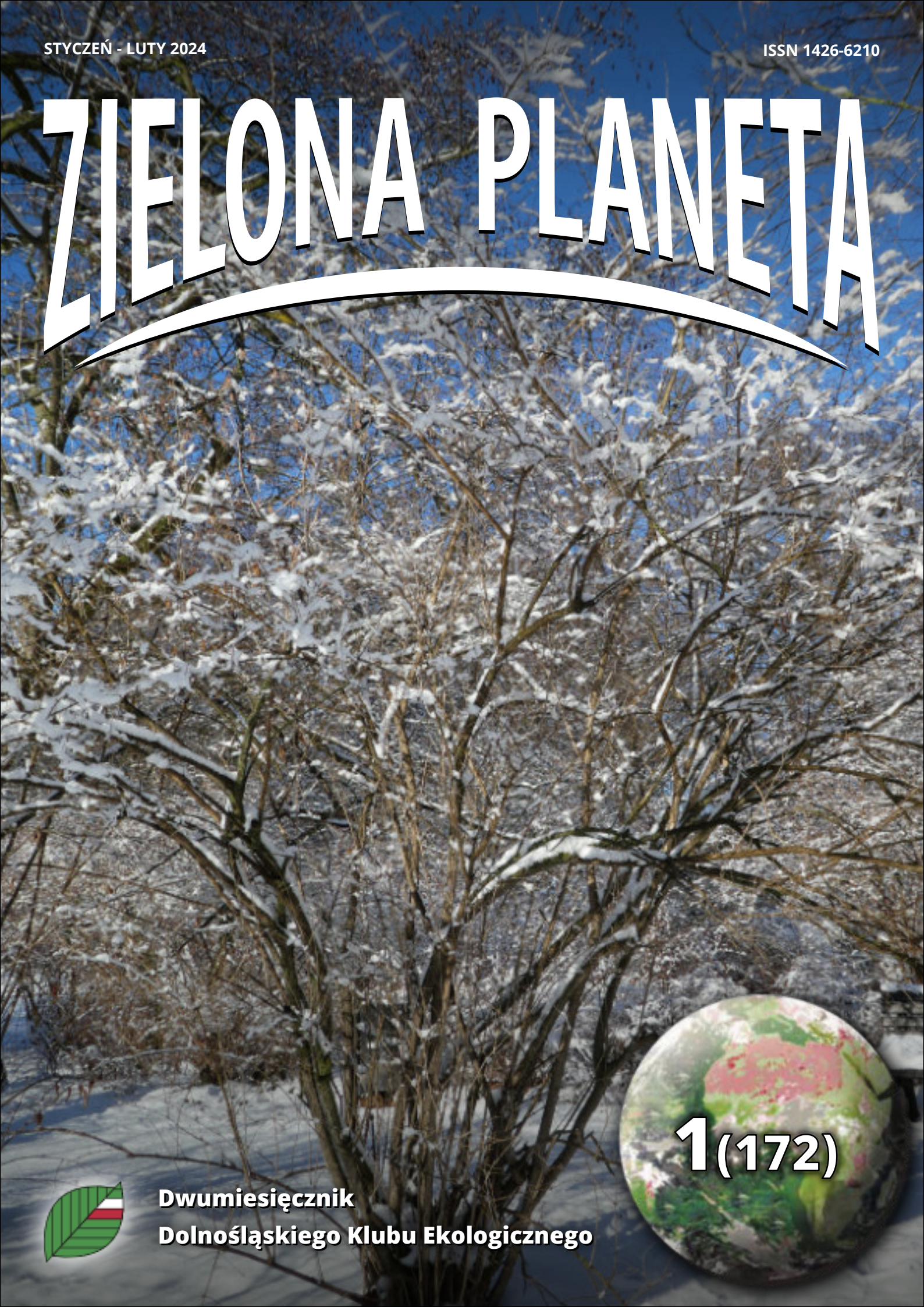
STYCZEŃ - LUTY 2024

ISSN 1426-6210

ZIELONA PLANETA



1(172)

Dwumiesięcznik
Dolnośląskiego Klubu Ekologicznego

ZIELONA PLANETA

Nr 1(172) / 2024

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

TYPOGRAFIA I SKŁAD:

MAYDAY Wojciech Ziółkowski
www.mayday-mayday.pl
biuro@mayday-mayday.pl

WYDAWCA:

Dolnośląski Klub Ekologiczny
ul. Marszałka J. Piłsudskiego 74, pok. 226
50-020 Wrocław

ADRES REDAKCJI:

51-168 Wrocław
ul. Sołtysowicka 19b - niski parter
www.ekoklub.wroc@gmail.com
tel. +48 71 347 14 44

KONTO BANKOWE:

62 1940 1076 3116 0562 0000 0000
Credit Agricole Bank Polska SA

WERSJA INTERNETOWA CZASOPISMA:

www.ekoklub.wroclaw.pl

Redakcja zastrzega sobie prawo wprowadzania skrótów w tekstach autorskich.

Za zawartość merytoryczną tekstów odpowiadają autorzy.

Przedruk lub inny sposób wykorzystania materiałów możliwy jest tylko za wiedzą i zgodą Redakcji.

ISSN 1426-6210

SPIS TREŚCI NUMERU

FORUM EKOLOGICZNE

COP 28 Dubaj. Umiarkowany sukces — 3
Aureliusz Mikłaszewski

Aerozole atmosferyczne – małe cząstki o wielkim znaczeniu — 7
Anetta Drzeniecka-Osiadacz, Tymoteusz Sawiński

Trawy w przyrodzie i życiu człowieka — 11
Michał Śliwiński

Energetyka jądrowa w Polsce – argumenty za i przeciw — 15
Tomasz Glądała

Porozumiewanie się pszczół miodnych — 18
Maciej Winiarski

SPOTKANIA Z PRZYRODĄ

Spotkania z przyrodą. Cz. 22. Zima — 20
Zbigniew Jakubiec

PREZENTACJE

Owady pól irygacyjnych Wrocławia — 22
Marcin Kadej, Adam Malkiewicz

EKOFELIETON

Przejadamy Ziemię — 26
Aureliusz Mikłaszewski

Naszą działalność możesz wspomóc, przekazując 1,5% podatku na Dolnośląski Klub Ekologiczny
KRS nr 0000439192

Kod QR

Zeskanuj kod oraz czytaj najnowsze i archiwalne numery Zielonej Planety

Okładka:

Fot. Krystyna Haladyn

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

Poglądy autorów i treści zawarte w publikacji nie zawsze odzwierciedlają stanowisko WFOŚiGW we Wrocławiu

COP 28 DUBAJ. UMIARKOWANY SUKCES

Aureliusz Mikłaszewski

Umiarkowany, bo oczekiwania były większe, a sukces – bo jednak zrobiony krok do przodu dla ograniczenia emisji i wyrównywania strat wywołanych ocieplaniem się klimatu.

COP to skrót od Conference of the Parties – Konferencja Stron Konwencji ONZ ds. Zmian Klimatu. Oczekiwano przyjazdu ok. 70 tys. osób, prawie dwa razy więcej niż na zeszłorocznym COP 27 w Szarm el-Szejk w Egipcie. Udział w konferencji (30.11.- 12.12.2023) zadeklarowało 198 państw. W Dubaju planowany był przegląd realizacji porozumień klimatycznych z Paryża (COP 2015) i zobowiązań redukcyjnych.

GENERALNE PROBLEMY

Celem konferencji COP jest utrzymanie wzrostu temperatury Ziemi poniżej +1,5°C w stosunku do temperatury z okresu przedprzemysłowego. Od tego czasu wzrost temperatury osiągnął +1,1 -1,2°C i jeżeli nie nastąpią radykalne obniżenia emisji GHG to w roku 2100 Ziemia ogrzeje się o 2,7°C, co grozi katastrofalnymi skutkami o zasięgu globalnym, ale emisje CO_2, zamiast spadać, nadal rosną. W roku 2023 wg raportu Global Carbon Budget (GCB) emisja CO_2 była największa w historii i wynosiła 36,8 mld ton, tj. o 1,1% większa niż w roku 2022. Konieczne jest więc zwiększenie intensywności redukcji emisji gazów cieplarnianych. Temu celowi był w znacznej mierze poświęcony COP 28.

ZAMIERZENIA UNII EUROPEJSKIEJ

Unia Europejska była podczas COP 28 reprezentowana przez przedstawicieli, w tym przewodniczącą Rady UE Ursulę von der Leyen. Oprócz nich były też krajowe delegacje, z Polski pod przewodnictwem Prezydenta RP. UE od wielu lat stara się o maksymalne ograniczenia emisji, mając nadzieję, że dobry przykład podejmą inne kraje, w tym duzi emitenci. Ale emisje całej UE to zaledwie ok. 7% emisji światowych, a emisja z Polski to ok. 10% emisji UE, czyli ok. 0,7% emisji światowych. Wpływ Polski i całej UE na globalne emisje jest niewielki – chodzi więc bardziej o danie dobrego przykładu przez pokazanie, że obniżenie emisji CO_2 jest możliwe bez obniżenia poziomu życia obywateli.

UE jechała na COP 28 z propozycją potrojenia mocy zainstalowanej w OZE i podwojenia efektywności energetycznej do roku 2030, dokonania przeglądu klimatycznych zobowiązań redukcyjnych państw uczestniczących w COP 28. UE miała też do zaprezentowania podczas dyskusji merytorycznych m.in. swoje postępy dotyczące przemysłu neutralnego emisyjnie (*Net Zero Industry Act,* ogłoszony 16 marca 2023), ograniczenie emisji z transportu ciężkiego czy pochłanianie i magazynowanie CO_2.

DOBRY POCZĄTEK

Pierwszy dzień zaczął się dobrze – ustalono zasady tworzenia funduszu na rzecz szkód i strat (*Loss and Demage Fund* – LDF), który ma pomagać krajom rozwijającym się, dotkniętym skutkami zmian klimatycznych. Dotychczas nie udawało się wyjść poza deklaracje gotowości utworzenia takiego funduszu. Jeszcze na szczycie w Kopenhadze bogatsze kraje obiecywały, że zbiorą rocznie 100 mld dolarów na ograniczenia emisji i koszty adaptacji. Później okazało się, że zadeklarowano ok. 63 mld, a zebrano ok. 11 mld dolarów, a więc o wiele za mało by coś zmienić, tym bardziej że koszty rosły.

Fundusz (LDF) jest przeznaczony na odbudowę zniszczonych domów i urządzeń na skutek ekstremalnych zjawisk atmosferycznych, wsparcie rolników i rekompensatę za zniszczone plony oraz na pokrycie kosztów przeprowadzki spowodowanej podniesieniem się poziomu mórz i oceanów.

Gospodarze COP 28 dali dobry przykład – Zjednoczone Emiraty Arabskie (ZEA) zadeklarowali 100 mln dolarów. Inne kraje są gotowe wpłacić: USA ok. 20 mln, Japonia 10 mln, Wielka Brytania 60 mln, a Niemcy ok. 100 mln dolarów. To niewiele w stosunku potrzeb. Do roku 2030 fundusz powinien mieć ok. 100 mld dolarów. Według przedstawicieli państw rozwijających się potrzeby te wynoszą co najmniej 400 mld dolarów rocznie.

CZEKAĆ DŁUŻEJ NIE MOŻNA

COP 28 odbywa się w roku 2023, w którym odnotowano najwyższą globalną temperaturę w historii pomiarów na Ziemi. Światowa Organizacja Meteorologiczna (WMO) w raporcie „*State of the Global Climate*" potwierdza pobicie wielu dotychczasowych rekordów klimatycznych i można rok 2023 uznać za najgorętszy rok w historii pomiarów.

GORĄCA JESIEŃ

3 października 2023 w Legnicy o godz. 12.50 odnotowano +29,2°C. To najwyższa temperatura w październiku w Polsce od ponad 100 lat, od kiedy prowadzone są pomiary. Poprzednio rekord październikowy był w roku 1966 w Gorzowie Wlk. +28,7°C. Wrzesień też był rekordowy; w pierwszej połowie września w Opolu było +31,3°C. Pomiary wykazały, że wrzesień 2023 był

Ryc.1. Uczestnicy COP 28. *Źródło: Internet*

najcieplejszym miesiącem w historii pomiarów, średnia miesięczna temperatura wyniosła +17,7°C. Trudno w to uwierzyć, ale było to o 0,2°C więcej niż średnia temperatura czerwca 2023. Anomalia we wrześniu w porównaniu ze średnią temperaturą z lat 1991-2020 wyniosła aż 4°C! (Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, OKO.Press).

Za granicą też było ciepło; w Finlandii był najcieplejszy wrzesień od 1934 roku, a w Danii wrzesień był cieplejszy niż lipiec i sierpień. W Wielkiej Brytanii został wyrównany rekord średniej temperatury we wrześniu z roku 2006, tj. +15,2°C (swiatoze.pl). Według Copernicus Climate Change Service (CCCS) listopad 2023 był najcieplejszym w historii pomiarów. Średnia globalna temperatura wyniosła +14,22°C, to jest o 0,32°C więcej, niż było w listopadzie 2020 r. Wg CCCS w roku 2023 było sześć rekordowo ciepłych miesięcy, a wyjątkowo wysokie temperatury listopada wskazują, że rok 2023 będzie najcieplejszym rokiem w historii pomiarów (swiatoze.pl).

Średnia globalna temperatura z 11 miesięcy 2023 roku jest najwyższa w historii pomiarów i aż o 1,46°C wyższa niż średnia temperatura z okresu przedprzemysłowego (1850-1900). Do przekroczenia o 1,5°C brakuje tylko 0,04°C. Wzrost temperatury należy odnosić do dłuższych, 30-letnich okresów, roczne rekordy nie są miarodajne, ale ich nasilenie daje do myślenia i niepokoju, że przekroczenie o 1,5°C jest bardzo bliskie.

Poziom dwutlenku węgla w atmosferze jest o połowę wyższy niż ten przed okresem przemysłowym i temperatura Ziemi będzie nadal rosła mimo nawet niewielkiego ograniczania emisji GHG. Konieczne jest więc radykalne obniżenie poziomu stężenia GHG w atmosferze, m.in. przez pochłanianie i wychwytywanie CO_2. Aby to osiągnąć konieczna, jest całkowita rezygnacja z paliw kopalnych, których spalanie jest głównym źródeł emisji CO_2 do atmosfery. Sekretarz generalny ONZ Antonio Guterres mówił o *„załamaniu klimatycznym w czasie rzeczywistym" i jego skutkach – powodziach, pożarach, katastrofalnych zjawiskach atmosferycznych, które powinny motywować do zdecydowanego przeciwdziałania zmianom klimatycznym*".

Wiele krajów rozwijających się buduje swój dobrobyt i jest temu niechętne, argumentując, że spalanie węgla, ropy i gazu jest nadal podstawą rozwoju gospodarczego.

Na żadnym z dotychczasowych szczytów COP nie udało się osiągnąć porozumienia co do powszechnego odejścia od paliw kopalnych. Na szczycie klimatycznym w Glasgow, po negocjacjach ustalono jedynie, że „*należy stopniowo odchodzić od węgla*". Tym razem również trudno oczekiwać, że kraje arabskie, w tym gospodarz ZEA, opierające swoją gospodarkę na wydobyciu ropy i gazu, będą dążyć do rezygnacji z podstawowego źródła swego dochodu i pozycji w świecie. Prezydentem COP 28 jest sułtan Ahmed Al Jaber, szef giganta paliwowego Zjednoczonych Emiratów Arabskich (ADNOC – Abu Dhabi National Oil Company) wydobywającego gaz i ropę naftową. Wg BBC ADNOC przy okazji COP 28 lobbował na rzecz ekspansji firmy w wielu krajach. Trudno więc oczekiwać by na forum COP-u skutecznie wydobycie węgla, ropy i gazu starał się ograniczać. No, może więc tylko węgla, bo go ZEA nie ma….

Ale było jeszcze gorzej – wg „The Guardian" jeszcze w listopadzie 2023 r. Al Jaber w rozmowie z prezydent Irlandii powiedział, że *„nauka nie potwierdza konieczności odejścia od paliw kopalnych w celu utrzymania wzrostu temperatury poniżej +1,5°C"*. Później się z tego wycofał, ale trudno sobie wyobrazić by z takimi poglądami szef koncernu paliwowego dążył na forum COP 28 do rezygnacji z wydobycia ropy i gazu, wbrew własnym interesom i interesom (dochodom) kraju, który reprezentuje.

Zjednoczone Emiraty Arabskie skupiają się więc na technologiach wychwytywania i magazynowania CO_2, ale to wg Międzynarodowej Agencji Energetycznej (MAE) może służyć przedłużeniu używania paliw zamiast ich eliminowania z miksu energetycznego. Wspomniany „The Guardian" informuje, że w Zjednoczonych Emiratach nadal spala się we flarach (na wolnym powietrzu, bez odzysku ciepła ani wychwytywaniu CO_2) gaz towarzyszący wydobyciu ropy naftowej. Można, ironizując, powiedzieć, że w ten sposób dba się o środowisko, gdyż po spaleniu gazu powstały CO_2 ma kilkadziesiąt razy mniejszy współczynnik ogrzewania od metanu przed spaleniem.

Rosja sygnalizowała, że nie zgodzi się na żadną umowę, która będzie zmierzała do zmniejszenia wydobycia i używania paliw kopalnych. Chiny z kolei zapowiedziały, że zajmą się emisjami metanu. Niespalony metan w krótkim okresie ma kilkadziesiąt razy większy potencjał efektu cieplarnianego niż dwutlenek węgla. ZEA sygnalizowały też

chęć zajęcia się emisjami z klimatyzatorów i urządzeń chłodniczych, bardzo tam powszechnych i zużywających dużo energii elektrycznej.

DEKLARACJE, WYSTĄPIENIA

2 grudnia 2023 przyjęto deklarację o potrojeniu mocy wytwórczej energii jądrowej. Podpisało ją ponad 20 państw, m.in. USA, Francja, Rumunia, Finlandia, Kanada, Szwecja, Bułgaria, Zjednoczone Emiraty Arabskie (ZEA) i Polska. Sygnatariusze zobowiązali się do współpracy dla potrojenia mocy energetyki jądrowej do roku 2050 oraz zapewnienia eksploatacji EJ zgodnie z najwyższymi standardami bezpieczeństwa. Postanowiono też, by bezpiecznie gospodarować zużytym paliwem przez jego utylizację i bezpieczne składowanie.

Prezydent Polski Andrzej Duda w swoim wystąpieniu na forum COP 28 wypowiedział się na temat energetyki jądrowej, że „*atom jest przyszłością*" i przypomniał zabiegi o włączenie EJ do *Net-Zero Industry Act* — Parlament Europejski uwzględnił atom wśród taksonomii energetycznej, o co szczególnie zabiegała Francja. Prezydent Duda zaznaczył też, że „*w centrum polityki klimatycznej musi stać człowiek – jego bezpieczeństwo i jakość życia. Temu ma służyć racjonalny proces przechodzenia na wydajne i niskoemisyjne źródła energii*".

ODPOWIEDZIALNOŚĆ ZA ZMIANY KLIMATU

To pytanie wraca stale gdy pojawia się problem finansowania strat, obniżania emisji i planowania rozwoju gospodarczego. Na energii ze spalania paliw kopalnych państwa rozwinięte zbudowały swoją cywilizację, rozwój i poziom życia. Ale spalając węglowodory przyczyniły się do wzrostu stężenia GHG, a szczególnie CO_2 w atmosferze i poprzez efekt cieplarniany do wzrostu temperatury Ziemi. Powinny zatem czuć się zobowiązane do ograniczania emisji, ale przede wszystkim do pokrywania skutków ocieplenia Ziemi – od ok. 1850 do 2023 roku już o ok. 1,1-1,2°C. Wg Oxfarmu największy wpływ na zmiany klimatu ma 10% najbogatszych ludzi na Ziemi. Najbogatszy 1% z nich poprzez swoją działalność (przemysłową, rolniczą, energetyczną i inne) wyemitował w roku 2019 tyle CO_2 co 66% najuboższych. Najbogatsze 10% mieszkańców Ziemi jest odpowiedzialne za ślad węglowy ok. 25 ton CO_2 na osobę (w 2019 r.), a najbogatszy 1% z nich – aż 75 ton CO_2 na osobę. Środkowe 40% ma ślad węglowy ok. 5,6 tony CO_2, a pozostałe najuboższe 50% - mniej niż 1,5 tony CO_2/osobę.

