

# WSZECHŚWIAT

## PISMO PRZYRODNICZE

Tom 121 Nr 7–9

Lipiec – Sierpień – Wrzesień 2020



*Kannabidiol – czy może leczyć COVID-19?*

*Wirus SARS-COV-2 a schorzenia psychiczne*

*Zagrożenie drzew w Europie*

*Próbkowanie oszczędne w rezonansie magnetycznym*

*Powój polny*

*Bagna Poleskiego Parku Narodowego*

*Torfowiska Mazur*



**N**imfa widelnicy z rodzaju *Perla*, fot. S. Knutelski.

# WSZECHŚWIAT

Z POLSKIMI PRZYRODNIKAMI OD 3 KWIETNIA 1882  
Zalecany do bibliotek nauczycielskich i licealnych od r. 1947 (pismo Ministra Oświaty nr IV/Oc-2734/47)  
Wszechświat jest pismem punktowanym w Index Copernicus International.

## Treść zeszytu 7–9 (2679–2681)

### ARTYKUŁY

|                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Monika Pinkas, Aleksandra Kicman, Kannabidiol – potencjalne remedium w terapii COVID-19 .....                                                    | 203 |
| Katarzyna Stachowicz, Czy wirus SARS-CoV-2 może wywołać schorzenia psychiczne<br>jako powikłanie choroby COVID-19 – rozważania teoretyczne ..... | 213 |
| Katarzyna Sękiewicz, Monika Dering, Alarm dla natury: blisko połowa europejskich gatunków<br>drzewiastych jest zagrożona .....                   | 219 |
| Fabian Bogusz, Tomasz Pięciak, Próbkowanie oszczędne w obrazowaniu metodą rezonansu magnetycznego .....                                          | 231 |

### DROBIAZGI

|                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Zmierzchnica trupia główka na dalekiej północy (Krzysztof Ufnalski, Adrian Łukowski) .....                             | 244 |
| Toksyczność <i>Calvatia gigantea</i> dla ślinika <i>Arion vulgaris</i> na Kaszubach w sierpniu (Marian Jeliński) ..... | 246 |
| Powój polny i jego goście (Maria Olszowska) .....                                                                      | 249 |

### WSZECHŚWIAT SPRZED WIEKU

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| Z nowszych spostrzeżeń nad komarami (oprac. Maria Śmiałowska) ..... | 256 |
|---------------------------------------------------------------------|-----|

### WSPOMNIENIA Z PODRÓŻY

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Katarzyna Stachowicz, Ścieżki Poleskiego Parku Narodowego oraz piękno Lubelszczyzny ..... | 263 |
| Jarosław Roman, Mrówki z okolic Krakowa i Mogilna obserwowane w 2011 roku .....           | 271 |
| Maria Olszowska, Śródleśne mszary Mazur cz. 1. ....                                       | 278 |

### NEKROLOGI

|                                                                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Profesor dr hab. Czesław Jura (1927–2020), wspomnienie o wspaniałym naukowcu –<br>entomologu i wychowawcy akademickim (Jerzy Klag) ..... | 291 |
| Profesor dr hab. Helena Trzcińska-Tacik (1936–2020) – botanik z pasją (Alina Stachurska-Swakoń) .....                                    | 295 |

### RECENZJE

|                                                                                                                                                                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Thomas Kölpin (Hrsg.), Björn Schäfer, Micha Sonnenfroh. Mit Fotografien von Luca Siermann, Wilhelma.<br>Gewächshäuser, Naturräume und Parkanlage (Wilhelma. Szklarnie, obszary naturalne i założenia parkowe)<br>(Eugeniusz Kośmicki) ..... | 298 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

#### Fotografia na okładce:

Szablak późny *Sympetrum striolatum*, ważka z rodziny Libellulidae,  
Ochotnica Górna, potok Jaszcze, wrzesień 2009, fot. M. Łagan

Od roku 2020 czasopismo *Wszechświat* będzie wydawane tylko w wersji cyfrowej w cenie 9 zł/numer, 36 zł/rok. (Prenumeratorom będą wysyłane pliki PDF).  
W wersji papierowej będzie wydawany tylko pierwszy numer 1–3 w cenie 12 zł.  
Członkowie Towarzystwa otrzymują zniżkę na roczną prenumeratę i płacą tylko 20 zł za roczną prenumeratę cyfrową.

W sprawach prenumeraty i zakupu wybranych numerów prosimy o kontakt z P. Aleksandrem Koralem, e-mail: [biuro@ptpk.org](mailto:biuro@ptpk.org), tel. 661 482 408.

Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika  
Redakcja Pisma Przyrodniczego *Wszechświat*  
31–118 Kraków, ul. Podwale 1  
SANTANDER BANK POLSKA SPÓŁKA AKCYJNA, XXI Oddział Kraków  
nr konta 81 1500 1142 1220 6033 9745 0000

Sponsorami *Wszechświata* są:

- Akademia Górniczo-Hutnicza
- Polska Akademia Umiejętności
- Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego



Rada Redakcyjna

**Przewodnicząca:** Irena Nalepa  
**Z-ca Przewodniczącej:** Stanisław Knutelski  
**Sekretarz Rady:** Agnieszka Zelek-Molik  
**Członkowie:** Andrzej Kornaś, Michał Kozakiewicz, Ewa Krzemińska,  
Elżbieta Pyza, Alina Stachurska-Swakoń, Alfred Uchman, January Weiner

Komitet redakcyjny

**Redaktor Naczelna:** Maria Śmiałowska  
**Z-ca Redaktora Naczelnej:** Barbara Plytycz  
**Sekretarz Redakcji:** Alicja Firlejczyk  
**Członek Redakcji:** Katarzyna Stachowicz

Adres Redakcji

**Redakcja Pisma Przyrodniczego *Wszechświat***  
31–118 Kraków, ul. Podwale 1 m. 2, tel. 661 482 408  
**e-mail:** [redakcja@ptpk.org](mailto:redakcja@ptpk.org),  
**<https://wszechswiat.ptpk.org>**

Wydawca

Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika, Kraków, ul. Podwale 1/2

Projekt i skład

Artur Brożonowicz, [artur@ptpk.org](mailto:artur@ptpk.org)



**PISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA**

WYDAWANE PRZY WSPÓŁUDZIALE: AKADEMII GÓRNICZO-HUTNICZEJ,  
MINISTERSTWA NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO, POLSKIEJ AKADEMII UMIEJĘTNOŚCI

TOM 121  
ROK 138

LIPIEC – SIERPIEŃ – WRZESIEŃ 2020

ZESZYT 7–9  
2679–2681

ARTYKUŁY

## **KANNABIDIOL – POTENCJALNE REMEDIUW TERAPII COVID-19**

**Cannabidiol – a potential remedy for COVID-19**

**Monika Pinkas, Aleksandra Kicman (Białystok)**

### **Streszczenie**

W 2019 roku odnotowano pierwsze przypadki nowej choroby COVID-19 wywoływanej przez wirusa SARS-CoV-2 z gatunku koronawirusów. Już w pierwszych miesiącach 2020 roku szybkie rozprzestrzenianie się wirusa po całym świecie doprowadziło do światowej pandemii. Choć w większości przypadków choroba ma przebieg łagodny, u części pacjentów może wywoływać burzę cytokinową oraz prowadzić do groźnych powikłań, jak zwtóknienie płuc, zespół ostrej niewydolności oddechowej (ARDS) i niewydolność wielonarządowa (MODS), a nawet do zgonów. Na całym świecie trwają intensywne poszukiwania leków skutecznych w terapii COVID-19. Kannabidiol (CBD) może okazać się takim lekiem ze względu na swoje unikalne właściwości przeciwzapalne i antyoksydacyjne oraz możliwe działanie przeciwwirusowe i antyfibrotyczne. Wciąż jednak potrzebne są liczne badania nad potencjalnym zastosowaniem tego fitokannabinoidu w terapii zakażeń SARS-CoV-2.

### **Abstract**

In 2019 first cases of a novel coronavirus disease (COVID-19) were reported. Rapid spread of the new virus led to a global pandemic in the first months of the year 2020. While the majority of COVID-19 cases are mild, a number of patients are at risk of developing dangerous complications. In severe and critical cases patients suffer from sequela such as pulmonary fibrosis, acute respiratory distress syndrome (ARDS), multiple organ dysfunction syndrome (MODS) and cytokine storm, which may result in death. Researchers around the world are still looking for an effective COVID-19 treatment. Due to its anti-inflammatory, antioxidant and possible antifibrotic and antiviral properties, cannabidiol (CBD) might be an effective drug against the new disease. However, the potential use of CBD in the treatment of COVID-19 requires further investigation.

## Wprowadzenie

W listopadzie 2019 roku w chińskim mieście Wuhan do szpitali zaczęli się zgłaszać pacjenci z objawami nieznanej dotąd choroby wywołanej przez wirusa SARS-CoV-2 (severe acute respiratory syndrome coronavirus-2), należącego do gatunku koronawirusów. Chorobę wywołaną przez SARS-CoV-2 nazwano COVID-19 (Coronavirus Disease 2019). Początkowo przypadki zachorowania ograniczały się wyłącznie do Chin, jednak już w pierwszych miesiącach 2020 roku wirus rozprzestrzenił się na całym globie wywołując światową pandemię.

Koronawirusy należą do rodziny *Coronaviridae* w rzędzie *Nidovirales* i zawierają jednoliciowy RNA. Nazwa tego gatunku nawiązuje do specyficznych kolców znajdujących się na ich powierzchni (łac. *corona* – korona). Koronawirusy dzieli się na podgrupy alfa, beta, gamma oraz delta. SARS-CoV-2 (początkowo nazwany koronawirusem z Wuhan) należy do podgrupy beta, tej samej, co wirusy, które we wcześniejszych latach wywołały epidemię MERS (bliskowschodni zespół oddechowy, wirus: MERS-CoV) oraz SARS (ciężki ostry zespół oddechowy, wirus: SARS-CoV) [40]. Pod względem genetycznym SARS-CoV-2 jest do nich podobny i prawdopodobnie także wywodzi się od nietoperzy. Na podstawie sekwencjonowania genomu ustalono, że jest identyczny w 89% z SARS-like-CoVZXC21 występującego u nietoperzy, w 82% z ludzkim SARS-CoV i 50% z MERS-CoV. Ma on jednak wyższy od nich współczynnik reprodukcji, dłuższy okres inkubacji i niższy współczynnik śmiertelności [48].

Do transmisji SARS-CoV-2 dochodzi poprzez bezpośredni kontakt z osobą zarażoną lub drogą kropelkową przez kaszel i kichanie. Po dostaniu się do dróg oddechowych człowieka wirus wiąże się za pośrednictwem glikoprotein na jego powierzchni i wnika do komórek nabłonkowych języka, oskrzeli i płuc [11,39,40]. Domena wiążąca receptor wirusa SARS-CoV-2 wykazuje wysokie powinowactwo do receptora enzymu konwertazy angiotensyny 2 (ACE2), znajdującego się na powierzchni komórek nabłonkowych dróg oddechowych [3]. Zwiększone zagęszczenie tych receptorów obserwuje się u pacjentów starszych i palących, czyli w grupach bardziej podatnych na zakażenie koronawirusem [21]. Połączenie białka powierzchniowego SARS-CoV-2 z receptorem ACE2 hamuje aktywność enzymu konwertazy angiotensyny (ACE), co działa szkodliwie na tkanki płuc, zwężając naczynia krwionośne oraz wywołując stan zapalny, apoptozę, a także może prowadzić do powstawania zwołóknień i zespołu ostrej niewydolności oddechowej (ARDS) [11].

## Objawy, powikłania i aktualne metody leczenia COVID-19

Obraz kliniczny COVID-19 przypomina wirusowe zapalenie płuc SARS oraz MERS [48]. COVID-19 objawia się u 85% pacjentów gorączką i 67,7% kaszlem, a także dusznościami, bólem gardła i przekrwieniem błony śluzowej nosa (odpowiednio u 18,6%, 13,9% i 4,8% chorych). Dodatkowo w 10–15% potwierdzonych zakażeń występują bóle mięśni lub kości, dreszcze i bóle głowy, a w mniej niż 5% pojawiają się objawy żołądkowo-jelitowe, takie jak nudności lub wymioty i biegunka [21]. W większości przypadków choroba ta ma przebieg łagodny (ok. 80%), a jej objawy ustępują samoistnie w przeciągu dwóch tygodni. U części pacjentów (ok. 15% z ciężkimi objawami i ok. 5% z bardzo ciężkimi objawami) może dochodzić do ARDS, ostrego uszkodzenia nerek i serca, wstrząsu septycznego oraz niewydolności wielonarządowej (MODS), które są głównymi przyczynami zgonu w przebiegu COVID-19 [1,48]. Innym potencjalnie śmiertelnym powikłaniem jest zjawisko burzy cytokinowej, które obserwuje się u pacjentów z ciężkim przebiegiem zakażenia SARS-CoV-2. [49,51]. Burza cytokinowa jest gwałtowną i niekontrolowaną reakcją zapalną powstałą w odpowiedzi na infekcję oraz niektóre leki. Charakteryzuje się znacznym wzrostem uwalniania cytokin prozapalnych i jest uznawana za jedną z najważniejszych przyczyn powstawania ARDS i MODS [49,51]. Śmiertelność w wyniku ostrych powikłań jest dużo wyższa u osób powyżej 60. roku życia, z historią palenia oraz współistniejącymi chorobami, jak nadciśnienie i inne choroby sercowo-naczyniowe, mózgowo-naczyniowe, a także z cukrzycą [21]. Możliwe powikłania COVID-19 zostały przedstawione w Tab. 1. Współczynnik śmiertelności COVID-19 szacowany jest na 3,7% [30].

Jak do tej pory nie istnieje żaden specyficzny lek ani szczepionka na SARS-CoV-2. Dostępne metody terapeutyczne COVID-19 obejmują głównie leczenie objawowe oraz opiekę paliatywną. Obecnie oprócz leków immunomodulacyjnych stosuje się również leki przeciwwirusowe, jak interferon, a także pomocnicze pozaustrojowe oczyszczanie krwi [15,46]. Ze względów praktycznych skutecznych terapii poszukuje się przede wszystkim wśród znanych i przebadanych środków, które są stosowane w leczeniu innych chorób [2]. Jedną z grup leków wykorzystywanych w leczeniu COVID-19 są glikokortykosteroidy o działaniu przeciwzapalnym. Leki te mogą wywoływać jednak różnorodny efekt w zależności od czasu podania oraz dawki. Gdy zostaną użyte zbyt wcześnie

może dojść do zahamowania obronnych mechanizmów immunologicznych organizmu, prowadząc do zwiększenia miana wirusa. Z tego względu glikokortykosteroidy stosuje się głównie u krytycznie chorych pacjentów, u których doszło do rozwinięcia burzy

czowych [FAAH] oraz lipaza monoacyloglicerolu [MAGL]) oraz CB-Rs tworzą układ endokannabinoidowy [43].

Kannabinoidy syntetyczne służyły początkowo do analizy właściwości CB-Rs oraz były badane pod ką-

**Tabela 1. Możliwe powikłania COVID-19. Opracowano na podstawie: [10,14,50,52]. ARDS** – zespół ostrej niewydolności oddechowej (ang. *acute respiratory distress syndrome*); **DIC** – zespół rozsianego wykrzepiania wewnątrznaczyniowego (ang. *disseminated intravascular coagulation*); **MODS** – niewydolność wielonarządowa (ang. *multiple organ dysfunction syndrome*)

| Układ oddechowy                                                                                                       | Układ krążenia                                                                                                                      | Układ krwionośny                                                                               | Układ pokarmowy                                             | Układ wydalniczy                               | Układ nerwowy                                                                                                             | Inne                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - ARDS<br>- zapalenie płuc (w tym atypowe i związane ze sztucznym oddychaniem)<br>- aspergiloza<br>- zwłóknienie płuc | - zapalenie mięśnia sercowego i osierdzia<br>- zaburzenia rytmu<br>- tamponada serca<br>- zawał serca<br>- kardiomiopatia takotsubo | - zakrzepica<br>- DIC<br>- niedokrwistość autoimmunologiczna<br>- trombocytopenia<br>- wiremia | - ostre uszkodzenie wątroby<br>- łagodne zapalenie trzustki | - ostre uszkodzenie nerek<br>- zapalenie nerek | - udar mózgu<br>- drgawki<br>- zapalenie mózgu i opon mózgowo-rdzeniowych<br>- ataksja<br>- encefalopatia<br>- neuropatie | - burza cytokinowa<br>- sepsa<br>- wstrząs septyczny<br>- MODS<br>- infekcje wtórne (grzybicze i bakteryjne)<br>- rozpad mięśni |

cytokinowej [49]. Lekami, z którymi obecnie wiąże się dużo nadziei, biorąc pod uwagę ich skuteczność w walce z SARS-CoV-2, są tocilizumab i chlorochina. Pierwszy z nich to monoklonalne przeciwciało skierowane przeciwko ludzkiej Il-6 (interleukina-6) [49,51]. Drugi to zmniejszający produkcję i uwalnianie TNF- $\alpha$  (czynnik martwicy nowotworów-alfa) i Il-6, wykazujący działanie przeciwwirusowe lek stosowany w leczeniu malarii [2,46,49].

### Kannabinoidy i receptory kannabinoidowe

Kannabinoidy są substancjami mającymi powinowactwo do receptorów kannabinoidowych (CB-Rs), wśród których wyróżnia się trzy grupy związków – fitokannabinoidy, endokannabinoidy i związki syntetyczne. Fitokannabinoidy to związki terpenofenolowe, produkowane i wydzielane przez trichomy znajdujące się w szczytowych częściach roślin konopi siewnych (*lac. Cannabis sativa*). Dwa najlepiej poznane fitokannabinoidy to psychoaktywny  $\Delta^9$ -tetrahydrokannabinol ( $\Delta^9$ -THC) oraz pozbawiony właściwości narkotycznych kannabidiol (CBD) [41,18].

Endokannabinoidy są endogennymi ligandami CB-Rs, produkowanymi w tkankach ludzi i zwierząt z fosfolipidów błonowych. Anandamid (AEA) oraz 2-arachidonyloglicerol (2-AG) są najbardziej znanymi związkami należącymi do tej grupy. Endokannabinoidy wraz z enzymami odpowiedzialnymi za ich rozkład (głównie hydrolaza amidowa kwasów tłuszcz-

tem potencjalnego zastosowania w medycynie. Nieestety obecnie stosowane są także jako popularne narkotyki określane jako „dopalacze” [23,41]. Podział kannabinoidów wraz z przykładami przedstawiono na ryc. 1.

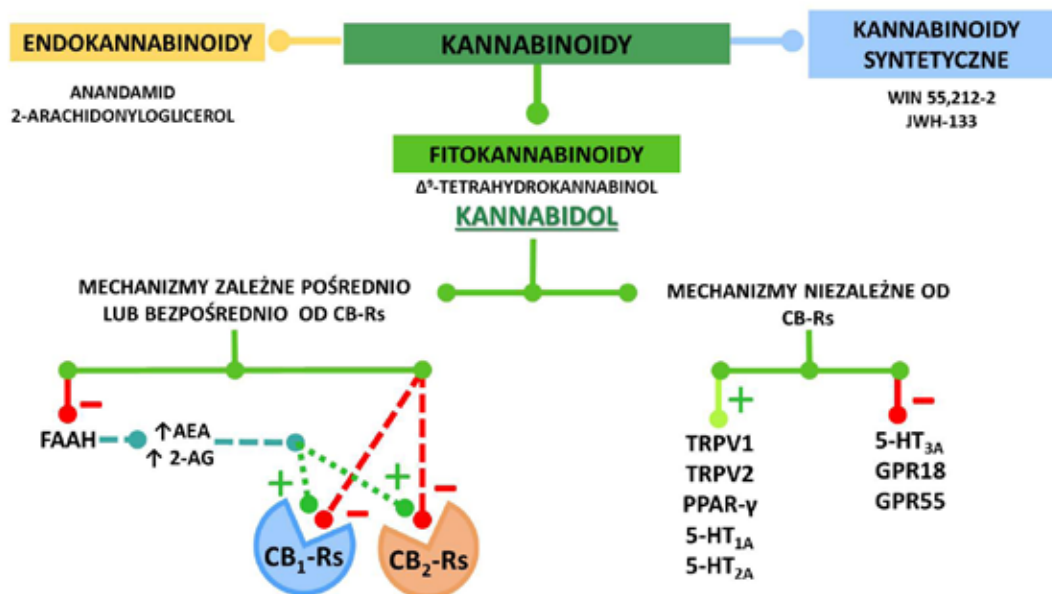
Kannabinoidy działają dzięki interakcji z różnymi typami receptorów – określonymi strukturami wielokształtnymi, które po związaniu się z inną cząsteczką (np. kannabinoidem lub cząsteczką leku) regulują procesy zachodzące w komórkach [5]. Do głównych receptorów, z którymi wiążą się kannabinoidy, należą receptory kannabinoidowe (CB-Rs), w obrębie których można wyróżnić dwa typy – receptor kannabinoidowy typu 1 (CB<sub>1</sub>-Rs) oraz typu 2 (CB<sub>2</sub>-Rs). Kannabinoidy w stosunku do CB-Rs mogą wykazywać działanie agonistyczne, polegające na aktywacji receptora lub antagonistyczne, skutkujące zahamowaniem jego aktywności [32].

CB<sub>1</sub>-Rs są zlokalizowane w obrębie struktur centralnego układu nerwowego (OUN), a także w mniejszych ilościach w obwodowych narządach i tkankach. CB<sub>1</sub>-Rs obecne w OUN odpowiedzialne są za ośrodkowe objawy występujące po zażywaniu marihuany czy dopalaczy. Ekspresja CB<sub>2</sub>-Rs w OUN jest niewielka i ograniczona głównie do mózdzku. Większość CB<sub>2</sub>-Rs zlokalizowana jest obwodowo na komórkach układu odpornościowego [22,53]. W tabeli 2 przedstawiono przykładowe fizjologiczne i patologiczne funkcje CB-Rs oraz efekty ich pobudzenia.

## Potencjał terapeutyczny kannabidiolu w COVID-19

Jak wspomniano wcześniej, CBD jest fitokannabinoidem wyizolowanym w 1940 roku przez chemików z Uniwersytetu Harvarda. Związek ten jest pozba-

Obecnie na rynku istnieje kilka preparatów z CBD. Jednym z nich jest Sativex® (GW Pharmaceuticals), zawierający CBD i  $\Delta^9$ -THC w stosunku 1:1. Preparat ten wykorzystywany jest do łagodzenia stanów spastycznych u pacjentów ze stwardnieniem rozsia-



Ryc. 1. Podział kannabinoidów i mechanizm działania kannabidiolu. Opracowane na podstawie: [9,27,33,43]

(-) – hamowanie; (+) – pobudzanie; 2-AG – 2-arachidonyloglicerol; 5-HT<sub>1A</sub> – receptor serotoniny 5-HT<sub>1A</sub>; 5-HT<sub>2A</sub> – receptor serotoniny 5-HT<sub>2A</sub>; 5-HT<sub>3</sub> – receptor serotoniny 5-HT<sub>3</sub>; A<sub>2</sub>-Rs – receptor adenozynowy A<sub>2</sub>; AEA – anandamid; CB<sub>1</sub>-Rs – receptor kannabinoidowy typu 1; CB<sub>2</sub>-Rs – receptor kannabinoidowy typu 2; CB-Rs – receptory kannabinoidowe; FAAH – hydrolaza amidowa kwasów tłuszczowych; GPR18 – receptor sprzężony z białkiem G<sub>18</sub>; GPR55 – receptor sprzężony z białkiem G<sub>55</sub>; PPAR- $\gamma$  – receptor aktywowany przez proliferatory peroksysomów gamma; TRPV<sub>1</sub> – receptor waniloidowy typu 1; TRPV<sub>2</sub> – receptor waniloidowy typu 2.

wiony właściwości narkotycznych, gdyż ma bardzo słabe powinowactwo do zlokalizowanych ośrodkowo CB<sub>1</sub>-Rs. Ogólnie przyjmuje się, że jest nietoksyczny, przez co można go stosować przez dłuższy czas w dużych dawkach. CBD wykazuje złożony mechanizm działania (Ryc. 1), co przekłada się na jego niezwykle korzystne i szerokie właściwości biologiczne [9]. W licznych modelach badawczych udowodniono między innymi jego silne działanie przeciwzapalne, antyoksydacyjne, proapoptotyczne, neuroprotektoryjne, przeciwwymiotne, przeciwbólowe, antypsychotyczne i przeciwłękowe [27,33]. Należy podkreślić, że CBD jest o wiele silniejszym antyoksydantem niż popularnie stosowana witamina C (kwas askorbinowy), a jego efekt przeciwzapalny jest kilkaset razy mocniejszy w porównaniu do kwasu acetylosalicylowego (Aspiryna) [7,13]. Tak silne działanie antyoksydacyjne i przeciwzapalne CBD jest wynikiem aktywowania szeregu różnych typów receptorów, takich jak receptory aktywowane przez proliferatory peroksysomów (PPAR- $\gamma$ ), receptory waniloidowe (TRPV) oraz serotoniny 5-HT<sub>1A</sub> (5-HT<sub>1A</sub>).

Innym lekiem jest Epidiolex® (GW Pharmaceuticals), który zostanie dokładniej opisany w dalszej części pracy. Niewątpliwie na uwagę zasługuje fakt, że CBD obecny jest w medycznej marihuanie, której legalizacja wzbudzała w ostatnich latach emocjonalną publiczną dyskusję, a która została ostatecznie w 2017 roku dopuszczona do polskiego leczenia. Medyczna marihuana może być wykorzystywana w łagodzeniu bólu przewlekłego czy też uporczywych wymiotów i biegunk wywołanych chemioterapią [19]. Obecnie surowiec na Polski rynek dostarcza firma Spectrum Therapeutics, która ma w ofercie medyczną marihuanę o różnym stosunku CBD do  $\Delta^9$ -THC (<https://www.spectrumtherapeutics.com/poland/pl/products>; dostęp: 20.07.2020).

Już trzy miesiące po ogłoszeniu pandemii pojawiły się pierwsze prace oraz doniesienia medialne o potencjalnym zastosowaniu CBD, który charakteryzuje się niezwykle szerokim spektrum działania w terapii COVID-19. Jak przedstawiono na ryc. 2, hamowanie przez CBD szeregu objawów i powikłań występujących w COVID-19 wskazuje na jego wysoki poten-

cjał terapeutyczny w leczeniu tej choroby [16].

