząco opakowane donaldy, turbo i gumy balonowe, a młodociani kolekcjonerzy przerzucili się ze zbierania znaczków pocztowych i pudełek po zapałkach na papierki po gumie. Żuta dla odświeżenia oddechu, dla oczyszczenia zębów, dla zabicia głodu albo dla lepszego trawienia czy dla zwyczajnych zachcianek, robiła błyskotliwą karierę nawet w przedszkolu. Najmłodszy bowiem nie tylko podziwiali papierki, ale i testowali „smaki” wymieniając się swoimi nadżutymi, zaśli-nionymi gumami. Znam też takiego (aktualnie już dziadka), którego mama omal nie zemdląła gdy szczęśliwy podbiegł oznajmiając, że znalazł w piaskownicy gumę, która

po zlizaniu piasku „jeszcze miała smak”!

Pierwszą smakową gumę do żucia wynalazł (z pewnością nie w piaskownicy!) pewien aptekarz w drugiej połowie XIX wieku. Podobno miała smak toffi. W tym samym mniej więcej czasie Thomas Adams, Amerykanin zajmujący się produkcją kałoszy i opon samochodowych spreparował gumę o smaku lukrecji. Jemu to przypisuje się wynalezienie gumy do żucia, choć coś w rodzaju współczesnej bezsmakowej gumy, żuli już Majowie i Aztekowie. Podobnie do nich, współcześni producenci wykorzystują do produkcji gumy mleczko z kory drzewa o nazwie sączyńiec, pochodzącego z Ameryki Środkowej, aktualnie uprawianego w wielu krajach o klimacie tropikalnym. Tak więc guma do żucia nie jest wynalazkiem współczesności. Wynalazkiem współczesności są coraz to nowe jej składniki syntetyczne i technologie produkcji. Jej tzw. masa bazowa, do której dodawane są substancje smakowe i zapachowe, jest wieloskładnikowa, ale może lepiej nie będzie tych składników wymieniać, bo wystrasze nawet tych miłośników gumy, którzy nie wyrzucają jej na ulicę ani też nie przyklepiają do foteli w kinie.

Osobiście mam do gumy do żucia sporą niechęć. Po pierwsze dlatego, że jak raz czy drugi spróbowałam oczyścić nią zęby skończyło się na wizycie u stomatologa bo wypadły mi plomby. Co ciekawe, na pytanie dlaczego tak się stało i czy warto z tą gumą dalej eksperymentować, od dwóch różnych dentystów otrzymałam dwie, wykluczające się odpowiedzi. Albo mnie zachęcano, że bezcukrowa guma dobrze oczyszcza zęby i dziąsła, tudzież wzmaga trawienie, uspokaja, pomaga w koncentracji, a nawet łagodzi refluks albo ostrzegano przed bardzo bolesną dysfunkcją

narządu żucia, zespołem jelita drażliwego i innymi niemiłymi konsekwencjami.

Po drugie - kilka razy miałam z powodu jej istnienia nieprzyjemności. Zdarzało się, że po powrocie z wyjazdu z młodzieżą na ekologiczną wycieczkę, oddawałam do specjalistycznego czyszczenia oblepione „odsmaczoną” gumą pokrowce siedzeń w autokarze. W tym przypadku może powinnam częściej winy przenieść z gumy na siebie, bo edukując młodzież ekologicznie, zaniedbałam podnoszenie ich kultury osobistej.

A po trzecie i kolejne to wzdygam się na widok twarzy, których żuchwy pozostają w ciągłym gumożuciu i dziwnie mi się kojarzą z Krasulą, której mleko piłam w dzieciństwie. Niejeden też raz wysłuchiwałam żale pań sprzątających szkołę, że muszą zeszkrobywać „to świństwo” z uczniowskich mebli i podłogi.

W wielu krajach dbających o czyste i estetyczne środowisko za wyrzucanie przeżutej, zużytej gumy byle gdzie, są wysokie kary. Władze Singapuru, znanego z wyjątkowej czystości, jakiś czas temu nie wytrzymały rosnących kosztów zeszkrobywania gumy z miejskich ulic i chodników, i najpierw zakazały reklamowania gumy do żucia, a następnie zlikwidowały jej sprzedaż.

Jednym z najbardziej zabrudzonych gumowymi kleksami miast Europy jest Londyn. Pomimo wprowadzenia wysokich kar, zwłaszcza w parkach i na murawach stadionów, Londyn walkę z gumami przegrywa.

„Guma, guma do żucia! Nie do nakarmienia! Nie do otrucia!” śpiewał Marek Grechuta. Treść piosenki sugeruje, że miłośnikiem jej nie by, ale nawet jeśli był, mam przekonanie, że nie zaśmiecał nią środowiska.

DR MARIA KUŹNIARZ

ISLANDIA – WYSPA PEŁNA ENERGII



Rozwarte szczeliny w skałach na powierzchni strefy ryftowej



Ogród botaniczny w Akureyri



Pole lawowe Dimmuborgir



Ujęcie gorącej wody na polu geotermalnym Geysir



Pole lawowe i elektrownia geotermalna Svartsengi



DOLNOŚLĄSKI KLUB EKOLOGICZNY

ul. marsz. J. Piłsudskiego 74
50-020 Wrocław

tel./fax 71 347 14 45, tel. 71 347 14 44
e-mail: klub@eko.wroc.pl

<http://www.ekoklub.wroclaw.pl>

ZARZĄD

dr inż. Aureliusz Miklaszewski
prezes, tel. 71 347 14 44
e-mail: klub@eko.wroc.pl

dr hab. inż. Włodzimierz Brząkała
wiceprezes, tel. 663 261 317
e-mail: wlodzimierz.brzakala@pwr.edu.pl

dr Barbara Teisseyre
sekretarz, tel. 606 103 740
e-mail: bnteiss@wp.pl

mgr Krystyna Haladyn
skarbnik, tel. 71 783 15 75
e-mail: krystyna.haladyn@wp.pl

dr Michał Śliwiński
członek Zarządu, 663 326 899
e-mail: michal.sliwinski@o2.pl

dr inż. Henryk Wojciechowski, doc.
członek Zarządu, tel. 503 373 061
e-mail: henryk.wojciechowski@pwr.edu.pl

KOMISJA REWIZYJNA

dr hab. inż. arch. Bogusław Wojtyszyn
przewodniczący, tel. 605 620 208
e-mail: boguslaw.wojtyszyn@pwr.edu.pl

mgr inż. Krystyna Piosik
członek Komisji Rewizyjnej, tel. 600 021 672
e-mail: krystynapiosik@gmail.com

dr Zenon Woźniak
członek Komisji Rewizyjnej, tel. 713555128
e-mail: ewozniak@maiko.eu

BIURO ZARZĄDU DKE

pl. Teatralny 2, lok. 315
50-051 Wrocław

czynne jest we wtorki i czwartki
w godzinach od 15⁰⁰ do 18³⁰



Jezioro przed lodowcem Vatnajokull



Roślinność bagienna u podnóża stożków wulkanicznych



Wodospad Gullfoss



Wschodnie wybrzeże Islandii i czarna plaża Reynisdrangar

ISLANDIA – WYSPA

PEŁNA ENERGII



Gejzer Strokkur na polu termalnym Geysir



Ostrzeżenie przy ogrodzeniu pola geotermalnego



Urządzenia przesyłowe gorącej wody z pola geotermalnego



Dolina ryftowa pomiędzy Ameryką a Europą



Wysokotemperaturowe pole geotermalne Gunnehver

fot. Barbara Teisseyre