Ryc. 2. Prezydentem COP 28 był sułtan Ahmed Al Jaber, szef firmy wydobywającej ropę i gaz. Źródło: TVP

Poziom, który powinien być utrzymany, by nie przekroczyć wzrostu temperatury o 1,5°C to 2,8 tony CO_2/osobę. A więc ślad węglowy najuboższych jest mniejszy od (jeszcze) bezpiecznego, ale już bogatsze 40%, 10%, 1% mają ślady węglowe odpowiednio 2, 9 i 27 razy większe od dopuszczalnego. To porównanie pokazuje, kto najwięcej wyemitował i kto ponosi za to odpowiedzialność. Ale sytuacja jest bardziej złożona. Kraje rozwijające się dążą do większego rozwoju gospodarczego, a biedne również chcą się rozwijać i, podobnie jak rozwijające się, zużywać więcej energii ze spalania paliw kopalnych, i więcej emitować CO_2. Na sugestie powszechnego ograniczania emisji odpowiadają, że najpierw chcą się rozwinąć gospodarczo i podnieść poziom życia obywateli (co zrobiły już kraje bogate), a później emisje ograniczać. Trudno więc zabronić im rozwoju gospodarczego, a tym samym możliwości zwiększania emisji. Na placu boju z globalnym ociepleniem pozostają więc kraje bogate, ale tu też nie ma woli politycznej do hamowania gospodarki, obniżenia emisji i wejścia w gospodarczą stagnację. Największym jednak problemem są duzi emitenci. Do nich należą Chiny (ok. 1/3 światowych emisji) i Indie. Oba kraje mają ponad 1,4 miliarda ludności, ale diametralnie różne systemy polityczne. Chiny zarządzane są centralnie przez partię komunistyczną, Indie są największą demokracją parlamentarną świata. Obydwa kraje dążą do wzrostu swoich gospodarek i coraz więcej emitują; Chiny – 32%, a Indie – 8% emisji światowych wg Global Carbon Budget. Prezydent Chin Xi Jinping w 2020 r. ogłosił osiągnięcie neutralności klimatycznej przed rokiem 2060, a osiągnięcie szczytu emisji CO_2 przed rokiem 2030. Indie neutralność klimatyczną planują osiągnąć do roku 2070. Kto im tego zabroni? Gdyby tak miało pozostać, to wiele krajów świata ograniczałoby emisje, a Chiny i Indie zwiększały, co biorąc pod uwagę ich wielkość, przekreśliłoby cel, jakim jest osiągnięcie w roku 2050 neutralności klimatycznej, by do końca stulecia nie przekroczyć wzrostu temperatury o 1,5°C w stosunku do temperatury z okresu przedprzemysłowego.

NIEREALNY CEL?

COP 28 to także okazja do prezentacji doświadczeń i wymiany poglądów. Dotyczy to upowszechnionego już w społecznej świadomości nieprzekraczania celu wzrostu

globalnego ocieplenia o maksimum 1,5°C. Mówił o nim na otwarciu COP 28 Ahmed Al Jaber. Oficjalnie uznaje go Unia Europejska, USA i większość krajów świata. Nigdzie oficjalnie, jak stanowisko rządowe, nie jest na świecie negowany. Z podsumowania efektów zobowiązań redukcyjnych krajów przygotowanych na COP 28 wynika, że ocieplenie może wzrosnąć o 2,4-2,6°C, a jeżeli długoterminowe cele zmniejszające emisję zostałyby w pełni wdrożone, to temperatura wzrośnie o 1,7-2,1°C. Program środowiskowy ONZ w raporcie dotyczącym luki emisyjnej mówi o wzroście temperatury nawet do 2,9°C.

Biorąc powyższe informacje, pod uwagę pojawia się pytanie, czy przyznanie się do tego, że celu 1,5°C nie uda się utrzymać, nie będzie zniechęcało do dalszych starań o ograniczenie emisji? Przeważają opinie, że lepiej jednak dążyć do przyjętego celu, by nie komplikować światowych akcji i kampanii oraz nie demotywować rządów państw do ograniczania emisji.

UMIARKOWANY SUKCES

13 grudnia 2023 rano owacją na stojąco delegaci na COP 28 przyjęli porozumienie – efekt konferencji klimatycznej w Dubaju. Udało się wybrnąć z impasu co do przyszłości paliw kopalnych. Zamiast zapisu o ograniczaniu wysokoemisyjnych technologii węglowych (ustalenia na COP 26 w Glasgow) lub pełnej eliminacji węgla, ropy i gazu, za czym wypowiadały się organizacje pozarządowe, przyjęto postulat „transformacji zmierzającej do odejścia od paliw kopalnych" (DGP, 14.12.2023 r.). Równocześnie zwrócono uwagę, że rezygnacja z paliw kopalnych ma przebiegać w sposób sprawiedliwy, uporządkowany i równy oraz zgodny z celem neutralności klimatycznej do roku 2050. Zwracał na to uwagę w swoim wystąpieniu prezydent Polski Andrzej Duda.

Nie udało się przyjąć deklaracji o całkowitym odejściu od paliw kopalnych, co blokowała m.in. Arabia Saudyjska, a przeciwko zapisom ograniczającym używanie paliw kopalnych lobbował kartel OPEC, który proponował wspieranie rozwiązań ograniczających emisję, co utrwalałoby dalsze wydobycie (i „nieco" mniejszą emisję…). Ale wsparcie dla wycofania węglowodorów rośnie – teraz było to ok. 120 państw, gdy w poprzednim COP 27 za stopniowym odejściem od paliw kopalnych było 80 krajów.

Sukcesem COP 28 jest powołanie funduszu rekompensat za straty i szkody wywołane zmianami klimatu. Najbogatsze państwa świata (w tym Unia Europejska, Niemcy, Wielka Brytania, Zjednoczone Emiraty Arabskie, USA, Japonia) zadeklarowały wsparcie o łącznej wysokości 420 mln dolarów (wg innych źródeł, pod koniec obrad było to już ok. 800 mln dolarów) dla biednych krajów, poszkodowanych na skutek zmian klimatu. Ale reprezentanci krajów najbardziej poszkodowanych i zagrożonych mówią, że rzeczywiste potrzeby wynoszą miliardy dolarów i nadal rosną. Tak więc bogate emitują, a biedne ponoszą straty, których nie są w stanie udźwignąć.

Sojusz Małych Państw Wyspiarskich, do którego należą kraje najbardziej zagrożone skutkami zmian klimatu, określiły mankamenty COP 28 jako „*litanią luk prawnych*", ze względu na brak konkretnych zobowiązań, w tym określenia roku osiągnięcia szczytu emisji GHG i rozpoczęcia ich redukowania już w połowie obecnej dekady. Kraje wyspiarskie zwracały też uwagę na uznanie roli „paliw przejściowych", w tym gazu ziemnego, o znacznie mniejszej emisyjności w porównaniu z węglem, ułatwiającej proces transformacji i zapewniającej bezpieczeństwo energetyczne. Zabrakło określenia celów i terminów redukcji emisji metanu. Metan ma znacznie większy od CO_2 potencjał tworzenia efektu cieplarnianego. Wg IPCC wynosi on 23 na 100 lat, wg portalu „nauka o klimacie" -28, wg informacji DGP ok. 80 w okresie pierwszych 20 lat, wg różnych organizacji w UE w pierwszych 20. latach jest to 87, a w 100 latach – 36 razy bardziej aktywny dla efektu cieplarnianego. Powinien być zatem eliminowany z gospodarki w ramach dekarbonizacji. Nie chodzi tu o spalanie (wtedy powstaje CO_2 o współczynniku 1), lecz o wypływy metanu towarzyszące wydobyciu węglowodorów i przesyłaniu gazu ziemnego. Te drugie można znacznie ograniczyć, uszczelniając sieci przesyłowe, trudniej jest ujmować metan towarzyszący wydobyciu kopalin energetycznych.

Również potrojenie mocy OZE i zwiększenie efektywności energetycznej zostało zapisane w formie porozumienia ok. 130 krajów, ale wśród nich nie ma największego emitenta GHG – Chin.

W porozumieniu zwrócono uwagę na technologie krytyczne, których rozwój powinien zostać przyśpieszony. Zaliczono do nich źródła odnawialne, technologie wychwytywania i pochłaniania/magazynowania CO_2, technologie wodorowe i energetykę jądrową (potrojenie mocy). Po raz pierwszy EJ została wymieniona jako technologia, która może przyczynić się do ograniczenia emisji CO_2.

Na COP 28 postanowiono również dokonanie Pierwszego Globalnego Przeglądu – cyklicznego, co 5 lat, oceniania postępów w wypełnianiu zapisów Porozumienia Paryskiego. Wnioski z Przeglądu powinny być złożone do roku 2025 i uwzględnione przy przedkładaniu nowych celów na rok 2035 (krajowych określonych wkładów/zobowiązań).

Nie zabrakło też urzędowego optymizmu – przewodnicząca Komisji Europejskiej uważa umowę – porozumienie za początek końca surowców kopalnych i pozytywnie oceniła fundusz rekompensat dla poszkodowanych krajów (UE i państwa członkowskie zadeklarowały 2/3 całej sumy wpłat). Przedstawiciel USA, odpowiadający za klimatyczną dyplomację, chwalił uczestników za pokazanie „ducha współpracy", a wiceminister środowiska Chin ocenił porozumienie jako „świadectwo umocnienia globalnego trendu w stronę zielonej transformacji i drogowskaz dla kolejnej fazy globalnych wysiłków proklimatycznych" (DGP, 14.12.2023 r.).

Mieszane uczucia wywołuje również propozycja miejsca następnego COP 29 – w Azerbejdżanie. Byłby to już trzeci kraj wydobywający na dużą skalę ropę naftową i gaz ziemny, po Egipcie (Sharm El-Sheik) i Zjednoczonych Emiratach Arabskich (Dubaj), który będzie pełnił rolę gospodarza konferencji klimatycznej, zmierzającej do ograniczenia węglowodorów w gospodarce. Trudno uwierzyć, że kraj eksploatujący węglowodory będzie dążył do ograniczenia ich wydobycia.

dr inż. Aureliusz Mikłaszewski

AEROZOLE ATMOSFERYCZNE
małe cząstki o wielkim znaczeniu

Anetta Drzeniecka-Osiadacz, Tymoteusz Sawiński

WSTĘP

Zła jakość powietrza oraz zmiany klimatu są jednymi z najważniejszych zagrożeń środowiskowych i wyzwań cywilizacyjnych we współczesnym świecie. Światowa Organizacja Zdrowia wskazuje, że co roku z powodu czynników środowiskowych, które można wyeliminować, czyli właśnie zanieczyszczeń powietrza i zmian klimatu, przedwcześnie umiera ponad 13 milionów osób[1]. W Europie, podobnie jak w innych obszarach wysoko rozwiniętych, emisja zanieczyszczeń w ostatnich latach systematycznie spadała, jednak również tutaj narażenie na zanieczyszczenia powietrza należy do najważniejszych problemów środowiskowych[2]. Mimo tego, że jakość powietrza i globalne zmiany klimatu zazwyczaj traktujemy jako odrębne problemy, to trzeba pamiętać, że wiele związków, które są zanieczyszczeniami powietrza, należy też uwzględniać jako elementy systemu klimatycznego. Dlatego takie substancje jak metan, aerozole atmosferyczne lub ozon, których czas życia w atmosferze jest relatywnie krótki, są nazywane krótkotrwałymi czynnikami wpływającymi na zmiany klimatu (Fu et al. 2020). Stanowisko Europejskiej Agencji Środowiskowej wyraźnie wskazuje kierunek działań w ochronie atmosfery: „*poprawa jakości powietrza może również na wiele sposobów wesprzeć działania na rzecz ograniczania zmiany klimatu i odwrotnie, ale nie zawsze tak się dzieje. Stojące przed nami wyzwanie polega na zagwarantowaniu, aby polityka w dziedzinie klimatu i powietrza skupiła się na realizacji scenariuszy przynoszących obopólne korzyści*". W ten sposób, ograniczając emisję zanieczyszczeń powietrza, realizujemy strategię „*win-win*", jednocześnie pozytywnie wpływamy na zdrowie mieszkańców, jak i na klimat.

NIE WSZYSTKIE ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA SĄ TAK SAMO WAŻNE

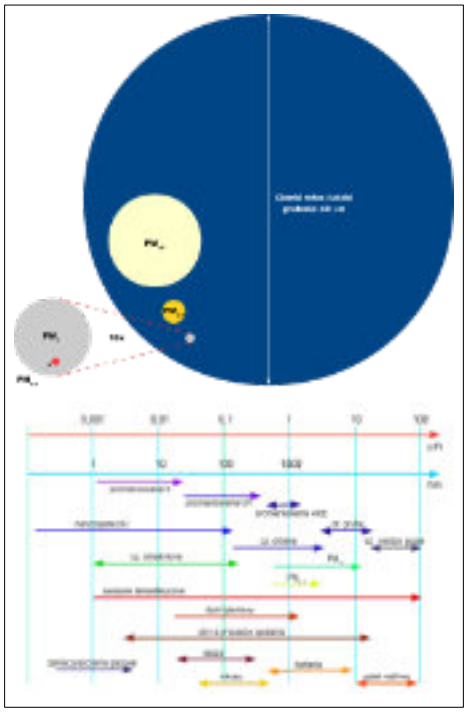
Zanieczyszczenia powietrza, czyli substancje występujące w powietrzu w stanie stałym, gazowym i ciekłym, pochodzące zarówno ze źródeł naturalnych jak i antropogenicznych, w ilościach przekraczających ich „normalne" stężenie, wpływają na wszystkie komponenty środowiska, naruszają naturalną równowagę środowiskową i mogą doprowadzić do nieodwracalnych zmian, upośledzających nasze możliwości korzystania ze środowiska oraz wpływają w sposób negatywny na zdrowie człowieka. Są to tysiące różnych substancji, jednak spośród nich wskazuje się zaledwie na kilka głównych zanieczyszczeń, które są obecne powszechnie w środowisku[3]. Należą do nich tlenek węgla, tlenki azotu i siarki, ołów, ozon troposferyczny i przede wszystkim pył zawieszony. Szczególną rolę w środowisku odgrywają zanieczyszczenia pyłowe, inaczej aerozol atmosferyczny. Aerozole to cząstki o charakterze stałym lub ciekłym, zawieszone w powietrzu, o średnicy poniżej 100 µm (Rys. 1). Są jednymi z ważniejszych i najbardziej widocznych zanieczyszczeń powietrza. W zależności od źródeł emisji i przemian zachodzących w atmosferze aerozole różnią się wielkością, kształtem i składem chemicznym. Wpływają m.in. na zdrowie, zakwaszenie opadów, chemię stratosfery — dziurę ozonową, ograniczenie widzialności, bilans promieniowania, a także zmieniają mikrofizykę chmur. Do głównych źródeł aerozoli zaliczamy procesy spalania paliw stałych i ciekłych w sektorze produkcji energii i w gospodarstwach domowych, rolnictwo, pożary lasów, emisję z powierzchni oceanów oraz podczas wybuchów wulkanów, a także pył pochodzący z powierzchni ziemi. Ponadto dużą część aerozoli stanowią tzw. cząstki wtórne, czyli powstające w wyniku przemian zanieczyszczeń gazowych (Mukherjee, Agrawal 2017; Manisalidis et al. 2020).

Powszechnie obowiązujący podział na klasy odbywa się ze względu na średnicę cząstek. Wydzielamy frakcje: ultradrobną o średnicy poniżej 0,1 µm, drobną – o średnicy poniżej 2,5 µm, czy też grubą – o średnicy poniżej 10 µm. Oczywiście, ten podział nie odzwierciedla w pełni ich właściwości fizycznych, m.in. udziału w procesach powstawania chmur.. Rozmiar cząsteczek w dużej mierze odzwierciedla sposób ich powstawania. Aerozole powstające w wyniku przemian (konwersji) zanieczyszczeń gazowych mają średnicę mniejszą niż 0,01 µm. Ponad 80% cząstek generowanych podczas procesów spalania (m.in. biomasy, węgla) jest mniejsze niż 1 µm, średnia ich wielkość wynosi zwykle około 0,1 µm (pomiędzy 50 nm a 200 nm). W późniejszym etapie mogą się łączyć ze sobą lub z kroplami wody dając grubszą frakcję. Aerozol powstający w procesach mechanicznych, np. porywany z powierzchni ziemi przez wiatr, jest dużo większy, często o średnicy powyżej 10 µm (nawet powyżej 100 µm). Większość aerozoli (szacuje się, że nawet

[1] Billions of people still breathe unhealthy air: new WHO data

[2] Release of WHO data on air pollution exposure and its health impact by country

[3] Criteria Air Pollutants | US EPA



Rys. 1. Rozmiary aerozoli atmosferycznych

90%) powstaje w wyniku procesów naturalnych, jednak te najbardziej szkodliwe dla człowieka i środowiska zazwyczaj związane są z działalnością człowieka[4].

Rozmiar aerozoli odgrywa ogromną rolę w ich dalszym losie w środowisku, wpływa na ich czas życia (cząstki drobne mogą w powietrzu utrzymywać się długo — nawet do dwóch tygodni, natomiast te duże osiadają bardzo szybko, niedaleko od miejsca, gdzie powstały), na toksyczność, interakcje z promieniowaniem słonecznym. Tak duża zmienność aerozoli atmosferycznych sprawia, że ich rola w środowisku jest różnorodna.

Na stacjach państwowego monitoringu środowiska GIOŚ mierzone są powszechnie dwie frakcje: pył $PM_{2.5}$ oraz pył PM_{10}, czyli o średnicy ziaren poniżej 2,5 μm i poniżej 10 μm. Ten podział wynikał z jednej strony z dostępnych technik pomiarowych i nawiązywał też do skutków zdrowotnych wdychania pyłu drobnego (o średnicy poniżej 2,5 μm). Pył $PM_{2.5}$ jest już na tyle drobny, że dociera do pęcherzyków płucnych, a stamtąd dalej może dostawać się do krwioobiegu. Pył gruby osadza się w górnej części dróg oddechowych i przez to jest mniej szkodliwy. Nowoczesne metody pomiarowe stwarzają możliwości badań coraz mniejszych cząstek, dlatego też szczególną uwagę w ostatnich latach poświęca się frakcjom pyłu ultradrobnego (o średnicy poniżej 0,1 μm), a także ważnego składnika tej frakcji aerozolu, jakim jest sadza (Black Carbon). W Europie tego rodzaju pomiary wykonywane są m.in. w ramach programu ACTRIS[5]. Jedna z takich stacji powstała właśnie we Wrocławiu, w Zakładzie Klimatologii i Ochrony Atmosfery Uniwersytetu Wrocławskiego (Fot. 1).