Dotychczas przeprowadzono liczne badania potwierdzające właściwości antyoksydacyjne i przeciwzapalne CBD, głównie w modelach chorób układu

towną reakcją zapalną związany jest również ARDS. Udowodniono szereg korzystnych oddziaływań CBD w modelu ostrego uszkodzenia płuc (ALI) o podobnym patomechanizmie do ARDS, jednak o łagod-

Tabela 2. Przykładowe efekty pobudzenia oraz funkcje receptorów kannabinoidowych. Efekty patologiczne zostały podkreślone. Opracowano na podstawie: [22,24,25, 34,53]. (-) – hamowanie; (+) – pobudzanie; CB<sub>1</sub>-Rs – receptor kannabinoidowy typu 1; CB<sub>2</sub>-Rs – receptor kannabinoidowy typu 2; CB-Rs – receptory kannabinoidowe

| Funkcje i efekty pobudzenia ośrodkowych CB-Rs                                                                          |                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CB <sub>1</sub> -Rs                                                                                                    | CB <sub>2</sub> -Rs                                                                                                                                  |
| euforia, a po przejściowym pobudzeniu depresja centralnego układu nerwowego, objawiająca się sennością i apatycznością | niewielka ekspresja, funkcja w większości słabo określona                                                                                            |
| regulacja uwalniania hormonów oraz temperatury ciała, (+) apetytu                                                      |                                                                                                                                                      |
| procesy związane z pamięcią                                                                                            |                                                                                                                                                      |
| (-) reakcji bólowej                                                                                                    |                                                                                                                                                      |
| koordynacja postawy ciała                                                                                              |                                                                                                                                                      |
| Lokalizacja                                                                                                            | Funkcja i efekty pobudzenia                                                                                                                          |
| CB <sub>1</sub> -Rs obwodowe                                                                                           |                                                                                                                                                      |
| serce                                                                                                                  | (-) siłę skurczu, (+) <u>stresu oksydacyjnego</u> , (+) <u>zapalenia</u> , (+) <u>włóknienia</u>                                                     |
| naczynia krwionośne                                                                                                    | rozszerzenie naczyń                                                                                                                                  |
| wątroba                                                                                                                | (+) <u>włóknienia</u> , (+) <u>insuliooporności</u> , (+) <u>lipogenezy</u>                                                                          |
| oskrzela                                                                                                               | rozszerzenie oskrzeli                                                                                                                                |
| elementy układu odpornościowego                                                                                        | regulacja procesów związanych z odpornością immunologiczną swoistą i nieswoistą                                                                      |
| układ pokarmowy                                                                                                        | regulacja ruchów perystaltycznych i uwalniania hormonów                                                                                              |
| układ rozrodczy                                                                                                        | regulacja płodności, implantacja i rozwój zarodka                                                                                                    |
| nerki                                                                                                                  | (+) <u>włóknienia</u>                                                                                                                                |
| ciało rzęskowe                                                                                                         | kontrola ciśnienia wewnątrzgałkowego                                                                                                                 |
| CB <sub>2</sub> -Rs obwodowe                                                                                           |                                                                                                                                                      |
| elementy układu odpornościowego                                                                                        | regulacja procesów związanych z odpornością immunologiczną swoistą i nieswoistą, (-) produkcji cytokin prozapalnych i (+) produkcji przeciwzapalnych |

krążenia, metabolicznych (zwłaszcza cukrzycy), neurodegeneracyjnych oraz nowotworowych [4]. Niektóre badania dotyczyły również układu oddechowego. Vuolo i wsp., (2019) [44] wykazali, że CBD w modelu astmy u myszy spowodował spadek stężenia cytokin prozapalnych w tkance płuc oraz w popłuczynach oskrzelowo-pęcherzykowych. Stwierdzono również zmniejszenie oporu i akumulacji kolagenu w drogach oddechowych. W związku z powyższym w potencjalnej terapii COVID-19 CBD może okazać się pomocny w zwalczaniu burzy cytokinowej. Z gwał-

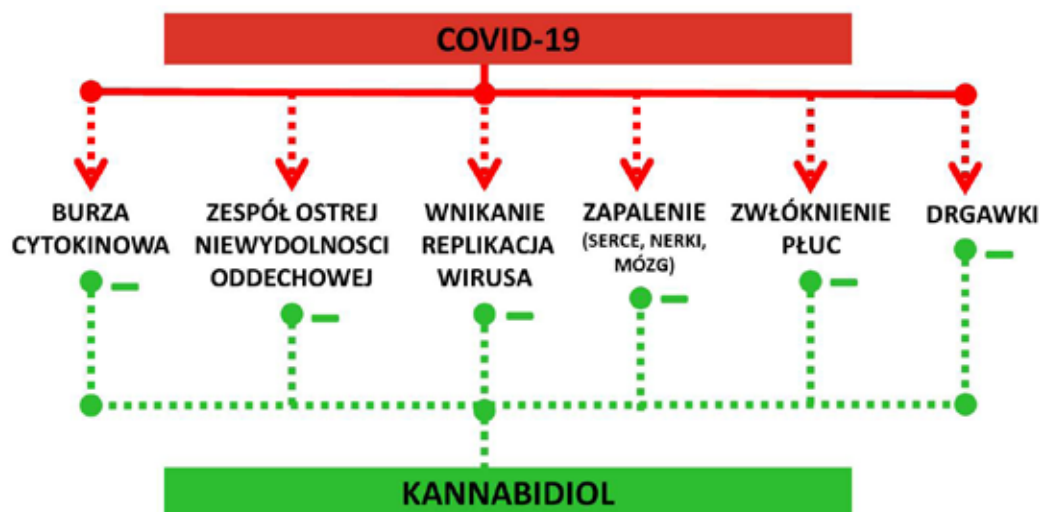
niejszym przebiegu [29]. U myszy z ALI terapia z wykorzystaniem CBD prowadziła do spadku oporu w drogach oddechowych i migracji leukocytów do tkanki płucnej, a także zmniejszała liczbę komórek układu odpornościowego, białek i cytokin prozapalnych w miąższu płucnym oraz w popłuczynach oskrzelowo-pęcherzykowych [36, 37]. Ze względu na opisane powyżej właściwości, wykorzystanie CBD należałoby rozważyć również w zapaleniach narządów będących powikłaniem COVID-19. Obecnie potwierdzono pozytywny wpływ tego związku

w modelach zapalenia mięśnia sercowego [26], zapalenia opon mózgowo-rdzeniowych [6] oraz zawału serca [17].

Działanie CBD w chorobach wirusowych nie zostało dokładnie zbadane. Jak na razie sugeruje się, że jego potencjalne właściwości antywirusowe wynikają ze zdolności pobudzenia receptorów PPAR- $\gamma$ , biorących udział m.in. w regulacji odpowiedzi immunologicznej w zakażeniach wirusowych [16]. W badaniach na myszach zakażonych różnymi wiru-

nej, oskrzeli, tchawicy oraz jelit) dwa powyższe fitokannabinoidy zmniejszały ekspresję transbłonowej proteazy serynowej 2 (TMPRSS2) oraz receptora ACE2, które ułatwiają проникnięcie wirusa SARS-CoV-2 do organizmu gospodarza [45].

Ponieważ pacjenci po zwalczeniu infekcji SARS-CoV-2 mają zwiększone ryzyko rozwoju zwłóknienia płuc [16], CBD jako związek o potencjalnych właściwościach antyfibrotycznych nadawałby się również do zapobiegania rozwojowi tego schorzenia.



Ryc 2. Potencjał terapeutyczny kannabidiolu w COVID-19.

sami grypy typu A oraz syncytialnym wirusem oddechowym (RSV) wykazano, że stosowanie agonistów PPAR- $\gamma$  zwiększało przeżywalność zwierząt. Ponadto agoniści PPAR- $\gamma$  hamowali ekspresję wirusowego białka G, F oraz N i replikację RSV w komórkach nabłonka płuc *in vitro* [8]. Agoniści PPAR- $\gamma$ , jak pioglitazon czy rozyglitazon, wykazują jednak szereg działań niepożądanych, w tym zwiększenie masy ciała, obrzęki, zastoinową niewydolność serca i łamliwość kości [47]. W przeciwieństwie do terapii z wykorzystaniem pełnych agonistów receptorów PPAR- $\gamma$ , ewentualne stosowanie bezpiecznego i dobrze tolerowanego CBD nie powinno wiązać się z występowaniem niebezpiecznych efektów ubocznych, co jest niewątpliwą zaletą tego związku [16]. Nieliczne doniesienia na temat korzystnego działania CBD dotyczyły wirusowego zapalenia wątroby typu C, w których wykazano, że w warunkach *in vitro* CBD hamował replikację wirusa indukującego tę chorobę [28]. Jak dotąd przeprowadzono jedynie pojedyncze badanie dotyczące wpływu wyciągu z konopi siewnych, bogatego w CBD, z niewielką domieszką  $\Delta^9$ -THC, na przebieg COVID-19. Wykazano w nim, że w różnych modelach komórek nabłonka (jamy ust-

Należy jednak podkreślić, że jak dotąd działanie antyfibrotyczne CBD zostało wykazane jedynie w doświadczalnych modelach astmy [44], kardiomiopatii cukrzycowej [35] oraz autoimmunologicznego zapalenia mięśnia sercowego [26]. W przyszłości musi zatem zostać zbadane również w innych modelach eksperymentalnych, zwłaszcza dotyczących bezpośrednio zwłóknienia płuc.

CBD może być również wykorzystywany jako lek przeciwdrgawkowy u pacjentów chorujących na COVID-19 z uszkodzeniami ośrodkowego układu nerwowego, u których wystąpiły ataki padaczkowe. Warto zaznaczyć, że obecnie na rynku dostępny jest preparat Epidiolex® (GW Pharmaceuticals), w skład którego wchodzi CBD. Wskazaniem do stosowania leku są ciężkie lekooporne padaczki u dzieci, takie jak Zespół Dravet oraz Zespół Lennox-Gastaut [42].

Kwestią wartą przedyskutowania jest również ewentualny sposób podania CBD. Najbardziej popularną metodą zażywania kannabinoidów jest inhalacja (palenie, waporyzacja [podgrzewanie materiału do temperatury poniżej punktu spalania, w której uwalniają się aktywne postacie kannabinoidów] lub nebulizacja [podawanie związków rozpylonych

w postaci mgiełki, bezpośrednio do dróg oddechowych]) [18]. Ponieważ jednak nie wiadomo, w jaki sposób infekcja COVID-19 wpłynęłaby na skuteczność podawania CBD drogą inhalacyjną, w potencjalnej terapii tej choroby należy rozpatrzyć inne sposoby administracji tego związku. CBD może być wprowadzany do organizmu również poprzez iniekcje dożylnie, bezpośrednią aplikację na błony śluzowe oraz w postaci kapsułek, kropli lub roztworów doustnych [31]. Przykładowo Sativex® stosowany jest w postaci sprayu na błonę śluzową, natomiast Epidiolex® jest podawany doustnie w postaci roztworu [12].

Na całym świecie wszyscy z niecierpliwością oczekują na skuteczne remedium w walce z COVID-19. Biorąc pod uwagę zestawienie przedstawione na ryc. 2 wydaje się, że takim lekiem mogłby być CBD. Należy jednak pamiętać, że większość korzystnych efektów działania CBD uzyskano w doświadczeniach przeprowadzonych w warunkach *in vitro* lub na zwierzętach laboratoryjnych, co nie w pełni odzwierciedla reakcje zachodzące u człowieka. W celu rzetelnej oceny potencjału terapeutycznego CBD należałoby jak najszybciej przeprowadzić odpowiednie badania na ludziach. Mimo, że CBD zasadniczo jest związkiem nietoksycznym i dobrze tolerowanym, nie można wykluczyć, że mogłby wejść w szkodliwe interakcje z lekami stosowanymi w terapii COVID-19. Dlatego nie można zapominać o konieczności regularnego monitorowania pacjentów poddanych terapii CBD w połączeniu z innymi lekami, zwłaszcza metabolizowanymi przez cytochrom P450. Dodatkowo niektóre leki wykorzystywane w terapii tej choroby mogą zmniejszać biodostępność CBD, co przekładałoby się na spadek skuteczności ewentualnej terapii [12,16,31].

Należy także pamiętać, że wykorzystanie związków przeciwzapalnych (a takimi właściwościami charakteryzuje się CBD) w przebiegu infekcji wirusowych nie zawsze przynosi korzystne efekty zdrowotne. Tłumienie aktywności układu odpornościowego może prowadzić do nadmiernej replikacji wirusa, a w rezultacie do zaostrzenia przebiegu choroby, a nawet do zgonu. Ponadto infekcja SARS-CoV-2 powoduje uszkodzenie nabłonka dróg oddechowych, co zwiększa ryzyko infekcji bakteryjnej, która może zaostrzyć przebieg choroby, a w ciężkich przypadkach prowadzić do groźnej dla życia sepsy [20,38].

### Podsumowanie

Wyniki badań przedklinicznych wskazują, że CBD może mieć wysoki potencjał terapeutyczny w przebiegu COVID-19 ze względu na swój złożony i wielokierunkowy mechanizm działania oraz brak ewentualnych działań niepożądanych. CBD mogłby być wykorzystywany zarówno w ostrej postaci choroby, jak i w terapii jej powikłań, takich jak zapalenia narządów lub napady drgawkowe. Należy zwrócić przy tym uwagę na wystąpienie potencjalnych działań niepożądanych, szczególnie wynikających z interakcji z innymi lekami. Niewątpliwie konieczne jest przeprowadzenie szeregu wnikliwych badań dotyczących CBD, zarówno przedklinicznych, jak i na ludziach, zanim uzyskamy jednoznaczną odpowiedź na pytanie, czy związek ten jest rzeczywiście skutecznym remedium w terapii COVID-19.

### Bibliografia

1. Acter T., Uddin N., Das J., Akhter A., Choudhury R. T., Kim S. (2020) Evolution of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) as coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic: a global health emergency. *Sci Total Environ*, 730: 138996.
2. Ahn D. G., Shin H. J., Kim M. H., Lee S., Kim H. S., Myoung J., Kim B. T., Kim S. J. (2020) Current status of epidemiology, diagnosis, therapeutics, and vaccines for novel coronavirus disease 2019 (COVID-19). *J Microbiol Biotechnol*, 30: 313-324.
3. Andersen K. G., Rambaut A., Lipkin I., Holmes E. C., Garry R. F. (2020) The proximal origin of SARS-CoV-2. *Nat Med*, 26: 450-452.
4. Atalay S., Jarocka-Karpowicz J., Skrzydlewska E. (2020) Antioxidative and anti-inflammatory properties of cannabidiol. *Antioxidants*, 9: 21.

5. Barańska J. (2020). Receptory związane z białkami G: Nagroda Nobla 1971, 1994, 2012. *Wszechświat*, 121: 13-22.
  6. Barichello T., Ceretta R.A., Generoso J.S., Moreira A.P., Simões L.R., Comim C.M., Quevedo J., Vilela M.C., Zuardi A.W., Crippa J.A., Teixeira A.L. (2012) Cannabidiol reduces host immune response and prevents cognitive impairments in Wistar rats submitted to pneumococcal meningitis. *Eur J Pharmacol*, 697: 158-164.
  7. Baron E.P. (2018) Medicinal properties of cannabinoids, terpenes, and flavonoids in cannabis, and benefits in migraine, headache, and pain: an update on current evidence and cannabis science. *Headache*, 58: 1139-1186.
  8. Bassaganya-Riera J., Song R., Roberts P.C., Hontecillas R. (2010) PPAR- $\gamma$  activation as an anti-inflammatory therapy for respiratory virus infections. *Viral Immunol*, 23: 343–352.
  9. Bergamaschi M. M., Costa Queiroz R. H., Crippa J. A. S., Zuardi A. Z. (2011) Safety and side effects of cannabidiol, a cannabis sativa constituent. *Curr Drug Saf*, 6: 237-249.
  10. Berger J.R. (2020) COVID-19 and the nervous system. *J Neurovirol*, 23: 1–6.
  11. Bombardini T., Picano E. (2020) Angiotensin-Converting Enzyme 2 as the molecular bridge between epidemiologic and clinical features of COVID-19. *Can J Cardiol*, 36: 784.
  12. Brown J.D., Winterstein A.G (2019) Potential adverse drug events and drug–drug interactions with medical and consumer cannabidiol (CBD) use. *J Clin Med*, 8: 989.
  13. Campos A. S., Fogaça M. V., Sonogo A. B., Guimarães F. S. (2016) Cannabidiol, neuroprotection and neuropsychiatric disorders. *Pharmacol Res*, 112:119-127.
  14. Chen N., Zhou M., Dong X., Qu J., Gong F., Han Y., Qiu Y., Wang J., Liu Y., Wei Y., Xia J., Yu T., Zhana X., Zhana L. (2020) Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet*, 395: 507-513.
  15. Conti P., Ronconi G., Caraffa A., Gallenga C., Ross R., Frydas I., Kritas S. (2020) Induction of pro-inflammatory cytokines (IL-1 and IL-6) and lung inflammation by coronavirus-19 (COVI-19 or SARS-CoV-2): anti-inflammatory strategies. *J Biol Regul Homeost Agents*, 34:1.
  16. Esposito G., Pesce M., Seguella L., Sanseverino W., Lu J., Corpetti C., Sarnelli G. (2020) The potential of cannabidiol in the COVID-19 pandemic: a hypothesis letter. *Br J Pharmacol*, 1- 4.
  17. Feng Y., Chen F., Yin T., Xia Q., Liu Y., Huang G., Zhang J., Oyen R., Ni Y. (2016) Pharmacologic effects of cannabidiol on acute reperfused myocardial infarction in rabbits: evaluated with 3.0T cardiac magnetic resonance imaging and histopathology. *J Cardiovasc Pharmacol*, 66: 354-363.
  18. Gonçalves J., Rosado T., Soares S., Simão A. Y., Caramelo D., Luís A., Fernández N., Barroso M., Gallardo E., Duarte A.P. (2019) Cannabis and its secondary metabolites: their use as therapeutic drugs, toxicological aspects and analytical determination. *Medicines Basel*, 6: 31.
  19. Gupta S., Phalen T., Gupta S. (2018) Medical marijuana: do the benefits outweigh the risks? *Current Psychiatry*, 17: 34-41.
  20. Hill K. P. (2020). Cannabinoids and the coronavirus. *Cannabis Cannabinoid Res*, 5: 118-120.
  21. Kakodkar P., Nagham K., Baig M. N. (2020) A comprehensive literature review on the clinical presentation, and management of the pandemic coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Cureus*, 12: 7560.
  22. Kaur R., Ambwani S. R., Singh S. (2016) Endocannabinoid system: a multi-facet therapeutic target. *Curr Clin Pharmacol*, 11: 110-117.
  23. Kemp A. M., Clark M. S., Dobbs T., Galli R., Sherman J., Cox R. (2016) Top 10 facts you need to know about synthetic cannabinoids: not so nice spice. *Am J Med*, 129: 240-244.
  24. Kwolek G., Zakrzeska A., Kozłowska H., Malinowska B. (2005) Wpływ anandamidu, endogennego agonisty receptorów kannabinoidowych na układ krążenia. *Postepy Hig Med Dosw*, 59: 208-218.
  25. Lecru L., Desterke C., Grassin-Delyle S., Chatziantoniou C., Vandermeersch S., Devocelle A., Vernochet A., Ivanovski N., Ledent C., Ferlicot S., Dalia M. (2015) Cannabinoid receptor 1 is a major mediator of renal fibrosis. *Kidney Int*, 88: 72-84.
-

26. Lee S-W., Erdelyi K., Matyas C., Mukhopadhyay P., Varga Z.V., Liaudet L., Haskó G., Čiháková D., Mechoulam R., Pal Pacher P. (2016) Cannabidiol limits T cell-mediated chronic autoimmune myocarditis: implications to autoimmune disorders and organ transplantation. *Mol Med*, 22: 136-146.
  27. Ligresti A., De Petrocellis L., Di Marzo V. (2016) From phytocannabinoids to cannabinoid receptors and endocannabinoids: pleiotropic physiological and pathological roles through complex pharmacology. *Physiol Rev*, 96: 1593-1659.
  28. Lowe H. I. C., Toyang N. J., McLaughlin W. (2017) Potential of cannabidiol for the treatment of viral hepatitis. *Pharmacognosy Res*, 9: 116-118.
  29. Mackay A., Al-Haddad M. (2009) Acute lung injury and acute respiratory distress syndrome. *BJA Education*, 9: 152–156.
  30. Mehta P., McAuley D. F., Brown M., Sanchez E., Tattersall R. S., Manson J. J., HLH Across Speciality Collaboration, UK. (2020) COVID-19: consider cytokine storm syndromes and immunosuppression. *Lancet*, 395:1033-1034.
  31. Millar S.A., Stone N.L., Yates A.S., O’Sullivan S.E. (2018) A systematic review on the pharmacokinetics of cannabidiol in humans. *Front Pharmacol*, 9: 1365.
  32. Pertwee R.G. (2006) The pharmacology of cannabinoid receptors and their ligands: an overview. *Int J Obes (Lond)*, 1: 13-18.
  33. Pisanti S., Malfitano A. M., Ciaglia E., Lamberti A., Ranieri A., Cuomo G., Abate M., Faggiana G., Proto M. C., Fiore D., Laezza C., Bifulco M. (2017) Cannabidiol: state of the art and new challenges for therapeutic applications. *Pharmacol Ther*, 175: 133-150.
  34. Rajesh M., Bátakai S., Kechrid M., Mukhopadhyay P., Lee W.S., Horváth B., Holovac E., Cinar R., Liaudet L., Mackie K., Haskó G. (2012) Cannabinoid 1 receptor promotes cardiac dysfunction, oxidative stress, inflammation, and fibrosis in diabetic cardiomyopathy. *Diabetes*, 61:716-27.
  35. Rajesh M., Mukhopadhyay P., Bátakai S., Patel V., Saito K., Matsumoto S., Kashiwaya Y., Horváth B., Mukhopadhyay B., Becker L., Haskó G., Liaudet L., Wink D. A., Veves A., Mechoulam R., Pacher P. (2010) Cannabidiol attenuates cardiac dysfunction, oxidative stress, fibrosis, inflammatory and cell death signaling pathways in diabetic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*, 56: 2115-2125.
  36. Ribeiro A., Almeida V. I., Costola-de-Souza C., Ferraz-de-Paula V., Pinheiro M. L., Vitoretti L. B., Gime-nes-Junior J. A., Akamine A. T., Crippa J. A., Tavares-de-Lima W., Palermo-Neto J. (2014) Cannabidiol improves lung function and inflammation in mice submitted to LPS-induced acute lung injury. *Immunopharmacol Immunotoxicol*, 37: 1-7.
  37. Ribeiro A., Almeida V. I., Costola-de-Souza C., Ferraz-de-Paula V., Pinheiro M. L., Vitoretti L. B., Gime-nes-Junior J. A., Akamine A. T., Crippa J. A., Tavares-de-Lima W., Palermo-Neto J. (2014) Cannabidiol improves lung function and inflammation in mice submitted to LPS-induced acute lung injury. *Immunopharmacol Immunotoxicol*, 37: 1-7.
  38. Rossi F., Tortora C., Argenziano M., Di Paola A., Punzo F. (2020) Cannabinoid receptor type 2: a possible target in SARS-CoV-2 (CoV-19) infection? *Int J Mol Sci*, 21: 3809.
  39. Rothan H. A., Byraredddy S. N. (2020) The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (CO-VID-19) outbreak. *J Autoimmun*, 109: 102433.
  40. Shereen M. A., Khan S., Kazmi A., Bashir N., Siddique R. (2020) COVID-19 infection: origin, transmis-sion, and characteristics of human coronaviruses. *J Adv Res*, 24: 91-98.
  41. Shevyrin V. A., Morzherin Y. Y. (2015) Cannabinoids: structures, effects, and classification. *Russ Chem Bull*, 64: 1249-1266.
  42. Silvestro S., Mammana S., Cavalli E., Bramanti P., Mazzon E. (2019) Use of cannabidiol in the treatment of epilepsy: efficacy and security in clinical trials. *Molecules*, 24: 1459.
  43. Toczek M., Malinowska M. (2018) Enhanced endocannabinoid tone as a potential target of pharmacother-apy. *Life Sci*, 204: 20-45.
-

44. Vuolo F., Abreu S. C., Michels M., Xisto D. G., Blanco N. G., Hallak J. E., Zuardi A. W., Crippa J. A., Reis C., Bahl M., Pizzichinni E., Maurici R., Pizzichinni M., Rocco P., & Dal-Pizzol F. (2019) Cannabidiol reduces airway inflammation and fibrosis in experimental allergic asthma. *Eur J Pharmacol*, 843: 251–259.
45. Wang B., Kovalchuk A., Dongping L., Ilnytsky Y., Kovalchuk I., Kovalchuk O. (2020) In search of preventative strategies: novel anti-inflammatory high-CBD cannabis sativa extracts modulate ACE2 expression in COVID-19 gateway tissues. Preprints: 2020040315.
46. Wang L., Wang Y., Ye D., Liu Q. (2020) Review of the 2019 novel coronavirus (SARS-CoV-2) based on current evidence. *Int J Antimicrob Agents*, 55: 105948.
47. Wright B.M., Bortolini M., Tadayyon M., Bopst M. (2014) Minireview: challenges and opportunities in development of PPAR agonists. *Mol Endocrinol*, 28: 1756-1768.
48. Xie M., Chen Q. (2020) Insight into 2019 novel coronavirus - an updated interim review and lessons from SARS-CoV and MERS-CoV. *Int J Infect Dis*, 94:119-124.
49. Ye Q., Wang B., Mao J. (2020) The pathogenesis and treatment of the 'cytokine storm' in COVID-19. *J Infect*, 80: 607-613.
50. Zaim S., Chong J. H., Sankaranarayanan V., Harky A. (2020) COVID-19 and multiorgan response. *Curr Probl Cardiol*, 45: 100618.
51. Zhang C., Wu Z., Li I. W., Zhao H., Wang Q. G. (2020) Cytokine release syndrome in severe COVID-19: interleukin-6 receptor antagonist tocilizumab may be the key to reduce mortality. *Int J Antimicrob Agents*, 55: 105954.
52. Zheng K.I., Feng G., Liu, W-Y., Targher G., Byrne C.D., Ming-Hua Zheng M-H. (2020) Extrapulmonary complications of COVID-19: a multisystem disease? *J Med Virol*, 22: 10.1002/jmv.26294.
53. Zou S., Kumar U. (2018) Cannabinoid receptors and the endocannabinoid system: signaling and function in the central nervous system. *Int J Mol Sci*, 19: 833.

**Monika Pinkas**, Zakład Fizjologii i Patofizjologii Doświadczalnej, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku.  
E-mail: mon.pinkas@gmail.com

**Aleksandra Kicman**, Zakład Fizjologii i Patofizjologii Doświadczalnej, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku.  
E-mail: aleksandra.kicman@umb.edu.pl

# CZY WIRUS SARS-COV-2 MOŻE WYWOŁAĆ SCHORZENIA PSYCHICZNE JAKO POWIKŁANIE CHOROBY COVID-19 - ROZWAŻANIA TEORETYCZNE

Can SARS-CoV-2 virus cause mental illness as a complication of COVID-19 disease – theoretical considerations

Katarzyna Stachowicz (Kraków)

## Streszczenie

Od zarania dziejów ludzkość boryka się z pandemiemi. W wyniku pojawienia się nowego patogenu, na który organizm ludzki nie wykształcił jeszcze mechanizmów obronnych, dochodzi do rozwinięcia chorób, które skutkują wysoką śmiertelnością. Jednakże prawdziwe skutki pandemii można oszacować dopiero po dłuższym czasie, oceniając zdrowie populacji post factum. Na początku XIX wieku ludzkość borykała się z pandemią grypy, po przejściu której zaobserwowano zwiększoną zachorowalność na chorobę Parkinsona. Rodzi się więc naturalne pytanie, czy pandemia, z którą borykamy się obecnie, może nieść za sobą ryzyko powikłań w postaci chorób psychicznych? Na to pytanie próbuje odpowiedzieć niniejszy artykuł, stanowiąc rozważanie czysto teoretyczne ze względu na fakt, iż jak na razie dysponujemy niewielką ilością danych na omawiany temat.

## Abstract

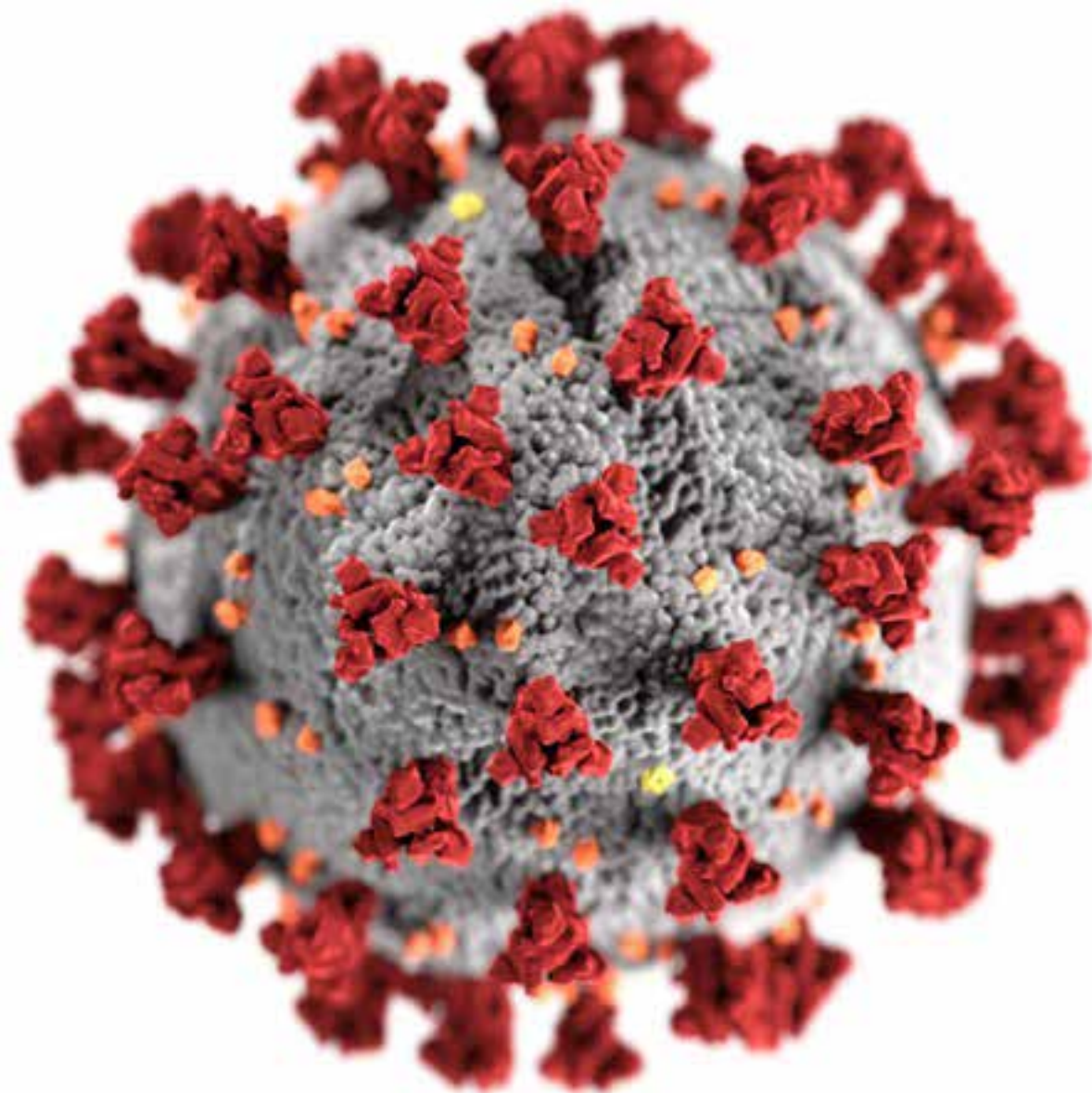
Humanity has been struggling with pandemics for a long time. As a result of the appearance of a new pathogen, for which the human body has not yet developed defense mechanisms, there is a development of diseases that result in high mortality. However, the real effects of a pandemic can only be estimated over a longer period of time by assessing the health of population post factum. In the early nineteenth century, humanity was struggling with a flu pandemic, after which an increased incidence of Parkinson's disease was observed. So the natural question is whether the pandemic we are currently facing may carry the risk of complications in the form of mental illness? This question is attempted to answer this article, which is a purely theoretical consideration due to the fact, that so far we have a small amount of data on the subject.