Fot. 1. Kontener pomiarowy - stacja Wrocław ACTRIS. *Fot. Tymoteusz Sawiński*

SKUTKI ZDROWOTNE ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA

Skutki zdrowotne narażenia na zanieczyszczenia powietrza, zarówno krótko, jak i długoterminowego są potwierdzone licznymi badaniami. Spośród wszystkich zanieczyszczeń przede wszystkim wskazuje się, że to pył zawieszony jest jednym z głównych czynników środowiskowych wpływających na jakość życia i stan zdrowia populacji. Jego toksyczność w głównej mierze zależy od składu chemicznego, a także od wielkości cząstek; im mniejsze cząstki, tym głębiej mogą dostawać się do naszego organizmu, powodując negatywne skutki zdrowotne we wszystkich ważnych organach (Schraufnagel et al. 2019). Wykazano, że cząstki o średnicy mniejszej niż 2,5 μm, a zwłaszcza cząstki ultradrobne o średnicy mniejszej niż 0,1 μm ($PM_{0.1}$), do których zaliczane są cząstki sadzy, przenikają głęboko do płuc i krwiobiegu, i przyczyniają się do rozwoju chorób układu sercowo-naczyniowego (Kwon et al. 2020; Fiordelisi et al. 2017; Brook et al. 2010), w tym do udaru mózgu, ale też chorób układu oddechowego, m.in. przewlekłej obturacyjnej choroby płuc, raka tchawicy, oskrzeli i płuc, zaostrzenia astmy i infekcji dolnych dróg oddechowych (Arias-Pérez et al. 2020; Pope et al. 2020). Badania wykazały, że negatywny wpływ na zdrowie sadzy i innych cząstek pochodzących ze spalania może być dużo większy niż w przypadku innych źródeł, a WHO już w 2012 r. wskazała na konieczność odrębnej oceny wpływu sadzy na zdrowie mieszkańców (Janssen et al. 2012). Badanie epidemiologiczne potwierdzają także związek między narażeniem na zanieczyszczenia powietrza a cukrzycą typu 2, otyłością oraz chorobami neurodegenarcyjnymi, takimi jak choroba Alzhaimera (Lee et al. 2023). Sadza, ze względu na swoje niewielkie rozmiary oraz dużą powierzchnię względną jest także doskonałym medium transportującym do naszego organizmu zarówno rakotwórcze węglowodory, jak i metale ciężkie czy też inne substancje osiadające na jej powierzchni.

AEROZOLE ATMOSFERYCZNE KONTRA KLIMAT

Aerozole atmosferyczne charakteryzują się relatywnie krótkim czasem życia w atmosferze w porównaniu do niektórych gazów cieplarnianych jak metan, podtlenek azotu, czy freony (IPCC 2013). W zależności od wielkości mogą pozostawać od kilku minut do kilku (najczęściej dwóch) tygodni w troposferze, a w stratosferze nawet do roku (Boucher et al. 2013). Mimo tak krótkiego czasu przebywania w atmosferze są ważnym elementem systemu klimatycznego. Oddziałują na klimat zarówno w sposób bezpośredni, wpływając na ilość promieniowania docierającego, jak i uchodzącego z powierzchni ziemi, a także pośrednio wpływając na procesy powstania chmur (Rys. 2).

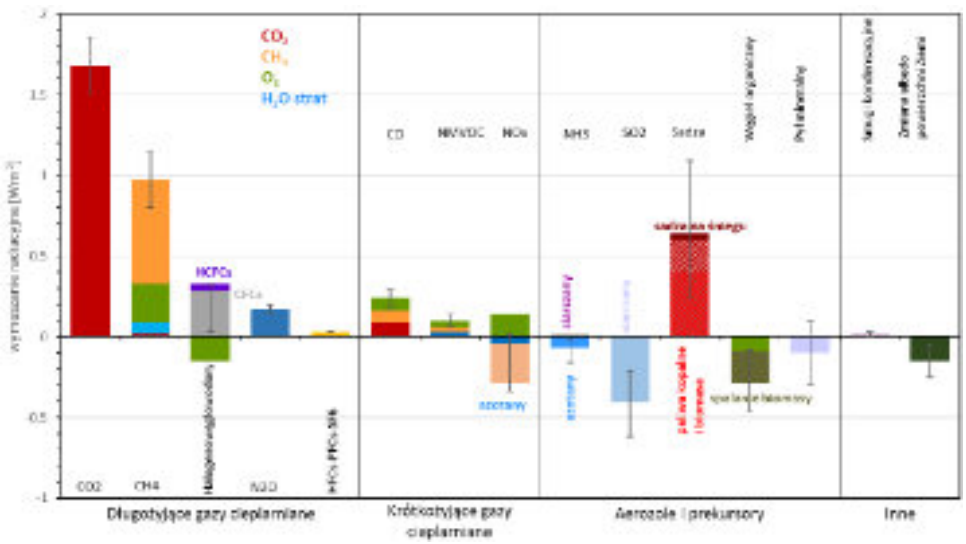
Największy udział w kształtowaniu klimatu mają aerozole pochodzące z wybuchów wulkanów, pył mineralny oraz substancje emitowane podczas spalania paliw kopalnych i biomasy[6], czyli zarówno pył emitowany podczas naturalnych pożarów, jak i związany bezpośrednio z działalnością człowieka (Rys. 3)[7].

[4] https://earthobservatory.nasa.gov/features/Aerosols

[5] ACTRIS

[6] https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MODAL2_M_AER_OD/MOP_CO_M

[7] https://earthobservatory.nasa.gov/features/Aerosols



Rys. 2. Antropogeniczne składowe wymuszenia radiacyjnego od roku 1970 do 2011. *Źródło: Raport IPPC 2014*

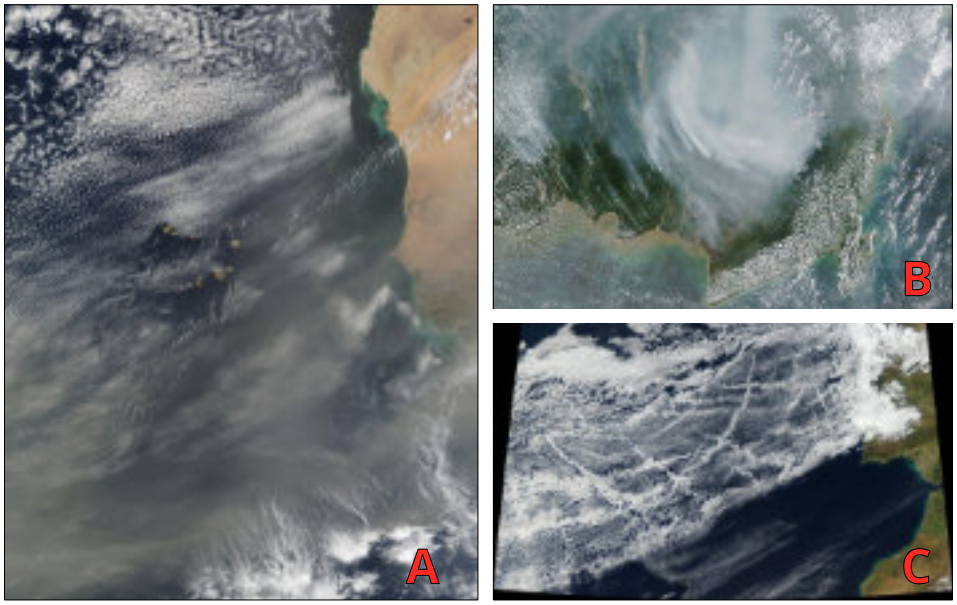
Podczas wybuchu wulkanów do atmosfery dostają się duże ilości dwutlenku siarki (SO_2), który w atmosferze tworzy kwas siarkowy, a następnie aerozole siarczanowe. Cząstki te biorą udział w powstawaniu chmur w troposferze, ale także przedostając się do stratosfery, tworzą chmury stratosferyczne (obłoki perłowe) i tym samym wpływają na procesy niszczenia ozonu stratosferycznego. Generalnie można stwierdzić, że emisja aerozoli z tych źródeł wpływa na ochłodzenie troposfery. Najbardziej dobitnym przykładem tego zjawiska był globalny spadek temperatury powietrza po wybuchu wulkanu Pinatubo w 1991 (Polvani et al. 2019), a także wulkanu Tambora w 1815 (Cole-Dai et al. 2009).

Aerozole mineralne z powierzchni obszarów pustynnych (Rys. 3a) unoszone są nawet na wysokość 4 km i dzięki temu mogą być transportowane na dalekie odległości. Pył pustynny składa się z różnego rodzaju minerałów, które zarówno pochłaniają, jak i odbijają promieniowanie słoneczne. Absorpcja światła słonecznego ogrzewa warstwę atmosfery. Cieplejsze powietrze hamuje tworzenie się chmur burzowych, co dodatkowo rozszerza zasięg oddziaływania pyłu pustynnego.

Jednak aerozole emitowane przez człowieka odgrywają dużo większą rolę w systemie klimatycznym niż te pochodzące ze źródeł naturalnych, przede wszystkim mówimy o aerozolach siarczanowych oraz jednym z podstawowych składników frakcji ultradrobnych, czyli sadzy (Klimont et al. 2017). Aerozole siarczanowe powstają w wyniku m.in. spalania węgla i ropy naftowej, a na obecnym poziomie produkcji przemysłowej i wykorzystania środków transportu, te wytwarzane przez człowieka przeważają nad powstającymi w sposób naturalny. W związku z tym ich stężenia są najwyższe na półkuli północnej, gdzie koncentrują się ich główne źródła.

Aerozole siarczanowe odbijają promieniowanie słoneczne, zmniejszając w ten sposób ilość światła słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi. Biorą też udział w powstawaniu chmur jako chmurowe jądra kondensacji (Rys. 3c), jednocześnie zmniejszając rozmiary kropel chmurowych. W efekcie chmury odbijają więcej światła słonecznego niż bez obecności aerozoli siarczanowych, dodatkowo jeszcze zanieczyszczone chmury utrzymują się dłużej niż chmury niezanieczyszczone (Baker et al. 2015).

Sadza (BC) jest ważnym składnikiem aerozolu atmosferycznego (Rys. 4), emitowanego w procesach niepełnego spalania biomasy lub paliw kopalnych. BC jest składnikiem aerozolu, który najskuteczniej pochłania światło widzialne, odgrywając w ten sposób ważną rolę w bilansie radiacyjnym Ziemi. Zawieszone w atmosferze cząstki BC wpływają na system klimatyczny Ziemi bezpośrednio poprzez pochłanianie i rozpraszanie promieniowania słonecznego, pośrednio – poprzez modyfikację właściwości mikrofizycznych i optycznych chmur. Ponadto, osiadając na powierzchniach naturalnych o wysokim albedo, takich jak śnieg i lód, cząstki BC mogą również znacząco wpływać na zwiększone po-



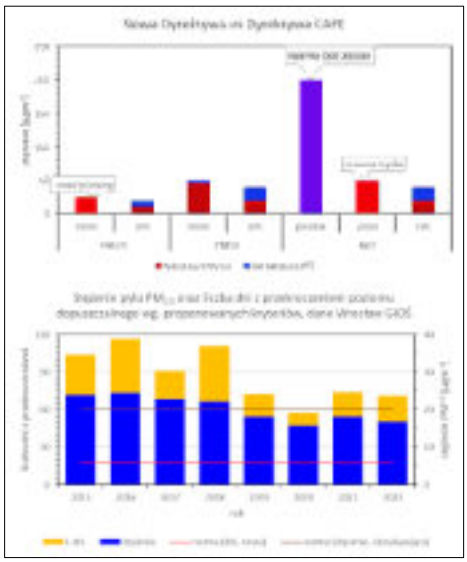
Rys. 3. Aerozole emitowane z różnych źródeł: a) z powierzchni Sahary transportowane na dalekie odległości (źródło: NASA Visible Earth by Jacques Descloitres), b) pożary na wyspie Borneo (NASA Earth Observatory images by Lauren Dauphin) c) długo utrzymujące się smugi kondensacyjne powstające na aerazolach siarczanowych emitowanych przez statki. *Źródło NASA image by Jeff Schmaltz*

lodowców. Efekt ten szczególnie jest odczuwalny na obszarach polarnych (Moschos et al. 2022).

Trzeba pamiętać, że nie tylko aerozole wpływają na klimat, ale też zmiany klimatu wpływają na obecność aerozoli w atmosferze, jednak efekty te nie do końca są rozpoznane. Zmiany bilansu promieniowania, temperatury powietrza i podłoża czy zmiany przebiegu cyrkulacji atmosferycznej mogą w wielu sytuacjach prowadzić do pogorszenia jakości powietrza (Zhao et al. 2022; Fu et al. 2019). Ma to związek z modyfikacją emisji ze źródeł naturalnych (takich jak pożary lasów, pył mineralny z powierzchni ziemi, biogenne lotne związki organiczne), ale także z niektórych źródeł antropogenicznych, jak np. rolnictwo (amoniak), oraz z szybkością reakcji chemicznych w atmosferze, procesami dyspersji i depozycji.

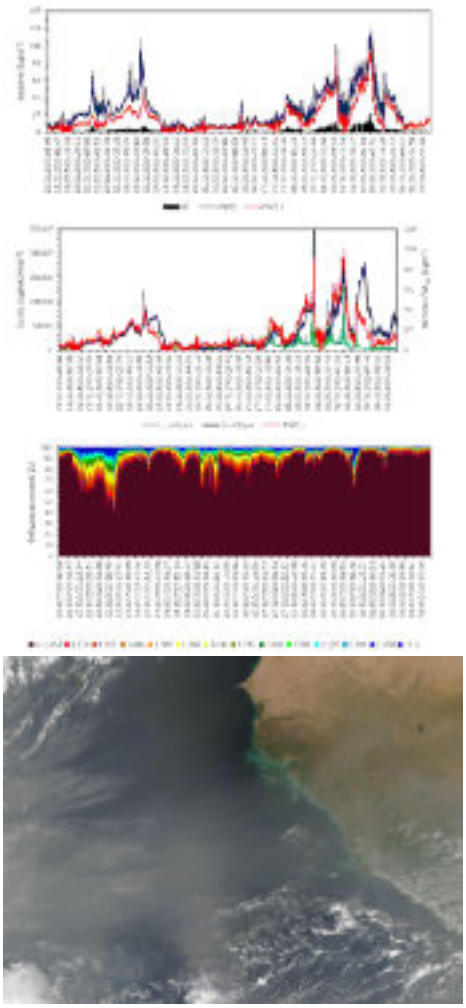
NOWA DYREKTYWA UE W ZAKRESIE JAKOŚCI POWIETRZA

Rekomendacje Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) w zakresie zanieczyszczeń powietrza z roku 2021[8], nowe dowody, wskazujące na szkodliwość substancji zanieczyszczających powietrze,



Rys. 4. Porównanie wymagań Dyrektywy CAFE z 2008 r. oraz proponowane poziomy dopuszczalne „nowej" Dyrektywy wraz z oceną wpływu na klasyfikację strefy wrocławskiej – jak widać w latach 2015 – 2022 liczba dni z przekroczeniami pyłu zawieszonego (zdefiniowane w nowych przepisach) wahała się od 58 do 117.

[8] What are the WHO Air quality guidelines?



Rys. 5. Wyniki pomiarów stężenia pyłu PM_{10}, $PM_{2.5}$, sadzy oraz liczby cząstek drobnych i ultradrobnych (b) oraz rozkładu wielkości cząstek o średnicy od 0.5 µm do 10 µm wykonywanych w Zakładzie Klimatologii i Ochrony Atmosfery (Wrocław ACTRIS Platform). Chmura pyłu znad Sahary[9] (MODIS Land Rapid Response Team, NASA GSFC), która dotarła do Europy na początku trzeciej dekady lutego 2023 (d) widoczna była zarówno na przebiegu pyłu PM_{10} i $PM_{2.5}$, a także skutkowała zwiększeniem liczby cząstek o większych średnicach - powyżej 2 µm. Podczas typowych epizodów wysokich stężeń związanych z emisją ze źródeł komunalno-bytowych udział pyłu $PM_{2.5}$ w pyle PM_{10} przekracza 90%, a wśród frakcji drobnych dominują aerozole o średnicy poniżej 1 µm.

a także ich rolę w systemie klimatycznym i w środowisku spowodowały, że wreszcie podjęto decyzję o konieczności nowelizacji Dyrektywy CAFE z 2008 (2008/EC/50). Dyrektywa ta, po konsultacjach na poziomie krajowym, dalej jest procedowana na szczeblu unijnym. W projekcie Dyrektywy znalazły się zmodyfikowane poziomy normatywne dla wskaźników już istniejących, ale też zupełnie nowe wskaźniki, m.in. norma dobowa dla pyłu zawieszonego $PM_{2.5}$. Ponadto liczba dni z przekroczeniami poziomu normatywnego zarówno dla $PM_{2.5}$, jak i dla PM_{10} została skrócona z 35 do zaledwie 18 (Rys. 4). Sprawia to, że nawet w tych obszarach, gdzie w ostatnich latach nie było przekroczeń poziomów PM_x ze względu na dotychczasowe normy i były one zaliczane do klasy A, po implementacji nowej Dyrektywy (przykład Wrocławia, Rys. 4.b) znajdą się w klasie C[10] – czyli konieczne będzie wdrożenie programów naprawczych (tzw. Programów Ochrony Powietrza). Ponadto na poziomie krajowym konieczne będzie rozszerzenie systemu monitoringu o pomiary liczby cząstek ultradrobnych oraz sadzy. Stacje realizujące te pomiary, określane jako „*super site*", będą uzupełniać krajowy monitoring PMŚ dostarczając unikatowych danych (przykładowe dane pochodzące z Obserwatorium Zakładu Klimatologii i Ochrony Atmosfery UWr znajdują się na Rys. 5), ale też wspierając system pod względem analitycznym. Takie platformy obserwacyjne funkcjonują już w Europie w ramach programu ACTRIS, a ze względu na posiadane możliwości będą mogły pełnić ważną funkcję w kontekście oceny jakości powietrza.

dr Anetta Drzeniecka-Osiadacz,
dr Tymoteusz Sawiński

Zakład Klimatologii i Ochrony Atmosfery,
Uniwersytet Wrocławski

Literatura dostępna w Redakcji

Artykuł powstał w ramach realizacji: Projektu ACTRIS – Infrastruktura do badania aerozoli, chmur i gazów śladowych, POIR.04.02.00-00-D019/20 oraz projektu RI-Urbans (H2020), Projektu "Czy wiesz czym oddychasz?" - kampania edukacyjno-informacyjna na rzecz czystszego powietrza - LIFE-MAPPINGAIR/PL finansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Instrumentu Finansowego LIFE oraz współfinansowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

[9] MODIS Web (nasa.gov)

[10] Ocena jakości powietrza - informacje ogólne - GIOŚ (gios.gov.pl)

[11] www.meteo.uni.wroc.pl

TRAWY W PRZYRODZIE I ŻYCIU CZŁOWIEKA

Michał Śliwiński

ilustracje na str. 27

Gdy zaczynamy dostrzegać szczegóły, świat roślin okazuje się bardziej złożony, niż mogło się wydawać. Podobnie jest z trawami; na pierwszy rzut oka wszystkie są do siebie podobne, co skutecznie zniechęca nawet botaników. Różnice mogą być subtelne, więc jeżeli człowiek nie pochyli się nad nimi, nigdy dobrze ich nie pozna. Z każdym rozpoznanym gatunkiem trawy stają się coraz mniej tajemnicze, a wiedza na temat ich morfologii, występowania i roli w przyrodzie oraz życiu człowieka przyda się każdemu.

WSTĘP

Trawy *Poaceae* to grupa roślin o stosunkowo podobnej morfologii, licząca blisko 11 tysięcy gatunków zestawionych w około 600 rodzajów. W historii szaty roślinnej globu pierwsze trawy pojawiły się już w górnej kredzie, lecz dopiero w trzeciorzędzie zdominowały florę lądową, stając się głównym źródłem pokarmu dla roślinożernych ssaków (Grau i in. 1984). Od samego początku, najważniejszą cechą traw była duża odporność na zgryzanie i wydeptywanie, dzięki czemu rosły szybciej niż otaczające je byliny. Tym sposobem powstały rozległe, trawiaste ekosystemy, przypominające dzisiejsze prerie lub sawanny. Dziś można stwierdzić, że trawy osiągnęły sukces w kolonizowaniu i kształtowaniu szaty roślinnej świata oraz pełnią ważną rolę w jej funkcjonowaniu.

W warunkach pionierskich, trawy o niewielkich wymaganiach siedliskowych są pierwszymi roślinami naczyniowymi. Zatrzymują niewielkie ilości wody, a biomasa z obumarłych liści użyźnia podłoże, umożliwiając rozwój innych roślin. Przez to, że mają szeroką amplitudę ekologiczną, trawy mogą rosnąć w różnych typach siedlisk. Dzięki temu trawy występują niemal we wszystkich częściach globu. Można je spotkać od obszarów nizinnych po tereny wysokogórskie, od tropików po Antarktykę. Niektóre gatunki rosną w wodzie lub na terenach zalewanych, inne na skałach, poboczach dróg, w żwirowiskach lub na murach. W dawnym krajobrazie Polski, rozwój traw był ograniczony przez dominację zbiorowisk leśnych, częściej można je było spotkać jedynie w otoczeniu ekosystemów wodnych. Dopiero oparta na rolnictwie gospodarka człowieka spowodowała gwałtowny wzrost znaczenia traw – początkowo rosnących dziko, z których z czasem wyłoniły się gatunki uprawiane w celach spożywczych lub paszowych, będące odmianami wytrzymującymi nawożenie i opryski substancji chemicznych. Wycinka lasów na potrzeby hodowli zwierząt spowodowała gwałtowny wzrost liczebności traw na powstałych użytkach zielonych. Na pastwiskach rośnie niewielka liczba gatunków traw, odpornych na regularny wypas. Na łąkach ich różnorodność jest większa, rosną tam z przeznaczeniem na siano. Zaprzestanie koszenia łąk inicjuje proces sukcesji w stronę zakrzewień i lasu, jednak nawet w niestabilnych warunkach siedliskowych, trawy mogą utrzymywać się w fitocenozach przez całe stulecia.

NAJWAŻNIEJSZE CECHY TRAW

Budowa traw jest zasadniczo podobna, lecz na poziomie gatunkowym ich obraz jest już mocno zróżnicowany. Trawy są roślinami zielnymi (z wyjątkiem bambusów o drewniejących pędach, zaliczanych do odrębnej podrodziny), a ich rozwój zaczyna się od pojedynczych liści, które są smukłe, wąskie i posiadają nerwację równoległą, właściwą dla roślin jednoliściennych. Wzrost liści traw nie zachodzi w ich części szczytowej, lecz u nasady, dlatego nawet po zgryzieniu lub skoszeniu, blaszka liściowa jest szybko regenerowana. W budowie dojrzałych liści ważne są ich części nasadowe, tzw. pochwy, w ich obrębie może znajdować się błoniasty „języczek", którego rola nie jest znana, lecz pomaga w oznaczeniu niektórych gatunków. Pędy traw (źdźbła) rosną powoli i początkowo są osłonięte liśćmi. W ich budowie zaznaczają się puste międzywęźla, węzły ze strefami wzrostu oraz kolisty przekrój, dzięki czemu łatwo odróżnić trawy od turzyc, posiadających trójkątny przekrój łodygi. Płytko pod ziemią rozwija się korzeń typu wiązkowego, z licznymi korzeniami przybyszowymi, a dalej bocznymi. Często również wytwarzane są kłącza lub rozłogi, wspomagające trawy w rozmnażaniu wegetatywnym. Podstawą jest jednak rozmnażanie płciowe; w czasie dojrzewania, w szczytowej części źdźbła tworzony jest kwiatostan. Zwykle jest to kłos, wiecha lub wiecha kłosokształtna (rzadziej kolba lub grono) wynoszona wysoko nad ziemię, dający powszechny obraz zakwitającej trawy. Tam znajdują się kłoski, będące skupieniami drobnych kwiatów. Pojedyncze kwiaty mają słupek, rząd pręcików oraz zredukowaną okrywę, składającą się z plewki górnej i plewki dolnej. Trawy nie wytwarzają barwnych, okazałych organów generatywnych, ponieważ nie potrzebują zapylaczy — są wiatropylne. Owocem jest jednonasienny, suchy i niepękający ziarniak, bogaty w skro-

bię i białko stanowiące budulec w początkowej fazie wzrostu traw, do czasu wytworzenia pierwszych liści. Mimo uproszczonych organów i często niewielkich rozmiarów większość gatunków traw to rośliny wieloletnie, tworzące trwałe kępy i rozłogi (Szweykowska, Szweykowski 1979; Grau i in. 1984).

ROLA TRAW W GOSPODARCE CZŁOWIEKA

Najważniejszymi trawami w życiu człowieka są zboża. W skali globu największe znaczenie mają: pszenica zwyczajna *Triticum aestivum*, kukurydza zwyczajna *Zea mays*, ryż siewny *Oryza sativa* i sorgo zwyczajne *Sorghum bicolor*, jednak na poziomie kraju lub regionu, uprawianych jest także wiele innych gatunków. W Polsce są to tzw. zboża chlebowe: żyto zwyczajne *Secale cereale*, jęczmień zwyczajny *Hordeum vulgare*, owies zwyczajny *Avena sativa* i pszenżyto *Triticosecale* (mieszaniec pszenicy i żyta), spotykane jest też proso zwyczajne *Panicum miliaceum*. Najbardziej powszechnie uprawiane są różne odmiany pszenicy oraz jej mieszaniec z żytem. Pszenica jest jednym z najstarszych zbóż na świecie. Przed tysiącami lat ludzie uprawiali inne gatunki tej trawy – początkowo pszenicę samopszą *Triticum monococcum,* wywodzącą się z dzikiego orkiszu *Triticum boeticum*. Kolejne gatunki dawnych upraw to płaskurka *T. dicoccum*, twarda *T. durum* i orkisz *T. spelta* — dopiero po nich była pszenica, jaką znamy dzisiaj (Grau i in. 1984).

Fot. 1. Perz zwyczajny. *Fot. Michał Śliwiński*

Trawy mają duże znaczenie również jako pasza dla zwierząt hodowlanych i nie chodzi tylko o bezpośrednie spożycie w ramach wypasu, ale również pośrednie — po skoszeniu i wysuszeniu na siano. Lokalnie występujące gatunki nie zawsze odpowiadają potrzebom rolników, ich biomasa może być niewystarczająca – wówczas łąki podsiewane są wysokoplennymi gatunkami traw, jak: wyczyniec łąkowy *Alopecurus pratensis*, kupkówka pospolita *Dactylis glomerata* lub tymotka łąkowa *Phleum pratense*, będące głównymi składnikami gospodarczych łąk. Gatunkiem powszechnie stosowanym do celów pastwiskowych jest życica trwała *Lolium perenne*, lecz nie jest to jej jedyne zastosowanie – jest również trawą użytkową na boiska lub przydomowe trawniki. Zwykle jest stosowana w mieszance z innymi, niskimi trawami jak: kostrzewa czerwona *Festuca rubra*, kostrzewa owcza *Festuca ovina* czy wiechlina roczna *Poa annua*. Gdy mowa o trawach użytkowych, należy wspomnieć o ich walorach dekoracyjnych. Do tej grupy należy cała gama gatunków i odmian traw rodzimych, i nierodzimych przeznaczonych do uprawy ogrodowej. Innym zastosowaniem traw jest ich uprawa do celów energetycznych – do bezpośredniego spalania w formie balotów i brykietu lub do produkcji biogazu w procesie fermentacji metanowej (Gutowska 2005). Ze słomy lub trzciny pospolitej *Phragmites australis* można wykonać trwały i wytrzymały dach, tzw. strzechę.

UDZIAŁ W ZBIOROWISKACH

W niektórych rejonach globu ekosystemy trawiaste zawsze kształtowały się w sposób naturalny. Jednak w Polsce użytki zielone powstały w rezultacie działalności człowieka, m.in. po wykarczowaniu lasów na terenach, które z różnych przyczyn nie nadawały się do uprawy. W takich miejscach występują zbiorowiska o fizjonomii i zestawie traw uwarunkowanych ukształtowaniem terenu, rodzajem podłoża i poziomem wody gruntowej. Są to głównie łąki kośne (*Arrhenatheretalia*, *Molinietalia*) i pastwiska (*Cynosurion*), rzadziej murawy nawapienne (*Festuco-Brometea*), bliźniczkowe (*Nardetalia*), szczotlichowe (*Koelerio-Corynephoretea*) lub stepowe (*Festuco-Stipion*). Trawy licznie występują też w runie niektórych fitocenoz leśnych, np. kwaśnych dąbrowach, buczynach

Fot. 2. Jęczmień płonny. *Fot. Michał Śliwiński*

i prześwietlonych lasach gospodarczych. W otoczeniu wód trawy tworzą niektóre rodzaje szuwarów, np. pałkowy (*Typheum latifoliae*, *T. angustifoliae*), trzcinowy (*Phragmitetum australis*), mannowy (*Glycerietum maximae*) lub mozgowy (*Phalaridetum arundinaceae*). Mają też znaczący udział w różnych zbiorowiskach związanych z działalnością człowieka, np. w leśnych uprawach, na zrębach, ruderalnych przydrożach, zachwaszczonych polach i trawiastych drogach gruntowych, występują także w wielu innych jako domieszka. Naturalnym zbiorowiskiem z dominacją traw są szuwary, ale także np. pionierska roślinność wydmy białej. W miarę wzrostu wilgotności i zasobności podłoża trawy ustępują miejsca turzycom *Carex spp.*, tworzącym turzycowiska i torfowiska (Matuszkiewicz 2005).

Rutkowski (2006) wymienia z terenów nizinnych w Polsce około 250 gatunków traw, jednak taksonów pospolitych jest znacznie mniej, a dzięki ich znajomości można łatwo identyfikować różne ekosystemy łąkowe. Na terenach wilgotnych i o zmiennej ich wilgotności można zobaczyć śmiałka darniowego Deschampsia caespitosa, kłosówkę wełnistą *Holcus lanatus*, drżączkę średnią *Briza media*, wyczyńca łąkowego i trzęślicę modrą. Łąki świeże charakteryzują się przewagą rajgrasu wyniosłego *Arrhenatherum elatius* i wiechliny łąkowej *Poa pratensis*. Na górskich łąkach licznie występują: bliźniczka psia trawka *Nardus stricta*,

kostrzewa czerwona i konietlica łąkowa *Trisetum flavescens*, na murawach — szczotlicha siwa *Corynephorus canescens*, strzęplica sina *Koeleria glauca* i tymotka *Boehmera Phleum phleoides*. W miejscach silnie wydeptywanych lub rozjeżdżanych, jak ścieżki i polne drogi, dominują życica trwała i wiechlina roczna. Typowe dla ekosystemów leśnych są: prosownica rozpierzchła *Milium effusum*, wiechlina gajowa *Poa nemoralis*, jęczmieniec zwyczajny *Hordelymus europaeus*, perłówki *Melica*, kostrzewa olbrzymia *Festuca gigantea*, kłosownica leśna *Brachypodium sylvaticum*, w borach dominuje śmiałek pogięty *Deschampsia flexuosa*. W różnych typach siedlisk domieszkę stanowią pozostałe gatunki traw, m.in. kupkówka pospolita, różne gatunki kostrzew *Festuca* i mietlic *Agrostis*.

Udział traw w zbiorowiskach jest różny i zależy głównie od sposobu ich gospodarowania. Częste koszenie sprzyja zwieraniu się roślinności trawiastej, której pokrycie może sięgać niemal stu procent, podobnie jak na przydomowych trawnikach. Jest to typowy obraz gospodarczych łąk, z których trawę pozyskuje się w celach paszowych nawet kilka razy w roku. Rzadsze koszenie sprzyja rozwojowi bylin i ogranicza udział traw. Regularne koszenie wzmacnia wzrost określonych gatunków traw, natomiast porzucenie użytkowania sprzyja rozwojowi innych – np. trzcinnika piaskowego lub trzciny. Dla szybkiego pozbycia się nagromadzonej biomasy z łąk, pastwisk i nieużytków, przez całe stulecia stosowano w Polsce wypalanie traw. Dziś jest to zakazane (Art. 124 Ustawy z 2004 r. o ochronie przyrody), chociaż spotyka się jeszcze rolników kontynuujących tę niechlubną tradycję.

Fot. 3. Chwastnica jednostronna.
Fot. Michał Śliwiński

Trawy reagują również na zmiany stosunków wodnych – na terenach okresowo podtapianych dominuje wyczyniec łąkowy, lecz gdy podtopienia ustają, obok niego mogą rozwijać się również rajgras wyniosły, wiechlina łąkowa, kupkówka i kostrzewa czerwona. Gdy podtopienia są długotrwałe, jak np. na polach irygacyjnych Wrocławia, trawy o słabo ukształtowanym systemie korzeniowym zamierają, a gdy woda opadnie, zastępują je gatunki o silnych kłączach, np. perz zwyczajny *Elymus repens* i stokłosa bezostna *Bromus inermis*. W przypadku ekosystemów szuwarowych często mamy do czynienia z rozległymi zbiorowiskami o niewielkiej liczbie gatunków traw[1].

OZNACZANIE TRAW

Trawy należą do roślin sprawiających trudności przy ich rozpoznawaniu, gdyż stanowią dość jednorodną grupę roślin. Nawet mając przewodnik do oznaczania roślin naczyniowych, można go użyć, dopiero kiedy trawa zakwitnie. Początek dychotomicznego klucza rozpoczyna się od obserwacji cech kwiatostanów, kłosków i pojedynczych kwiatów, kształtu plew i plewek (Rutkowski 2006). Rozpoznawanie niekwitnących traw jest nieporównywalnie trudniejsze, niż identyfikacja niekwitnących bylin we wczesnym (lub zbyt późnym) stadium rozwoju tych roślin. Przyczyną jest podobna budowa blaszki liściowej, mniejsze (lub przekwitnięte) organy i liczba możliwych w danym miejscu gatunków. Sprawia to, że tylko doświadczeni botanicy w miarę dobrze rozpoznają gatunki traw przed wykształceniem się kwiatostanów. Opierają się głównie na cechach blaszki liściowej, jej szerokości, sztywności i owłosieniu. Analizują odcień zieleni, szukają też wspomnianego języczka i rozłogów. Liczbę możliwych gatunków ogranicza też rodzaj siedliska, w którym rośnie rozpoznawalna trawa. Warto zatem zaczekać na kwitnienie traw, zwykle przypadające na okres od maja do lipca, ale nie zawsze jest taka możliwość,

Fot. 4. Perłówka siedmiogrodzka.
Fot. Michał Śliwiński

ponieważ różne gatunki tworzą kwiaty w różnych porach sezonu wegetacyjnego. Kiedy w maju kwitną wiechliny, wyczyniec łąkowy, tomka wonna *Anthoxanthum odoratum* i prosownica rozpierzchła, inne trawy znajdują się jeszcze w stadium liści. Kwitnienie większości gatunków przypada na czerwiec, dobrze widoczne są wówczas m.in. rajgras wyniosły, śmiałek darniowy, perz zwyczajny, jęczmieniec zwyczajny, manny, trzcinniki, stokłosy, kłosówki, tymotki i mietlice. Nieliczne trawy zakwitają dopiero w lipcu — należą do nich np.: kłosownica leśna *Brachypodium sylvaticum*, trzęślica modra *Molinia caerulea*, chwastnica jednostronna *Echinochloa crus-galli*, włośnice *Setaria* i miłki *Eragrostis*. Trawą szczególną pod tym względem jest wiechlina roczna, mogąca zakwitać w różnych porach roku.

Trawy nie tworzą dużych organów, w związku z tym nie zawierają dużych ilości wody i po wykopaniu doskonale się suszą[2]. Po oznaczeniu zasuszone trawy można zebrać do zielnika. Zielnik z traw może być pomocny przy ich oznaczaniu w kolejnych latach, gdy wiosną do dyspozycji będą tylko ich liście.

TRAWY CHRONIONE I ZAGROŻONE

W Polsce ochroną prawną objętych jest 12 gatunków traw. Występują niezbyt licznie lub w rzadkich w krajobrazie kraju siedliskach o niewielkiej powierzchni. Są to: koleantus

[1] Dla zgłębienia tematu, warto zapoznać się z dostępną w internecie inwentaryzacją przyrodniczą pól irygacyjnych Wrocławia, która opisuje zróżnicowanie trawiastych ekosystemów tego obszaru (Aven 2022).

[2] Zebraną trawę wystarczy odpowiednio poskładać, włożyć między strony gazety, mocno docisnąć i tak zostawić na dwa dni.

delikatny *Coleanthus subtilis*, ostnice *Stipa*, perłówka siedmiogrodzka *Melica transsilvanica*, wiechlina granitowa *Poa granitica*, kostrzewy blada *Festuca pallens* i ametystowa *F. amethystina*, sesleria błotna *Sesleria uliginosa* oraz turówki: leśna *Hierochloë australis* i wonna *H. odorata*. Grupa traw zagrożonych wymarciem w Polsce, jak się przyuszcza, jest bardziej liczna. Na Polskiej Czerwonej Liście paprotników i roślin kwiatowych znajduje się 49 gatunków traw (Kaźmierczakowa i in. 2016), a 17 z nich jest wpisanych do Polskiej Czerwonej Księgi roślin (Zarzycki i in. 2014). Ponadto każdy region ma swój zestaw zagrożonych traw. Na Dolnym Śląsku jest to grupa 39 gatunków, w tym krytycznie zagrożone są (CR): owsica spłaszczona *Avenula planiculmis*, brodobrzanka wodna *Catabrosa aquatica*, koleantus delikatny, kostrzewa pstra *Festuca versicolor*, perłówka orzęsiona *Melica ciliata* i wulpia stokłosowata *Vulpia bromoides* oraz wymierające (EN): stokłosa groniasta *Bromus racemosus*, trzcinnik prosty *Calamagrostis stricta*, turówka wonna i wiechlina wiotka *Poa laxa* (Kącki i in. 2003). Drugi załącznik Dyrektywy Rady 92/43/EWG zapewnia szczególną ochronę 17 europejskim gatunkom traw – w Polsce jest nią koleantus delikatny, szczegółowo opisany w 96 numerze Zielonej Planety (Śliwiński, Dajdok 2011).

Mimo wieloletnich badań flory południowo-zachodniej części kraju, zagrożone gatunki traw notowałem tylko na pojedynczych stanowiskach. Należały do nich: mannica delikatna Puccinellia *capillaris*, kostrzewa leśna *Festuca altissima*, stokłosa *Benekena Bromus benekenii*, stokłosa żytnia *Bromus secalinus* i perłówka jednokwiatowa *Melica uniflora* (zagrożona na Górnym Śląsku).

Fot. 5. Wiechlina roczna. *Fot. Michał Śliwiński*

TRAWY INWAZYJNE

Niektóre trawy obcego pochodzenia, występujące w Polsce, zostały zaliczone do grupy roślin inwazyjnych. Nie jest to tak spektakularna kolonizacja terenu, jak np. w przypadku rdestowców czy kaukaskich barszczy, lecz jest to inwazja skuteczna i rzadko dokumentowana, biorąc pod uwagę dużą dostępność siedlisk i morfologię zbliżoną do innych gatunków. Do traw zagrażających rodzimej przyrodzie należą przede wszystkim: stokłosa spłaszczona *Bromus carinatus* – rozprzestrzeniająca się na miedzach i obrzeżach dróg rolniczych (IV, najwyższa kategoria inwazyjności) i miłka połabska *Eragrostis albensis* – kolonizująca aluwia dużych rzek, w tym Odry (II kategoria). Oba gatunki zasługują na uwagę, jednak większym problemem jest stokłosa spłaszczona, będąca rzadko dostrzeganym zagrożeniem nie tylko dla obszarów rolniczych Polski, ale także terenów zabudowanych, łąk i śródpolnych wysp leśnych. Ze względu na duże podobieństwo do innych gatunków stokłos, gatunek był pomijany i zidentyfikowany dopiero na początku lat 80. XX w. (Mirek 1982), a od początku XXI w. zaczyna być dokumentowany w różnych regionach kraju (Budyś, Doborzyńska 2004; Anioł-Kwiatkowska i in. 2011).