Wirus SARS-CoV-2 (ang: *Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2*) należy do wirusów RNA z grupy koronawirusów. Koronawirusy zaliczane są do rodziny Coronaviridae w rzędzie Nidovirales [15, 21, 22]. Koronawirusy zbudowane są z jednej nici RNA zwiniętej helikalnie, o polarności dodatniej, otoczonej osłonką. Z osłonki wystają cząsteczki glikoproteinowe tworzące charakterystyczną koronę – stąd pochodzi nazwa wirusa (Ryc. 1).

Glikoproteina ta jest białkiem fuzyjnym odpowiedzialnym za interakcję wirusa z receptorami enzymu konwertującego angiotensynę II (ang: *angiotensin-converting enzyme 2*, ACE2) na powierzchni komórek atakowanego organizmu [12, 15, 21]. Po wnikięciu do organizmu wirus SARS-CoV-2 wywołuje ostrą chorobę układu oddechowego zwaną COVID-19 (ang: *CoronaVirus Disease 2019*). Okres inkubacji wirusa to 14 dni. Choroba ta została po raz pierwszy zaobserwowana oraz opisana w listopadzie 2019 roku w Chinach. Do podstawowych objawów

choroby należą wysoka gorączka, kaszel, duszności, a w skrajnych przypadkach ostre zapalenie płuc z niewydolnością oddechową [21]. Niewydolności oddechowej oraz ostremu zapaleniu płuc towarzyszy silny

mencie, gdy enzym ACE przekształca ją do angiotensyny II. Angiotensyna II jest czynnikiem biologicznym regulującym ciśnienie krwi, równocześnie posiada właściwości prozapalne oraz uczestniczy w procesach



Ryc. 1. Budowa wirusa SARS-CoV-2. Zdjęcie – domena publiczna.

wzrost poziomu chemokin oraz cytokin prozapalnych we krwi chorego, m.in. interleukiny-1 (IL-1), IL-6, jak również zwiększony poziom czynnika martwicy nowotworów (ang. *tumor necrosis factor*  $\alpha$ , TNF- $\alpha$ ) [21].

Mechanizm działania wirusa związany jest z receptorem ACE2. Angiotensyna jest hormonem peptydowym wchodzącym w skład układu hormonalno-enzymatycznego: renina-angiotensyna-aldosteron (RAA). Układ ten odpowiada za regulację gospodarki wodno-elektrolitowej organizmu. Angiotensyna powstaje w wątrobie z angiotensynogenu, nie posiada jednak aktywności biologicznej, nabiera jej dopiero w mo-

zwłóknieniowych tkanek [4]. W komórkach naczyń krwionośnych Angiotensyna II jest endogennym aktywatorem cyklooksygenazy (COX) [11]. Angiotensyna II odpowiada także za pobudzenie współczulnego układu nerwowego oraz wpływa na poziom kortykosteroidów, jak również wchodzi w interakcje z białkami stymulującymi uwalnianie insuliny. Powyższe informacje pokazują, jak ważnym regulatorem komórkowym jest enzym pozwalający na zmianę biologicznie nieaktywnej cząsteczki angiotensyny w angiotensynę II. Stąd wirus SARS-CoV-2, wchodząc w interakcję z receptorami ACE2, wywiera ogromny wpływ na gospodarkę

energetyczną organizmu poprzez ingerencję w szlak przemian angiotensyny II.

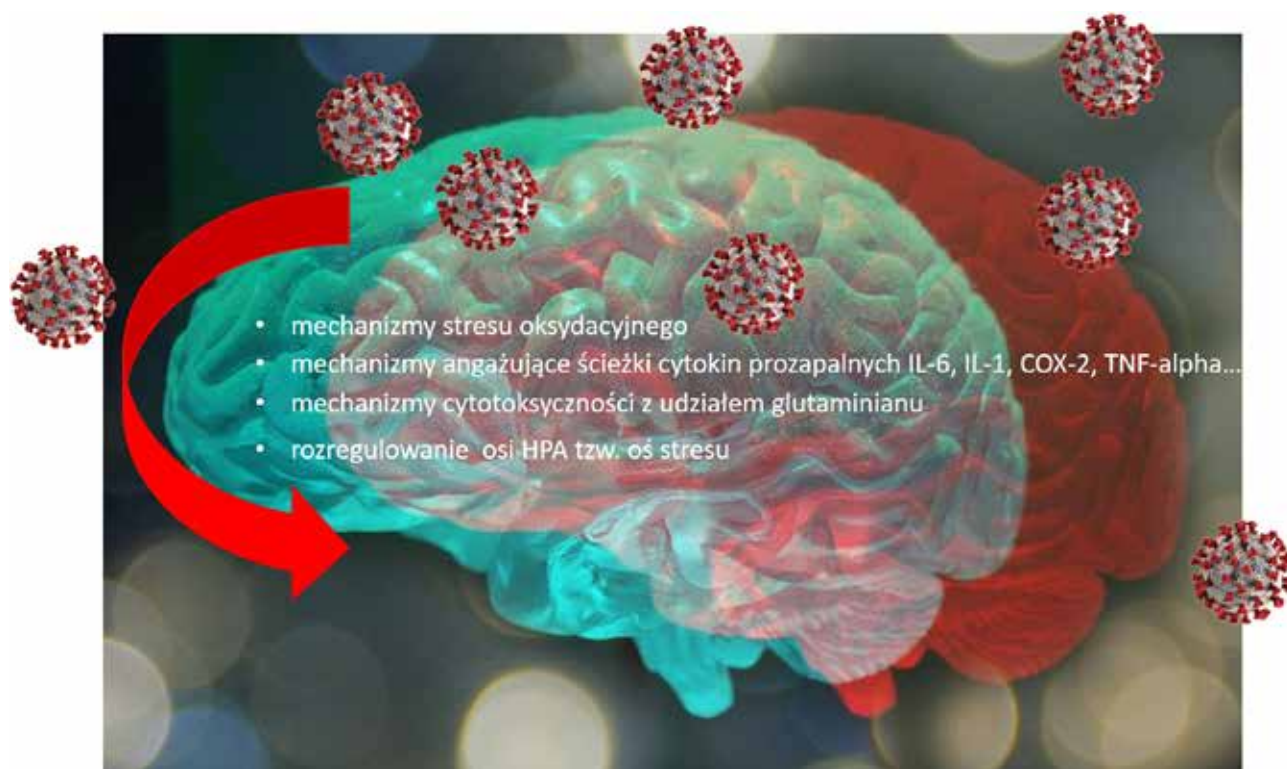
ACE2 – enzym konwertujący angiotensynę – został odkryty stosunkowo niedawno, bo w 2000 roku. Gen dla ACE2 znajduje się na chromosomie Xp22, przy czym znaleziono go zarówno u myszy, jak i w ludzkim genomie. Białko ludzkiego enzymu ACE2 jest metalopeptydazą cynkową składającą się z 805 aminokwasów [4]. ACE2 jest enzymem związanym z powierzchnią błon komórkowych narządów takich jak płuca, nerki, naczynia krwionośne, serce, jelita oraz mózg [4, 6, 8, 9]. W badaniach na myszach wykazano, iż zapalenie płuc wywołane przez zainfekowanie wirusem SARS-CoV prowadzi do obniżenia poziomu ACE2 w płucach [4]. Równocześnie w badaniach na komórkach Vero E6 wykazano, iż podanie interferonu gamma konkurencyjnie obniża poziom ACE2, powodując zahamowanie replikacji wirusa SARS-CoV [4].

Choroba COVID-19 jest ogromnym wyzwaniem energetycznym dla organizmu, powstałym przede wszystkim na skutek silnego niedotlenienia. Równocześnie w trakcie rozwinięcia choroby dochodzi do zapalenia płuc oraz aktywacji ścieżek sygnalizacyjnych pobudzających produkcję cytokin prozapalnych. Zwiększony poziom cytokin prozapalnych, takich jak IL-1, IL-6, jak również zwiększony poziom TNF- $\alpha$  czy cyklooksygenazy-2 (COX-2) obserwuje się we krwi obwodowej i płynie mózgowo-rdzeniowym u osób chorych na depresję [3]. Zaburzenie na poziomie szlaku sygnalizacyjnego związanego z COX-2 ma istotny wpływ na podstawową transmisję pobudzającą naszego mózgu, czyli glutaminergiczną, a poprzez ten mechanizm na zmiany zachowania, co udowodniliśmy w naszych badaniach [18, 19]. Zwiększony poziom pozasynaptycznego kwasu glutaminowego jest charakterystycznym zaburzeniem obserwowanym w depresji, powodującym wzrost toksyczności środowiska wokół neuronalnego. Ponadto zaobserwowano korelację pomiędzy poziomem IL-6, czy też białka ostrej fazy (ang: *C-reactive protein*, CRP), a nasileniem objawów depresji [3]. Te same ścieżki sygnalizacyjne są aktywowane w trakcie zapalenia płuc, a więc ścieżki prozapalne z zaangażowaniem cytokin i białka CRP oraz szlaki sygnalizacyjne związane z kwasem glutaminowym [3, 4, 12, 13, 14, 16]. U chorych z zapaleniem płuc dochodzi do aktywacji cytokin prozapalnych oraz wzrostu poziomu CRP [12, 16]. Ponadto, co jest ciekawe, zaobserwowano zmiany poziomu kwasu glutaminowego u chorych z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc [14]. Przyniesione przykłady pokazują jednak bardzo enigmatycznie, iż różne schorzenia

o różnej etiologii „dotykają/modyfikują” te same szlaki metaboliczne w organizmie. W jaki sposób więc mogłoby dochodzić do późnych powikłań po chorobie COVID-19, przecież zwykle zapalenie płuc nie prowadzi do wystąpienia zaburzeń psychicznych. Wydaje się, że stoimy na progu odkrycia nowych ścieżek sygnalizacyjnych zaangażowanych w zaburzenia psychiczne, przypuszczenia takie sugerują badania z udziałem interferonu gamma [4]. Jak wspomniałam wcześniej, podanie interferonu gamma konkurencyjnie obniża poziom ACE2, powodując zahamowanie replikacji wirusa SARS-CoV. Równocześnie badacze zajmujący się depresją od lat wiedzą, iż podanie interferonu gamma wywołuje depresję u ludzi [10], nie znany jest jednak mechanizm doprowadzający do tego schorzenia. Dodatkowym czynnikiem obciążającym organizm jest silny stres, zarówno komórkowy, jak i psychologiczny, towarzyszący chorobie COVID-19. Izolacja społeczna, brak kontaktu z bliskimi, atmosfera strachu towarzysząca pandemii, a w momencie zachorowania strach przed dusznościami i śmiercią, stanowią dodatkowe czynniki obciążające psychikę osób chorych. Kumulacja tych wszystkich czynników, z równoczesnym rozregulowaniem osi stresu (podwzgórze-przysadka-nadnercza; ang: *hypothalamic–pituitary–adrenal axis*, HPA), może predisponować do zaburzeń psychicznych. Prześledźmy więc hipotetyczny mechanizm prowadzący do omawianych zmian chorobowych. Aktywacja osi HPA następuje na skutek stresu, ale również poprzez interleukiny, np. IL-1. Jak już wiemy, w trakcie przebiegu COVID-19 dochodzi do aktywacji interleukin. Pobudzona oś HPA poprzez interleukiny oraz czynniki stresowe związane z samą chorobą powodują uwalnianie tzw. hormonów stresu, jak kortykoliberyna czy hormon adrenokortykotropowy (ACTH). ACTH stymuluje komórki nadnerczy do wydzielania do krwi glukokortykoidów. Wpływają one na metabolizm organizmu oraz zwiększają działanie amin katecholowych. Równocześnie na zasadzie pętli sprzężenia zwrotnego glukokortykoidy hamują wydzielanie hormonów przez struktury mózgowe (podwzgórze czy przysadkę mózgową). Przełamanie sprzężenia zwrotnego następuje przez stymulację nerwową komórek podwzgórza oraz układu limbicznego, przez co dochodzi do wzrostu poziomu glukokortykoidów we krwi. Ta skomplikowana odpowiedź na czynniki stresowe lub podniesiony poziom cytokin prozapalnych jest zaburzona w przebiegu chorób psychicznych, takich jak np. depresja. Na skutek wzrostu kortyzolu we krwi w mózgu chorych dochodzi do zaburzeń na szlakach przemian aminokwasów, takich jak kwas glutaminowy. Atrofii ulega hipokamp, dochodzi do

zaburzeń plastyczności mózgu oraz zaburzenia synaptogenezy. W regulacji synaptogenezy, w aktywacji hormonów stresu, w regulacji energetyki komórki, w depresji oraz w zaburzeniach kognitywnych uczestniczy białko mTOR (kinaza białkowa treoninowo-serynowa, *mammalian target of rapamycin kinase*). Naukowcy odkryli, iż zaburzenie na poziomie ACE2 poprzez mTOR zmienia metabolizm tryptofanu w jelitach [13]. Zmiany na poziomie szlaku mTOR/tryptofan/flora jelitowa jest znanym zjawiskiem obserwowanym w depresji. Na temat udziału flory bakteryjnej w schorzeniach psychicznych pisałam w tomie 120 Wszechświata, stąd chętnych do zgłębienia tematu odsyłam do tego artykułu, tom 120, nr. 10-12, [20].

nych do zgłębienia tematu mechanizmów prowadzących do występowania zaburzeń pamięci odsyłam do napisanego przeze mnie artykułu pt.: „Zapominanie” w numerze 121 Wszechświata [17]. Najnowsze dane wykazują, iż wirus SARS-CoV-2 może przenikać do mózgu, gdzie wywiera bezpośredni wpływ na tkankę mózgową [21, 23, 24]. Jest to dość niepokojący fakt. Do objawów ze strony układu nerwowego obserwowanych przez klinicystów po wnikięciu do organizmu wirusa SARS-CoV-2 należą m.in.: zawroty głowy, zaburzenia świadomości, drgawki, zaburzenia smaku i węchu, zaburzenia koordynacji ruchowej, zaburzenia widzenia [21, 23, 24]. Do śmierci dochodzi często na skutek udaru mózgu [21, 23, 24]. Ponad-



**Ryc. 2.** Rycina poglądowa przedstawiająca wpływ wirusa na mózg człowieka – prawdopodobne ścieżki sygnalizacyjne uruchomione w trakcie choroby COVID-19. Opracowanie własne. Budowa wirusa SARS-CoV-2 - zdjęcie – domena publiczna; zdjęcie – darmowa grafika pixabay.com

Równocześnie powyższe mechanizmy, aktywowane nie tylko *per novum*, ale również u chorych z rozwiniętą już depresją, u których oś HPA jest już rozregulowana, mogą prowadzić do pogłębienia objawów istniejącej już depresji. Omówiony przeze mnie hipotetyczny mechanizm pokazuje na jak wiele szlaków komórkowych, wspólnych z tymi zaangażowanymi w przebiegu depresji, wpływa omawiany wirus poprzez ingerencję na poziomie ACE2 oraz interleukin.

W trakcie zmian metabolicznych mózgu oraz podczas zwiększonej produkcji cytokin prozapalnych należy spodziewać się wystąpienia objawów typu demencyjnego, depresji, schizofrenii czy lęku. Chętnych do zgłębienia tematu mechanizmów prowadzących do występowania zaburzeń pamięci odsyłam do napisanego przeze mnie artykułu pt.: „Zapominanie” w numerze 121 Wszechświata [17].

to wykazano obrzęk tkanki mózgowej oraz degradację neuronów [21, 23, 24]. Powyższe dane zdają się potwierdzać hipotezę o możliwości wystąpienia powikłań psychicznych u osób do tego predysponowanych po przejściu COVID-19. Schematyczne zobrazowanie potencjalnego wpływu wirusa SARS-CoV-2 na mózg przedstawia Rycina 2.

Abstrahując od omówionych ścieżek sygnalizacyjnych, które mogą być aktywowane w trakcie choroby COVID-19, w trakcie silnego niedotlenienia organizmu może dojść do powstania silnej reakcji lękowej na skutek niedoboru tlenu. Pierwsze obserwacje potwierdzające taki scenariusz pojawiły się już w klinice,

gdzie u chorych na COVID-19 zanotowano nie tylko pojawienie się reakcji lękowych, ale i zaburzenia typu depresyjnego [7]. W badaniach prowadzonych na zwierzętach wykazano zwiększony poziom lęku wywołany niedotlenieniem, jeśli w powietrzu wdychanym zastosowano zwiększony poziom dwutlenku węgla ( $\text{CO}_2$ ) [1]. Zmiany lękowe potwierdzono zmianami molekularnymi w mózgu zwierząt stresowanych przy użyciu  $\text{CO}_2$  [5]. Niedotlenienie spowodowane zwiększoną ekspozycją na  $\text{CO}_2$  jest znanym sposobem modelowania lęku u ludzi [2]. Logicznym wydaje się fakt pojawienia się reakcji lękowej w obliczu śmierci oraz w chwili, gdy nie można normalnie oddychać. Doświadczenie takie może być na tyle traumatyczne dla osób predysponowanych, iż można się spodziewać zwiększonej zapadalności na zespół stresu pourazowego (ang: *post traumatic stress disorder*, PTSD) u ozdrowieńców. Chętnych do zgłębienia tematu odsyłam do numeru 121 Wszechświata, w którym opisałam zaburzenia typu PTSD [17].

### Podsumowanie

Rozważając czysto teoretycznie doszliśmy do wniosku, iż patogen wywołując chorobę COVID-19 uruchamia w organizmie mechanizmy angażujące ścieżki cytokin prozapalnych oraz mechanizmy stresu oksydacyjnego. Powyższe mechanizmy mogą doprowadzić do zaburzenia równowagi w organizmie na poziomie regulacji kwasu glutaminowego, głównego aminokwasu pobudzającego w organizmie, którego udział w zaburzeniach psychicznych został potwierdzony zarówno w badaniach klinicznych, jak

i przedklinicznych. Zaburzenia na poziomie transmisji glutaminianergicznej doprowadzają do cytotoxicności komórek. Równocześnie może dojść do rozregulowania osi HPA (Ryc. 2). Są to czynniki, które mogą skutkować powikłaniami w postaci zaburzeń psychicznych u osób predysponowanych. Jednakże, ponieważ unikatowe ścieżki sygnalizacyjne dla danego schorzenia psychicznego nie zostały jak dotąd odkryte, poruszamy się w obszarze rozważań czysto teoretycznych. O wysokim prawdopodobieństwie prawdziwości postawionej hipotezy mogą świadczyć wcześniejsze doświadczenia ludzkości, gdzie w wyniku przejścia licznych pandemii zaobserwowano wystąpienie zaburzeń zdrowia psychicznego u osobników podatnych w populacji. Dlatego tak istotnym jest zastosowanie izolacji osobniczej do momentu dysponowania lekiem lub szczepieniem chroniącym przed rozwinieniem choroby COVID-19 wywołwanej przez wirus SARS-CoV-2. Podawanie surowicy ozdrowieńców w chwili, gdy nie dysponujemy skutecznym lekiem, mając na celu blokowanie narastającej odpowiedzi immunologicznej organizmu po wnikięciu patogenu, wydaje się być bardzo pomocne nie tylko w kwestii łagodzenia objawów samej choroby COVID-19, ale również w celu uniknięcia późnych powikłań. Autorka artykułu zdaje sobie sprawę, iż niektóre poglądy wyrażone w postaci hipotez mogą zostać sfalsyfikowane lub okazać się tezami już w momencie ukazania się niniejszego artykułu – ze względu na fakt bardzo dynamicznie rozwijających się badań nad COVID-19 prowadzonych masowo na całym świecie.

### Bibliografia

1. Améndola, L., Ratuski, A., Weary, D.M., (2019). Variation in the onset of  $\text{CO}_2$ -induced anxiety in female Sprague Dawley rats. *Sci. Reports* 9, 1, 19007.
2. Bailey, J.E., Dawson, G.R., Dourish, C.T., Nutt, D.J., (2011). Validating the inhalation of 7.5%  $\text{CO}_2$  in healthy volunteers as a human experimental medicine: a model of generalized anxiety disorder (GAD). *J. Psychopharmacol.* 25, 9, <https://doi.org/10.1177/0269881111408455>
3. Bufalino, C., Hepgul, N., Aguglia, E., Pariante, C.M., (2012). The role of immune genes in the association between depression and inflammation: A review of recent clinical studies. *Brain Behav. Immun.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbi.2012.04.009>.
4. Hamming, I., Cooper, M.E., Haagmans, B.L., Hooper, M.N., Korstanje, R., Osterhaus, A.D.M.E., Timens, W., Turner, A.J., Navis, G., van Goor, H., (2007). The Emerging Role of ACE2 in Physiology and Disease *J. Pathol.* 212, 1-11. <http://doi.org/10.1002/path.2162>
5. Johnson, P.L., Fitz, S.D., Hollis, J.H., Moratalla, R., Lightman, S.L., Shekar, A., Lowry, C.A., (2011). Induction of c-Fos in 'panic/defence'-related brain circuits following brief hypercarbic gas exposure. *J. Psychopharmacol.* 25, 1, <https://doi.org/10.1177/0269881109353464>
6. Kabbani, N., Olds, J.L., (2020). Does COVID19 infect the brain? If so, smokers might be at a higher risk. *Molecular Pharmacol.* 1-7. doi:10.1124/molpharm.120.000014.

7. Kong, X., Zheng, K., Tang, M., Kong, F., Zhou, J., Diao, L., Wu, S., Jiao, P., Su, T., Dong Y., (2020). Prevalence and Factors Associated with Depression and Anxiety of Hospitalized Patients with COVID-19. *BMJ Yale*. Preprint.
8. Lan, J., Ge, J., Yu, J., Shan, S., Zhou, H., Fan, S., Zhang, Q., Shi, X., Wang, Q., Zhang, L., Wang, X., (2020). Structure of the SARS-CoV-2 spike receptor binding domain bound to the ACE2 receptor. *Nature* doi 10.1038/s41586-020-2180-5
9. Li, X., i wsp., (2020). Molecular immune pathogenesis and diagnosis of COVID-19. *J. Pharm. Anal.* S2095177920302045, doi: 10.1016/j.jpha.2020.03.001
10. Murakami, Y., Ishibashi, T., Tomita, E., Imamura, Y., Tashiro, T., Watchanarunak, K i wsp., (2006). Depressive symptoms as a side effect of Interferon- $\alpha$  therapy induced by induction of indoleamine 2,3-dioxygenase 1. *Sci. Rep.* 6, 29920.
11. Montgomery, R., Dryer, R.L., Conway, T.W., Spector, A.A., (1977). *Biochemistry. A case-oriented approach*. Second Edition. The C.V. Mosby Comp., Sain Luis.
12. Ou, X., Liu, Y., Lei, X., Li, P., Mi, D., Ren, L., Guo, L., Guo, R., i wsp., (2020). Characterization of spike glycoprotein of SARS-CoV-2 on virus entry and its immune cross-reactivity with SARS-CoV. *Nature Comm.* 11, 1620.
13. Perlot, T., Penninger, J.M., (2013). ACE2- From the renin-angiotensin system to gut microbiota and malnutrition. *Microb. Infect.* 15, 866-873.
14. Pouw, E.M., Schols, A.M., Deutz, N.E., Wouters, F.E., (1998). Plasma and Muscle Amino Acid Levels in Relation to Resting Energy Expenditure and Inflammation in Stable Chronic Obstructive Pulmonary Disease *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 158, 797-801. doi: 10.1164/ajrccm.158.3.9708097.
15. Pyrc, K., (2015). Ludzkie koronawirusy, *Postępy Nauk Medycznych*, 28, 48–54.
16. Rymkiewicz, E., Milaniuk, S., Rękas-Wójcik, A., Dzida, G., Mosiewicz, J., (2015). Pozaszpitalne zapalenie płuc u chorych w starszym wieku z chorobami współistniejącymi. *Forum Medycyny Rodzinnej* 9, 2, 103–105.
17. Stachowicz, K., (2020). Zapominanie. *Wszechświat* 121, 1-3, 52-57.
18. Stachowicz, K., Bobula, B., Tokarski, K., (2020). NS398, a cyclooxygenase-2 inhibitor, reverses memory performance disrupted by imipramine in C57Bl/6J mice. *Brain Res.* Doi 10.1016/j.brainres.2020.146741.
19. Stachowicz, K., (2019). Behavioral consequences of co-administration of MTEP and the COX-2 inhibitor NS398 in mice. Part 1. *Behav. Brain Res.* 370, 111961.
20. Stachowicz, K., (2019). Wpływ mikrobiomu człowieka na umysł. 120, 10-12, 231-238.
21. Li, Y-C., Bai, W.Z., Hashikawa, T., (2020). The neuroinvasive potential of SARS-CoV2 may play a role in the respiratory failure of COVID-19 patients. *J. Medical Virology* <http://doi.org/10.1002/jmv.25728>.

#### Źródła internetowe:

22. <https://pl.wikipedia.org/wiki/COVID-19>
23. <https://www.dorzeczy.pl/kraj/136443/nowe-badanie-te-objawy-sa-czeste-u-chorych-na-covid-19.html>
24. <https://www.medonet.pl/koronawirus-pytania-i-odpowiedzi/objawy-koronawirusa,koronawirus-moze-powodowac-zmiany-wukladzie-nerwowym,artykul,71453171.html>

# ALARM DLA NATURY: BLISKO POŁOWA EUROPEJSKICH GATUNKÓW DRZEWIASTYCH JEST ZAGROŻONA

Nature alert: near half of European woody species are endangered

Katarzyna Sękiewicz, Monika Dering (Kórnik)

## Streszczenie

Globalne zmiany klimatu oraz presja człowieka są głównymi zagrożeniami dla różnorodności biologicznej. Utrata bioróżnorodności, zarówno w skali globalnej, jak i regionalnej jest niepokojąca, na co wskazują dane wielu organizacji zajmujących się ochroną przyrody. Jak wynika z ostatnio opublikowanej Europejskiej Czerwonej Listy Drzew, Europie grozi nie tylko utrata wielu gatunków drzewiastych, ale i znaczny spadek bioróżnorodności. Raport przedstawia alarmujące dane na temat rosnącej liczby zagrożonych gatunków drzew i krzewów. Stopień zagrożenia określono dla 454 europejskich gatunków drzewiastych, z których ponad połowa to gatunki endemiczne dla Europy. Stwierdzono, że ok. 42% badanych gatunków wykazuje wysokie ryzyko zagrożenia. Co najbardziej niepokojące, ponad połowa europejskich endemitów drzewiastych jest również zagrożona. W artykule zwrócono uwagę na gatunki wymagające podjęcia szybkich działań w zakresie ochrony, a także przedstawiono główne zagrożenia dla tych gatunków.

## Abstract

Global climate changes and human pressure are the major threats to biodiversity. The loss of biodiversity, both on a global and regional scale, is worrying, as was evidenced by data reported by many conservation organizations. According to the recently published European Red List of Trees, Europe is threatening not only because of loss of many woody species, but also a significant decline of biodiversity. The report presents alarming data on the growing number of endangered woody species. The assessment of the degree of threat included 454 native species and more than half of them are endemic to Europe. Over 42% of all analyzed woody species have been assessed as threatened and therefore having a high risk of extinction. Almost all of them are endemic, which means that more than half of European endemic species are endangered. In addition, the article focuses on several endangered species occur in Europe and Poland, which require high conservation concern and presents the main threats affecting these species.