Do traw wywierających negatywny wpływ na środowisko zalicza się też niektóre chwasty pól uprawnych i nieużytków, którym przyznano niższą kategorię inwazyjności. Są to: chwastnica jednostronna *Echinochloa crus-galli*, jęczmień płonny *Hordeum murinum,* owies głuchy *Avena fatua*, tomka oścista *Anthoxanthum aristatum*, włośnice: sina Setaria pumila i zielona *S. viridis*, wyczyniec polny *Alopecurus myosuroides* i życica wielkokwiatowa *Lolium multiflorum*. W krajobrazie rolniczym najczęściej spotyka się włośnice, chwastnicę i wyczyńca polnego, które są uciążliwymi chwastami pól uprawnych, natomiast z krajobrazu miejskiego znane jest tzw. żytko, czyli jęczmień płonny kolonizujący trawniki i przydroża. Za potencjalnie inwazyjny dla Polski gatunek trawy uznano również pałkę wysmukłą *Typha laxmanii* (Tokarska-Guzik i in. 2012). Żadna inwazyjna trawa nie została jednak opisana w załączniku Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 9 grudnia 2022 r. (Dz.U. z 2022 r., poz. 2649) w sprawie listy inwazyjnych gatunków obcych stwarzających zagrożenie dla Unii i listy inwazyjnych gatunków obcych stwarzających zagrożenie dla Polski, działań zaradczych oraz środków mających na celu przywrócenie naturalnego stanu ekosystemów.

Fot. 6. Ostnica włosowata. *Fot. Michał Śliwiński*

PODSUMOWANIE

Trawy od innych roślin jest łatwo odróżnić, lecz trudniej jest zidentyfikować poszczególne gatunki, zwłaszcza kiedy nie kwitną. Trawy to rośliny o ciekawej biologii, które występują niemal na całym świecie i mają znaczące zastosowanie w gospodarce człowieka. Najliczniej rosną na łąkach i w szuwarach, pełnią też ważną rolę w wielu innych zbiorowiskach. Znajomość kilkudziesięciu gatunków traw wystarczy, żeby zauważyć ich różnorodność i przynależność do określonych typów ekosystemów. Z czasem dostrzega się ich unikalność lub zagrożenie, jakie stwarzają dla rodzimej przyrody. Razem tworzą ciekawy, zróżnicowany świat.

dr Michał Śliwiński

ENERGETYKA JĄDROWA W POLSCE
argumenty za i przeciw

Tomasz Glądała

Zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego i konieczność ograniczenia emisji CO_2 spowodowały, że w Polsce rozpoczęto program budowy energetyki jądrowej (EJ). Ma ona zalety i wady, które warto sobie uświadomić, by z przekonaniem popierać lub negować jej rozwój w Polsce. Nie tak dawno jeszcze w Polsce przeważały głosy przeciwne budowie elektrowni jądrowych. Duży wpływ na ten fakt miała katastrofa w Czarnobylu, a także w Fukushimie i uświadomienie sobie niebezpieczeństw wynikających z eksploatacji tych elektrowni. Odkąd jednak dotkliwe stały się opłaty za emisje CO_2 z tytułu spalania węgla i gazu oraz odkąd po wybuchu wojny na Ukrainie zrodziła się niepewność dotycząca dostaw gazu, panuje w Polsce coraz większe przekonanie na korzyść budowy elektrowni atomowych.

Dzisiaj produkcja prądu z energii atomowej wynosi poniżej 10% produkcji prądu światowego. To odpowiada z kolei tylko 4% światowej produkcji energii, która oprócz prądu uwzględnia też inne energie jak ciepło, komunikacja itd. Maksymalny udział produkcji prądu z energii atomowej na świecie został osiągnięty w 1996 roku i wyniósł 17,5%.

ARGUMENTY PRZEMAWIAJĄCE ZA ENERGETYKĄ ATOMOWĄ

Pozytywną cechą tego rodzaju energetyki jest brak emisji CO_2 w trakcie eksploatacji elektrowni oraz nienaliczane w związku z tym opłaty emisyjne. Innym pozytywnym aspektem jest duża, bo około 90% dyspozycyjność reaktorów mierzona ilością dni w roku, kiedy reaktor wytwarza energię elektryczną poza dniami potrzebnymi na przerwy związane z dozorem, przeładunkiem itp. Ponadto ilości paliwa atomowego są mniejsze w stosunku do ilości kopalin jak węgiel, gaz (np. 1 kg już wzbogaconego uranu daje tyle samo energii co 100 ton węgla lub 40 000 m^3 gazu ziemnego). W stosunku do źródeł odnawialnych (elektrownie wiatrowe, słoneczne) teren zajęty przez elektrownię atomową jest również nieporównywalnie mniejszy.

Ważnym argumentem dla instalowania elektrowni jądrowych jest tzw. praca w podstawie – stabilne źródło energii elektrycznej niezależne od warunków pogodowych.

ARGUMENTY PRZEMAWIAJĄCE PRZECIW ENERGETYCE ATOMOWEJ

Koszty energetyki atomowej są bardzo wysokie. Można wyszczególnić tu same koszty inwestycyjne, czyli budowy elektrowni, jak i te bardziej miarodajne tzw. wyrównane koszty energii (z ang. levelized cost of electricity). Te ostatnie wyznaczają średni przychód na jednostkę wytworzonej energii elektrycznej, który byłby wymagany do odzyskania kosztów budowy i eksploatacji elektrowni w założonym cyklu życia i pracy, a który jest obliczany jako stosunek wszystkich zdyskontowanych kosztów potrzebnych do wytworzenia energii elektrycznej (w tym budowy) podzielony przez zdyskontowaną sumę faktycznie dostarczonych ilości energii.

Jednostkowe koszty inwestycyjne elektrowni jądrowych, które budowane były w USA w roku 1967, wynosiły 700 dolarów US za kW, w roku 1975 już 3100 dolarów US za kW (wg wartości dolara z roku 1982 *„An Analysis of Nuclear Power Plant Costruction Costs"*, Washington DC). Jednostkowe koszty tych elektrowni wzrosły 15-krotnie w okresie od 1970 do 1989 roku, tj. z 1200 dolarów US za kW do 17 000 dolarów US za kW (wg wartości dolara z roku 2018). Ta tendencja mająca miejsce w USA obserwowana była również w innych krajach, jak np. we Francji (Rangel i Leveque, 2015).

Brak opłacalności oraz rosnące koszty obecne są w gospodarce jądrowej po dziś dzień. Koszty „nowych" European Pressurized Reactors w Olkiluoto w Finlandii, które w roku 2022 podłączone zostały do sieci, czy elektrowni budowanej w Flammanville we Francji — z planem ukończenia w połowie lat 20., są istotnie wyższe od elektrowni poprzedniej generacji. Koszty elektrowni atomowej Olkiluoto-3 wzrosły z pierwotnie planowanych 3 miliardów euro do ponad 11 miliardów euro, co odpowiada około 7200 euro za kW (von Hirschhausen, 2023).

Ciągły wzrost kosztów tej energii (za kWh) ma swoją przyczynę przede wszystkim w tym, że standardy bezpieczeństwa w starszych reaktorach były traktowane na początku podrzędnie i dopiero w trakcie eksploatacji były uzupełniane. Poza tym nie udało się do tej pory stworzyć korzyści ekonomicznych, które wynikałyby ze standaryzacji i produkcji masowej takich elektrowni.

Jeśli chodzi o wyrównane koszty energii, to Lucas Davis z University of California wskazuje na analizy opłacalności dla energii atomowej w wysokości 10 centów US za kWh w porównaniu do 5 centów US za kWh w przypadku gazu ziemnego lub węgla. Nawet przy założeniu hipotetycznym ceny CO_2 w wysokości 100 dolarów US za tonę energia atomowa pozostaje najdroższą energią. Natomiast Investment Bank Lazard, którego nie można podejrzewać o stronniczość, wymienia koszty wytworzenia prądu przez elektrownie atomo-

we na poziomie 16 centów US za kWh, co znacznie przekracza cenę za energię odnawialną z elektrowni słonecznych czy wiatrowych, które charakteryzują się ceną 4 centów US za kWh (Lazard's Levelized Cost of Energy Version, 16.05.2023). Interesujące jest to, że od początku rozwoju gospodarki atomowej towarzyszy temu podtrzymywanie nadziei na to, że pewnego dnia ta energia stanie się jednak opłacalna i konkurencyjna w stosunku do innych źródeł energii.

Warto nadmienić, że w USA na przestrzeni lat nastąpił regres komercyjnego przemysłu jądrowego, a Westinghouse od lat stoi na krawędzi bankructwa (von Hirschhausen 2023).

Większość komercyjnych elektrowni jądrowych używa paliwa z zawartością od 3 do 5% uranu-235. Dla wyprodukowania uranowej bomby atomowej potrzebna jest zawartość uranu-235 na poziomie ponad 80%. Od lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku przeprowadza się wzbogacanie uranu w wirówkach gazowych, a nie jak wcześniej w procesie dyfuzji. Metoda wirówek gazowych uczyniła prostszym wzbogacanie uranu i umożliwiła praktycznie wszystkim krajom z dostępem do złóż uranu, budowę bomb atomowych. Znamienne jest, że Prezydent Francji E. Macron w 2020 r. uzasadnił przyłączenie się Francji do grupy 8 (tylko) ze 195 państw na świecie, deklarujących programy rozbudowy energetyki atomowej powyżej 6 GW, następującymi słowami: „*Bez cywilnej energii jądrowej nie ma wojskowej, bez wojskowej energii atomowej nie ma cywilnej*". Narracja renesansu energetyki atomowej stara się przekonać, że duża liczba krajów rzekomo wdraża tę energetykę. W rzeczywistości rozwój tej energetyki motywowany jest głównie aspektami geopolitycznymi.

Cywilne zastosowanie energii jądrowej do produkcji prądu jeszcze nigdy w historii energetyki jądrowej nie przynosiło zysków na świecie, a jedynie straty. Dlatego wszędzie tam, gdzie ta energetyka występuje, jest ona dofinansowywana hojnymi dotacjami państwowymi, oczywiście na koszt podatników, a także wspierana zabezpieczeniami w postaci gwarancji odbioru, sztywnymi cenami sprzedaży energii, korzystnymi regulacjami prawnymi czy ulgami w zakresie przepisów w poszczególnych państwach.

W tym miejscu należy postawić pytanie dotyczące kosztów, zapowiadanych w niedługim czasie budowy w Polsce, szczególnej formy reaktorów zwanych SMR (*small modular reactors*). Są to małe elektrownie o wydajności zwykle do 300 MW, tzn. dużo mniejsze od standardowych elektrowni o mocach 1000-1600 MW. Elektrownie SMR mają być rzekomo bezpieczniejsze i bardziej opłacalne od standardowych. Przegląd elektrowni typu SMR na świecie prowadzi jednak do wniosku, iż nie mają one zalet, które miałyby je odróżniać od standardowych. Ponadto, ze względu na rozproszenie małych elektrowni w różnych lokalizacjach dochodzi problem zwiększonego transportu wysoce radioaktywnych materiałów.

W Polsce proponowanym do budowy reaktorem jest reaktor SMR model BWRX-300, czyli reaktor lekko-wodny, wrzący, wyróżniający się tym, że posiada pasywne chłodzenie wodą, gdyż w układzie chłodzenia nie występują pompy, a wykorzystana jest tu naturalna cyrkulacja (https://en.wikipedia.org/wiki/BWRX-300). Drugim typem reaktora popularyzowanego w Polsce jest reaktor HTR, o mniejszej mocy z chłodzeniem gazowym (hel). W przypadku tego ostatniego reaktora jakość materiałów, z których zbudowany jest reaktor, musi być bardzo wysoka, gdyż normalna eksploatacja odbywa się w temperaturach sięgających 750°C lub jeszcze wyższych w przypadku VHTR. To samo dotyczy kontroli używanego paliwa. Dla tego typu reaktorów SMR paliwem jest TRISO (kulki o wielkości ziarnka maku wypełnione uranem otoczonym warstwami osłonowymi), które – zdaniem opracowujących koncepcję tych reaktorów – jest główną gwarancją bezpieczeństwa Pamiętajmy, że każda konieczna wymiana materiału jest obciążona dodatkowymi kosztami. Tego typu reaktory IV generacji jeszcze nie zostały wybudowane dla cywilnych celów zastosowań, a jedynie funkcjonują czy funkcjonowały w ramach eksperymentów. Wyjątkami są tu: ostatnio wybudowany reaktor o nieco zbliżonej tzn. kulowej konstrukcji w Chinach i zamknięty reaktor, również kulowy, eksploatowany w przeszłości w Niemczech. Ich budowa jest dopiero planowana w Polsce i USA (źródło: *Co to jest HTR i dlaczego potrzebujemy go w Polsce? Ekonomia, przemysł, potencjalne zastosowania, Wacław Gudowski*, https://www.youtube.com/watch?v=hDdav_1_8II). Natomiast budowa reaktora BWRX planowana jest w Kanadzie. Mamy tu do czynienia zatem z tzw. prototypami. Już sam fakt, że są to nieco odmienne od dotychczas eksploatowanych elektrowni rozwiązania, jednak mające dopiero być po raz pierwszy wdrożone do przemysłu energetycznego, każe zachować ostrożność co do oceny ich rzeczywistego bezpieczeństwa i efektywności. Jak przyznaje nie wprost sam prof. Gudowski, z Instytutu Badań Jądrowych w Świerku, zapewnienie stuprocentowego bezpieczeństwa elektrowni jądrowych nie jest możliwe (Gość Radia Lublin: prof. Wacław Gudowski, 16.02.2022, godz. 6.20).

Należy zauważyć, iż w szeroko rozumianej energetyce jądrowej do tej pory zawiodły zarówno technologie radzieckie (wypadek w Czarnobylu w 1986 r.), jak i najbardziej zaawansowane na świecie technologie japońskie (Fukushima 2011 r.) oraz amerykańskie (wypadek w Three Miles Island 1979 r.). Były to dotychczas trzy największe katastrofy w historii energetyki atomowej. Interesujący jest fakt, że w przypadku katastrofy w Fukushimie, tym co spowodowało awarię elektrowni oprócz tsunami była właśnie technologia. W projekcie japońskim, ze względu na wyższe koszty budowy elektrowni, zignorowano zapisy mówiące o występowaniu w ubiegłych wiekach trzęsień ziemi i tsunami na tych obszarach. Gdyby wał zabezpieczający był o kilka metrów wyższy lub elektrownia była wyżej położona, co kosztowałoby więcej (ze względu na droższą eksploatację układu chłodzenia), nie doszłoby do awarii podczas tsunami (von Hirschhausen, 2023).

SKŁADOWANIE ODPADÓW

Brak jest docelowych miejsc na składowanie odpadów wysoko radioaktywnych. Do tej pory na świecie ani jeden gram odpadów wysoko radioaktywnych nie został złożony na końcowym składowisku odpadów nuklearnych. Najbardziej zaawansowane na świecie w tej dziedzinie są Szwajcaria i Finlandia. Finlandia oddała do eksploatacji, co prawda na początku 2023 roku, tzw. końcowy magazyn na odpady promieniotwórcze zlokalizowany 430 m pod powierzchnią terenu w skałach granitu, niedaleko miasta Rauma nad Zatoką Botnicką. Jednak Szwedzi podważają skuteczność tego rozwiązania ze względu na naturalne szczeliny w granicie i możliwą korozję wodną zbiorników z odpadami, co może nastąpić już w trakcie nadchodzących kilkudziesięciu lat. Podobnie jak granit nie rozwiązują problemu trwałego składowania także magazyny w złożach solnych czy glinie. Odpady radioaktywne prawie

wszystkich elektrowni atomowych na świecie są składowane na terenach elektrowni lub na składowiskach tymczasowych położonych poza terenami elektrowni. Rzeczywisty koszt składowania odpadów nie jest więc wliczany w cenę prądu wytwarzanego przez elektrownie atomowe. Na razie wszystko wskazuje na to, że w ramach „nowej tradycji" odpady radioaktywne w dalszym ciągu przekazywane będą z roku na rok do strzeżenia kolejnym pokoleniom.

INNE ZAGROŻENIA

Emisja CO_2 w trakcie wydobywania surowców do produkcji paliwa reaktora oraz w trakcie produkcji paliwa, a przede wszystkim trwałe skażenie terenów wydobycia wraz z obszarami ościennymi (unoszenie przez wiatr pyłów radioaktywnych np. z rud uranu). Średnie koszty sprzedaży uranu, który używany jest w niemal wszystkich reaktorach na świecie, są zaniżone, gdyż w cenie nie jest uwzględniana konieczność późniejszego zabezpieczenia terenu wydobycia jego złóż.

Uzależnienie od importu surowca, które występuje w przypadku Polski i całej Unii Europejskiej. Warto zaznaczyć, że obecnie z unijnych sankcji dla Rosji praktycznie wykluczony jest import uranu, gdyż ten rosyjski, a także kazachstański jest tani i z tego względu jest w dużej mierze importowany przez kraje Zachodu. Złoża uranu na świecie są, wraz z postępującą jego eksploatacją, coraz trudniejsze do wydobycia. Ponadto znamienne jest to, iż dwie trzecie uranu na świecie importowane jest z krajów politycznie niestabilnych lub/i rządzonych przez autorytarne reżimy jak Kazachstan, Nigeria, Namibia, Rosja, Uzbekistan, Chiny.

Sam transport paliwa jądrowego lub odpadów radioaktywnych naraża w razie wypadku osoby mieszkające przy trasach jego przewożenia na ryzyko, niekontrolowanego uwolnienia się promieniotwórczości.

W czasie wojny elektrownie atomowe wystawiane są na różne zagrożenia, czego dowodem jest sytuacja elektrowni w Zaporożu (w tym przypadku wielokrotne przerwy w dostawie prądu do chłodzenia reaktorów, wykorzystywanie elektrowni jako element strategii do działań wojennych). Stopienie rdzenia tej elektrowni spowodowałoby katastrofę większą niż w Czarnobylu. Większość istniejących elektrowni nie jest odporna na ataki terrorystyczne czy upadki samolotów.

Istnienie elektrowni atomowych nie sprzyja strukturom demokratycznym państwa. Przygotowanie i realizacja programów rozbudowy energetyki atomowej wymaga bowiem centralnych decyzji, często wbrew woli ludności oraz jej ekonomicznym interesom (jako odbiorcy prądu, podatnicy), nie wspominając o wysokich ryzykach bezpieczeństwa. W przypadku zastosowania energii atomowej występuje ryzyko systemowe przeobrażenia struktur społecznych w kierunku reżimu autokratycznego.

Zamykanie reaktorów po czasie ich eksploatacji jest niezwykle kosztownym przedsięwzięciem. Warto i na ten fakt zwrócić uwagę, gdyż rozbudowywanie energetyki w oparciu o źródła odnawialne oraz możliwy w przyszłości rozwój technologii gromadzenia energii, może doprowadzić do tego, iż zaplanowane moce elektrowni atomowych nie będą potrzebne. Podobna uwaga może dotyczyć planowanych elektrowni typu SMR dla przemysłu, który może np. po upływie lat na tyle się zmienić, że elektrownie przestaną być w części lub całkowicie potrzebne, a koszt ich rozbiórki i utylizacji będzie ogromnie wysoki, przerastający możliwości finansowe gmin. Dostosowanie wielkości produkcji energii w elektrowniach jądrowych do ewentualnie zmniejszonego zapotrzebowania na energię w przyszłości, byłoby w praktyce bardzo kosztowne, gdyż powodowałoby dodatkowe zwiększanie i tak już nadzwyczaj wysokiego, wyrównanego kosztu energii elektrowni jądrowych.