## Wstęp

Z danych opublikowanych przez *Global Tree Specialist Group* wynika, że na świecie ponad 10000 gatunków roślin drzewiastych jest zagrożonych wyginięciem, co stanowi ok. 15% wszystkich znanych drzew i krzewów [32]. Jeszcze bardziej niepokojące jest to, że wśród nich ponad 1900 gatunków jest krytycznie zagrożona, a ich sytuacja może się pogorszyć, zwłaszcza w obliczu zachodzących i prognozowa-

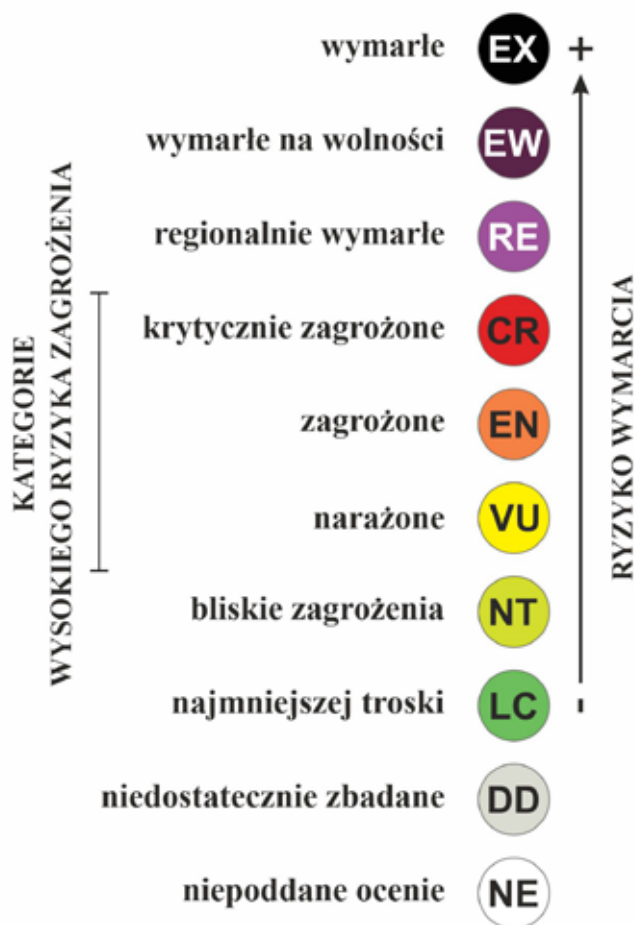
nych zmian klimatycznych [2]. Jak to wygląda w skali regionalnej – europejskiej? Na to pytanie znajdziemy odpowiedź dzięki badaniom prowadzonym przez Międzynarodową Unię Ochrony Przyrody (*International Union for Conservation of Nature*, IUCN). Organizacja ta, skupiająca się na problemach ochrony środowiska naturalnego, systematycznie publikuje listy zagrożonych gatunków, powszechnie uznawane za najbardziej wiarygodne źródła informacji w globalnej strategii ochrony gatunkowej oraz stanowiące

podstawową formę dokumentowania stanu zagrożenia środowiska przyrodniczego. We wrześniu ubiegłego roku IUCN po raz pierwszy opublikowała listę zagrożonych europejskich gatunków drzew i krzewów (*European Red List of Trees*) [24], w której eksperci przedstawili niepokojące dane dotyczące stopnia zagrożenia wielu gatunków, w tym również roślin drzewiastych występujących w Polsce.

poprawy ich statusu, a tym samym zachowania bioróżnorodności [24].

### Alarmujące dane...

Ocenie stopnia zagrożenia wyginieciem poddano 454 gatunki drzew i krzewów występujących naturalnie w Europie, którym przypisano odpowiednie



Ryc. 1. Kategorie stopnia zagrożenia gatunków (źródło: IUCN).

Raport, będący efektem pracy ponad 150 ekspertów, jest częścią projektu realizowanego przez IUCN w ramach programu *LIFE* finansowanego przez Unię Europejską („*LIFE European Red Lists – Establishing a European Red List of Bryophytes, Pteridophytes, Saproxyllic Beetles, Terrestrial Molluscs and Vascular Plants*”). Celem opracowania była identyfikacja gatunków roślin drzewiastych zagrożonych wyginieciem w Europie zgodnie z obowiązującymi wytycznymi IUCN. Raport stanowi zatem przegląd statusu ochrony europejskich gatunków, szczególnie określa główne zagrożenia, a przede wszystkim ma na celu zwrócić uwagę na pilną potrzebę podjęcia niezbędnych działań ochronnych, prowadzących do

kategorie zagrożenia ICUN (Ryc. 1) [24]. Wśród nich ponad 58% to gatunki endemiczne dla wybranych regionów Europy (265 gatunków), czyli takie, których zasięgi występowania ograniczone są do ściśle określonych obszarów i reprezentują dla nich unikalne ewolucyjne dziedzictwo [15, 24]. Z danych opublikowanych przez IUCN wynika, że ponad 42% gatunków wykazuje wysokie ryzyko zagrożenia, gdyż sklasyfikowano je jako krytycznie zagrożone (CR), zagrożone (EN) i narażone (VU). Większość z nich to gatunki endemiczne dla wybranych regionów Europy. Oznacza to, że ponad połowa (58%) europejskich gatunków endemicznych jest zagrożona, przy czym 25% w stopniu krytycznym. Trzydzieści gatunków

sklasyfikowano w kategorii bliskie zagrożenia (NT), a 216 uznano za gatunki niskiego ryzyka (LC), a zatem niewymagające obecnie ochrony. Ze względu na brak wystarczających danych do określenia stopnia zagrożenia 57 gatunków zostało sklasyfikowane jako gatunki niedostatecznie zbadane (DD). Podkreślono również, że rośliny drzewiaste są jedną z najbardziej zagrożonych grup organizmów, które zostały objęte ocenioną w ramach opracowania europejskich czerwonych list zagrożonych gatunków [24].

### Gatunki pod specjalnym nadzorem

Jak już wspomniano, ponad połowę zagrożonych europejskich gatunków drzewiastych stanowią endemity. Spośród nich na szczególną uwagę zasługują krytycznie zagrożone (CR) gatunki, np. brzostownica sycylijska (*Zelkova sicula*), znana z dwóch niewielkich populacji zlokalizowanych w górach Iblei w południowo-wschodniej Sycylii, jeden z przedstawicieli brzoźowatych – *Betula klovovii*, rosnący na niewielkim obszarze na Ukrainie, *Dracaena tamaranae* reprezentowana zaledwie przez 74 osobniki rosnące na Gran Canarii (Wyspy Kanaryjskie) oraz jodła sycylijska (*Abies nebrodensis*) występująca w północno-środkowej Sycylii (Ryc. 2), a także gatunki sklasyfikowane jako zagrożone (EN), m.in.: jodła hiszpańska (*Abies pinsapo*) występująca w Górach Betyckich w Hiszpanii, *Zelkova abelicea* rosnąca jedynie na Krecie (Ryc. 3), jałowiec kanaryjski (*Juniperus cedrus*), endemiczny dla Wysp Kanaryjskich i Madeiry, gdzie łącznie występuje zaledwie 600 osobników (Ryc. 4) czy w końcu świerk serbski (*Picea omorika*), którego zasięg od połowy XIX wieku stale maleje i jest ograniczony jedynie do czterech niewielkich, izolowanych obszarów zlokalizowanych wzdłuż rzeki Driny na granicy Serbii oraz Bośni i Hercegowiny.

Na liście znalazły się również gatunki ekstremalnie zagrożone, których populacje liczą mniej niż 50 osobników, co według kryteriów IUCN oznacza gatunki priorytetowe w regionalnej strategii ochrony [33]. Ciekawym przykładem takiego gatunku jest wspomniana już jodła sycylijska, zaliczana do najbardziej zagrożonych drzew iglastych na świecie, a także wpisana na listę 50 najbardziej zagrożonych gatunków roślin w Śródziemnomorzu [25]. Jedyna populacja jodły sycylijskiej liczy zaledwie 30 dojrzałych osobników rozproszonych na obszarze 150 ha w górach Madonie (Ryc. 2). W wyniku nadmiernej eksploatacji liczebność populacji jodły uległa znacznej redukcji. Miało to swoje dramatyczne konsekwencje, gdyż pod koniec XIX wieku uznano ją za gatunek wymarły. Sądzone tak aż do roku 1937, kiedy to w górach

Madonie natrafiono na kilkanaście osobników. Choć sytuacja jodły sycylijskiej ze względu na ograniczoną liczebność populacji wydaje się być pesymistyczna, to dzięki wprowadzonym szczegółowym programom ochrony w ramach programu *LIFE* istnieje szansa dla tego krytycznie zagrożonego gatunku [23].

Innym przykładem wartym uwagi jest brzostownica sycylijska, która jest liczniej reprezentowana w porównaniu z jodłą sycylijską, ale posiada równie ciekawą historię [17]. Brzostownica, będąca relik-



Ryc. 2. Jodła sycylijska (*Abies nebrodensis*), Góry Madonie, Sycylia (Fot. Katarzyna Sękwicz).

tem trzeciorzędowym, obecnie jest reprezentowana przez zaledwie dwie naturalne populacje zlokalizowane w górach Iblei na Sycylii. Pierwsza z nich, licząca zaledwie 230 osobników, została odkryta w 1991 r., natomiast drugą populację, bardziej liczną (1500 osobników), odkryto dopiero pod koniec 2009 r. Nadal prowadzone są badania terenowe w celu poszukiwania nowych stanowisk gatunku. Poważnym zagrożeniem dla brzostownicy sycylijskiej jest niewielka liczebność populacji, izolacja geograficzna, powtarzające się pożary oraz brak rozmnażania płciowego. Brzostownica rozmnaża się wyłącznie wegetatywnie poprzez odrosty korzeniowe,

czego konsekwencją jest niska zmienność genetyczna. Uwzględniając te czynniki, prawdopodobieństwo wyginięcia gatunku, uważanego obecnie za jeden z najrzadszych i najbardziej zagrożonych gatunków drzewiastych na świecie, jest bardzo

naturalnych populacji, został on uznany za gatunek narażony na wyginięcie (VU) w skali europejskiej, choć w skali krajowej, np. w Albanii, jest krytycznie zagrożony [24, 27]. Poważne zagrożenie dla przetrwania kasztanowca stanowi inwazyjny gatunek ćmy,



Ryc. 3. *Zelkova abelicea*, Kreta (Fot. Adam Boratyński).

wysokie. Brzostownica sycylijska wraz z *Zelkova abelicea* jest pod szczególną opieką naukowców, którzy podejmują wszelkie starania, by chronić i zachować te zagrożone gatunki [17].

Na uwagę zasługuje również znany nam doskonale kasztanowiec zwyczajny (*Aesculus hippocastanum*) (Ryc. 5), spotykany jako drzewo ozdobne niemal w całej Europie i powszechny element w polskim krajobrazie [27, 31]. Współcześnie naturalnie występuje jedynie na Półwyspie Bałkańskim, a jego stanowiska zostały odkryte dopiero pod koniec XIX wieku [18]. Zasięg występowania kasztanowca obejmuje głównie górskie obszary Grecji, gdzie tworzy szczątkowe, rozproszone populacje, często liczące zaledwie po kilkanaście osobników. Kasztanowca można spotkać również na izolowanych stanowiskach w Bułgarii, Albanii, Serbii i Macedonii. W związku z ograniczonym występowaniem oraz niewielką liczebnością

szrotówek kasztanowcowiaczek (*Cameraria ohridel-la*). Masowe występowanie szrotówka zupełnie zmieniło sytuację gatunku, wywołując np. przedwczesne zasychanie i opadanie liści czy wpływając na zaburzenia w procesie rozmnażania, co w konsekwencji przyczynia się do zmniejszenia liczebności. Badania przeprowadzone przez badaczy z Pracowni Systematyki i Geografii Instytutu Dendrologii PAN dotyczące modelowania potencjalnego przyszłego zasięgu kasztanowca wskazały na redukcję obszaru występowania gatunku [31]. Naukowcy sugerują, iż kasztanowiec może nie być w stanie przystosować się do zmieniających warunków środowiskowych. Zatem zmiany warunków siedliskowych, a także presja człowieka (tj. nielegalny wyręb i rozwój infrastruktury) oraz ograniczenia biologiczne gatunku utrudniające szybką kolonizację (tj. ciężkie nasiona i owadopylność) mogą stanowić poważne zagrożenie dla przetrwania



Ryc. 4. Jałowiec kanaryjski (*Juniperus cedrus*), Teneryfa (Fot. Adam Boratyński).

naturalnych populacji kasztanowca zwyczajnego. W związku z tym ochrona *in situ* populacji powinna być priorytetem, zwłaszcza populacji greckich, które są najbardziej narażone ze względu na ciągły spadek liczebności [31].

Gatunki endemiczne, zwłaszcza te ograniczone do pojedynczych stanowisk lub niewielkich izolowanych obszarów, są najbardziej narażone na wyginięcie [8, 20]. Ograniczony zasięg występowania często wiąże się z niewielką liczebnością populacji. Im mniej liczna jest populacja, tym bardziej jest podatna na zdarzenia losowe, obejmujące m.in. intensyfikację dryfu genetycznego czy wsobność, przyczyniające się do utraty zmienności, a w konsekwencji napędzając tzw. „wir wymierania” [7]. Utrzymanie zmienności genetycznej ma kluczowe znaczenie dla przetrwania gatunków, ponieważ determinuje ich potencjał adaptacyjny do zmieniających się warunków środowiskowych [7, 12]. Z tego względu niezwykle ważne jest podejmowanie szybkich działań w zakresie ochrony i monitoringu, zwłaszcza w obliczu zmian klimatycznych. Stwarza to przed nami szereg wyzwań, z którymi będziemy musieli się zmierzyć w celu zachowania gatunków endemicznych, unikalnych dla wybranych regionów Europy.



Ryc. 5. Kasztanowiec zwyczajny (*Aesculus hippocastanum*), Grecja (Fot. Grzegorz Iszkuło).

W Europie poważnym problemem jest również zanikanie bardziej rozpowszechnionych gatunków [24]. Dotyczy to jesionu zwyczajnego (*Fraxinus excelsior*) czy przedstawicieli wiązów (*Ulmus* ssp.), które dziesiątkowane są przez inwazyjne gatunki grzybów patogenicznych [3, 26]. Szczególnie alarmująca jest



Ryc. 6. Jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior*), zamierające okazy, Puszcza Augustowska (Fot. Marek Ksepko).

obecnie sytuacja jesionu, ponieważ większość naturalnego obszaru występowania gatunku jest zagrożona [26] (Ryc. 6). Zamieranie jesionu po raz pierwszy odnotowano w Polsce w latach 90. XX wieku, które następnie szybko rozprzestrzeniło się niemal w całej Europie. Sprawcą okazał się jeden z przedstawicieli grzybów workowych (*Hymenoscyphus fraxineus*), prawdopodobnie zawleczony z Japonii [3]. Intensywne zamieranie jesionu obserwowane od kilku dekad stanowi poważne zagrożenie dla ekosystemów leśnych. Dotychczas nie istnieją żadne efektywne środki przeciwdziałające rozprzestrzenianiu się patogenu czy łagodzące efekty infekcji grzybowej, a występowanie jesionu znacznie zmalało w Europie [26].

Wśród najbardziej zagrożonych europejskich gatunków drzewiastych znaczną część stanowią jarzęby (*Sorbus*) należące do rodziny różowatych, które w Europie reprezentowane są przez 170 gatunków. Szczególnie alarmujący jest fakt, iż ponad trzy czwarte gatunków z rodzaju *Sorbus* jest wysoce zagrożona [24].

### Przyczyny

Co sprawia, że liczba zagrożonych gatunków drzewiastych wciąż rośnie? Niestety, w głównej mierze przyczynia się do tego działalność człowieka. Głównymi zagrożeniami dla europejskich gatunków drzew i krzewów są przede wszystkim gatunki inwazyjne, wylesianie, niezrównoważone pozyskiwanie drewna, degradacja i modyfikacje ekosystemów oraz gwałtowna urbanizacja [24].



Ryc. 7. *Salix serpyllifolia*, Alpy (Fot. Piotr Kosiński).

Wśród czynników zagrażających dendroflorze europejskiej pierwsze miejsce na liście zajmują gatunki inwazyjne, czyli organizmy obcego pochodzenia. Gatunki inwazyjne są zdolne do szybkiej kolonizacji nowych obszarów oraz negatywnie wpływają na środowisko przyrodnicze, m.in. poprzez przeobrażenia siedlisk czy wypieranie gatunków rodzimych [30]. Szacuje się, że ponad 38% wszystkich europejskich gatunków jest zagrożonych z powodu inwazji gatunków obcego pochodzenia [24]. Inwazje biologiczne uznawane są za jedną z najważniejszych przyczyn postępującej utraty różnorodności biologicznej. Problem ten jest na tyle istotny, że zostały podjęte działania zarówno w skali globalnej, jak i europejskiej, zmierzające do ograniczenia zagrożenia. Wśród obcych gatunków drzewiastych, które zostały wprowadzone przez człowieka, a obecnie zagrażają funkcjonowaniu ekosystemów leśnych w Europie, obecne są m.in. gatunki północnoamerykańskie, jak czeremcha amerykańska, klon jesionolistny, robinia akacjowa, świdośliwa kłosowa i dąb czerwony, czy pochodzący z Azji Wschodniej bożodrzew gruczołkowaty. Innym czynnikiem stanowiącym zagrożenie dla rodzimych gatunków np. topoli czy jodeł jest hybrydyzacja z gatunkami wprowadzonymi w celach hodowlanych. Wpływa to na ich integralność genetyczną, powodując utratę lokalnych genotypów, co prowadzi do spadku zmienności genetycznej [24, 29].

Wylesianie i pozyskiwanie drewna oraz rozwój obszarów miejskich to zagrożenia, które dotyczą aż 20% europejskich gatunków drzew i krzewów. W wyniku tych działań często dochodzi do degradacji i modyfikacji ekosystemów, co w znacznej mierze wiąże się z fragmentacją i zanikiem siedlisk [24]. Redukcja obszaru występowania gatunków na mniejsze i bardziej przestrzennie izolowane populacje stanowi istotny problem. Konsekwencją fragmentacji siedlisk jest utrata zmienności genetycznej i wzrost zróżnicowania międzypopulacyjnego w wyniku ograniczonego przepływu genów pomiędzy izolowanymi populacjami [11]. Ma to swoje poważne implikacje dla przetrwania gatunków, gdyż jak wspomniano, utrata zmienności może obniżyć żywotność populacji oraz zdolność gatunku do reagowania na zmieniającą się presję selekcyjną środowiska [7].

Poważny problem dla zachowania różnorodności biologicznej stanowią również postępujące zmiany klimatyczne, choć jak wynika z raportu, nie zostało to jednoznacznie stwierdzone w przypadku wielu gatunków objętych oceną [24, 28]. Jednak już dziś wiemy, iż zmiany klimatyczne obejmujące wzrost temperatury czy spadek ilości opadów, stanowią największe zagrożenie dla środowiska przyrodniczego,

odciskając swoje piętno na licznych gatunkach, w tym również drzewach [4, 6, 28]. Prognozuje się, że w wyniku zachodzących zmian środowiskowych wywołanych kryzysem klimatycznym rozmieszczenie europejskich gatunków drzewiastych, ważnych zarówno z przyrodniczego, jak i gospodarczego punktu widzenia, zmieni się znacząco. Badania wykorzystujące techniki modelowania zasięgów w oparciu o scenariusze zmian klimatycznych oraz dane o rozmieszczeniu gatunków pozwalają przewidzieć kierunek tych zmian. Dotychczasowe prognozy wskazują na wyraźne ustępowanie gatunków iglastych w Europie oraz przesuwanie się ich zasięgów w kierunku północnym [6]. Natomiast w przypadku buka zwyczajnego czy dębu szypułkowego prognozuje się, że mogą się one utrzymywać w znacznej części Europy Środkowej [4]. Modelowanie zmian zasięgów pozwala również wskazać te obszary, które są najbardziej zagrożone na utratę wielu gatunków czy zmiany zasięgów. Dotyczy to przede wszystkim południowej Europy, co w konsekwencji może doprowadzić do zmniejszenia różnorodności gatunków drzewiastych tego obszaru [4, 6]. Szczególnie narażone na zmiany klimatyczne są również obszary wysokogórskie, będące siedliskiem dla wielu gatunków, w tym również endemicznych, przystosowanych do niskich temperatur [21, 22]. Możliwe, że globalne ocieplenie spowoduje migracje wysokościowe gatunków roślin w systemach wysokogórskich, w związku z czym siedliska dostępne dla roślin stref alpejskich mogą być znacznie ograniczone, prowadząc do wyginięcia niektórych z nich. Przykładem gatunku wysokogórskiego może być wierzba – *Salix serpillifolia* (Ryc. 7), endemit Alp występujący do wysokości nawet 3200 m n.p.m. [16].

## W Polsce

Na krajowej liście roślin zagrożonych znalazło się 30 gatunków drzewiastych, co stanowi ponad 11% rodzimej dendroflory (drzewa, krzewy i krzewinki) [14]. Spośród nich aż 24 uznano za gatunki wysokiego ryzyka, przy czym większość sklasyfikowano jako zagrożone (EN) i narażone (VU). Część z nich w skali europejskiej wykazuje status najmniejszej troski (LC), jednakże sytuacja tych gatunków w naszym kraju jest odmienna. Należą do nich gatunki zagrożone, m.in. dąb omszony (*Quercus pubescens*), którego jedyne stanowisko znajduje się w rezerwacie Bielinek nad Odrą, stanowiąc najbardziej wysuniętą na północ enklawę gatunku, jarzab szwedzki (*Sorbus intermedia*) osiągający w kraju południową granicę zasięgu, malina moroszka (*Rubus chamaemorus*),

która w Polsce jest reliktem glacialnym występującym na Warmii i Mazurach, Pomorzu oraz oderwanych reliktowych stanowiskach w Sudetach (Ryc. 8), czy jałowiec sabiński (*Juniperus sabina*), znany je-

je jedynie na 84 naturalnych stanowiskach, głównie w zachodniej części Polski, a najwięcej stanowisk znajduje się na terenie Wielkopolski. W południowej części kraju brzęk występuje na Pogórzu Sudeckim



Ryc. 8. Malina moroszka (*Rubus chamaemorus*), Szwecja (Fot. Tomasz Wyka).

dynie z czterech niewielkich stanowisk w Pieninach (Ryc. 9) [13]. Do gatunków narażonych zaliczono m.in. czeremchę skalną (*Padus petraea*), występującą na terenie parków narodowych w Karkonoszach, Tatrach czy Bieszczadach, dla której poważnym zagrożeniem jest mała liczba stanowisk oraz niewielka liczebność populacji. Podobnie jest w przypadku jarzębu nieszpulkowego (*Sorbus chamaemespilus*), który reprezentowany jest zaledwie przez 100 osobników rosnących w Tatrach [13]. Na liście gatunków bliskich zagrożeniu znajduje się m.in. jarząb brekinia (brzęk, *Sorbus torminalis*; Ryc. 10) [14].

Ostatni z wymienionych gatunków zasługuje na szczególną uwagę, ponieważ brzęk w naszym kraju jest jednym z najrzadszych rodzimych drzew leśnych [1]. W Polsce jarząb brekinia osiąga północno-wschodnią granicę zasięgu, a jego rozproszone stanowiska liczą kilka czy kilkanaście osobników. Obecnie występu-

i w Beskidzie Wyspowym [1, 13]. Jarząb brekinia podlega ścisłej ochronie gatunkowej od roku 1946, a wybrane stanowiska gatunku są chronione w rezerwatach przyrody. Niegdyś główne zagrożenie dla jarzębu brekinii stanowiła gospodarka leśna opierająca się na zrębach zupełnych, przyczyniając się do redukcji siedlisk. Wśród obecnych zagrożeń dla tego gatunku należy wymienić przede wszystkim małą liczebność populacji i ich izolację, fragmentację siedlisk, niedostateczny poziom ochrony czynnej *in situ*, niewłaściwy skład gatunkowy drzewostanów, a także niewłaściwie dobrany sposób zagospodarowania lasu, co w sposób pośredni przyczynia się do ustępowania światłolubnej brekinii o słabych zdolnościach konkurencyjnych [1]. Obecnie wiadomo, że w przypadku jarzębu brekinii najlepiej sprawdza się ochrona czynna, dlatego też realizowane są regionalne programy ochrony i restytucji jarzębu brekinii przez Regionalne Dyrekcje Lasów

Państwowych. Wszystko wskazuje na to, że prognozy dla jarzębu brekinii są pomyślne, jednakże los gatunku w znacznej mierze zależy od działalności człowieka [1, 13].

*loides*), występującej głównie w północno-środkowej Polsce (region Dolnej Wisły), Pojezierzu Mazurskim i Lubelszczyźnie. Sytuacja tych gatunków może się dramatycznie pogorszyć, zwłaszcza w obliczu zacho-



Ryc. 9. Jałowiec sabiński (*Juniperus sabina*), Pireneje (Fot. Piotr Kosiński).

Należy również zaznaczyć, iż niektóre z gatunków zagrożonych (EN) w skali krajowej nie zostały ujęte w europejskim wykazie ze względu na brak szczegółowych danych dotyczących spadku liczebności populacji [24]. Przykładem są dwa gatunki brzoź, które w Polsce objęto ścisłą ochroną gatunkową – brzoza niska (*Betula humilis*) i brzoza karłowata (*Betula nana*) [14]. Zasięg brzozy niskiej obejmuje głównie północną i wschodnią część kraju, z czego najwięcej stanowisk znajduje się na Podlasiu i Lubelszczyźnie oraz na Pojezierzu Mazurskim i Pomorzu Zachodnim [9]. Z kolei brzoza karłowata (Ryc. 11) rośnie obecnie na trzech izolowanych, reliktowych stanowiskach w rezerwach przyrody: „Linje” na Pojezierzu Chełmińskim, „Torfowisko Doliny Izery” w Górach Izerskich oraz „Torfowisko pod Zieleńcem” w Górach Bystrzyckich (Sudety Środkowe) [10]. W ostatnich latach obserwuje się zanikanie stanowisk tych gatunków, co związane jest w głównej mierze z osuszaniem i zarastaniem torfowisk. Stanowi to również zagrożenie dla wspomnianej maliny moroszkowej czy wierzby borówkolistnej (*Salix myrtil-*

l) dzących zmian klimatycznych, gdyż siedliska te należą do ekosystemów najbardziej narażonych na skutki zachodzących zmian [13].

### Co możemy zrobić?

Stoimy w obliczu utraty różnorodności biologicznej, zarówno w skali globalnej, jak i regionalnej, na co wskazują niepokojące dane wielu organizacji zajmujących się ochroną przyrody [28, 33]. Europie grozi nie tylko utrata wielu gatunków, ale i znaczny spadek bioróżnorodności [24]. Zachodzące i prognozowane zmiany środowiskowe związane z kryzysem klimatycznym mogą spowodować wyginięcie wielu gatunków, szczególnie endemicznych, które są najbardziej narażone i mogą przetrwać tylko w stabilnych ostojach klimatycznych [8, 19, 20]. Mniej uwagi poświęca się tym rzadkim gatunkom drzewiastym o niskim znaczeniu gospodarczym, w przeciwieństwie do gatunków ważnych ekonomicznie i gospodarczo, np. sosna czy buk. Stanowi to dla nas ogromne wyzwanie, zwłaszcza w obliczu

faktu, że ponad połowa europejskich gatunków endemicznych jest zagrożona. Ochrona tych gatunków jest szczególnie ważna, gdyż zachowanie unikalnych w skali Europy gatunków decyduje o bioróżnorodno-

ści regionu, która sprzyja stabilności ekosystemów, od których zależy również funkcjonowanie człowieka [5]. Wyzwaniem jest również zweryfikowanie statusu zagrożenia gatunków sklasyfikowanych



Ryc. 10. Jarząb brekinia (*Sorbus torminalis*), Krym (Fot. Piotr Kosiński).



Ryc. 11. Brzoza karłowata (*Betula nana*), Szwecja (Fot. Monika Dering).

w kategorii niedostatecznie zbadanych (DD), co przypuszczalnie może wpłynąć na wzrost liczby gatunków wykazujących wysokie ryzyko zagrożenia [24]. Można sobie zadać zatem pytanie – czy to czas na szeroko zakrojoną strategię ochrony? Zdecydowanie tak! Należy podjąć niezbędne i natychmiastowe działania w celu zachowania zagrożonych gatunków drzewiastych, zwłaszcza gatunków endemicznych i rzadkich, gdyż niebawem mogą bezpowrotnie przeminąć. Sama ich obecność na listach gatunków zagrożonych z pewnością nie wystarczy do zapewnienia im trwałego miejsca w przyrodzie. Ich los w dużej mierze zależy od działalności człowieka. Jedno jest pewne: siła tkwi w bioróżnorodności, którą za wszelką cenę trzeba zachować i chronić. Czerwone listy gatunków zagrożonych, przygotowane przez rzeszę specjalistów dostrzegających pogarszający się stan naszego środowiska, stanowią podstawową formę dokumentowania stanu zagrożenia gatunków i służą za podstawę rozważań w zakresie ochrony. Ustalenie, które gatunki są najbardziej podatne na zmiany klimatu, stanowi pierwszy krok w kierunku

opracowania programów ich ochrony oraz planów adaptacji do tych zmian. Ponadto należy zwrócić szczególną uwagę na te najbardziej zagrożone obszary w kontekście dostosowywania lasów do przewidywanych zmian warunków klimatycznych. Stwarza to przed nami nowe wyzwania i problemy, z którymi musimy się zmierzyć. Dzięki obecnie dostępnym

technikom badawczym jesteśmy w stanie przewidzieć przypuszczalne reakcje gatunków na zmieniające się warunki środowiskowe, pozwalając na podjęcie niezbędnych działań. Jest to niezwykle ważne zwłaszcza w obliczu bezspornego faktu, iż współczesne szybkie tempo globalnych zmian klimatycznych to wynik działalności człowieka. Dbajmy o to co posiadamy...!

## Bibliografia

1. Bednorz J. (2009). Jak chronić jarzab brekinie (*Sorbus torminalis*) w polskich lasach? Sylwan, 5: 354–360.
2. Bellard C., Bertelsmeier C., Leadley P., Thuiller W., Courchamp F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity. Ecology Letters, 15: 365–377.
3. Bugała W., Boratyński A., Iszkuło G. (2015). Wiązy. Nasze Drzewa Leśne. Instytut Dendrologii, Polska Akademia Nauk, Poznań-Kórnik.
4. Buras A., Menzel A. (2019). Projecting Tree Species Composition Changes of European Forests for 2061–2090 Under RCP 4.5 and RCP 8.5 Scenarios. Frontiers in Plant Science, 9: 1986.
5. Cardinale B. J., Duffy J. E., Gonzalez A., Hooper D. U., Perrings C., Venail, P., Narwani A., Mace G. M., Tilman D., Wardle D. A., Kinzig A. P., Daily G. C., Loreau M., Grace J. B., Larigauderie A., Srivastava D. S., Naeem S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. Nature, 486: 59–67.
6. Dyderski M. K., Paź S., Frelich L. E., Jagodziński A.M. (2018). How much does climate change threaten European forest tree species distributions? Global Change Biology, 24: 1150–1163.
7. Frankham R. (2005). Genetics and extinction. Biological Conservation 126, 131–140.
8. Işik K. (2011). Rare and endemic species: why are they prone to extinction? Turkish Journal of Botany, 35: 411–417.
9. Jabłońska E. (2009). Brzoza niska *Betula humilis* Schrank w Polsce – status fitocenotyczny, warunki siedliskowe, zagrożenia i ochrona. Instytut Botaniki, Uniwersytet Warszawski, Warszawa.
10. Jadwiszczak K. A., Jadwiszczak P. (2014). Brzoza karłowata *Betula nana* w Polsce. Chrońmy Przyrodę Ojczyzn 2, 146–151.
11. Jump A. S., Peñuelas J. (2006). Genetic effects of chronic habitat fragmentation in a wind-pollinated tree. Proceedings of the National Academy of Sciences, 103: 8096–8100.
12. Jump A. S., Marchant R., Peñuelas J. (2009). Environmental change and the option value of genetic diversity. Trends in Plant Science, 14: 51–58.
13. Kaźmierczakowa R., Zarzycki K., Mirek Z. (2014). Polska Czerwona Księga Roślin. Paprotniki i rośliny kwiatowe. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków.
14. Kaźmierczakowa R., Bloch-Orłowska J., Celka Z., Cwener A., Dajdok Z., Michalska-Hejduk D., Pawlikowski P., Szczęśniak E., Ziarnik K. (2016). Polska czerwona lista paprotników i roślin kwiatowych. Instytut Ochrony Przyrody, Polska Akademia Nauk, Kraków.
15. Kornaś J., Medwecka-Kornaś A. (2002). Geografia roślin. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
16. Kosiński P., Sękiewicz K., Walas Ł., Boratyński A., Dering M. (2019). Spatial genetic structure of the endemic alpine plant *Salix serpyllifolia*: genetic swamping on nunataks due to secondary colonization? Alpine Botany, 129: 107–121.
17. Kozłowski G., Gratzfeld J. (2013). *Zelkova* - an ancient tree. Global status and conservation action. Natural History Museum Fribourg, Switzerland.
18. Lack H. W. (2000). Lilac and horse-chestnut: discovery and rediscovery. Curtis's Botanical Magazine, 17: 109–141.
19. Molina-Venegas R., Aparicio A., Lavergne S., Arroyo J. (2017). Climatic and topographical correlates of plant palaeo- and neoendemism in a Mediterranean biodiversity hotspot. Annals of Botany, 119: 229–238.

20. Nogués-Bravo D., Araújo M. B., Errea M. P., Martínez-Rica J. P. (2007). Exposure of global mountain systems to climate warming during the 21st Century. *Global Environmental Change*, 17: 420–428.
21. Parmesan C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37: 637–669.
22. Pauli H., Gottfried M., Dullinger S., Abdaladze O., Akhalkatsi M., Alonso J. L. B., Coldea G., Dick J., Erschbamer B., Calzado R. F., Ghosn D., Holten J. I., Kanka R., Kazakis G., Kollár J., Larsson P., Moiseev P., Moiseev D., Molau U., Mesa J. M., Nagy L., Pelino G., Puşcaş M., Rossi G., Stanisci A., Syverhuset A. O., Theurillat J.-P., Tomaselli M., Unterluggauer P., Villar L., Vittoz P., Grabherr G. (2012). Recent Plant Diversity Changes on Europe's Mountain Summits. *Science*, 336: 353–355.
23. Raimondo F., Schicchi R. (2005). Rendiconto sul progetto LIFE Natura "Conservazione in situ ed ex situ di *Abies nebrodensis* (Lojac.) Mattei." Petralia Sottana, Palermo
24. Rivers M. C., Beech E., Bazos I., Bogunić F., Buira A., Caković D., Carapeto A., Carta A., Bruno C., Fenu G., Fernandes F., Fraga i Arguimbau P., Garcia-Murillo P. J., Lepší M., Ma-tevski V., Medina F. M., Menezes de Sequeira M., Meyer N., Mikoláš V., Montagnani C., Monteiro-Henriques T., Naranjo-Suárez J., Orsenigo S., Petrova A., Reyes-Betan-cort J. A., Rich T., Salvesen P. H., Santana-López I., Scholz S., Sennikov A., Shuka L., Silva L. F., Thomas P., Troia A., Villar J. L., Allen D. J. (2019). European Red List of Trees. International Union for Conservation of Nature, Cambridge, Brussels.
25. Sękiewicz K. (2019). Jodła sycylijska na skraju wyginięcia – czy istnieje szansa dla tego krytycznie zagrożonego gatunku? *Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego*, 67: 39–48.
26. Thomas P. A. (2016). Biological Flora of the British Isles: *Fraxinus excelsior*. *Journal of Ecology*, 104: 1158–1209.
27. Thomas P. A., Alhamd O., Iszkuło G., Dering M., Mukassabi T. A. (2019). Biological Flora of the British Isles: *Aesculus hippocastanum*. *Journal of Ecology*, 107: 992–1030.
28. Thomas C. D., Cameron A., Green R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Y. C., Erasmus, B. F. N., Siqueira, M. F. de, Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., Jaarsveld, A. S. van, Midgley, G. F., Miles, L., Ortega-Huerta, M. A., Peterson, A. T., Phillips, O. L., Williams, S. E. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature*, 42: 145–148.
29. Tokarska-Guzik B., Dajdok Z., Zając M., Zając, A., Urbisz, A., Danielewicz, W., Hołdyński, C. (2012). Rośliny obcego pochodzenia w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem gatunków inwazyjnych. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.
30. Vilà M., Hulme P. E. (2017). *Impact of Biological Invasions on Ecosystem Services*. Springer, Switzerland.
31. Walas Ł., Ganatsas P., Iszkuło G., Thomas P. A., Dering M. (2019). Spatial genetic structure and diversity of natural populations of *Aesculus hippocastanum* L. in Greece. *PLOS ONE*, 14: e0226225.

#### Źródła internetowe:

32. <http://globaltrees.org>.
33. <https://www.iucnredlist.org/>

# PRÓBKOWANIE OSZCZĘDNE W OBRAZOWANIU METODĄ REZONANSU MAGNETYCZNEGO

Compressive sensing in magnetic resonance imaging

Fabian Bogusz, Tomasz Pięciak (Kraków)

## Streszczenie

Próbkowanie oszczędne jest nowym paradygmatem teoretycznym, który rewolucjonizuje dziedzinę przetwarzania sygnałów, w szczególności w kontekście medycznych oraz innych wszechobecnych technicznych systemów w obecnym świecie cyfrowym. Metodologia próbkowania oszczędnego wykorzystuje własności rzadkości oraz niskiej koherencji danych oraz umożliwia rekonstrukcję sygnałów z danych próbkowanych nierównomiernie i przy uwzględnieniu znacznie mniejszej ilości próbek niż wymaga to tradycyjne twierdzenie Nyquista-Shannona o próbkowaniu. W niniejszej pracy zaprezentowano krótkie wprowadzenie do metody próbkowania oszczędnego w przystępnej formie oraz przedstawiono wykorzystanie tej techniki w obrazowaniu dyfuzji mózgu metodą rezonansu magnetycznego. Uzyskane rezultaty wskazują, iż technika próbkowania oszczędnego może zostać użyta do rekonstrukcji miar ilościowych w obrazowaniu tensora dyfuzji, takich jak anizotropia frakcjonalna czy średnia dyfuzyjność.

## Abstract

Compressed sensing is a new theoretical paradigm that revolutionizes the signal processing area, especially in medical and other prevalent technical systems in the current digital world. The compressed sensing methodology uses the sparsity and incoherence properties of the signal. It enables the recovery of the data from non-uniformly far fewer samples than required by the traditional Nyquist-Shannon sampling theorem. In this paper, we present a brief preface to the compressed sensing principle in an accessible form and show a proof-of-concept of this technique in the diffusion magnetic resonance of the brain. The preliminary results show the compressed sensing methodology can be successfully used to restore quantitative diffusion tensor measures such as fractional anisotropy or mean diffusivity.

## Wprowadzenie

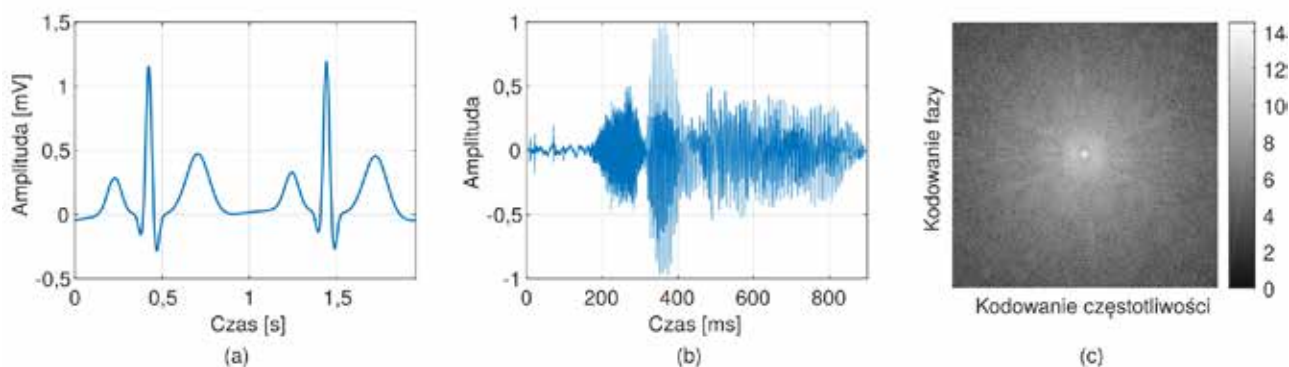
Cały otaczający nas świat jest pełen różnorodnych sygnałów. Każdy przedmiot, roślina, zwierzę, a nawet człowiek, ziemia, woda bądź powietrze może być ich źródłem. Jeżeli pewna wielkość fizyczna zostanie w odpowiedni sposób zmierzona w kolejnych chwilach czasu, to możemy wówczas mówić o pewnego rodzaju sygnale. Sygnałem mogą być więc wielkości opisujące siłę i kierunek wiatru, poziom drgań skorupy ziemskiej, odgłos skrzydeł motyla, mowy człowieka czy zjawiska elektryczne zachodzące w mięśniu sercowym. Na ryc. 1 przedstawiono trzy przykłady

sygnałów, odpowiednio sygnał elektrokardiograficzny, sygnał akustyczny oraz sygnał uzyskany metodą obrazowania rezonansem magnetycznym reprezentowany w postaci dwuwymiarowego obrazu.

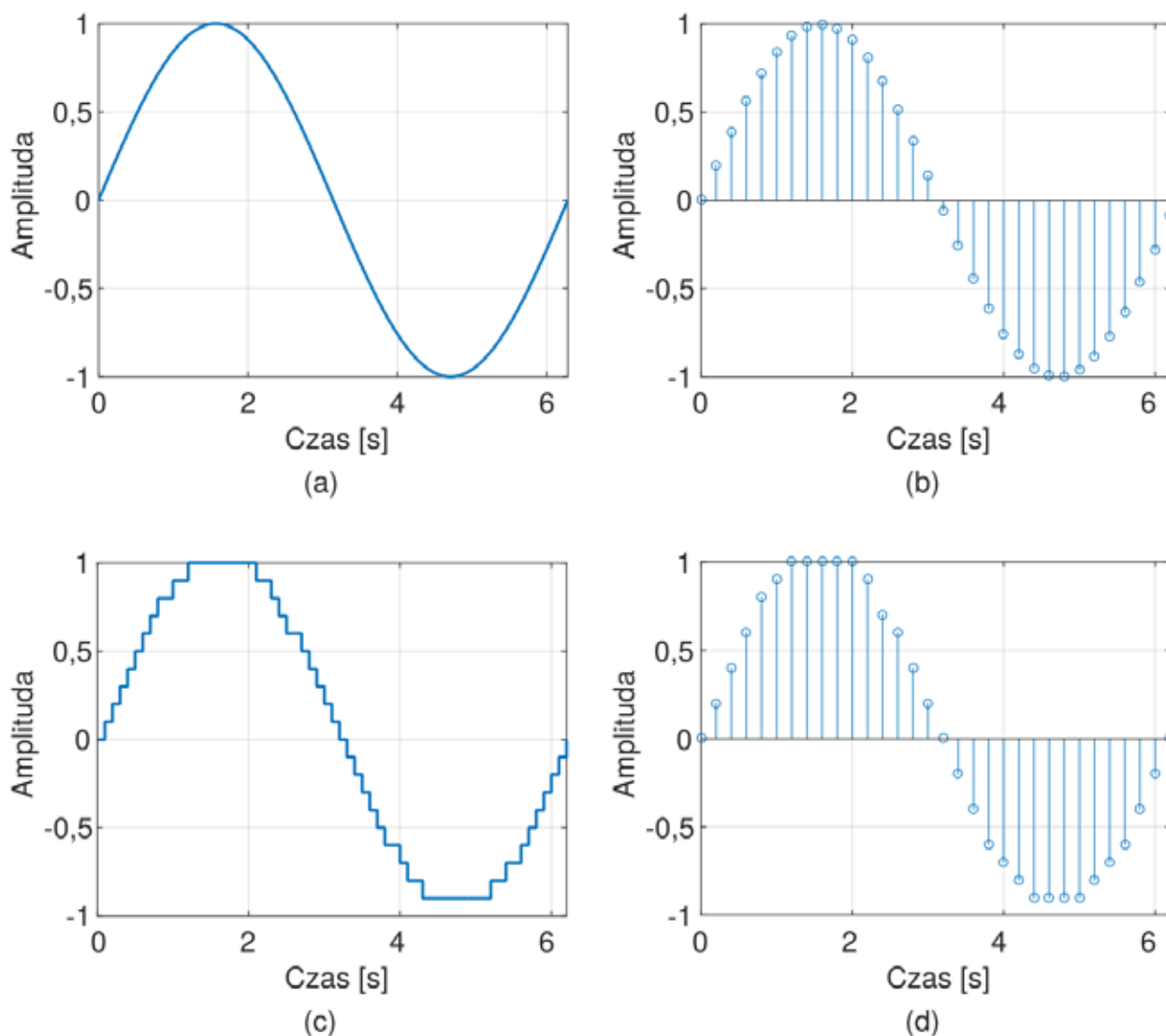
Każdy sygnał niesie informację o badanym zjawisku – o jego nasileniu, czasie trwania, o tym, czy jest zjawiskiem powtarzalnym, czy jedynie jednorazowym epizodem. Istnieją zjawiska generujące znaczne ilości energii, do których należą m.in. trzęsienia ziemi, huragany lub wybuchy supernowej. Aktywność elektryczna mózgu bądź pojedyncze fotony padające na matrycę aparatu fotograficznego w nocy cechują się z kolei niską wykrywalnością. Do każdego

rodzaju wielkości mierzalnej stosuje się odpowiednie sensory, które wzmacniają lub osłabiają rejestrowaną wielkość, tak aby analiza sygnału nie przysparzała problemów.

W znacznej większości mierzone sygnały są analogowe (Ryc. 2a). Oznacza to, iż wartość sygnału jest znana w każdej chwili czasu. Dla zobrazowania tego przykładem weźmy pod uwagę dźwięki wytwarzane



**Ryc. 1.** Przykłady sygnałów: (a) sygnał elektrokardiograficzny, (b) sygnał akustyczny oraz (c) sygnał uzyskany metodą obrazowania rezonansem magnetycznym.



**Ryc. 2.** Reprezentacja sygnału sinusoidalnego  $s(t) = \sin(t)$ : (a) sygnał analogowy, (b) sygnał poddany operacji próbkowania (sygnał dyskretny), (c) proces kwantyzacji sygnału oraz (d) ostateczny sygnał cyfrowy.

podczas koncertu orkiestry symfonicznej odbierane przez nasze uszy. Znamcy muzyki są w stanie stwierdzić, jaki dźwięk jest grany w każdej chwili czasowej. Jest to ogromna ilość informacji do przetworzenia przez nasz mózg. Jeśli chcielibyśmy nagrać koncert w takiej formie, w jakiej go słyszymy, potrzebowalibyśmy do tego nośnika danych o nieskończonej pojemności ze względu na konieczność zapisu sygnału akustycznego o nieskończonej ilości kolejnych wartości. Z tego powodu w celu reprezentacji koncertu na nośniku elektronicznym stosuje się zabieg próbkowania (Ryc. 2b). Wartość amplitudy dźwięku jest zapisywana co pewien określony czas, nazywany okresem próbkowania, w taki sposób, aby możliwe było ograniczenie informacji niesionej przez sygnał. Przy odpowiednim doborze odstępów czasowych pomiędzy rejestracją kolejnych próbek człowiek nie zauważy różnicy między oryginałem a elektroniczną kopią. Ten proces jest nazywany dyskretyzacją (lub próbkowaniem), a częstość rejestracji próbek – częstotliwością próbkowania sygnału.

W postaci cyfrowej nie jest jednak możliwe przedstawienie dowolnej wartości sygnału ze względu na ograniczenia urządzeń przetwarzających sygnał analogowy na cyfrowy, tzw. przetworników analogowo-cyfrowych, czy nieidealną reprezentację liczby w maszynie cyfrowej. Z tego względu stosuje się zabieg kwantyzacji sygnału dyskretnego (Ryc. 2c). Kwantyzacja sygnału oznacza, iż wartość rzeczywista sygnału jest zapisywana jako najbliższa wartość, którą można już przedstawić w pamięci urządzenia cyfrowego. Proces ten możemy porównać do zaokrąglania liczby. W ten sposób z sygnału analogowego poprzez proces dyskretyzacji i kwantyzacji otrzymywany jest sygnał cyfrowy, który z kolei można już zapisać na nośniku cyfrowym (Ryc. 2d).

### Reprezentacja sygnału w innej dziedzinie

Reprezentacja zmiany danej wielkości fizycznej w czasie niekoniecznie musi mieć jedną formę. Sygnał w dziedzinie czasu może zostać przedstawiony w innej równoważnej dziedzinie, zachowując przy tym w pełni niesioną przez siebie informację [7]. Reprezentacja w innej dziedzinie, na przykład w dziedzinie częstotliwości, pozwala m.in. na analizę właściwości częstotliwościowych sygnału. Proces przekształcenia sygnału do innej dziedziny jest nazywany transformacją.

Jedną z najbardziej znanych transformacji jest przekształcenie Fouriera, nazwane tak na cześć Jeana-Baptiste Josepha Fouriera<sup>1</sup>. Transformacja ta umożliwia przekształcenie sygnału w dziedzinie czasu do reprezentacji sygnału w dziedzinie częstotliwości. Reprezentacją częstotliwościową sygnału nazywany jest wynik przekształcenia Fouriera. W ten sposób można wyekstrahować informację m.in. o dominującej częstotliwości obecnej w sygnale, a więc odpowiedzieć na pytanie, jak często rejestrowane zjawisko powtarza się. Procedurę transformacji Fouriera można zobrazować następująco: sygnał w dziedzinie czasu jest przedstawiany (zazwyczaj) za pomocą nieskończonej sumy funkcji sinus i cosinus o różnych częstotliwościach i amplitudach. W dużym uproszczeniu można powiedzieć, iż wysoka wartość amplitudy w reprezentacji częstotliwościowej dla zadanej wartości częstotliwości oznacza, iż sygnał powtarza się z tą częstotliwością.

Innym typem transformacji jest przekształcenie falkowe. Podobnie jak w przypadku transformacji Fouriera analizowany sygnał jest przedstawiany w postaci sumy innych funkcji bazowych (sinus i cosinus w przypadku przekształcenia Fouriera). Funkcje bazowe transformacji falkowej różni od tych stosowanych w transformacji Fouriera to, że nie reprezentują pojedynczej częstotliwości, tak jak funkcje sinusoidalne, ale pewien ich zakres. Ta cecha powoduje, iż jednocześnie do informacji o pewnym zakresie częstotliwości posiada się również wiedzę o lokalizacji wystąpienia takiego zakresu częstotliwości w danym przedziale czasu. Dla zobrazowania problemu posłużymy się przykładem mowy ludzkiej. Wypowiadając dany wyraz, np. „pies”, możemy zauważyć, że każda głoska charakteryzuje się inną częstotliwością drgań aparatu mowy (m.in. dlatego różnią się od siebie). Zmiana zestawu częstotliwości zachodzi w miarę upływu wypowiedzania tego słowa w czasie. W takich przypadkach, kiedy zakres dominujących częstotliwości zmienia się w trakcie upływu czasu, transformacja falkowa może zostać z powodzeniem wykorzystana do analizy sygnałów.

Transformacje sygnału umożliwiają analizę własności sygnałów, ale mogą również posłużyć m.in. do kompresji danych – zmniejszenia objętości danych przy zachowaniu porównywalnej ilości informacji. W ten sposób można na przykład zapisać dużą liczbę utworów muzycznych za pomocą popularnego formatu MP3 (ang. *MPEG Audio Layer III*) lub

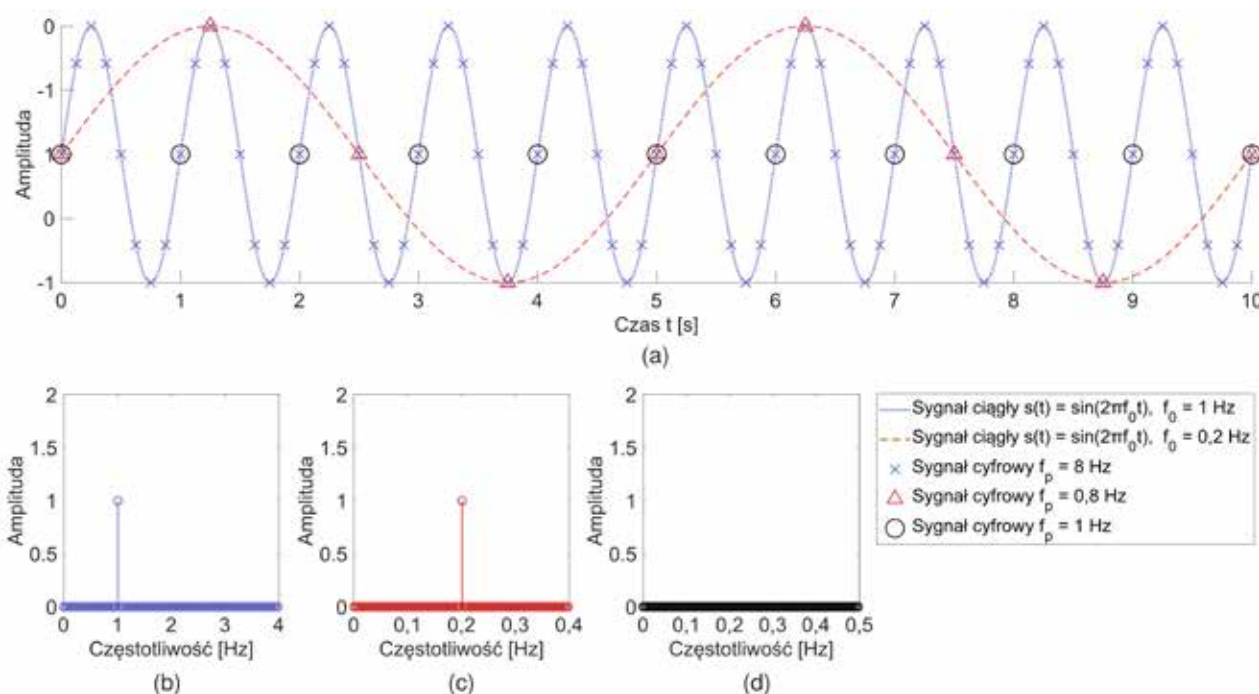
<sup>1</sup> Jean-Baptiste Joseph Fourier (ur. 1768, zm. 1830) – francuski matematyk i fizyk, znany z prac nad zagadnieniami wymiany ciepła oraz teorią funkcji rzeczywistych. Pokazał, w jaki sposób przewodnictwo cieplne ciał stałych może być analizowane za pomocą ciągów nieskończonych funkcji sinus i kosinus [3].

fotografii za pomocą formatu JPEG (ang. *Joint Photographic Experts Group*), bądź zmniejszyć czas potrzebny do transmisji danych na odległość.

Dyskretyzacja sygnału w ujęciu klasycznym podlega ściśle określonym regułom. Proces próbkowania musi spełniać tzw. twierdzenie o próbkowaniu, nazywane również twierdzeniem Nyquista-Shannona<sup>2,3</sup>. Sygnały powinny być próbkowane w taki sposób, aby istniała możliwość ich wiernego odtworzenia z ciągu wartości. Jeśli kolejne wartości będą pobierane zbyt rzadko, wtedy pominiemy informację o składowych o wyższych częstotliwościach występujących w sygnale, a rekonstrukcja nie będzie przypominać sygnału sprzed procesu dyskretyzacji. Prawidłowe próbkowanie jest powiązane z informacją zawartą w widmie częstotliwościowym sygnału, czyli informacją o częstotliwościach obecnych w oryginalnym sygnale. Często taką informację znamy jeszcze przed procesem dyskretyzacji lub też ograniczamy widmo poprzez zastosowanie uprzedniej filtracji, czyli

zniwelowania obecności niektórych częstotliwości w widmie sygnału.