Zagrożenie medyczne. Nie ma tak naprawdę dolnej granicy dawki promieniowania, a te które są oficjalnie podawane, odnoszą się do zdrowych i młodych osób. Najbardziej narażone na promieniowanie są dzieci, a przede wszystkim dzieci w łonach matek. Młody organizm bowiem nie odróżnia wapnia, potrzebnego do wzrostu (kości, zęby) od strontu-90, który w razie jego obecności przyjmuje zamiast wapnia. Badane przypadki w rejonie elektrowni atomowych wykazują większą zachorowalność (dwukrotnie większą na leukemię i ponad 1,5 razy większą na nowotwory) u dzieci do 5 roku życia, mieszkających w promieniu 5 kilometrów od poprawnie funkcjonujących elektrowni jądrowych (KiKK-Studie - https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-20100317939). Działanie promieniowania może prowadzić również do zmian genetycznych.

Ubezpieczanie elektrowni atomowych jest tylko w stopniu ograniczonym. Gdyby elektrownie te posiadały pełne, a zatem nieporównywalnie droższe ubezpieczenia, które pokrywałyby szkody wyrządzone z powodu awarii lub katastrofy, wówczas cena prądu pochodzącego z energii jądrowej np. w Niemczech, przy uwzględnieniu kosztów usunięcia skutków katastrofy, musiałaby być 16 razy wyższa! (Guenter B., Karau T., 2011).

Woda potrzebna do chłodzenia wielu elektrowni podnosi temperaturę rzek czy mórz w rejonie wypływu, zabierając tlen rybom, powodując zakwity na powierzchni także wód morskich.

Im dłużej elektrownia jest eksploatowana, tym bardziej rośnie niebezpieczeństwo jej awarii i wycieku radioaktywnego. Ponadto z biegiem czasu wzrastają koszty serwisowania, remontów i napraw, które także obniżają bezpieczeństwo elektrowni w porównaniu do jej stanu na początku eksploatacji.

PODSUMOWANIE

Przedstawione argumenty za i przeciw energetyce jądrowej powinny być wzięte pod uwagę przy podejmowaniu decyzji o budowie EJ w Polsce.

Szybki wzrost OZE i magazynów energii, a także rozwój energetyki prosumenckiej i sieci przesyłania energii mogą zaspokoić potrzeby energetyczne kraju i wtedy EJ nie będzie potrzebna. Ale zanim to nastąpi, dla utrzymania stabilności energetycznej składającej się z niestabilnych OZE i stabilnych źródeł pozyskiwania energii jak węglowe, gazowe czy wodne, niezbędne jest posiadanie w systemie odpowiednio dużego stabilnego źródła dla tzw. pracy w podstawie. Ta moc zainstalowana powinna być niezależna od warunków pogodowych i mieć możliwość dostosowania wielkości mocy do potrzeb stabilności systemu. Jeśli nie byłaby to EJ, to pozostaje energetyka wodna (nie mamy jej za wiele), węglowa lub gazowa – mniej emisyjna od węglowej. Konieczny jest też rachunek ekonomiczny, aby wybrać rozwiązanie bezpieczne, mniej emisyjne i ekonomicznie uzasadnione, by w przyszłości nie zbudować drogiego energetycznego skansenu jądrowego, który się nigdy nie zamortyzuje.

mgr inż. Tomasz Glądała

Materiały źródłowe dostępne w Redakcji

POROZUMIEWANIE SIĘ PSZCZÓŁ MIODNYCH

Część 1.

Maciej Winiarski

WPROWADZENIE

Pszczoła miodna (*Apis mellifera*) żyje w dużej gromadzie, liczącej latem średnio ok. 50 tys. osobników, a zimą od 10 tys. do 30 tys. pszczół, którą nazywamy rodziną pszczelą. W normalnych warunkach rodzina pszczela funkcjonuje bardzo sprawnie, dlatego od dawna zastanawiano się skąd dana grupa pszczół wie, co ma robić w danym momencie. Zanim przystąpię do opisu prac, jakie wykonują pszczoły w ulu[1], to w telegraficznym skrócie przypomnę biologię tego gatunku zwierząt. Rodzina pszczela składa się z matki, którą często zamiennie pszczelarze nazywają królową, pszczół-robotnic i trutni. Każda rodzina buduje odrębne gniazdo, w którym następuje pełny rozwój pszczoły od jaja po pszczołę. Królowa i robotnice mają podwójny garnitur chromosomów (osobniki diploidalne), a trutnie pojedynczy (są haplontami). Przedstawiciele tych trzech kast przechodzą przeobrażenie zupełne, tzn. larwa wylęgająca się z jaja jest zupełnie niepodobna do osobnika dorosłego. Kasta pszczół-robotnic powstaje dzięki ograniczeniu larwom po trzecim dniu życia pokarmu białkowego, czyli te pszczoły są niedorozwiniętymi samicami (matkami), dzięki czemu zatracają instynkt rozmnażania się (lotów godowych i znoszenia jaj). Natomiast larwa przeznaczona na matkę żyje w pełnym komforcie białkowym aż do przepoczwarczenia się. Królowa znosi również jaja niezapłodnione i z takich jaj rozwijają się zawsze samce (trutnie), które w rodzinie pszczelej służą jedynie do zaplemniania matek. W związku z tym żyją one dość krótko, czyli od kwietnia do połowy sierpnia, ponieważ od połowy lata są one wyganiane z uli (oczywiście w każdym ulu w nieco innym terminie), jako osobniki niepotrzebnie wyjadające zapasy pokarmu i już całkowicie zbyteczne w danej rodzinie. Najważniejszą rzeczą do dalszych rozważań jest zrozumienie, że w rodzinie pszczelej pracują li tylko i wyłącznie pszczoły-robotnice (dalej nazywane pszczołami).

PRACE WYKONYWANE PRZEZ PSZCZOŁY

Chyba każdy dorosły człowiek wie, jak gigantyczną pracę wykonują pszczoły w naturalnym środowisku poprzez swój udział w przenoszeniu pyłku kwiatowego z jednego kwiatu na drugi. Dla pszczół jest to niesłychanie ważna praca, ponieważ one cały swój rozwój uzależniły od wysublimowanego pokarmu roślinnego, jakim jest pyłek kwiatowy i nektar. Ale dla sprawnego funkcjonowania rodziny pszczelej wszystkie pszczoły, w zależności od swojego wieku, wykonują w gnieździe ważną pracę. Pszczoły nie mają dzieciństwa jako takiego, ponieważ chwilę po wygryzieniu się z komórki pszczelej biorą się do sprzątania. Najmłodsze pszczoły czyszczą komórki pszczele z resztek kokonów i wylinek, odchodów larw, ze zamarłych poczwarek, itp. Również wynoszą na zewnątrz każdą martwą pszczołę i każdy przypadkowo przyniesiony do ula śmieć. Tak dokładne czyszczenie plastrów i całego ula ogranicza rozprzestrzenianie się większości chorób pszczół. Pracę tę wykonują pszczoły w wieku od 1 do 3 dnia życia. Między 4 a 6 dniem życia pszczoły są opiekunkami starszych larw. Dbają o to, aby larwom nie zabrakło pokarmu. W związku z tym co minutę każda komórka z larwą jest kontrolowana, a co 4 minuty jest dokładany pokarm. Starszym larwom (powyżej trzeciego dnia życia) dają papkę utworzoną z miodu i pyłku. W okresie wczesnowiosennym, kiedy nie ma jeszcze dużych zasobów pyłku w naturalnym środowisku, taką papkę pszczoły tworzą z udziałem pierzgi[2]. Pszczołom nieco starszym, czyli w wieku 7 dni rozwijają się gruczoły okołogardzielowe, które produkują mleczko pszczele, którym karmią larwy najmłodsze, matkę i trutnie. Gruczoły te u pszczół funkcjonują do 11 dnia życia, a później zanikają. Po raz pierwszy pszczoły opuszczają ul w wieku od 8 do 15 dnia życia. Podczas pierwszych lotów oczyszczają się, poznają najbliższe otoczenie ula, tak aby w przyszłości nie błądzić. Pszczoły produkujące wosk, uczestniczą w budowie plastrów, ubijają pyłek w komórkach (częścią czołową głowy), odbierają od zbieraczek nektar i przenoszą go na plastry, gdzie zajmują się również jego zagęszczaniem do konsystencji miodu, oraz uczestniczą w zasklepianiu dojrzałego czerwiu (pod tymi zasklepami następuje proces przeobrażenia z dojrzałej larwy w pszczołę). Pszczoły w wieku między 16 a 18 dniem życia zajmują się tzw. służbą wartowniczą, czyli pilnują okolicy wejścia (wylotka) do ula, aby nie wdarły się obce pszczoły i inne owady na rabunek gniazda. Najstarsze robotnice (po 20 dniu życia) lecą w pole, gdzie zbierają nektar, pyłek kwiatowy, w miarę potrzeb przynoszą do ula wodę,

[1] Ulem nazywamy sztuczną konstrukcję wykonaną przez człowieka, w której mieszkają pszczoły. Naturalnym domem dla pszczół jest dziupla w danym drzewie, przez nie zasiedlona. Wykonywanie takiej dziupli w zdrowym drzewie przez pszczelarza nazywamy dzianiem barci, a samą dziuplę wykonaną ręką człowieka barcią, a jego samego bartnikiem.

[2] Pierzga, to sfermentowany pyłek pszczeli, stanowiący zapas białka dla pszczół w okresie zimowym i wczesnowiosennym.

zbierają propolis (pszczeli kit). W zasadzie ta grupa pszczół pozostaje do końca swojego życia zbieraczkami, chociaż na kilkanaście godz. przed śmiercią pszczoły te już są zbyt słabe, aby lecieć w pole. Jednak te tak mądre i oddane swojej rodzinie owady próbują dostać się do obcego ula i przynieść w wolu odrobinę miodu do macierzystego ula. Najczęściej im się nie udaje, ponieważ wartowniczki je odpędzają, ale pszczoły te są cierpliwe i dość często przełamują barierę pilnujących pszczół — zwłaszcza jeżeli ul jest dziurawy — wartowniczki owych nieszczelności nie pilnują i tamtędy odbywa się rabunek ula niczym niezakłócony. Mniej więcej na godzinę przed śmiercią, pszczoła jest już tak osłabiona, że szuka sobie jakiegoś spokojnego miejsca poza macierzystym ulem, np. na jakimś liściu i tam umiera, nie sprawiając żadnego kłopotu swoim siostrom z wynoszeniem zwłok. Tak się dzieje tylko wtedy, gdy temperatury zewnętrzne są wyższe niż +12°C. W okresach niższych temp. najstarsze pszczoły umierają na ramkach w ulu, skąd spadają martwe na dennicę ula i stamtąd przy sprzyjającej pogodzie są wyrzucane przez młodsze pszczoły na zewnątrz ula. Często pszczoły uczestniczą w wentylowaniu, poprzez skomplikowany system podawania sobie powietrza na pomoście ula poprzez szybkie poruszanie skrzydłami, a w razie potrzeby – przynoszeniem wody i zraszaniem nią ramek (gdy temperatura zewnętrzna przekracza +35°C). Woda, odparowując wówczas, zabiera nadmiar ciepła z ramek. Wymienione wyżej czynności pszczół są głównymi zajęciami, lecz jeszcze są setki drobniejszych prac, którymi zajmują się pszczoły, ale nie wymieniam ich, jako że mają one mniejsze znaczenia dla życia rodziny pszczelej. Zupełnie odrębną kwestią są przygotowywania się rodziny pszczelej do wyrojenia się, dlatego ten proces zostanie opisany w odrębnym akapicie.

Fot. 1. Królowa pszczół w otoczeniu jej „dwórek" (opiekunek). *Źródło: www.terminix.com*

KOMUNIKOWANIE SIĘ PSZCZÓŁ

Podany wyżej opis najważniejszych prac wykonywanych przez pszczoły w ulu i poza nim, nasuwał pszczelarzom myśl, że pracą tak skomplikowanej „maszynerii", jakim jest rodzina pszczela, musi ktoś lub coś kierować, ponieważ nie można wszystkich czynności objaśnić określeniem, że to „instynkt" każe im w określonych sytuacjach tak, a nie inaczej postępować. Skoro my pszczelarze doszliśmy do takich konkluzji, to aby rodzina pszczela sprawnie i wydajnie pracowała, to poszczególne owady i ich całe grupy muszą się wzajemnie komunikować. Wielokrotne obserwacje pszczelarzy-naukowców doprowadziły do konkluzji, że pszczoła, która znajdzie jakiś pożytek w terenie, musi w jakiś sposób informować swoje towarzyszki w ulu, ponieważ wkrótce po odkryciu pożytku z ula leci na miejsce odkrycia tego pożytku — dziesiątki, a czasem nawet setki pszczół. W połowie lat 30. XX w. tańce pszczół jako pierwszy opisał Karl von Frisch (Austriak), któremu Szwedzki Komitet Noblowski w 1973 r. przyznał za to odkrycie Nagrodę Nobla w dziedzinie medycyny i fizjologii. Ale nie on był pierwszym odkrywcą "mowy" pszczół. Adrian Wener zrobił to 10 lat wcześniej i na podstawie artykułów przysłanych mi przez tego wielkiego amerykańskiego uczonego — stwierdziłem, że jego badania i opisy były o wiele dokładniejsze niż Karla von Frischa. Dlaczego Wenerowi nie przyznano palmy pierwszeństwa i nagrodę Nobla? Sprawa jest prosta. A. Wener ograniczył swoje publikacje do Stanów Zjednoczonych, gdzie specjalnie nie zwrócono większej uwagi na to odkrycie i nie było wokół jego odkryć szumu medialnego, i Europa na czelez Komitetem Noblowskim nic o nich nie wiedziała. Tymczasem Karl von Frisch (Austriak) był na miejscu. Tak oto pierwszym i jedynym jak dotąd naukowcem-pszczelarzem, który otrzymał to wyróżnienie (1973 r.), stał się Europejczyk. Jednak "mowa" pszczół przy pomocy tańców dotyczy informowania rodziny pszczelej o odkryciu źródła pożytku gdzieś w terenie, np. łanu kwitnącego rzepaku. Uzupełnieniem tego odkrycia, były prace naukowców w zespole niemiecko-australijsko-holenderskim przeprowadzone pod koniec XX wieku w Wageningen. Stwierdzili oni, że do tańczącej "pszczoły-odkrywczyni" danego pożytku, dołączają inne pszczoły i tańczą wraz z nią w tym samym rytmie. Rytmiczne uderzenia nóżek pszczóło brzegi komórek plastra powodują powstanie rezonansu mechanicznego (drgań), który rozchodzi się po całym ulu i rodzina naszej "odkrywczyni" w ciągu minuty czasu wie wszystko o odkryciu tego pożytku, tzn. w którą stronę w stosunku do ula mają lecieć pszczoły, w jakiej odległości on jest, co to jest (tutaj pomaga przyniesiony przez pszczołę zapach), no i podejrzewa się, że przekazana jest też informacja, jak wiele pszczół może tam się "napaść". To był pierwszy sygnał, że pszczoły potrafią jakoś odczytywać drgania rozchodzące się w ulu (przed kilkunastu laty szczegółowo opisałem to odkrycie w jednym z numerów "Pasieki").

dr inż. Maciej Winiarski

SPOTKANIA Z PRZYRODĄ. ZIMA

Część 22.

Zbigniew Jakubiec

SROCZY RYTUAŁ

Za moim oknem kuchennym, na szczycie młodego klonu sroki wiosną zbudowały gniazdo. Zachowywały się w jego pobliżu bardzo dyskretnie i wśród liści trudno było je wypatrzyć, ale teraz w grudniu można je oglądać z odległości 10 m. Jest kuliste, z wierzchu zadaszone i nawet najsilniejsze wiatry nie wyrządziły mu szkody.

Pewnego grudniowego ranka dwie sroki kręciły się koło gniazda i wyraźnie interesowały się tym wiosennym mieszkaniem. Nie zdziwiłem się, bo także gawrony zimą przesiadują koło swoich gniazd. Poranne odwiedziny obserwowałem niemal każdego dnia i zauważyłem, że mają one niezwykły przebieg. Jeszcze o zmroku koło gniazda pojawiał się jeden lub dwa ptaki i siadały na wierzchołku wiązu kilkanaście metrów od gniazda, aby po chwili odlecieć. Potem ptaki pojawiały się powtórnie, najpierw kręciły się wokół gniazda, jeden je oglądał, wchodził do środka, a drugi próbował oderwać drobne gałązki, aby wzmocnić konstrukcję. W końcu jeden z nich siadał na wierzchołku kuli, szeroko rozpościerał skrzydła i zaczynał zachowywać się tak, jak pisklę domagające się pokarmu. Machał szybko skrzydłami i ogonem, i cicho skrzeczał. Po chwili drugi ptak podawał mu do dzioba kęs pokarmu, a obdarowany zaczynał go przełykać. Powtarzało się to przez wiele dni, z dnia na dzień. Pary srok żyją cały rok razem i zajmują rewiry, których wspólnie bronią. Przeganiają inne sroki, a szczególnie zaniepokojone są obecnością wron, głównych rabusiów jaj. Rewir jest tak cenny, że trzeba go pilnować cały rok. Wprawdzie na noc sroki łączą się w stada i nocują niedaleko nad Odrą w gęstych zaroślach tarniny, ale skoro świt pojawiają się koło gniazda i sprawdzają, czy wszystko jest w porządku. Poprawianie budowy gniazda i karmienie partnera wzmacnia niewątpliwie więź pary, a tego rytuału nie sposób dostrzec, stojąc pod gniazdem. Miałem szczęście, że mogłem to obserwować z bliska, z mego kuchennego okna.

Fot. 1. Łania z wizytą przy karmniku. *Fot. Zbigniew Jakubiec*

ODWIEDZINY KARMNIKA

Nagła zmiana styczniowej pogody nasypało śniegu powyżej kostek i temperatura spadła poniżej minus 15°C. Zaskoczyło to i ludzi i zwierzęta. Przy karmniku urządzonym pod daszkiem, na studni kłębi się liczne ptasie towarzystwo, głównie sikory bogatki i modraszki, ale także kosy, sójki, grubodzioby i wiele innych. Co kilka dni muszę uzupełniać łuskanym słonecznikiem plastikowy pojemnik, a codziennie sypię mieszankę ziarna do ceramicznej miski na studni. Zdaję sobie sprawę, że ptaki przeżyły setki lat bez naszej pomocy, ale przyjemnie patrzeć z okna na ruch przed domem.

Po sadzie przed domem kręcą się trzy sarny, skubią suchą trawę, odkupują spod śniegu zieloną, nieskoszoną na jesieni zieleninę. Jedna z nich podeszła blisko domu i karmnika na studni, ale zawróciła i dołączyła do pozostałej dwójki leżącej pod świerkami, na skraju zadrzewień w dolinie potoku. Za to w południe, na polu trawy za domem pasło się sześć łań. Kopały w śniegu i jadły sporą, zieloną, odrośniętą po ostatnim koszeniu trawę. Jedna łania weszła na podwórko przed domem i przypuszczalnie zwabiona ruchem grupy ptaków, podeszła do karmnika na studni. Ucztę zaczęła od mieszanki ziarna w misce stojącej na pokry-

wie studni. Potem przechyliła wiszący plastikowy karmnik i wyjadała sypiący się słonecznik tak, że w krótkim czasie zupełnie go opróżniła. Stała jeszcze chwilę koło studni, podnosiła głowę i węszyła, czując dym z kominka. Do karmnika na studni podeszła też druga łania, ale już nic ciekawego nie znalazła i odeszła. Musiałem uzupełnić zapas pokarmu dla ptaków. Łanie odeszły nad grapę, ale po południu na drodze za domem pojawiła się samotna łania i zeszła wprost do karmnika. Chcąc ratować ptasią gospodę, wyszedłem na ganek i łania odskoczyła na kilka metrów, stała i patrzyła na mnie, potem nieco odeszła. Wracała tak cztery razy, zupełnie nie miała ochoty odejść z mego sadu i dopiero za czwartym razem poszła dalej. Jednak w nocy łania wróciła, nie reagowała na zapalenia światła na ganku, ani na moje wychodzenie na zewnątrz. Odchodziła od studni na kilka kroków i zaraz wracała. Dałem za wygraną. Rano cała karma była wyjedzona, łącznie ze słonecznikiem z wiszącego plastikowego pojemnika. Trzeba było uzupełnić zapasy dla ptaków na nadchodzący dzień.