Twierdzenie o próbkowaniu mówi nam o tym, że częstotliwość próbkowania powinna być co najmniej dwa razy większa w stosunku do najwyższej częstotliwości występującej w widmie sygnału, tzw. częstotliwości Nyquista. Odwrotnością częstotliwości próbkowania ( $f_p$ ) jest tzw. okres próbkowania  $\Delta T$  ( $\Delta T = 1/f_p$ ). Proces dyskretyzacji powoduje powstanie kopii widma sygnału umieszczonych w odległościach równych wielokrotności częstotliwości próbkowania [7]. Jeśli ta częstotliwość została dobrana prawidłowo, to kolejne kopie widma nie nakładają się na siebie. Innymi słowy poszczególne częstotliwości w widmie sygnału reprezentowane są w sposób jednoznaczny. Natomiast kiedy częstotliwość próbkowania jest zbyt niska, kolejne kopie widma zaczynają nachodzić na siebie. W tym przypadku nie ma możliwości rozróżnienia poszczególnych składowych widma od siebie. Powoduje to powstanie tzw. zjawiska aliasingu



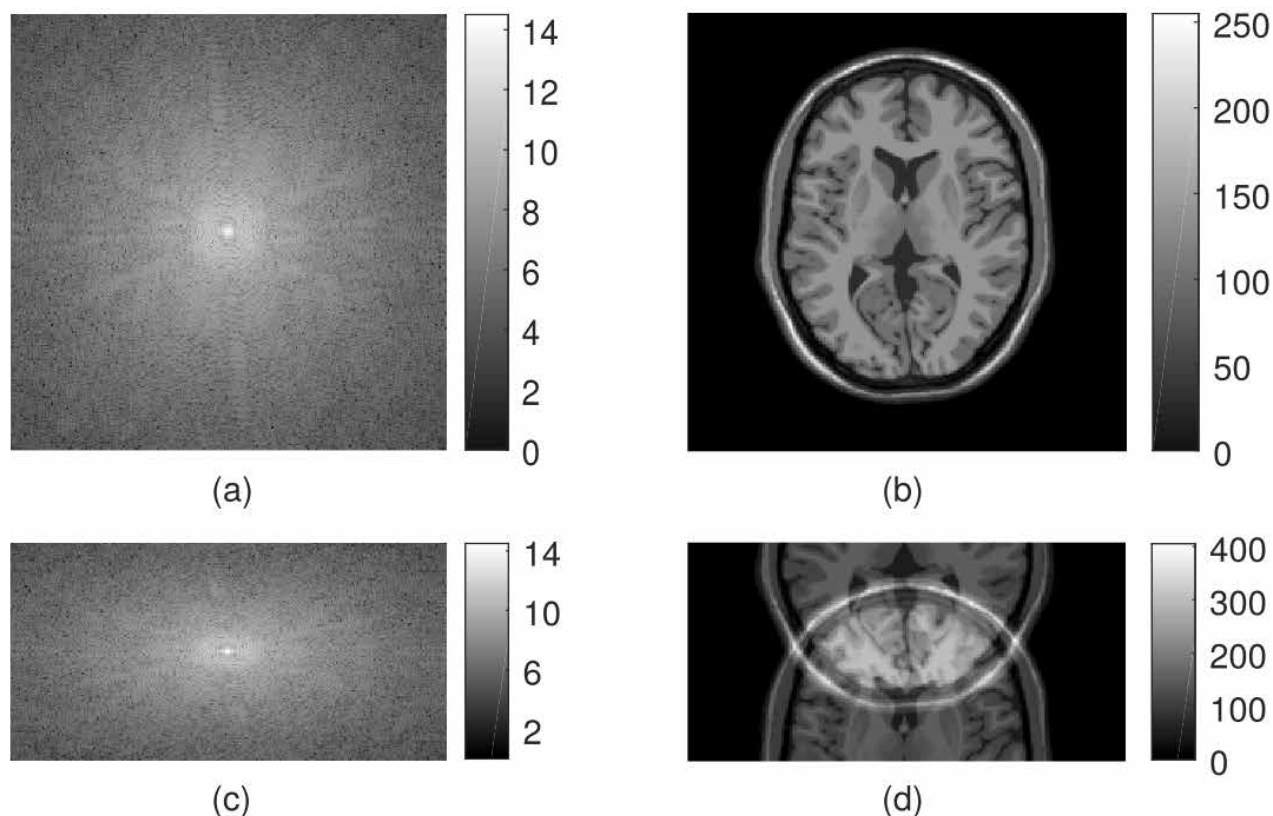
**Ryc. 3.** Próbkowanie i rekonstrukcja sygnału sinusoidalnego  $s(t) = \sin(2\pi f_0 t)$  oraz reprezentacja częstotliwościowa zrekonstruowanych sygnałów: (a, b) próbkowanie z częstotliwością  $f_p = 8$  Hz pozwala poprawnie zrekonstruować sygnał sinusoidalny o zadanej częstotliwości  $f_0 = 1$  Hz, (a, c) próbkowanie z częstotliwością  $f_p = 0,8$  Hz doprowadza do zjawiska aliasingu (zrekonstruowany został sygnał o częstotliwości  $f_0 = 0,2$  Hz), (a, d): próbkowanie z częstotliwością  $f_p = 1$  Hz w tym szczególnym przypadku skutkuje sygnałem o amplitudzie równej zero.

<sup>2</sup> Harry Nyquist (ur. 1889, zm. 1976) – amerykański fizyk i inżynier, autor teoretycznych i praktycznych podwalin telekomunikacji. W roku 1928 opublikował pracę „Certain Topics in Telegraph Transmission Theory”, w której wykazał, że częstotliwość próbkowania sygnału analogowego musi być przynajmniej dwa razy większa niż najwyższa składowa częstotliwościowa w sygnale. Nyquist pracował nad wieloma innymi zagadnieniami, w tym nad matematycznym wyjaśnieniem szumu termalnego, nazywanego dzisiaj szumem Nyquista [3].

<sup>3</sup> Claude Shannon (ur. 1916, zm. 2001) – amerykański matematyk i inżynier, autor podstaw teorii informacji, układów cyfrowych oraz matematycznego modelu komunikacji. Shannon zasłynął ze swojej pracy magisterskiej pt. „A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits”, w której zdefiniował podstawy układów cyfrowych używając algebry Boole'a [3].

w dziedzinie czasu (Ryc. 3) lub reprezentacji przestrzennej sygnału (Ryc. 4). Przyjrzyjmy się dla przykładu dwóm sygnałom sinusoidalnym przedstawionym na ryc. 3. Oryginalny sygnał cechuje się ściśle określoną częstotliwością (częstotliwość sinusoidy  $f_0 = 1$  Hz; sygnał niebieski), a więc punkty w takiej samej fazie są oddalone od siebie o długość okresu

Kiedy sygnał zawiera wiele różnych składowych, te o częstotliwościach wyższych od częstotliwości Nyquista nie są wiernie odtwarzane, co w konsekwencji skutkuje znacznym zniekształceniem sygnału. Na ryc. 4a oraz 4b zestawiono odpowiednio sygnał uzyskany metodą obrazowania rezonansem magnetycznym próbkowany zgodnie z twierdzeniem Nyquista-



**Ryc. 4.** Zjawisko aliasingu dla sygnału uzyskanego metodą obrazowania rezonansem magnetycznym: (a) sygnał prawidłowo próbkowany w dziedzinie częstotliwości oraz (b) jego rekonstrukcja za pomocą dwuwymiarowego odwrotnego przekształcenia Fouriera, (c) sygnał w dziedzinie częstotliwości został zarejestrowany z pominięciem co drugiej próbki w kierunku kodowania fazy (oś pionowa), a następnie (d) poddany odwrotnemu przekształceniu Fouriera uwidoczniając zjawisko aliasingu w kierunku kodowania fazy.

sygnału. Jeżeli próbki będą pobierane zbyt rzadko, wówczas istnieje możliwość rekonstrukcji sinusoidy o niższej częstotliwości w stosunku do pierwotnego sygnału (zrekonstruowano sinusoidę o częstotliwości  $f_0 = 0,2$  Hz; sygnał czerwony). Próbkowanie sygnału z częstotliwością 1 Hz w tym przypadku doprowadzi do pobrania próbek sygnału o wartościach zerowych. Jednakże w sytuacji, kiedy faza zarejestrowanej próbki byłaby niezerowa, na widmie pojawi się prążek dla częstotliwości równej zero, o amplitudzie zależnej od wartości sygnału w tym punkcie – zrekonstruowany zostanie sygnał stały o takiej wartości. To pokazuje, iż dobór częstotliwości próbkowania jest kluczowy podczas akwizycji danych. Do poprawnej rekonstrukcji sygnału z ryc. 3 powinniśmy więc zastosować próbkowanie większe od wartości  $f_p = 2$  Hz.

-Shannona oraz sygnał poprawnie zrekonstruowany za pomocą odwrotnego przekształcenia Fouriera. Dla porównania na ryc. 4c i 4d przedstawiono sygnał podpróbkowany z pominięciem co drugiej próbki w kierunku kodowania fazy (twierdzenie o próbkowaniu nie jest zatem spełnione) oraz zrekonstruowany, przedstawiający zjawisko aliasingu w kierunku kodowania fazy.

### Próbkowanie niejednorodne i rzadka reprezentacja sygnału

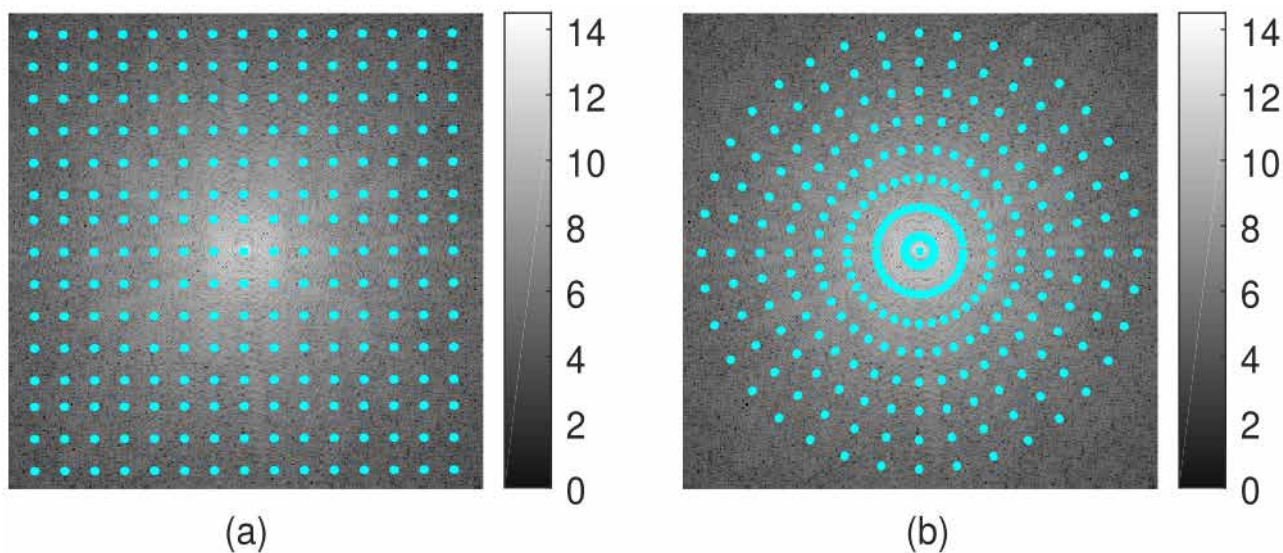
W tradycyjnym podejściu do dyskretyzacji sygnału próbki są pobierane w jednakowych odstępach czasowych, ściśle określonych przez twierdzenie o próbkowaniu. Jednakże w związku z ograniczeniami

tego podejścia opracowana została nowa technika, nazywana powszechnie próbkowaniem oszczędnym (ang. *compressed sensing*), która diametralnie różni się od metody konwencjonalnej. W przeciwieństwie do klasycznej dyskretyzacji kolejne wartości sygnału są pobierane w sposób niejednorodny, a liczba próbek jest znacznie mniejsza w stosunku do tradycyjnej metody [2, 6]. W ten sposób można zaoszczędzić pamięć nośnika cyfrowego bądź przyspieszyć akwizycję sygnałów, które wymagają długiego czasu pomiaru.

Próbkowanie oszczędne jest często porównywane do konwersji. Mniej znaczące dane są pomijane, przez co ich objętość ulega zmniejszeniu. Jednakże konwersja wymaga sygnału próbkowanego metodą klasyczną, który następnie jest brany „pod lupę” w celu

równoznaczny ze zwiększoną liczbą próbek reprezentujących komponenty sygnału o niskich częstotliwościach w stosunku do zmniejszonej liczby próbek reprezentujących wyższe częstotliwości (np. szum).

Ta nowatorska technika pozwala skrócić czas m.in. obrazowania metodą rezonansu magnetycznego [6]. Technologia w tej dziedzinie rozwinęła się już na tyle, że czas akwizycji jest zdeterminowany bezpieczeństwem pacjenta oraz samą fizyką pomiaru. Stosowanie próbkowania oszczędnego pozwala ominąć te ograniczenia i tym samym jeszcze bardziej przyspieszyć badanie i skrócić czas przebywania pacjenta w ciasnym i głośnym otoczeniu. Obecnie technika próbkowania oszczędnego jest intensywnie rozwijana w kontekście wielu różnorodnych zastosowań,



**Ryc. 5.** Przykłady próbkowania sygnału rezonansu magnetycznego (miejscza próbkowania sygnału oznaczono kropkami o kolorze cyjanowym): (a) próbkowanie jednorodne z zachowaniem twierdzenia o próbkowaniu oraz (b) próbkowanie niejednorodne. Dla przejrzystości rysunku pominięto część próbek, jednak schematy próbkowania pozostały bez zmian.

usunięcia informacji o bardzo niskim lub zerowym wkładzie do sygnału. W próbkowaniu oszczędnym ten etap jest już stosowany w czasie akwizycji. Na podstawie doświadczenia oraz informacji ogólnych o sygnale w pierwszej kolejności ustalony zostaje schemat próbkowania, czyli postępowanie, w jaki sposób będzie wykonywana dyskretyzacja. Następnie znając rozłożenie próbek w czasie (lub przestrzeni) dokonywana jest rekonstrukcja. Na ryc. 5 zestawiono standardowo stosowane próbkowanie z wykorzystaniem kartezjańskiej siatki w dziedzinie czasu oraz próbkowanie nierównomierne na siatce radialnej na przykładzie dwuwymiarowego sygnału uzyskanego w metodzie obrazowania rezonansem magnetycznym. Gęstość próbkowania nierównomiernego tego sygnału zmniejsza się wraz z oddalaniem się od punktu centralnego. Taki schemat próbkowania jest

w których dane cechują się dużą objętością, a czas akwizycji jest stosunkowo długi. W celu prawidłowego zastosowania techniki próbkowania oszczędnego musi zostać spełniony szereg wymagań, do których należy zaliczyć [6]:

1. rzadką reprezentację sygnału w pewnej dziedzinie,
2. niską koherencję między dziedziną, w której dokonywana jest akwizycja, a dziedziną, w której sygnał ma rzadką reprezentację,
3. nieliniowe metody rekonstrukcji.

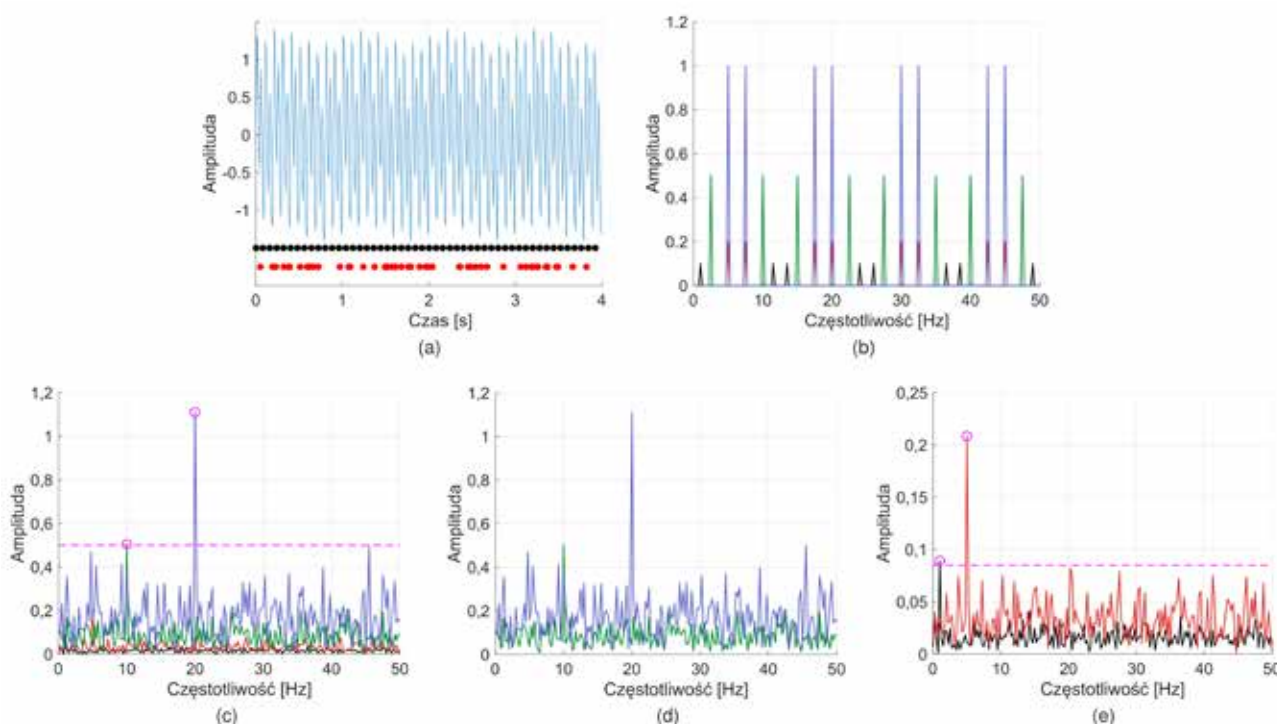
W następnej części artykułu poszczególne wymagania zostaną pokrótce omówione.

Jak już wcześniej wspomniano, sygnał może zostać reprezentowany w różny sposób w zależności od zastosowań. Dla liczby próbek mniejszej niż wymaga to twierdzenie o próbkowaniu, rekonstrukcja w tej

samej dziedzinie, w której próbki są pobierane, nie prowadzi do zadowalających rezultatów. Dlatego też do rekonstrukcji brakujących wartości stosowane jest przekształcenie sygnału do innej dziedziny, np. przy pomocy transformacji Fouriera bądź transformacji falkowej. Termin *rzadka reprezentacja sygnału* oznacza, iż liczba wartości sygnału znacznie większych od zera w tej dziedzinie jest niewielka i pominięcie części danych powoduje niewidoczne zniekształcenia sygnału. Podsumowując, w czasie akwizycji rejestrowana jest mniejsza liczba próbek niż wynika to z twierdzenia o próbkowaniu, a następnie sygnał jest przekształcany do dziedziny, w której posiada rzadką reprezentację (Ryc. 6a). Przekształcony sygnał

przez odwrotną transformację i powraca do pierwotnej dziedziny.

Drugim wymaganiem próbkowania oszczędnego jest niska koherencja między dziedziną, w której dokonywana jest akwizycja, a dziedziną, w której sygnał ma rzadką reprezentację [2, 6]. Oznacza to, że przekształcone artefakty, powstające podczas niedostatecznego próbkowania w ujęciu twierdzenia o próbkowaniu, w rzadkiej reprezentacji sygnału przypominają szum (Ryc. 6c). Koherencja mówi o rozproszeniu informacji o danym współczynniku rzadkiej reprezentacji między próbkami zarejestrowanego sygnału. Im niższa koherencja, w tym większej liczbie próbek obecna jest energia pochodząca od



**Ryc. 6.** Technika próbkowania oszczędnego na przykładzie sygnału sinusoidalnego będącego superpozycją czterech składowych sinusoidalnych odpowiednio o częstotliwościach 1 Hz, 5 Hz, 10 Hz oraz 20 Hz: (a) sygnał okresowy poddawany próbkowaniu jednorodnemu przy niespełnionym twierdzeniu o próbkowaniu (miejscza próbkowania oznaczone czarnymi punktami) oraz niejednorodnemu (czerwone punkty), (b) artefakty powstałe w wyniku rekonstrukcji sygnału na podstawie próbkowania jednorodnego (komponenty sygnału zostały powielone w reprezentacji częstotliwościowej), (c) sygnał zrekonstruowany na podstawie danych próbkowanych niejednorodnie oraz progowanie składowych o największych wartościach, (d) wpływ progowanych komponentów na reprezentację częstotliwościową oraz (e) odjęcie wpływu progowanych komponentów od reprezentacji częstotliwościowej i kolejne progowanie największych składowych z pozostałej reprezentacji.

również posiada artefakty związane z niedostateczną gęstością próbek, jednakże ze względu na stosunkowo niewielką liczbę składowych znacznie większych od zera istnieje możliwość ich wyekstrahowania spośród zakłóceń przy pomocy odpowiednich algorytmów. Składowe o niewielkich wartościach nie wnoszą istotnej informacji, dlatego ich pominięcie nie przynosi znacznej szkody w postaci utraty jakości sygnału. Po rekonstrukcji sygnał jest przekształcany

danego współczynnika. To powoduje, iż istnieje możliwość pominięcia odpowiedniej liczby próbek przy zachowaniu szcztkowej informacji o danym współczynniku, którą następnie można w pewnym stopniu zrekonstruować wykorzystując odpowiednie narzędzia. Gdy podpróbkowanie (niedostateczne próbkowanie w ujęciu twierdzenia o próbkowaniu) zachodzi w sposób jednorodny, zakłócenia z takiego sposobu akwizycji powodują brak jednoznacznego odróżnienia

składowych prawidłowych od artefaktów, co jest typowe dla zjawiska aliasingu (Ryc. 6b). Dlatego próbkowanie najczęściej odbywa się w sposób niejednorodny, a odstępy pomiędzy kolejnymi próbkami są dobierane losowo, co zapewnia najniższą możliwą koherencję. Takie podejście powoduje, że artefakty obecne w przetransformowanym sygnale mają również charakter pseudolosowy, z którymi można sobie poradzić podczas rekonstrukcji. Czasami próbkowanie w sposób losowy jest utrudnione ze względu na ograniczenia sprzętowe, dlatego projektowane są specjalne schematy akwizycji zależne od sygnału, a ich zadaniem jest minimalizacja koherencji.

Ostatnim filarem poprawnego próbkowania oszczędnego są nieliniowe metody rekonstrukcji [2, 6]. Celem rekonstrukcji jest uzyskanie większej liczby próbek niż posiadamy, w związku z czym nie ma możliwości zastosowania klasycznych liniowych metod (na przykład metody najmniejszych kwadratów), które z kolei wymagają większej ilości informacji. Ze względu na transformację sygnału do jego rzadkiej reprezentacji rekonstrukcja odbywa się w tej dziedzinie. Podpróbkowanie powoduje, że układ równań, który trzeba rozwiązać w celu rekonstrukcji sygnału, jest nieokreślony, czyli posiada więcej niewiadomych niż równań. Takie problemy mają nieskończoną liczbę rozwiązań, dlatego poszukiwania prawidłowego rozwiązania należy znacznie zawęzić. W czasie rekonstrukcji priorytetowo traktuje się takie rozwiązania, które są rzadkie, a więc liczba współczynników znacznie większych od zera jest stosunkowo mała w porównaniu do całkowitej liczby próbek. Algorytmy rekonstruujące spośród współczynników przekształconego sygnału szukają tych o największej amplitudzie (Ryc. 6c). Następnie obliczają wpływ danej składowej na widmo podpróbkowanego sygnału (Ryc. 6d) i go odejmują (Ryc. 6e). W ten sposób poszukiwana jest następna największa składowa i kolejne kroki są powtarzane. Celem takiej metody rekonstrukcji jest uzyskanie jak najmniejszej sumy całkowitej wszystkich współczynników transformaty, co oznacza, że reprezentacja sygnału jest możliwie najbardziej rzadka.

Podczas kolejnych kroków algorytmu, oprócz poszukiwania najrzadszej możliwej reprezentacji podpróbkowanego sygnału, istnieje również drugi warunek, który cały czas należy mieć na uwadze – zgodność rekonstrukcji z danymi pochodzącymi z akwizycji. Proces rekonstrukcji powoduje, iż kolejne aproksymacje różnią się od pierwotnego podpróbkowanego sygnału. W każdej kolejnej iteracji algorytmu w czasie wyznaczania wartości brakujących próbek sygnał ulega zniekształceniu. Dlatego

podczas obliczania kolejnych przybliżeń rozwiązania układu sprawdzany jest również warunek zgodności rekonstrukcji z danymi pochodzącymi z akwizycji. Jeśli różnica między rekonstrukcją a sygnałem oryginalnym jest względnie mała, jak również suma współczynników sygnału w rzadkiej reprezentacji jest niska, algorytm kończy swoje działanie. Istnieje wiele różnorodnych wariantów algorytmów wykorzystywanych do rekonstrukcji. Różnią się między sobą przede wszystkim szybkością działania, dokładnością rozwiązania oraz możliwością ich zastosowania do różnego rodzaju warunków, np. rodzaju zastosowanych transformacji, różnych metod obrazowania. Dlatego w zależności od problemu należy posłużyć się odpowiednim algorytmem.

Stosowanie metody próbkowania oszczędnego może w zauważalnym stopniu skrócić czas potrzebny do akwizycji sygnału, jak ma to miejsce między innymi w przypadku obrazowania metodą rezonansu magnetycznego. W czasie skanowania pacjent wykonuje mimowolne ruchy, takie jak oddychanie czy przepływ krwi w naczyniach krwionośnych. Ruchy te mają znaczny wpływ na jakość rejestrowanych danych. W szczególności w przypadku obrazowania dyfuzji cząsteczek wody, które mają stosunkowo niewielkie przemieszczenia, każde takie zakłócenie może znacząco zniekształcić wyniki ilościowe badania. Razem ze zwiększeniem komfortu pacjenta w czasie badania oraz krótszym czasem przebywania w tubie skanera, stosowanie próbkowania oszczędnego jest jak najbardziej uzasadnione.

### **Obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego**

Obrazowanie metodą jądrowego rezonansu magnetycznego, na podstawie którego pokażemy przykład zastosowania techniki próbkowania oszczędnego, jest możliwe dzięki magnetycznym właściwościom materii. Każdy atom składa się z powłoki elektronowej oraz jądra, które charakteryzują się spinem jądrowym. Pojęcie spinu można zobrazować poprzez analogię do małego magnesu – jeżeli jądro posiada nieparzystą liczbę protonów lub neutronów, wtedy można go przedstawić jako magnes. Jądro wodoru  $^1\text{H}$  może przyjmować dwa stany energetyczne, obrazowane jako ustawienie magnesu wzdłuż linii pola magnetycznego bądź przeciwnie do niego. Po zastosowaniu silnego zewnętrznego stałego pola magnetycznego spiny, początkowo ułożone chaotycznie, zaczynają się porządkować. Jeżeli będziemy rozpatrywać obrazowany obiekt jako zbiór małych sześciątów, wtedy wypadkowa spinów w takiej objętości jest nazywana momentem magnetycznym (magnetyzacją). W przypadku działania tylko

zewnętrznego stałego pola, składowa podłużna (wzdłuż osi zewnętrznego pola magnetycznego) momentu magnetycznego jest maksymalna, natomiast składowa poprzeczna wynosi zero.

W kolejnym kroku stosowany jest krótki impuls elektromagnetyczny o częstotliwości zależnej od obrazowanych jąder oraz indukcji pola magnetycznego, aby wytrącić wypadkową magnetyzację z położenia równowagi, jednakże w ściśle określony sposób. Składowa podłużna momentu magnetycznego wówczas maleje, a składowa poprzeczna zaczyna rosnąć. Po ustaniu działania impulsu elektromagnetycznego poszczególne momenty magnetyczne wracają do położenia równowagi w podobny sposób, jak zachowuje się zabawka dla dzieci – bąk. Gdy bąk zostanie wprawiony w ruch obrotowy wokół własnej osi, a iglica, poprzez którą styka się z podłożem, zostanie unieruchomiona w miejscu, popchnięcie bąka powoduje jego poruszanie się tzw. ruchem precesyjnym. Jest to złożenie dwóch ruchów obrotowych – wokół własnej osi oraz osi pionowej przechodzącej przez punkt zetknięcia iglicy z podłożem. Kąt odchylenia od pionu zaczyna się zmniejszać, aż bąk (moment magnetyczny) znowu ułoży się pionowo (wzdłuż linii stałego pola magnetycznego). Szybkość ruchu obrotowego wokół osi pionowej jest charakterystyczna dla każdego jądra, dla ustalonej siły pola magnetycznego, a częstotliwość obrotu jest nazywana częstotliwością Larmora  $f_l$  daną wzorem:

$$f_l = \frac{\gamma}{2\pi} B_0$$

gdzie  $\gamma$  jest stałą żyromagnetyczną charakterystyczną dla każdego pierwiastka,  $B_0$  jest wartością indukcji pola magnetycznego.

Precesujące momenty magnetyczne są źródłem zmiennego pola magnetycznego, co w związku z prawem Faradaya indukuje w cewce odbiorczej zmienny prąd o amplitudzie zależnej od początkowego namagnesowania oraz kąta wychylenia momentu magnetycznego. Czasy powrotu, tzw. czasy relaksacji, składowej podłużnej (czas  $T_1$ ) i poprzecznej (czas  $T_2$ ) do wartości początkowej są charakterystyczne dla badanej tkanki, np. istoty białej i szarej mózgu. W ten sposób mierząc prąd indukowany w cewce odbiorczej można ustalić czasy relaksacji w poszczególnych regionach badanego obiektu oraz różnicować tkanki. Dzięki temu można pokazać, co znajduje się wewnątrz ludzkiego organizmu w sposób nieinwazyjny, bez przerywania ciągłości powłok skórnych pacjenta.

Akwizycja sygnału, z którego następnie może zostać zrekonstruowana na przykład struktura anatomiczna mózgu, jest możliwa dzięki ściśle określonej częstotliwości fali elektromagnetycznej, która może

wytrącić momenty magnetyczne ze stanu równowagi. Ta częstotliwość jest taka sama, jak częstotliwość ruchu precesyjnego momentów magnetycznych po wytrąceniu z położenia równowagowego, czyli równa częstotliwości Larmora. Częstotliwość ta jest zależna nie tylko od jądra atomowego, ale też od indukcji pola magnetycznego, dlatego odpowiednio sterując polem magnetycznym można wybierać fragmenty obrazowanego obiektu.

Rejestrowany sygnał jest wynikiem zsumowania wszystkich ruchów precesyjnych momentów magnetycznych w obrazowanym obiekcie. Dlatego w zależności od pożądanej rozdzielczości obrazu wykonuje się nawet do kilkuset takich akwizycji. W przypadku niektórych typów obrazowań, np. obrazowania dyfuzji, całkowity czas skanowania jest stosunkowo długi. Aby przyspieszyć proces zaczęto stosować technikę próbkowania oszczędnego, w której pomijana jest znacząca ilość informacji. Przez zastosowanie odpowiednich przekształceń sygnału oraz algorytmów rekonstruujących „brakujące” próbki można w dostrzegalny sposób skrócić czas badania, przy minimalnym zniekształceniu obrazu.

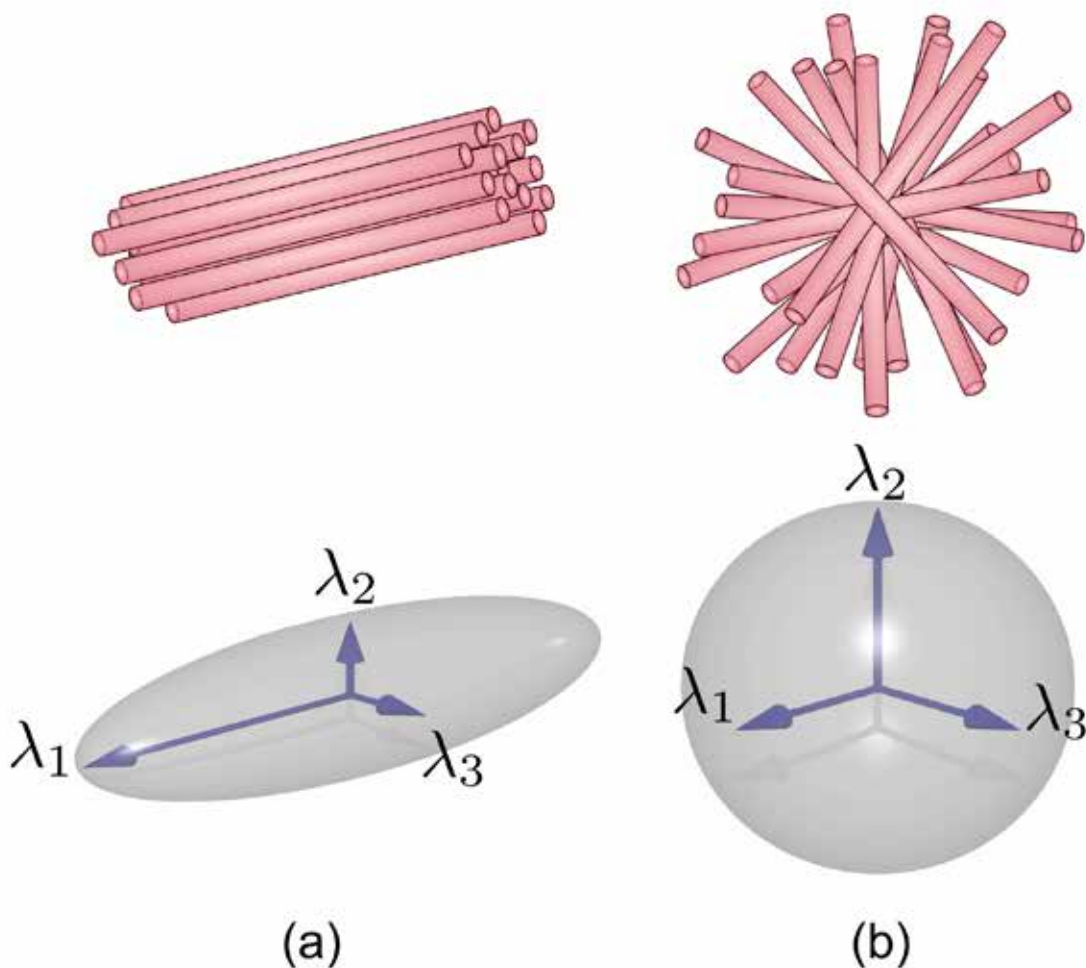
Sygnał w obrazowaniu metodą rezonansu magnetycznego jest zapisywany w tzw. przestrzeni  $k$ , co przedstawiono na ryc. 1c. Każdy punkt przestrzeni  $k$  niesie informację o obecności oraz wkładzie danej częstotliwości przestrzennej w obrazie. Analogicznie jak w przypadku częstotliwości czasowej, mówiącej o powtarzalności zjawiska w czasie, np. bicia serca, częstotliwość przestrzenna informuje o powtarzalności pewnego wzorca przestrzennego, np. obszaru o jednakowej jasności na obrazie, bądź gwałtownej zmianie wartości piksela z jasnej na ciemną (lub odwrotnie) w przypadku krawędzi. Zastosowanie odwrotnego przekształcenia Fouriera na danych zapisanych w przestrzeni  $k$  powoduje uzyskanie obrazu struktur badanego obiektu, np. mózgu oraz tkanek go otaczających.

### Obrazowanie dyfuzji metodą rezonansu magnetycznego próbkowane oszczędnie

Innym sposobem wykorzystania zjawiska jądrowego rezonansu magnetycznego jest badanie dyfuzyjne umożliwiające określenie, w jaki sposób cząsteczki wody w danym obszarze ulegają przemieszczeniu. Dyfuzja cząsteczek wody jest zależna od obecności błon komórkowych, które ograniczają swobodny przepływ płynów. Obrazowanie dyfuzji przy wykorzystaniu metody rezonansu magnetycznego pozwala na wyznaczenie składowych tensora dyfuzji DT (ang. *Diffusion Tensor*), który informuje o tym,

w jakim stopniu oraz w jakim kierunku cząsteczki wody dyfundują [1, 4]. W przypadku obszarów o silnej kierunkowości (medium anizotropowe) dyfuzji tensor geometrycznie reprezentowany jest przez elipsoidę z wyraźnie dłuższą półosią równoległą do kierunku włókien badanego medium w porównaniu do pozostałych dwóch półosi (Ryc. 7a). Taka kierunkowość dyfuzji cząsteczek wody występuje m.in. w obszarach istoty białej mózgu oraz rdzenia kręgowego. Kiedy dyfuzja jest ograniczona przez struktury

w nowym położeniu cząsteczki. Na potrzeby obrazowania dyfuzji konieczne jest zastosowanie co najmniej sześciu gradientów dyfuzyjnych oraz jednego obrazu referencyjnego, przy zerowej wartości gradientu dyfuzyjnego. W przypadku nowoczesnych metod obrazowania dyfuzji liczba gradientów jest znacznie większa i może dochodzić nawet do kilkuset, dlatego czas badania ulega znacznemu wydłużeniu. W celu skrócenia czasu skanowania jedną z możliwości jest zastosowanie techniki próbkowania



**Ryc. 7.** Reprezentacja własności medium za pomocą tensora dyfuzji: (a) medium kierunkowe (anizotropowe) reprezentowane przez elipsoidę z wyraźnie dłuższą półosią  $\lambda_1$  w stosunku do pozostałych półosi  $\lambda_2$  i  $\lambda_3$  oraz (b) medium izotropowe reprezentowane przez sferę (długości trzech półosi w przypadku idealnym są równe  $\lambda_1=\lambda_2=\lambda_3$ ).

o różnej kierunkowości (medium izotropowe), tensor przyjmuje kształt kulisty – dyfuzja zachodzi w jednakowym stopniu w każdym kierunku (Ryc. 7b).

Z obrazowaniem dyfuzji są związane dodatkowe gradienty pola magnetycznego, które pozwalają na oszacowanie kierunku przemieszczenia się cząsteczek wody [5]. Jeżeli cząsteczka wody wprawiona w ruch precesyjny przemieści się w kierunku aplikacji gradientu, rejestrowany sygnał ulega osłabieniu ze względu na różnice w częstotliwości Larmora

oszczędniego.

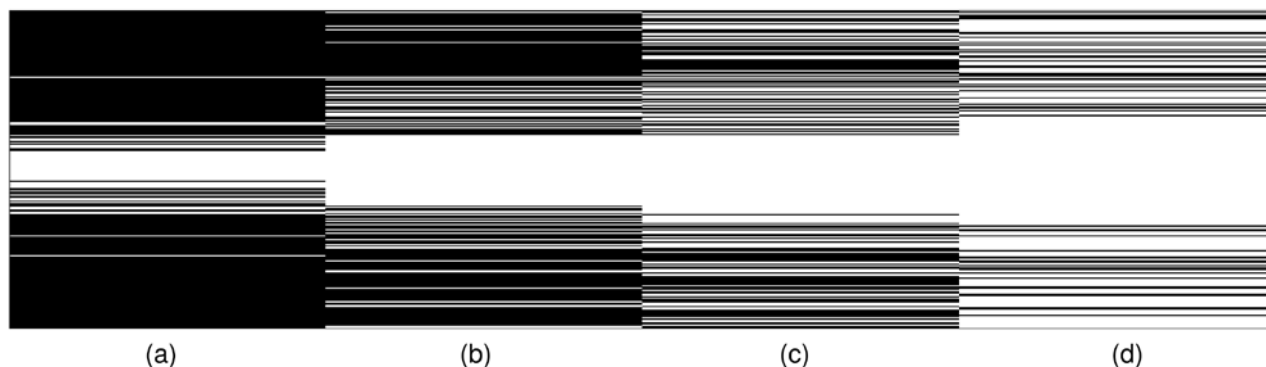
Poniżej zaprezentowano pokrótce schemat wykorzystania techniki próbkowania oszczędniego w obrazowaniu dyfuzyjnym mózgu metodą rezonansu magnetycznego. Metoda rekonstrukcji danych dyfuzyjnych wykorzystuje wiele kanałów odbiorczych i składa się z trzech zasadniczych etapów.

W pierwszym z nich dane próbkowane niejednorodnie w przestrzeni  $k$  są przekształcane do dziedziny przestrzennej za pomocą wspomnianej już transfor-

macji Fouriera, po uprzednim wypełnieniu brakujących próbek zerami. Najwięcej próbek rejestruje się w obszarze o niskich częstotliwościach, gdyż tam znajduje się najwięcej informacji o skanowanym obiekcie. Gęstość próbkowania zmniejsza się w kierunku kodowania fazy w stronę obszarów o wyższych częstotliwościach w taki sposób, aby osiągnąć jak najmniejszą koherencję (Ryc. 8).

cone przez proces próbkowania niejednorodnego.

W ostatnim etapie z tak zrekonstruowanych obrazów metodą najmniejszych kwadratów szacowane są parametry tensorów dyfuzji i obliczane miary informujące o stopniu oraz kierunkowości dyfuzji wody w tkankach. Najczęściej spotykanymi miarami są anizotropia frakcjonowana FA (ang. *fractional anisotropy*) oraz średnia dyfuzyjność MD (ang. *mean dif-*

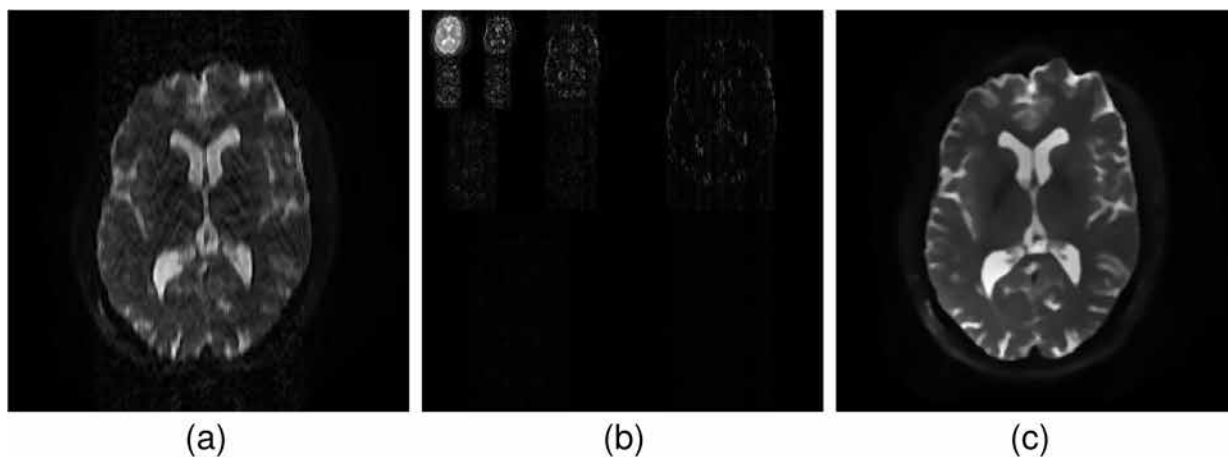


**Ryc. 8.** Przykłady niejednorodnego próbkowania sygnału rezonansu magnetycznego w kierunku kodowania fazy. Białe linie przedstawiają miejsca próbkowania sygnału w porównaniu z czarnymi obszarami oznaczającymi pominięte pomiary. Kolejne schematy próbkowania wykazują odpowiednio (a) 19,5%, (b) 39,5%, (c) 59,4% oraz (d) 79,7% pokrycia przestrzeni częstotliwości zarejestrowanymi danymi.

Drugi etap jest zasadniczą częścią wykorzystującą rekonstrukcję na podstawie danych próbkowanych oszczędnie. Poszczególne obrazy dyfuzyjne są przekształcane do dziedziny falkowej, w której posiada-

*fusivity*), dane odpowiednio formułami [4, 5]:

$$FA = \sqrt{\frac{1}{2} \frac{\sqrt{(\lambda_1 - \lambda_2)^2 + (\lambda_2 - \lambda_3)^2 + (\lambda_1 - \lambda_3)^2}}{\lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2}}$$



**Ryc. 9.** (a) Artefakty pseudolosowe powstałe w wyniku podpróbkowania sygnału rezonansu magnetycznego w sposób niejednorodny, (b) reprezentacja falkowa zrekonstruowanego obrazu, (c) zrekonstruowany finalny obraz.

ją rzadką reprezentację (Ryc. 9). Dzięki nieliniowej metodzie gradientów sprzężonych dokonywana jest rekonstrukcja najbardziej znaczących współczynników, przy zachowaniu jak największej zgodności z danymi pochodzącymi ze skanera. Po zakończeniu działania algorytmu optymalizacyjnego dokonywane jest odwrotne przekształcenie falkowe i otrzymywane są obrazy dyfuzyjne w minimalnym stopniu zniekształ-

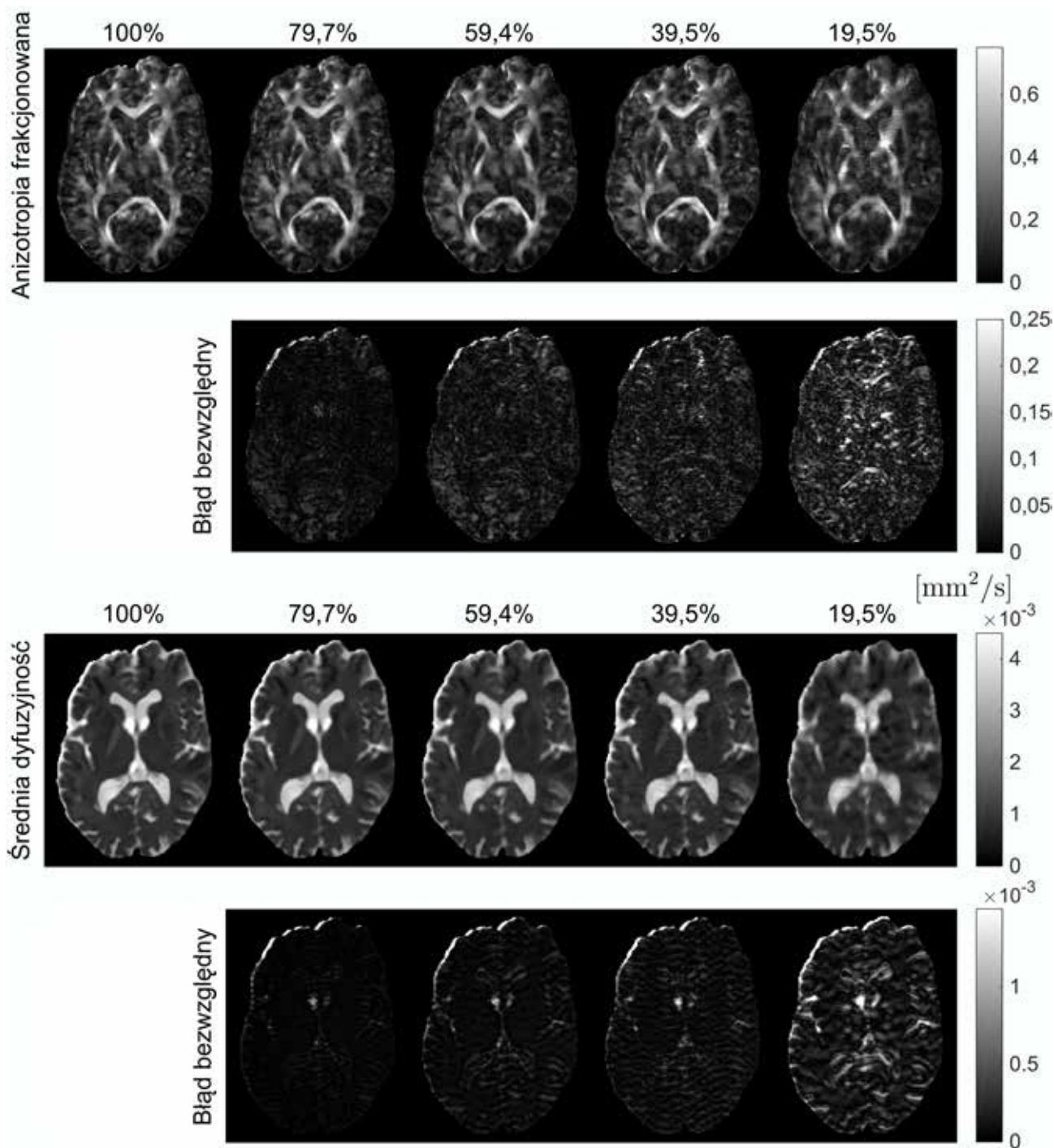
$$MD = \frac{(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)}{3}$$

gdzie  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  ( $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3$ ) są wartościami własnymi tensora dyfuzji (reprezentowanymi przez długości osi elipsoidy na ryc. 7).

Na ryc. 10 zestawiono miary ilościowe uzyskane za pomocą techniki próbkowania oszczędnego w zależności od ilości zarejestrowanych danych (por. ryc. 8).

Jako złoty standard (metodę referencyjną) przyjęto parametry oszacowane na podstawie 100% danych próbkowanych zgodnie z twierdzeniem o próbkowaniu

miarami FA uzyskanymi za pomocą techniki próbkowania oszczędnego a złotym standardem przedstawiają najmniejsze błędy rekonstrukcji w obszarach



**Ryc. 10.** Rekonstrukcja miar ilościowych tensora dyfuzji (anizotropia frakcjonalna, średnia dyfuzyjność) przy użyciu 100% danych oraz danych odpowiednio podpróbkowanych w przestrzeni częstotliwości (79,7%, 59,4%, 39,5% oraz 19,5%) zgodnie ze schematami próbkowania przedstawionymi na rys. 9. Dla obydwu miar przedstawiono również błąd bezwzględny w stosunku do rekonstrukcji przy użyciu 100% danych próbkowanych zgodnie z twierdzeniem o próbkowaniu.

waniu. Z oceny wizualnej miar można zauważyć, że nawet przy użyciu jedynie 39,5% wszystkich próbek obrazy są w nieznaczny sposób zniekształcone, natomiast im większa ilość danych, tym oczywiście lepsza jakość rekonstrukcji. Mapy błędów pomiędzy

o największej kierunkowości dyfuzji, w miejscach, gdzie informacja o dyfuzji jest szczególnie pożądana. Warto zwrócić uwagę, że rekonstrukcja danych próbkowanych oszczędnie w przypadku miary mówiącej o kierunkowości dyfuzji poprawia jakość danych

o coraz większym stopniu zaszumienia. Informacja o szumie w trakcie procesu rekonstrukcji jest minimalizowana i w rezultacie niewiele wnosi, kiedy obrazowane są włókna nerwowe. Jednocześnie wyniki pokazują, że schematy próbkowania bardzo silnie wpływają na jakość rekonstrukcji i w przyszłości powinno dążyć się do ich optymalizacji.

## Podsumowanie

Próbkowanie oszczędne jest obiecującą techniką pozwalającą na znaczne przyspieszenie akwizycji sygnału oraz oszczędność pamięci w stosunku do tradycyjnego podejścia. Dzięki uprzedniej znajomości cech mierzonego zjawiska można zaprojektować schemat próbkowania tak, aby zachować jak największą część informacji. Ważnym elementem prawidłowego zastosowania próbkowania oszczędnego jest wiedza o innej dziedzinie reprezentacji sygnału, w której to sygnał

posiada swoją rzadką reprezentację. W przypadku obrazowania metodą rezonansu magnetycznego najpopularniejszym podejściem jest zastosowanie transformacji falkowej, co pozwala na redukcję współczynników niosących istotną informację. Jednocześnie baza falkowa cechuje się niską koherencją z bazą, w której sygnał jest poddawany analizie przez radiologa. Ważny jest również dobór odpowiedniej metody rekonstrukcji sygnału, kiedy postawiony problem ma nieskończoną ilość rozwiązań.

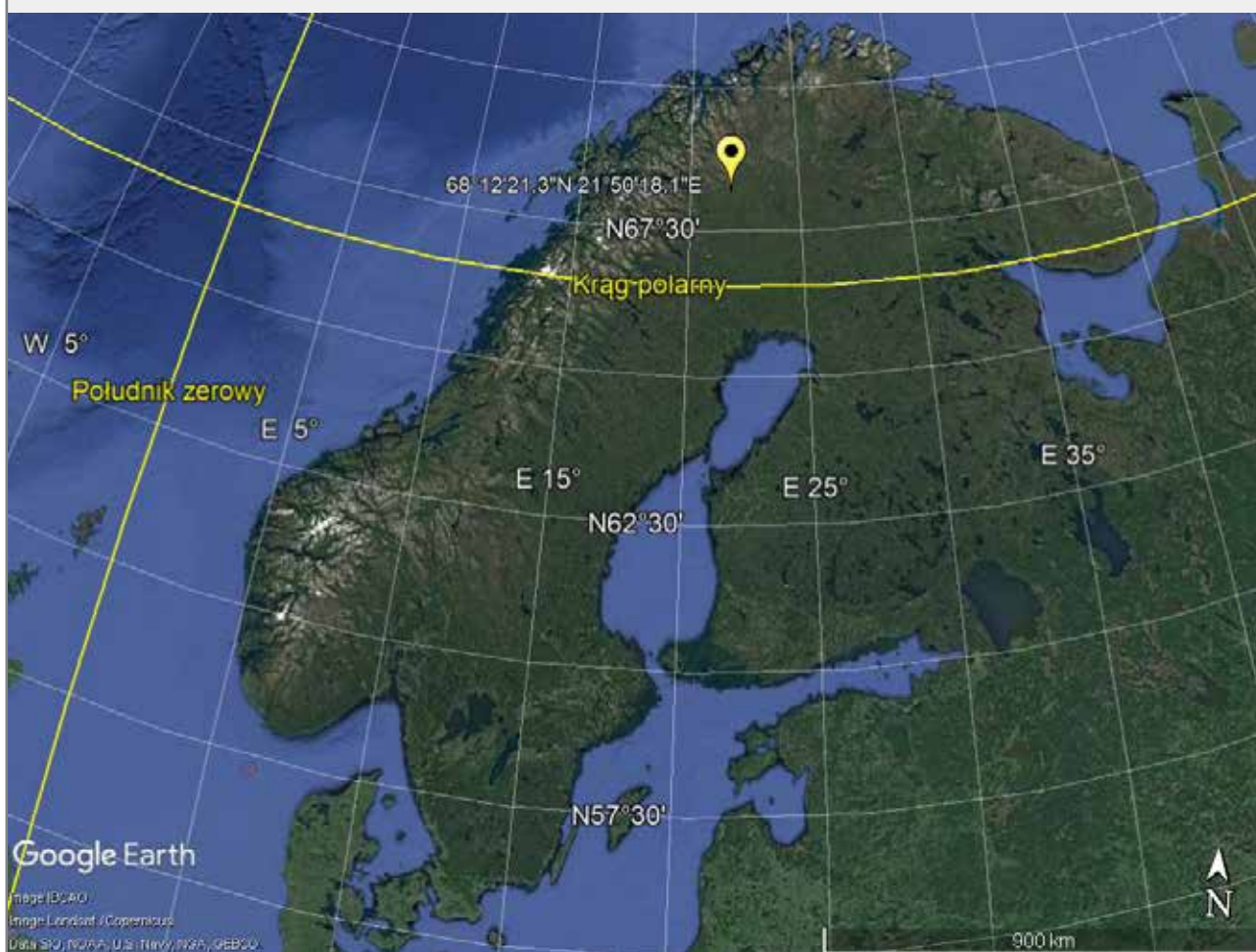
Obecnie doświadczamy intensywnego rozwoju techniki próbkowania oszczędnego ze względu na jej potencjał w wielu różnych dziedzinach nauki. Ograniczenia, które kiedyś były problemami nie do pokonania, powoli stają się jedynie naturalnymi cechami mierzonego zjawiska, a próbkowanie oszczędne jest metodą, którą należy zastosować w przypadku ich napotkania.

## Bibliografia

1. Bassar P. J., Mattiello J., LeBihan D. (1994). MR diffusion tensor spectroscopy and imaging. *Biophysical journal*, 66(1): 259-267.
2. Candès E. J., Wakin M. B. (2008). An introduction to compressive sampling. *IEEE signal processing magazine*, 25(2): 21-30.
3. Encyklopedia Britannica, <https://www.britannica.com/> (dostęp: 07.05.2020)
4. Le Bihan D., Mangin J. F., Poupon C., Clark C. A., Pappata S., Molko N., Chabriet H. (2001). Diffusion tensor imaging: concepts and applications. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 13(4): 534-546.
5. Ludovico M., Węglarz W.P. (2007). Physical foundations, models, and methods of diffusion magnetic resonance imaging of the brain: A review. *Concepts in Magnetic Resonance Part A: An Educational Journal* 30(5): 278-307.
6. Lustig M., Donoho D. L., Santos J. M., Pauly, J. M. (2008). Compressed sensing MRI. *IEEE signal processing magazine*, 25(2): 72-82.
7. Zieliński T.P. (2005). Cyfrowe przetwarzanie sygnałów: od teorii do zastosowań. Wydawnictwa Komunikacji Łączności.

# ZMIERZCHNICA TRUPIA GŁÓWKA NA DALEKIEJ PÓŁNOCY

Zmierchnica trupia główka (*Acherontia atropos*) jest wyjątkową ćmą. To największy i najcięższy europejski motyl. Masa ciała dochodzi do 10 g, a rozpiętość skrzydeł do 14 cm. Na grzbiecie widoczny jest bardzo charakterystyczny rysunek przypominający trupią czaszkę. Z tego powodu była kojarzona ze śmiercią. Jej podobizna znalazła się na okładce książki i plakatach filmu „Milczenie owiec”.



Ryc. 1. Miejsce znalezienia zmierzchnicy trupiej główki.

Z dodatkowych ciekawostek związanych z tym owadem warto wymienić dwie bardzo specyficzne. Po pierwsze przestraszony motyl głośno piszczy. Ponadto owady dorosłe potrafią wejść do ula, gdzie podjadają pszczołom miód, a za sprawą chemicznego maskowania nie są przez nie atakowane. Zmierchnica, będąca generalnie motylem z Bliskiego Wschodu i okolic Morza Śródziemnego, posiada silny instynkt

migracyjny i jest znakomitym lotnikiem. Potrafi w sprzyjających warunkach zalecieć na Islandię (widziana w sierpniu 2015 roku) i na północne wybrzeża Norwegii (dane z lat 50. XX w.). Do Europy Środkowej przylatuje w maju i czerwcu. Jeśli lato jest ciepłe, możliwy jest pełen rozwój tego owada. W naszych warunkach klimatycznych na rozwój od jaja do osobnika dorosłego owad ten potrzebuje od 2 do 3 mie-

sięcy. Dorosłe osobniki próbują wrócić na południe, gdzie mają szansę na przetrwanie. Gąsienice żerują głównie na ziemniakach, pomidorach, bieluniu i pokrzyku wilczej jagodzie, a w cieplejszych obszarach na roślinach z rodzin werbenowatych, oliwkowatych, konopiowatych i sezamowatych. W 2014 roku zmierzchnica była widziana koło Morąga (warmińsko-mazurskie), gdzie najprawdopodobniej przeszła pełen cykl rozwojowy.

i bielun oraz pokrzyk wilcza jagoda, czyli preferowane rośliny żywicielskie trupiej główki. Żadna z roślin psiankowatych nie rośnie tak daleko na północy. Jedyna roślina znana jako roślina żywicielska tego motyla spotykana sporadycznie na dalekiej północy to bez koralowy. Czym żywiła się gąsienica zmierzchnicy za kręgiem polarnym zapewne długo jeszcze pozostanie zagadką. Zagadką nie jest natomiast, jak mogło dojść do rozwoju południowego motyla na



Ryc. 2. Nasza zmierzchnica na parapecie okna (fot. Adrian Łukowski).