Wszystko wskazuje, że karmnik wielokrotnie odwiedzała ta sama łania, która odłączyła się od chmary i chodziła samotnie. Było to jej odkrycie, że tu można dobrze się posilić. Ciekawe, czy zdobyte doświadczenie spowoduje, że łania częściej będzie zaglądać do odkrytej stołówki? Czy jej odkrycie spowoduje, że inne osobniki też zaczną korzystać z takiej okazji?

PORANNY ODPOCZYNEK

Bezśnieżne ostatnie dni grudnia. Skrzyczne od połowy stoku do szczytu pokryte śniegiem, ale temperatury dłuższy czas dodatnie. Wprawdzie drzewa i krzewy stoją w ruzdze, ale koszone do późnej jesieni łąki są zielone, pokryte stosunkowo młodą trawą.

Wcześnie rano, tuż po wschodzie słońca, w sadzie pojawia się pięć łań, przyszły z zadrzewień w dolinie potoku. Zaczęły skubać trawę i chodziły wzdłuż żywopłotu. W pewnej chwili jedna z nich położyła się pod gruszą, zwrócona w kierunku domu, a chwilę potem pozostałe zwierzęta również położyły się nieco dalej, wzdłuż żywopłotu i wszystkie zaczęły spokojnie przeżuwać. Trwało to dłuższy czas, choć kilka razy poszczególne osobniki wstawały, kręciły się i zmieniały miejsca, ale potem znów się kładły. Natomiast łania, która pierwsza położyła się, ani razu nie zmieniała miejsca. Jej postawa i zachowanie wskazywało, że tu jest wygodnie i bezpiecznie. Trwało to ponad godzinę, ale musiałem wyjść do autobusu. Obawiałem się, że spłoszę leżące o 20-30 metrów zwierzęta, więc bardzo wolno i cicho otworzyłem, a potem zamknąłem drzwi i ruszyłem w drogę. Nic się jednak nie wydarzyło, łanie obserwowały mnie, ale żadna z nich nawet się nie podniosła. Wróciłem po dwóch godzinach, a łanie stały dokładnie w tym samym miejscu, gdzie leżały, wszystko wskazywało, że podniosły się przed chwilą. Obserwowały mnie, jak otwieram drzwi, a potem wolno zeszły w zadrzewienia nad potokiem.

Możliwość dłuższej obserwacji zachowania chmary pozwoliła na określenie pewnych prawidłowości. Można przypuszczać, że łania, która jako pierwsza położyła się pod gruszą, jest przewodniczką stada, czyli licówką i jej zachowanie decydowało o zachowaniu pozostałych zwierząt. Tak samo jej brak reakcji na pojawienie się człowieka wpływał na spokojne zachowania reszty. Od przywódcy stada wymagana jest dobra znajomość lokalnych warunków, duże doświadczenie w reagowaniu na różne sytuacje i bodźce, ale także ważne jest opanowanie i zachowanie spokoju w sytuacjach stresujących. Zapobiega to niepotrzebnym stratom energii i pozostałym zwierzętom pozwala na zdobycie tak potrzebnego doświadczenia.

POCZĘSTUNEK SPOD ŚNIEGU

Na trawniku przed moim domem często żeruje dzięcioł zielony. Latem znajduje w trawie kopczyki mrówek, rozkopuje je i lepkim językiem zbiera drobne czarne owady. Tylko od czasu do czasu wkłada głęboko dziób, aż po jego nasadę i przypuszczalnie penetruje językiem podziemnie korytarze. W czasie jednego posiłku potrafi zniszczyć kilka mrowisk. Podobną taktykę stosował dzięcioł w grudniu, w czasie bezśnieżnej jesiennej pogody. Wprawdzie kopczyków mrowisk nie było, jednak w dwóch miejscach długo kopał w ziemi, a potem wkładał dziób w powstały otwór i długo trwał nieruchomo. To jednak co obserwowałem po spadnięciu kilku centymetrów śniegu, wprawiło mnie w zdumienie, bo dzięcioł znów najpierw zaczął kopać w śniegu, a potem rozkopywał trawnik i żerował tak, jak robił to latem i jesienią. Żerowania mogło być udane, bo ptak kilka razy wkładał głowę w śnieg i dłuższą chwilę trwał nieruchomo. Trudną do zrozumienia rzeczą jest ustalenie, jak dzięcioł znajduje zimą właściwe miejsca żerowania, czyżby polegał jedynie na pamięci, gdzie w okresie letnim były mrowiska? Jest to tylko do pewnego stopnia możliwe, natomiast uzyskanie pełnej odpowiedzi jest intrygujące.

WALKA WRON

Idąc osiedlową drogą, ujrzałem na środku jezdni dwie walczące wrony. Podskakiwały do siebie, stroszyły pióra i starały się dziobem uderzyć przeciwnika. Walka była zacięta, trwała dłuższą chwilę i dopiero wtedy zwróciłem uwagę na leżący koło zaparkowanego auta kłębek piór, z którego w górę sterczały czarne lotki. W pewnej chwili kłębek ruszył się i okazało się, że są to dwie inne wrony, które leżały i były sczepione nogami. Teraz wszystkie cztery ptaki zaczęły nawzajem się atakować, przy czym widać było wyraźnie, że są to dwie niezależne pary. Ptaki co chwilę zmieniały pozycję, raz jedna raz druga para zdawał się dominować, aż dwa ptaki poderwały się w powietrze i odleciały z miejsca walki. Dwa pozostałe ptaki zaczęły spokojnie żerować na trawniku, tak jakby nic się przed chwilą nie działo.

Nie jestem w stanie ustalić przyczyn tej gwałtownej walki. Zazwyczaj wrony tolerują w pobliżu obecność innych ptaków, a przy obfitszym źródle pokarmu gromadzą się niekiedy w większej liczbie. Walka bezpośrednia pomiędzy osobnikami, zarówno wśród ptaków, jak i ssaków zdarza się rzadko, i jako bardzo kosztowna jest ostatecznością. Najpierw demonstrowane są postawy grożenia, potem pozorowane ataki, a dopiero na końcu dochodzi do zwarcia. W przypadku walczących wron doszło do przekroczenia wszystkich wstępnych etapów.

dr hab. Zbigniew Jakubiec

OWADY PÓL IRYGACYJNYCH WROCŁAWIA

ilustracje na str. 28

Marcin Kadej i Adam Malkiewicz

Wrocławskie Pola Irygacyjne, nazywane często także Polami Osobowickimi, stanowią kompleks różnorodnych siedlisk, będących domem wielu gatunków. W poprzednich numerach „Zielonej Planety" publikowane były wyniki inwentaryzacji wykonanej przez zespół biologów w latach 2020-2021 obejmującej różne grupy organizmów takich jak porosty, płazy i gady, ptaki czy ssaki. W niniejszym artykule krótko scharakteryzujemy owady (Insecta) – zwierzęta bezkręgowe, które zostały wykazane na wzmiankowanym terenie, a także w jego sąsiedztwie. W czasie badań terenowych odnotowano 30 gatunków owadów objętych ochroną gatunkową lub wymienionych w Czerwonej Księdze zwierząt ginących i zagrożonych wyginięciem. Poniżej krótko charakteryzujemy wybrane taksony. Ten krótki tekst dedykujemy naszemu przyjacielowi prof. Dariuszowi Tarnawskiemu (1953-2021), który był bardzo zaangażowany w badania fauny wrocławskich pól irygacyjnych i gorąco popierał ideę ochrony przyrody tego obszaru.

Spośród prostoskrzydłych na wyróżnienie zasługuje długoskrzydlak sierposz *Phaneroptera falcata* - gatunek wymieniony na Czerwonej liście zwierząt ginących i zagrożonych z kategorią NT (z ang. *near threatened* - gatunki bliskie zagrożenia). Gatunek ten od blisko 20 lat przeżywa ekspansję zasięgu na południowym-zachodzie Polski, sięgając już daleko na północ kraju. Dzięki temu stał się jednym z symboli szybkiego wpływu zmian klimatycznych na środkowo-europejską entomofaunę (Smolis i in. 2009).

W odniesieniu do ważek na badanym obszarze wykazano stanowiska trzepli zielonej *Ophiogomphus cecilia* - gatunku ujętego w Czerwonej Księdze zwierząt zagrożonych ICUN z kategorią LC (z ang. *least concern* - gatunek najmniejszej troski). Trzepla zielona jest objęta w Unii Europejskiej[1] i w Polsce[2] ochroną ścisłą. Poza tym jest ona umieszczona w II załączniku Konwencji Berneńskiej[3]. To jest gatunek, który się rozwija w rzekach, a na polach irygacyjnych może co najwyżej penetrować w poszukiwaniu pokarmu lub odbywać loty godowe. Należy do ciekawie ubarwionych ważek, co pomaga jej ukrywać się w roślinności (Smolis i in. 2007).

W czasie prac terenowych wykazano chronione gatunki saproksylicznych chrząszczy takie jak kozioróg dębosz *Cerambyx cerdo*, kwietnica okazała *Protaetia speciosissima* i pachnica dębowa[4] *Osmoderma barnabita*. Kozioróg dębosz i pachnica dębowa są w Unii Europejskiej oraz Polsce pod ścisłą ochroną. Z kolei kwietnica okazała w Polsce jest objęta częściową ochroną[5]. Większość stanowisk wyżej wymienionych gatunków znajduje się na terenach sąsiadujących z polami irygacyjnymi. Ich siedliskiem są dojrzałe, często już obumierające dęby szypułkowe, posiadające ubytki w postaci wypróchnienia lub dziuplowiska. Te mikrosiedliska są szczególnie istotne dla rozwoju pachnicy dębowej i kwietnicy okazałej. We wnętrzu takich mikrohabitatów owady te przechodzą rozwój postaci młodocianych od jaja do poczwarki. Zachowanie tak specyficznych siedlisk ma kluczowe znaczenie nie tylko dla zachowania tych chronionych gatunków, ale także ochrony innych organizmów (stawonogów) występujących w takim typie siedliska. Warto nadmienić, że obecność pachnicy dębowej jest związana z wyższym poziomem różnorodności biologicznej w drzewach przez nią zasiedlonych versus drzew bez niej (Ranius 2002). Poza tym aktywność pokarmowa pędraków pachnicy przyczynia się do lepszej kondycji drzewa – larwy zjadają bowiem drewno zajęte przez brunatną zgniliznę. Z kolei odchody pędraków dostarczają azot niezbędny wielu gatunkom bezkręgowców do zamknięcia rozwoju (Jönsson i in. 2004).

Podobnie wysokim stopniem różnorodności biologicznej wyróżniają się dęby zasiedlone przez kozioroga dębosza. Ten wyspecjalizowany „inżynier środowiska" tworzy mikrohabitaty w postaci chodników wygryzionych przez larwy (Buse i in. 2003). Takie przestrzenie chętnie zasiedlane są potem przez rozliczne gatunki bezkręgowców (w tym gatunki chronione i zagrożone wyginięciem), a także kręgowce, takie jak nietoperze (dzienne schronienia oraz miejsca hibernacji, Gottfried i in. 2019a) i gady (np. jaszczurki i węże, Gottfried i in. 2019b).

Innym cennym gatunkiem chrząszcza związanego z tzw. martwym drewnem jest zgniotek cynobrowy *Cucujus cinnaberinus*.

[1] Dyrektywa Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory, załącznik II i IV.

[2] I załącznik Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 grudnia 2016 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt, Dz. U. 2016 poz. 2183.

[3] Konwencja o ochronie gatunków dzikiej flory i fauny europejskiej oraz ich siedlisk.

[4] Zwana także pachnicą próchniczką.

[5] II załącznik Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 grudnia 2016 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt, Dz. U. 2016 poz. 2183.

Gatunek ten jest objęty w Unii Europejskiej[6] i w Polsce[7] ścisłą ochroną gatunkową. Na Czerwonej liście IUCN[8] ma kategorię NT (z ang. *near threatened* - gatunki niższego ryzyka/bliskie zagrożenia), a na Czerwonej liście zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce (Pawłowski i in. 2002) umieszczony jest w kategorii LC (z ang. *least concern* - gatunki niższego ryzyka). Poza tym jest on umieszczony w II załączniku Konwencji Berneńskiej. Zgniotek cynobrowy był wcześniej wykazywany (Smolis i in. 2012) niedaleko pól irygowanych w lesie (łęg topolowo-wierzbowy) na prawym brzegu Widawy na wysokości Paniowic niedaleko od jej ujścia do Odry. Makrosiedliskiem tego gatunku są lasy i zarośla drzewiasto-krzewiaste, które zachowały, choćby częściowo, charakter naturalny, przynajmniej w zakresie zasobności w obumierające i martwe drzewa, głównie liściaste, rzadziej iglaste. Jego cykl rozwojowy jest co najmniej dwuletni. Zarówno postacie dorosłe, jak i larwy o bardzo spłaszczonym ciele żyją pod lekko odstającą korą drzew stojących lub leżących. Są one drapieżne i odżywiają się larwami oraz poczwarkami owadów podkorowych.

Na badanym obszarze, na jednym stanowisku wykazano obecność kałużnicy czarnozielonej *Hydrophilus piceus* - gatunku wymienionego na Czerwonej liście zwierząt ginących i zagrożonych z kategorią VU (z ang. *vulnerable* - gatunki narażone na wyginięcie, Głowaciński 2002; Pawłowski i in. 2002). W latach 2004-2014 kałużnica czarnozielona była w Polsce objęta ścisłą ochroną gatunkową. W kraju gatunek ten znany jest z nielicznych stanowisk. Na terenach nizinnych zasiedla mocno zarośnięte, czyste i dosyć płytkie różnego typu wody stojące i wolno płynące. Postacie dorosłe dobrze latają, prowadzą wodno-lądowy tryb życia; odżywiają się świeżymi i martwymi roślinami. Larwy są drapieżne, mają silnie wydłużoną głowę i dość duże żuwaczki; odżywiają się przede wszystkim ślimakami wodnymi (głównie błotniarkami i zatoczkami); słabo pływają, zwykle przebywają wśród roślin, najczęściej przy brzegu; potrafią też polować na lądzie.

[6] II załącznik Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 grudnia 2016 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt, Dz. U. 2016 poz. 2183.

[7] I załącznik Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 grudnia 2016 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt, Dz. U. 2016 poz. 2183.

[8] International Union for Conservation of Nature = Międzynarodowa Unia Ochrony Przyrody.

Poza tym stwierdzono dziesięć gatunków z rodziny biegaczowatych *Carabidae* występujących głównie na terenach zadrzewionych i zakrzaczonych. Rodzinę reprezentują tęcznik mniejszy *Calosoma inquisitor*, biegacz skórzasty *Carabus coriaceus*, biegacz fioletowy *C. violaceus*, biegacz zwężony *C. convexus* biegacz granulowaty *C. granulatus*, biegacz wręgaty *C. cancellatus*, biegacz Ulricha *C. ulrichii*, biegacz zmienny *C. scheidleri*, biegacz gajowy *C. nemoralis*, biegacz ogrodowy *C. hortensis*. Sześć w wyżej wymienionych gatunków w Polsce jest objętych ochroną częściową[9], w tym jeden jest też wpisany na krajową Czerwoną listę zwierząt ginących i zagrożonych z kategorią LC (gatunki najmniejszej troski). Biegaczowate pełnią ważną funkcję ekosystemową. Będąc drapieżnikami limitują lokalne populacje innych zwierząt bezkręgowych, takich jak np. dżdżownice, ślimaki czy owady. Gatunki z rodzaju *Carabus* są zazwyczaj aktywne w porze zmierzchowej i nocnej. Będąc nielotami patrolują mikrohabitaty, gdzie biegając po powierzchni gleby, pod kamieniami, konarami, wśród liści i roślinności poszukują swoich ofiar. Podobną rolę pełni tęcznik mniejszy, który jako nadrzewny drapieżnik odżywia się larwami owadów - głównie nadrzewnymi gąsienicami motyli.

Wśród błonkoskrzydłych wartymi wymienienia jest siedem gatunków trzmieli *Bombus* sp. występujących głównie na terenach otwartych i półotwartych. Są nimi trzmiel gajowy *Bombus lucorum*, trzmiel rudy *B. pascuorum*, trzmiel rudoszary *B. sylvarum*, trzmiel kamiennik *B. lapidarius*, trzmiel parkowy *B. hypnorum*, trzmiel ziemny *B. terrestris* i trzmiel ogrodowy *B. hortorum*. Wszystkie te gatunki są w Polsce są objęte ochroną częściową[10], a na Europejskiej czerwonej liście pszczół figurują z kategorią LC (najmniejszej troski). Ich rola w procesie zapylania roślin kwiatowych jest trudna do przecenienia. Obok innych pszczołowatych, muchówek, chrząszczy i motyli przyczyniają się do wysokiego poziomu różnorodności genetycznej wśród roślin. Dzięki ich pracy powstają potem owoce i nasiona będące źródłem pokarmu dla innych zwierząt, a także

[9] I załącznik Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 grudnia 2016 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt, Dz. U. 2016 poz. 2183.

[10] II załącznik Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 grudnia 2016 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt, Dz. U. 2016 poz. 2183.

Fot. 1. Kozioróg dębosz na korze dębu szypułkowego (postacie dorosłe w czasie kopulacji).
Fot. Marcin Kadej

Fot. 2. Tęcznik mniejszy uratowany spod kół rowerów i innych pojazdów w Lesie Rędzińskim - obszaru przyległego do pól irygacyjnych.
Fot. Adam Malkiewicz

Fot. 3. Biegacz skórzasty (postać dorosła).
Fot. Dariusz Tarnawski)

Fot. 4. Biegacz wręgaty (postać dorosła).
Fot. Dariusz Tarnawski

Fot. 5. Pachnica dębowa na korze dębu szypułkowego (postać dorosła). *Fot. Marcin Kadej*

ludzi, możliwe jest także zachowanie lokalnych populacji roślin w postaci nowych pokoleń (Sikora i in. 2018). Z całą pewnością pola irygacyjne stanowią siedlisko życia tych niezwykle pożytecznych owadów zarówno pod kątem miejsc gniazdowania, zimowli, ale także zdobywania pożytku w postaci nektaru i pyłku. Obecne wzdłuż dróg i rowów pasy śliwy tarniny bez wątpienia stanowią często jedyne źródło pokarmu dla gatunków trzmieli aktywnych na początku sezonu wegetacyjnego (tj. zaraz na początku wiosny). Tarniny podejmują bowiem kwitnienie zanim zrobią to inne rośliny, tym samym zapewniają źródło energii dla matek po zimowli, poszukujących miejsc na założenie nowych kolonii/gniazd.

Z kolei wśród motyli dziennych na szczególną uwagę zasługują dwa chronione gatunki z rodziny modraszkowatych Lycaenidae, takie jak czerwończyk nieparek *Lycaena dispar* i modraszek nausitous *Phengaris nausithous*. Obydwa taksony są objęte w Unii Europejskiej[11] i w Polsce[12] ochroną ścisłą. Ponadto są one umieszczone w II załączniku Konwencji Berneńskiej. Występowanie *Lycaena dispar* skupia się w miejscach ze szczawiami *Rumex* sp. - są to przede wszystkim rowy ze szczawiami lancetowatymi *R. hydrolapathum*. Do rozwoju *Phengaris nausithous* wystarczą często pojedyncze kwiatostany krwiściągów lekarskich *Sanguisorba officinalis* oraz obecność mrówek wścieklic; występowanie rośliny żywicielskiej gąsienic w zasadzie jest ograniczone do jednego stanowiska. Populacja czerwończyka nieparka w Polsce jest liczna i nie jest zagrożona. Szczegółowa inwentaryzacja tego gatunku na wyznaczonym transekcie monitoringowym potwierdziła jego obecność na badanym terenie pól irygowanych. W rowach znaleziono wiele roślin żywicielskich gąsienic czerwończyka nieparka - szczawi lancetowatych, które stanowią zasobną bazę pokarmową, a na wilgotnych łąkach otaczają je skupiska kwitnących roślin nektarodajnych, stanowiących bazę pokarmową dla dorosłych motyli.

Na obrzeżach Pól Irygacyjnych wykazano przedstawiciela rodziny rusałkowatych Nymphalidae, tj. przeplatkę maturnę *Euphydryas maturna*. Podobnie jak dwa poprzednie przeplatka maturna objęta jest w Unii Europejskiej[13] i w Polsce[14] ochroną ścisłą.

Spośród motyli nocnych wyróżnia się barczatka kataks *Eriogaster catax*, która jest gatunkiem higro-termofilnym. Zasiedla zarośla tarniny i głogu, czasem też dzikiej gruszy, głównie w miejscach wilgotnych, w pobliżu wód, podmokłych łąk i starorzeczy, ale w miejscach eksponowanych, nasłonecznionych, o ciepłym mikroklimacie. Gatunek ten podlega w Polsce ochronie ścisłej. Status ochronny gatunku na Czerwonej Liście Zwierząt Ginących i Zagrożonych w Polsce – EN (z ang. *endengered* - zagrożony). Wymieniony jest w II załączniku Konwencji Berneńskiej oraz w II i IV załączniku Dyrektywy Siedliskowej (Buszko i Nowacki 2002, Buszko 2004). Częściowo jego siedlisko stanowią łęgi nadrzeczne, zwłaszcza fragmenty z młodymi odroślami i karłowatymi krzewami roślin żywicielskich. Preferuje siedliska półotwarte, osłonięte od silnych wiatrów, ale dobrze nasłonecznione. Nie stroni od przestrzeni śródleśnych. Gąsienice rozwijają się wiosną, prowadząc gromadny tryb życia – rozwój w gniazdach (oprzędach), w których chronią się przed wrogami naturalnymi. Po

[11] II i IV załącznik Dyrektywy Siedliskowej.

[12] I załącznik Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 grudnia 2016 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt, Dz. U. 2016 poz. 2183.

[13] II załącznik Konwencji Berneńskiej oraz II i IV załącznik Dyrektywy Siedliskowej.

[14] I załącznik Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 grudnia 2016 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt, Dz. U. 2016 poz. 2183.

trzecim linieniu wchodzą w fazę indywidualnego żerowania i stopniowo rozchodzą się po sąsiednich gałęziach i krzewach. Przepoczwarczają się w solidnych kokonach na ziemi. Motyle występują we wrześniu i październiku. Postacie dorosłe nie odżywiają się wcale, a loty godowe trwają tylko kilka dni. Samice dość aktywnie latają, stopniowo składając jaja w złożach po kilkadziesiąt sztuk i oddalając się od miejsca wylęgu. W ten sposób gatunek łatwo się rozprzestrzenia. Jednocześnie dla utrzymania metapopulacji gatunku konieczne jest zachowanie korytarzy środowiskowych ułatwiających migracje np. zakrzewień wzdłuż rowów, wałów przeciwpowodziowych i dróg.

ZAGROŻENIA I PERSPEKTYWY OCHRONY

W odniesieniu do entomofauny najbardziej istotnym czynnikiem dla utrzymania wysokiej różnorodności biologicznej są utrzymane w dobrym stanie miejsca rozrodu, zimowania i zdobywania pokarmu. Ważnym czynnikiem jest także różnorodność typów siedliskowych. W przypadku obszarów irygacyjnych spora część terenu to otwarte przestrzenie – część z nich to dziś pola uprawne lub inne formy użytkowania przez człowieka. Zwłaszcza działalność rolnicza mocno zubaża potencjał pól irygacyjnych, a nawet zagraża jego istnieniu. Doskonałym tego przykładem są opryski chemiczne dokonywane przez rolników na polach w sąsiedztwie krzewów śliwy tarniny *Prunus spinosa*. Wieloletnie obserwacje wykazały jak bardzo niebezpieczne są tego rodzaju zabiegi agrotechniczne dla gąsienic barczatki kataks *Eriogaster catax* w okresie ich aktywności wczesną wiosną na krzewach okalających pola. Spora część terenu to otwarte obszary o mniej lub bardziej łąkowym charakterze. Obecnie, układy te są mało atrakcyjnym miejscem dla wielu gatunków owadów, głównie z uwagi na dość ubogie zróżnicowanie szaty roślinnej, obejmującej np. rośliny miododajne i pyłkodajne. Z tego też względu na szczególną ochronę zasługują zakrzewienia śliwy tarniny oraz innych Rosaceae, które zwłaszcza wiosną, na początku sezonu wegetacyjnego, stanowią podstawowe źródło pokarmu dla zapylaczy takich jak np. trzmiele Bombus sp. Na przestrzeni ostatnich lat wycięto zakrzewienia tarniny wzdłuż lewej skrajni ul. Wędkarzy (kierunek do starej przepompowni), usunięto też część zakrzewień wzdłuż pól uprawnych.

Niewielki poziom wilgotności łąk jest prawdopodobną przyczyną braku większej liczby siedlisk takich chronionych gatunków jak modraszki telejus *Phengaris teleius* i nausitous *P. nausithous*. Zbyt niski poziom wilgotności niekorzystnie wpływa bowiem na roślinę żywicielską gąsienic jaką jest krwiściąg lekarski *Sanguisorba officinalis*, na kwiatostany którego samice modraszków składają jaja.

Na szczególną uwagę zasługują niewielkie fragmenty o charakterze leśnym i ich obrzeża. W obszarze drzewiastym na północy pól irygowanych wykazano siedlisko zgniotka cynobrowego *Cucujus cinnaberinus*, stanowiące najdalej na południe od rzeki Widawy wysunięty przyczółek tego chronionego gatunku chrząszcza saproksylicznego. O wartości tego obszaru stanowi głównie tzw. martwe drewno zalegające na powierzchni. Tego rodzaju składniki jak martwe pnie, konary czy pniaki stanowią nie tylko siedlisko rozwoju zgniotka cynobrowego, ale także miejsce zimowania biegaczy z rodzaju *Carabus* sp. Z kolei skraje obszarów zalesionych z udziałem jesionu wyniosłego i kaliny koralowej są siedliskiem rozwoju chronionego gatunku motyla jakim jest przeplatka maturna *Euphydryas maturna*. Utrzymanie takich siedlisk, zwłaszcza w obliczu wymierania jesionu wyniosłego, stanowi o przetrwaniu gatunku na tym terenie (Malkiewicz i in. 2008).

Osobną kwestią jest specyficzne siedlisko jakim są stare, wiekowe drzewa – głównie dęby szypułkowe. Obecnie stanowią one siedlisko rozwoju takich chronionych gatunków saproksylicznych chrząszczy jak kwietnica okazała *Protaetia speciosissima*, kozioróg dębosz *Cerambyx cerdo* i pachnica dębowa *Osmoderma barnabita*. Zachowanie takich drzew na terenie pól irygacyjnych i w bezpośrednim ich sąsiedztwie jest niezbędne do zapewnienia trwałości lokalnych populacji wyżej wymienionych gatunków, w tym innych taksonów związanych z mikrohabitatami takimi jak dziuplowiska i próchnowiska lub galerie po larwach kozioroga dębosza. Jest to szczególnie ważne w obliczu zamierania tego rodzaju drzew, o czym dobitnie świadczą samotne dęby (stanowisko monitoringu kozioroga dębosza) przed Lasem Rędzińskim, czy dęby

Fot. 6. Trzmiel parkowy (postać dorosła, widok z boku). *Fot. Marcin Kadej*

Fot. 7. Pachnica dębowa (postać młodociana - pędrak). *Fot. Marcin Kadej*

Fot. 8. Modraszek nausitous na kwiatostanie krwiściągu lekarskiego (postać dorosła). *Fot. Marcin Kadej*

w alei prowadzącej do schroniska dla zwierząt wzdłuż ul. Ćwiczebnej. Kondycja tych drzew jest coraz gorsza, część z nich jest już kompletnie martwa, co może wpływać na decyzje o ich wycięciu ze względów bezpieczeństwa. Dlatego tak ważne jest by już dziś podejmować działania mające na celu odtwarzanie takich drzew poprzez intencjonalne nasadzenia i dobrą pielęgnację po nasadzeniach.

dr hab. inż. Marcin Kadej, prof. UWr
dr Adam Malkiewicz,
Uniwersytet Wrocławski

Literatura dostępna w Redakcji.

PRZEJADAMY ZIEMIĘ

Aureliusz Mikłaszewski

Nie dosłownie. Chodzi bowiem o Dług Ekologiczny – moment, datę w kalendarzu, po której eksploatacja zasobów Ziemi przez ludzi zaczyna przekraczać możliwości ich odnawiania. Ten moment — datę wyznacza się w odniesieniu do państw, czyli ludzi w nich mieszkających.

Bogatsi konsumpcją więcej, ubożsi mniej, a biedni najmniej. Bogatsze kraje dostępne im zasoby Ziemi zużywają (trochę też, jeśli chodzi o żywność dosłownie – przejadają) prędzej.

Organizacja Global Footprint Network, która zrzesza ekspertów instytucji rządowych, placówek naukowych, organizacji pozarządowych, publikuje co roku daty długu ekologicznego. Dla różnych państw wypadają one pomiędzy lutym a grudniem. Te lutowe oznaczają, że dane państwo zużyło dostępne zasoby i przez resztę roku będzie je zużywało, zaciągając kredyt – Dług Ekologiczny. Te grudniowe świadczą o tym, że państwo przez cały rok korzystało z zasobów Ziemi, które się odnawiają (plony rolnicze, drewno, zwierzęta, ryby i inne), a przez kilkanaście dni tylko będzie żyło na kredyt.

W 2023 roku Światowy Dzień Długu Ekologicznego wypadł 2 sierpnia. Dawniej było lepiej; w roku 1970 światowa konsumpcja przekroczyła zasoby Ziemi dopiero 29 grudnia. Świat zużywał tyle, ile (prawie) się odnawiało. Dwa dni życia na kredyt nie powodowało alarmu, że zasobów zabraknie.

Do wyliczenia daty dnia Długu Ekologicznego bierze się pod uwagę sprawozdania ONZ zawierające dane o stanie środowiska, m.in. emisje CO_2, odnawianie się lasów, populacji ryb w łowiskach, plony rolnicze. Wyliczenia nie są dokładne, ale dają pojęcie o skali problemu, a mierzone tą samą miarą (metodyką) postępowania poziomy konsumpcji w różnych krajach dają wiarygodne porównania.

Innym miernikiem obciążenia środowiska Ziemi jest ślad węglowy. Jest to ilość CO_2, jaka wydziela się do atmosfery w ciągu roku ze wszystkich źródeł. Jest miernikiem zapotrzebowania na dobra przyrody, w tym przypadku głównie paliwa kopalne, a właściwie na pozyskanie energii elektrycznej i ciepła, co generuje emisję CO_2. Mieszkańcy jaskiń, a także żyjący w czasach starożytnych czy nawet w średniowieczu, generowali ślad węglowy bliski zera. Emisja CO_2 z ognisk czy spalania drewna w średniowieczu była znikoma, a w dodatku spalali biomasę o zerowym bilansie węglowym. Dopiero spalanie paliw kopalnych zapoczątkowało okres przemysłowy i emisję uwięzionego w nich CO_2, którego ilość stale rosła, aż poprzez efekt cieplarniany zaczęła przyczyniać się do ocieplenia klimatu. Ślad węglowy mieszkańca Polski wynosi 7,52 ton CO_2 (2022 r.). Mieścimy się w środku grupy państw rozwiniętych i w miarę wzrostu udziału OZE w miksie energetycznym wolno maleje (w roku 2020 wynosił 7,9 ton CO_2/osobę).

Fot. 1. Ziemia widziana z kosmosu – „Błękitna Planeta", *Fot. NASA*

Na wielkość śladu węglowego ma wpływ codzienna działalność człowieka wynikająca z potrzeb cywilizacyjnych, z których nie wszystkie są niezbędne. Przykładowo — kilometr pokonany samolotem daję emisję 286 g CO_2/osobę, a w przypadku jazdy pociągiem emisja jest już znacznie niższa i wynosi ok. 148 g CO_2/osobę. Na bliższe odległości, mimo połączeń lotniczych, nie musimy latać, można pojechać pociągiem. Ale pojedyncze rezygnacje z lotu niewiele zmienią – samolot i tak poleci. Chodzi o to, by na mniejsze odległości, gdy istnieją połączenia kolejowe, samoloty nie latały. Do tego potrzebne jest masowe korzystanie z pociągu, by loty były nieopłacalne. Transport ładunków i pasażerów jest odpowiedzialny za ok. 20% światowej emisji GHG, są tu więc duże możliwości ograniczenia śladu węglowego, np. poprzez konsumpcję lokalnych produktów, niewymagających transportu z dużej odległości. Ślad węglowy wpływa na termin Długu Ekologicznego; im większy, tym wcześniej wypada data zużycia dostępnych zasobów i zaciągania kredytu ekologicznego.

Dla Polski Dzień Długu Ekologicznego wypadł 2 maja 2023 r. Mieścimy się w środku grupy badanych państw. Obok Polski są Niemcy (4 maja), Francja (5 maja), Japonia (6 maja) i Portugalia (7 maja). Wobec Ziemi najszybciej dług zaciągnął Katar (2 lutego), Luksemburg (14 lutego) oraz Kanada, Zjednoczone Emiraty Arabskie i USA (13 marca). Jak widać, są to kraje bogate, w których dobra materialne są dostępne, a siła nabywcza wynagrodzenia za pracę pozwala na utrzymywanie wysokiej stopy życiowej i równie wysokiej konsumpcji. Najpóźniej dług zaciągają Indonezja (3 grudnia), Ekwador (6 grudnia) i Jamajka (20 grudnia).

Średnio, na obecnym poziomie rozwoju gospodarczego, świat zużywa rocznie ok. 1,7 zasobów Ziemi.

Co dalej? Wiele wskazuje na to, że konsumpcja będzie rosła i powoli osiągniemy potrzebę posiadania zasobów dwóch planet. Na razie tej drugiej nie ma, nie odkryto jej nawet za pomocą teleskopu Webba. Perspektywy nie są wesołe; budzą się do wyścigu gospodarczego (i konsumpcyjnego) dwa najludniejsze kraje świata: Chiny i Indie, każdy po ponad 1,4 mld mieszkańców. Kto im zabroni pójścia w ślad Europy czy Stanów Zjednoczonych, podniesienia stopy życiowej i zaciągnięcia Długu Ekologicznego?

dr inż. Aureliusz Mikłaszewski

Zbiorowisko stokłosy spłaszczonej

Pałka szerokolistna

Kupkówka pospolita

Szuwar trzciny pospolitej

Zdjęcia: Michał Śliwiński

DOLNOŚLĄSKI KLUB EKOLOGICZNY

e-mail: ekoklub.wroc@gmail.com
www. ekoklub.wroclaw.pl

ZARZĄD

Prezes
dr inż. Aureliusz Miklaszewski
e-mail: aureliusz.miklaszewski@wp.pl
tel. 71 347 14 44

Wiceprezes
dr hab. inż. Włodzimierz Brząkała
e-mail: włodzimierz.brzakala@pwr.edu.pl
tel. 663 261 317

Sekretarz
dr Barbara Teisseyre
e-mail: benteiss@wp.pl
tel. 606 103 740

Skarbnik
mgr Krystyna Haladyn
e-mail: krystyna.haladyn@wp.pl
tel. 730 056 986

Członkowie Zarządu
mgr inż. Krystyna Piosik
e-mail: k.krystynapiosik@gmail.com
tel. 600 021 672

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

KOMISJA REWIZYJNA

Przewodniczący
dr hab. inż. arch. Bogusław Wojtyszyn
e-mail: wojtyszyn_b@wp.pl
tel. 605 620 208

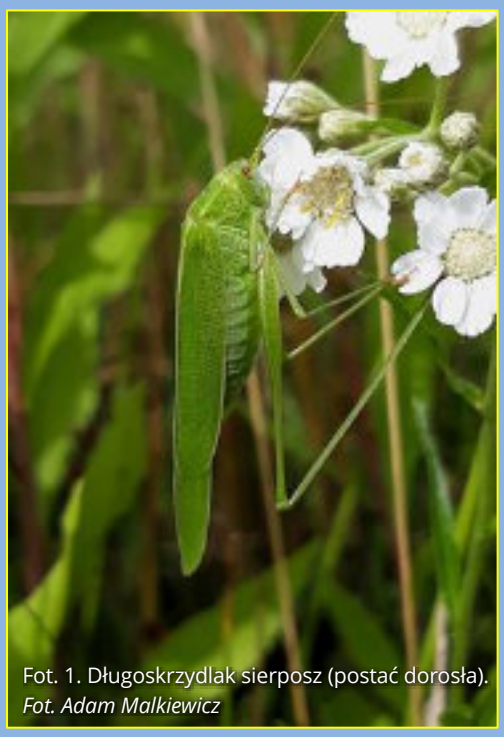
Członkowie Komisji Rewizyjnej
mgr inż. Ryszard Majewicz
e-mail: majewicz@op.pl

mgr. inż. Roman Bełko
e-mail: roman.belko@migra.pl

BIURO ZARZĄDU

51-168 Wrocław
ul. Sołtysowicka 19b, niski parter
Czynne w środy
w godzinach od 10:30 do 13:30

Owady pól irygacyjnych Wrocławia

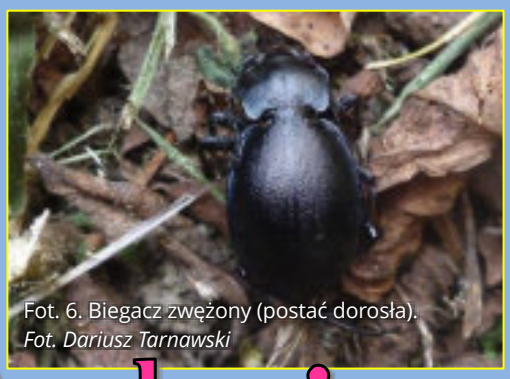


Fot. 1. Długoskrzydlak sierposz (postać dorosła).
Fot. Adam Malkiewicz

Fot. 2. Trzmiel ziemny (postać dorosła).
Fot. Marcin Kadej

Fot. 3. Zgniotek cynobrowy (postać młodociana - larwa).
Fot. Marcin Kadej

Fot. 5. Trzepla zielona.
Fot. Adam Malkiewicz



Fot. 6. Biegacz zwężony (postać dorosła).
Fot. Dariusz Tarnawski

Fot. 4. Biegacz granulowany (postać dorosła).
Fot. Dariusz Tarnawski

Fot. 7. Kwietnica okazała (postać dorosła).
Fot. Marcin Kadej

Fot. 8. Przeplatka maturna (samica) w trakcie wygrzewania się w promieniach słonecznych.
Fot. Adam Malkiewicz

Fot. 9. Barczatka kataks (wyrośnięta gąsienica).
Fot. Adam Malkiewicz