Każdy miłośnik owadów chciałby zobaczyć tego motyla w naturze. Nam udało się go spotkać w wyjątkowych okolicznościach, a mianowicie daleko za kręgiem polarnym, na północnym krańcu Szwecji. Zobaczyliśmy go rano, 6 września, na belce stojącego w tundrze domu ( $68^{\circ}12'21.3''N$   $21^{\circ}50'18.1''E$ ), ok. 40 kilometrów na południe od przejścia granicznego w Karesuando. Okaz, który znaleźliśmy, z całą pewnością nie przebył kilku tysięcy kilometrów z południowej Europy. Wyglądał na świeżo wyklutego z poczwarki. Początkowo nie zdawaliśmy sobie sprawy z wyjątkowości spotkania. Wiedzieliśmy, że ta ćma potrafi migrować na ogromne odległości. Dopiero po sprawdzeniu roślin, którymi żywią się gąsienice, okazało się, że znalezienie świeżo wyklutego owada w tundrze nie jest czymś znanym wcześniej. We wrześniu 2011 roku zmierzchnica była, co prawda, widziana w okolicach Malmö na południu Szwecji. Ale rosną tam zarówno ziemniaki, jak

dalekiej północy. Lato 2019 było wyjątkowo ciepłe. W Karesuando średnie temperatury w czerwcu, lipcu sierpniu i w pierwszej dekadzie września wynosiły odpowiednio  $10,6$ ,  $15,7$ ,  $11,8$  i  $10,8^{\circ}C$ , a temperatury maksymalne wielokrotnie przekraczały  $25^{\circ}C$ . Dla porównania, średnie temperatury miesięczne w latach 1981–2010 w chłodnym jak na Polskę Olsztynie wynosiły odpowiednio  $15,5$ ,  $17,9$ ,  $17,3$  i  $12,7^{\circ}C$ . Prawdopodobnie w miarę ocieplania się klimatu tego typu spotkania staną się częstsze, jednak zapewne jeszcze długo pozostaną czymś wyjątkowym.

dr inż. Krzysztof Ufnalski  
Instytut Dendrologii PAN, Kórnik,  
krzys@man.poznan.pl

dr inż. Adrian Łukowski  
Instytut Dendrologii PAN, Kórnik  
adrian.lukowski@gmail.com

# TOKSYCZNOŚĆ *CALVATIA GIGANTEA* DLA ŚLINIKA *ARION VULGARIS* NA KASZUBACH W SIERPNIU

Próby śliników *Arion vulgaris* pobierano na Kaszubach. Umieszczano je przy grzybie *Calvatia gigantea* w sierpniu. Stwierdzono toksyczność grzyba dla śliników *A. vulgaris*. Prawdopodobnie poprzez działalność człowieka *A. vulgaris* stał się nowym zagrożeniem dla gatunków roślin istotnych w rolnictwie.



Ryc. 1. Ślinik *A. vulgaris* żerujący na liściu rośliny ozdobnej. Fot. M. Jeliński.

Na Kaszubach gatunek ślinika - *Arion vulgaris* (Ślinik luzytański) (Ryc. 1) stanowi gospodarczy problem. Ten agrofag powoduje spore szkody w uprawach rolniczych [7] nie tylko tu, ale w wielu krajach Europy, a przyczynił się do tego zapewne człowiek. Rośliny uszkodzone przez *A. vulgaris* wywołują też straty w pszczelarstwie, bo bywają one pożytkiem dla pszczoł miodnych, np.: rzepak [7], gryka czy malina

i dynia [3]. Warto dodać, że *A. vulgaris* żeruje także na owocach śliwy mirabelki i jabłoni, które spadły z drzew. Żmijowiec, peonia, krwawnik, floks, dziurawiec to rośliny raczej omijane przez tego ślinika. Jego zwalczanie [5] w obecności chronionego ślimaka winniczka (*Helix pomatia*) jest trudne, zwłaszcza w ogródkach przydomowych. Pewne znaczenie może tu mieć działanie toksyczne grzybów na ślimaki.

Celem badań było wykazanie toksycznego działania grzyba *C. gigantea* [2, 6] na śliniki gatunku *A. vulgaris*.

### Materiał i metody

W pobliżu domu mieszkalnego w mieście Żukowie w sierpniu 2020 r. zbierano śliniki gatunku *A. vulgaris*, aby je umieścić blisko *C. gigantea*. Jest to

### Wyniki badań

Dnia 19.08.20 r. kilkanaście sztuk *A. vulgaris* umieszczono z *C. gigantea* pod białym pojemnikiem. 20.08. br. wiele żywych osobników *A. vulgaris* było z tym grzybem, a na jego owocniku stwierdzono ślady żerowania jak na fotografii (Ryc. 2).

Dnia 24.08. br. 5 sztuk żywych *A. vulgaris* umieszczono z *C. gigantea* pod białym pojemnikiem,



Ryc. 2. Żywe śliniki *A. vulgaris* widoczne w plastikowym pojemniku, a na górze dużego owocnika *C. gigantea* ślady żerowania w postaci zagłębień, żółtawych w dolnej części. Fot. M. Jeliński.

gatunek grzyba rosnący od dłuższego czasu blisko wymienionego budynku. Zebrane śliniki trafiły do okrągłego plastikowego pojemnika koloru białego, o średnicy około 26 cm, którym nakrywano owocnik grzyba *C. gigantea* o średnicy około 23 cm. Rzadziej osobniki *A. vulgaris* umieszczono z mniej więcej połową innego okazu grzyba *C. gigantea* w znacznie mniejszym prostokątnym plastikowym pojemniku koloru zielonego. Miał on dość szczelną pokrywę, a owocnik tego grzyba nie zajmował całej dolnej powierzchni. Nie miał on też kontaktu z grzybnią, jak to było w pierwszym przypadku. Badania prowadzono w temperaturze otoczenia.

a 25.08. br. rano były one martwe.

25.08. br. rano było 10 sztuk martwych *A. vulgaris* przy grzybie w zielonym pojemniku, a wcześniej umieszczono je tam żywe.

27.08. br. rano 50 sztuk żywych *A. vulgaris* umieszczono w białym plastikowym pojemniku nad grzybem. Tego dnia w południe leżały one martwe na gruncie po kontakcie z *C. gigantea*, co widoczne jest na fotografii (Ryc. 3).

28.08. br. wieczorem 50 sztuk żywych *A. vulgaris* umieszczono w białym plastikowym pojemniku z grzybem. Następnego dnia były one martwe.

29.08. br. liczne *A. vulgaris* przy grzybie w zielonym

pojemniku były martwe tylko w pewnej liczbie. Zatem część nie uległa zatruciu.

korzystana w praktyce podczas redukowania jego liczebności w trzeciej dekadzie sierpnia. Informacja



Ryc. 3. Śliniki *A. vulgaris* martwe po kontakcie z *C. gigantea* leżą na gruncie w pobliżu owocnika grzyba i białego plastikowego pojemnika. Fot. P. Jeliński.

## Dyskusja

Cameron i Pokryszko (2006) pisząc o ślimakach na Kaszubach nie wymienili gatunku *Arion vulgaris*, ale napisali m.in. o ślimaku winniczku (*Helix pomatia*) w rejonie Kolbud [1]. Aktualnie oba te gatunki są w Żukowie. Dane te wskazują, że *Arion vulgaris* to na Kaszubach nowy gatunek. W dostępnej literaturze brak informacji o toksyczności grzyba *C. gigantea* dla ślinika *A. vulgaris*. Znaczna toksyczność tego grzyba dla tego gatunku ślinika może być wy-

Kołodziejczaka (2010) o *C. gigantea* w Gdańsku [4] zdaje się wskazywać, że ten gatunek grzyba nie jest rzadki na Kaszubach. Jest on tu raczej dość nowym gatunkiem, a w Żukowie autor zauważył go w 2010 roku i od tego czasu bywa on zwykle co roku w pobliżu mirabelki i ulicy. Owocnik grzyba nie musi mieć kontaktu z grzybnią, aby wydzielać substancje trujące w ilościach toksycznych dla *A. vulgaris*. Problem toksyczności owocnika *C. gigantea* bez kontaktu z grzybnią dla ślinika hiszpańskiego (*A. vulgaris*) wymaga dalszych badań.

## Bibliografia

1. Cameron R. A. D., Pokryszko B. M. (2006). Forest snail faunas in the Kaszuby Uplands (Pomerania): a rich northern refuge. *Folia Malacol.* 14: 75–82.
2. Coetzee, J. C., Van Wyk, A. E. (2012). Nomenclatural and taxonomic notes on *Calvatia* (*Lycoperdaceae*) and associated genera. *Mycotaxon*, 121: 29–36.
3. Jeliński M. (1987). Pszczelarstwo na Kaszubach. Kartuzy : Wydaw. Muzeum Kaszubskiego, s. 10.
4. Kołodziejczak G. (2010). Chronione i zagrożone grzyby Pojezierza Kaszubskiego oraz przyległych okolic. *Przegląd Przyrodniczy* 21: 20–28.
5. Pyzik T. et. al. (1990). Na działce od wiosny do jesieni. Warszawa : Państw. Wydaw. Rolnicze i Leśne, ss. 24–25.

## Źródła internetowe:

6. [http://botit.botany.wisc.edu/toms\\_fungi/aug98.html](http://botit.botany.wisc.edu/toms_fungi/aug98.html); dostęp: 31.08.2020 r.
7. [http://projekty.gdos.gov.pl/files/artykuly/126847/Arion-lusitanicus\\_slunik-luzytanski\\_KG\\_WWW\\_icon.pdf](http://projekty.gdos.gov.pl/files/artykuly/126847/Arion-lusitanicus_slunik-luzytanski_KG_WWW_icon.pdf); dostęp: 01.09.2020 r.

dr Marian Jeliński, Fundacja Skansenu Pszczelarskiego w Żukowie  
e-mail: [jelinski3@tlen.pl](mailto:jelinski3@tlen.pl)

# POWÓJ POLNY I JEGO GOŚCIE

W przyrodzie żyje wiele fascynujących organizmów. Niektóre są pospolite, ale nawet one nie zawsze rzucają się w oczy. Jedne urzekają urodą, inne zachwycają wyjątkowo ciekawym sposobem życia albo nadzwyczajnymi i intrygującymi zdolnościami. Przydrożne „zielska” mijamy z obojętnością, bo kto by tam zwracał uwagę na zwykłe chwasty, choć wiele z nich oczarowuje urodą swoich kwiatów i niemal wszystkie są cennym źródłem substancji leczniczych.



Ryc. 1. Wijąca się łodyga powoju polnego. Fot. M. Olszowska.

Jedną z nich jest powój polny (*Convolvulus arvensis*), roślina z rodziny powojowatych, o wiotkiej łodydze płożącej lub owijającej się wokół innych roślin zawsze w lewo, która kwitnie od maja do września (Ryc. 1). Rośnie na polach, przydrożach, terenach ruderalnych, nasypach, na ugorach i na miedzach niezależnie od jakości gleby. Na polach uprawnych bywa uporczywym chwastem trudnym do wytępienia, ponieważ część podziemna potrafi wytwarzać liczne pędy odroślowe. Liście powoju są pojedyncze, na długich ogonkach, jajowate, o strzałkowatej nasa-

dzie. Lejkowate kwiaty posiadają zrośnięte płatki korony i wyrastają na długich szypułkach z kątów liści. Pięciodzielną koronę kwiatu tworzą pięć płatków, o symetrii promienistej i dość duże, o długości około 2 cm i średnicy 1,9–2,5 cm. W kwiatku znajduje się jeden słupek z dwoma znamionami, otoczony pięcioma pręcikami z żółtymi lub fioletowymi pylnikami. Powój wytwarza liczne i piękne odmiany barwne, co pod tym względem czyni go niezwykle różnorodnym. Korona kwiatowa może być biała z żółtym środkiem (Ryc. 2) lub z żółtym środkiem i różową postrzępioną

„obrączką” wokół niego (Ryc. 3). Kwiaty mogą być ozdobione białoróżowymi smugami (Ryc. 4). Pięknie prezentują się kwiaty niemal w całości różowe (Ryc. 5). Pojedyncze kwiaty istnieją tylko jeden dzień. Otwierają się w słońcu, wydzielając zapach migdałów. Powój jest rośliną miododajną i owadopylną. Dawniej stosowano go do leczenia ran, zaparć i chorób kobiecych a obecnie dodawany jest do mieszanek różnych ziół regulujących funkcjonowanie jelit.

pu do pokarmu wylęgłym z nich czerwiom. Larwy te nie posiadają ani odnóży ani wyodrębnionej głowy, ale są wyposażone w haczyki na pierwszym segmencie, które ułatwiają im łapanie mszyc. Żarłoczne larwy uaktywniają się wieczorem, a każda z nich może wówczas pożreć około 100 mszyc. Na kwiatek powoju przyleciał jeszcze inny pospolity bzyg kuliboda (*Sphaerophoria scripta*), czarnożółta muchówka o długim, smukłym odwłoku z żółtymi przepaskami,



Ryc. 2. Biała korona kwiatowa z żółtym środkiem. Fot. M. Olszowska.

Gości też różne owady, korzystające z jego nektaru, pyłku i samych płatków kwiatowych. Obserwując powój polny można odnieść wrażenie, że najczęściej odwiedzają go bzygi z rodziny bzygowatych (Syrphidae), z wyglądu podobnych często do os lub pszczół. Wśród nich bzyg prądkowaty (*Episyrphus balteatus*), jeden z najpospolitszych gatunków muchówek z tej rodziny w naszym kraju. Długość jego ciała z ciemnym tułowiem i lśniącem odwłokiem z żółtymi i czarnymi przepaskami wynosi niewiele ponad centymetr (Ryc. 6). Mucha ta posiada umiejętność zawisania w powietrzu niczym ważka z grupy Anisoptera i widuje się ją od końca marca do października. Osobniki dorosłe odżywiają się pyłkiem kwiatów, a centymetrowe białozielonkawe robakowate larwy są smakoszami mszyc i żyją około dwóch tygodni. W ciągu jednego sezonu wegetacyjnego bzyg prądkowaty może mieć nawet pięć pokoleń. Samica składa jaja w pobliżu kolonii mszyc w celu ułatwienia dostę-

o długości ciała 7–12 mm (Ryc. 7). Dorosłe są wydajnymi zapylaczami kwiatów, a larwy konkurentami dla biedronek w pożeraniu mszyc.

W słoneczny poranek, gdy powój otworzył już swoje kwiaty, w jednym z nich zobaczyłam także

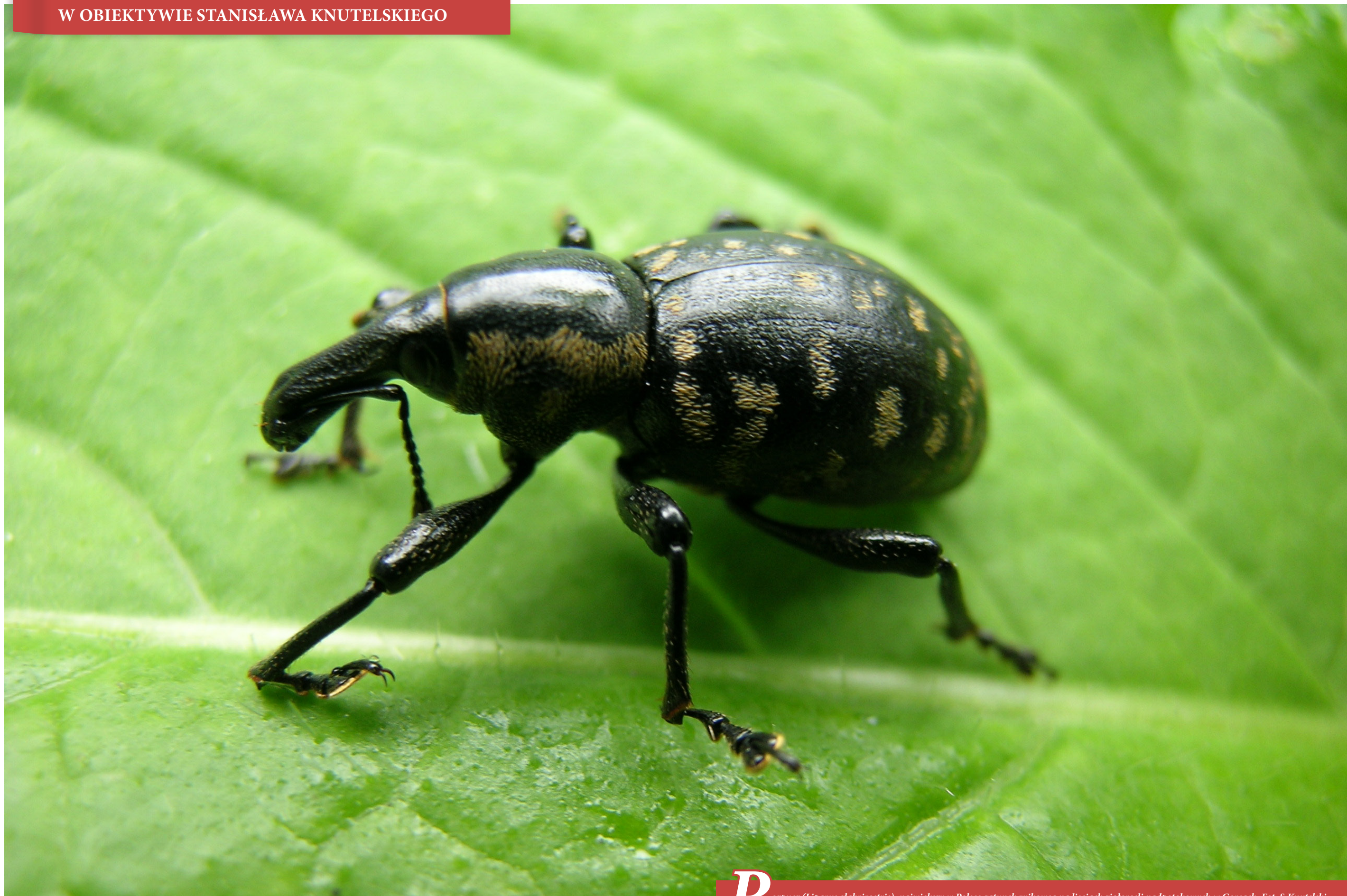


Ryc. 3. Korona kwiatowa z różową postrzępioną „obrączką”. Fot. M. Olszowska.



**D**

orośla jętka na gałęzi obok potoku w Górcach. Fot. S. Knutelski.



**R**

ozpucz (*Liparus glabrirostris*), największy w Polsce gatunek ryjkowca na liściach ziółorosli nadpotokowych w Górcach. Fot. S.Knutelski.



**D**

orosły chrzączek na liściu obok cieku wodnego. Beskid Wyspowy. Fot. S. Knutelski.

larwę (długość 2,5 mm) biedronki siedmiokropki (*Coccinella septempunctata*). Jej ciało ma wspaniałe stonowane barwy, niebiesko-szare z żółto-pomarań-

Larwy rosną gradacyjnie, liniejąc czterokrotnie. Przepoczwarczają się na roślinach. Imago najpierw ma barwę żółtą, później zmieniającą się stopniowo,



Ryc. 4. Korona kwiatowa ozdobiona różowymi smugami. Fot. M. Olszowska.

czowymi akcentami i z czarnymi plamkami. Widoczne są też na nim liczne włoski przypominające kolce. Larwa wydziela różnego rodzaju substancje odstraszające drapieżniki (Ryc. 8). Przez cały swój czterytygodniowy rozwój larwy spędzają czas na zdobywaniu pokarmu. Żywią się różnymi gatunkami mszyc, czerwców, drobnych owadów oraz roztoczy. Znaną są nawet przypadki kanibalizmu.



Ryc. 5. Korona kwiatowa niemal w całości różowa. Fot. M. Olszowska.

aż do koloru czerwonego z czarnymi kropkami, którą to barwę owad uzyskuje na wiosnę następnego roku. Biedronka siedmiokropka zwana jest potocznie bożą krówką. Żyje ok. 14 miesięcy, osiąga od 5 do 8 mm. Czerwone pokrywy mają łącznie 7 czarnych kropek, po trzy na każdej z nich i jedną wspólną pod tarczką z przodu ciała. Takie kontrastowe zestawienie barwne (czerwono-czarne) u niektórych owadów sygnalizuje potencjalnym drapieżnikom informację: „uwaga, jestem trujący”. Hemolimfa wszystkich stadiów rozwojowych (jaja – larwa – poczwarka – dorosły) biedronki zawiera trujące alkaloidy, np. kokcineinę, odstraszające skutecznie potencjalnego drapieżnika. Zagrożony chrząszcz może również udawać martwego. Dorosłe biedronki i ich larwy są bardzo wydajnymi pożeraczami mszyc. Dorosłe chrząszcze zimują gromadnie albo w ściółce leśnej albo pod korą drzew, pod uschniętymi liśćmi, pod kamieniami albo w szczelinach budynków. Często też chowają się w zakamarkach naszych mieszkań.

Kwiatki powoju odwiedza także krasnik pięciopłamek (*Zygaena trifolii*), piękny motyl z rodziny krasnikowatych o rozpiętości skrzydeł od 24 do 36 mm i ciemnych maczugowatych czułkach odgiętych na

zewnątrz. Zimuje w stadium gąsienicy, a osobniki dorosłe zobaczymy od połowy czerwca do końca lipca. W ciągu roku motyl wydaje tylko jedno pokolenie.

barwę taką jak plamy na przednim skrzydle i otoczone jest czarną obwódką. Jak wspominałam, ta kombinacja barw ostrzega napastnika, że ciało potencjalnej



Ryc. 6. Bzyg prątkowany. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 7. Bzyg kuliboda. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 8. Larwa biedronki siedmiokropki. Fot. M. Olszowska.

Przednie skrzydło tego gatunku jest ciemnogrnatowe z pięcioma czerwonymi plamami, z których trzecia i czwarta leżą blisko siebie (Ryc. 9). Plamy mogą mieć barwę jasnożółtą bądź brunatną i mogą mniej lub bardziej zlewać się ze sobą. Tylne skrzydło ma

ofiary jest trujące. Informacja w tym przypadku jest prawdziwa, bo ciało krasznika zawiera cyjanowodor.

Pyłkiem kwiatów powoju nie gardzi także zmorsznik czerwony (*Stictoleptura rubra*), chrząszcz z rodziny kózkowatych, o długości ciała 10–21 mm. Jest to

gatunek leśny, najliczniej spotykany jednak na obrzeżach lasów, zwykle na kwiatkach różnych gatunków roślin, w lipcu i sierpniu. Samiec jest smuklejszy od

martwym drewnem, drążąc w pniach kręte, nieregularne chodniki. W martwym pniu larwy również się przepoczwarzają. Niska wartość odżywcza trudno



Ryc. 9. Kraśnik pięciopłamek. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 10. Zmorsznik czerwony. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 11. Czerwończyk dukacik. Fot. M. Olszowska.

samicy, jego ciało i przedplecze są czarne, pokrywy żółto-brązowe, a odnóża żółto-czarne (Ryc. 10). Samica jest masywniejsza, o ciele w dużej mierze barwy czarnej, z czerwonymi pokrywami i przedpleczem, a odnóżami czerwono-czarnymi. Zmorsznik, podobnie jak inne kózki, posiada długie piłkowane czułki. Po kopulacji samica składa jaja w wilgotnym i zagrzebionym drewnie martwego pnia drzewa iglastego, np. sosny. Aby zmaksymalizować rozrodczy sukces samica może złożyć nawet do 700 jaj. Po kilkunastu dniach wylęgają się z nich larwy, które odżywiają się

strawnego pokarmu powoduje, że nie wszystkie larwy przeżywają, a ich rozwój jest wydłużony do ok. 2 lat.

Na kwiecie powoju wylądował nawet czerwończyk dukacik (*Lycaena virgaureae*), pospolity motyl z rodziny modraszkowatych, o rozpiętości skrzydeł 3,4 cm. Aby dostać się do nektaru lejkowatego kwiatu, złożył swoje skrzydła. Był tak tym zajęty, że zupełnie mnie ignorował. Zdziwiłam się, bo zazwyczaj jest bardzo płochliwy. Wierzch skrzydeł samca jest jednolicie czerwono-żółty i czarno obrzeżony, zaś samicy pomarańczowy w szare i czarne plamki.

U obu płci spód skrzydeł jest ochrowożółty, z czarnymi i białymi plamkami (Ryc. 11). Dukacik jest jednym z najliczniejszych przedstawicieli swego rodzaju. Pojawia się pod koniec czerwca i lata do pierwszej połowy sierpnia. Samica składa jaja na szczawiu zwyczajnym, roślinie żywicielskiej tego gatunku motyla. Gąsienice są niepozorne i zielone, trudne do zaobserwowania, bo żerują głównie nocą. Czerwonczyk dukacik zimuje w stadium jaja, niekiedy również w stadium młodej gąsienicy, która często nawet nie opuszcza osłonki jajowej.

baldaszkowatych, ale tym razem wybrała kwiatek powoju polnego i ledwie się w nim zmieściła. Chrząszcz odznacza się pięknym, metalicznie błyszczącym kwadratowym i kanciastym ciałem (Ryc. 12). Pod wpływem promieni słonecznych zieleń ciała nabiera złotawego, a nawet różowego połysku. Na pokrywach możemy dostrzec białe faliste plamki, których liczba bywa zmienna. Pokrywy ściśle przylegają do ciała, a tuż pod nimi znajdują się specjalnie wcięcia, przez które owad bez ich rozchylania może wysuwać drugą, błoniastą parę skrzydeł służącą do latania. Do-



Ryc. 12. Kruszczyca złotawka. Fot. M. Olszowska.

Wiosenne i letnie łąki tworzą łąny różnobarwnych kwiatów, podkreślając piękno krajobrazu, cieszą oczy, a koncerty rzeszy owadów na nich żyjących sprawiają przyjemność naszym uszom i oczom. Ta refleksja zawsze towarzyszy mi w czasie pobytu na łące. Do tego jeszcze ten niesamowity miodny zapach... Czasem odruchowe cofnięcie głowy, gdy niespodziewanie koło ucha przeleci jakiś większy owad, np. kruszczyca złotawka (*Cetonia aurata*), chrząszcz z rodziny poświętnikowatych osiągający ponad 2 cm długości ciała. Jest niezłym lotnikiem, do tego ciepłolubnym. Zwykle ląduje na białych kwiatach roślin z rodziny

rosłe osobniki żywią się kwiatami. Choć kruszczyca nie jest płochliwa, to zaniepokojona podkurcza odnóża i udaje martwą. Pędrakowate larwy tego gatunku kruszczyca rozwijają się w zbutwiałym drewnie drzew i krzewów, czasami także wewnątrz mrowisk, w których odżywiają się szczątkami organicznymi przynoszonymi przez mrówki. Dorosłe osobniki spędzają zimę w glebie. Do tego gatunku kruszczyca podobna jest kwietnica różówka (*Protaetia metallica*), również reprezentująca rodzinę poświętnikowatych. Aby odróżnić oba gatunki należy sprawdzić wyrostek na spodzie ciała na śródpiersiu. U kruszczyca złotawki

wyrostek jest spiczasty z kulistym zakończeniem, zaś u kwietnicy różówki jest krótszy, ma kształt trójkątny i rozszerza się ku końcowi.



Ryc. 13. Larwa konika polnego. Fot. M. Olszowska.

Po burzy, gdy zaświeciło słońce, zauważyłam na liściu powoju nimfę konika polnego obsychającego w słońcu. Przypomina osobnika dorosłego, ale jest od niego mniejsza i jej skrzydła nie są jeszcze w pełni rozwinięte (Ryc. 13). Odżywia się pokarmem roślinnym, tak jak osobniki dorosłe. Konik polny należy do rzędu prostoskrzydłych. Długość jego ciała nie przekracza 3 cm. Duża głowa wyglądem przypomina głowę konia, stąd nazwa. Po bokach głowy znajdują się duże, wypukłe oczy i krótkie proste czułki skierowane do przodu. Właściwym narządem lotu jest II para skrzydeł, która jest błoniasta, często kolorowa, ukryta pod I parą skrzydeł, zwanych pokrywami. Konik polny potrafi wykonywać skoki. Służą mu do tego odpowiednio zbudowane odnóża kroczone III pary. Samiec potrafi też wydawać dźwięki wabiące samicę. Na udach III pary odnóży rozmieszczone są fragmenty oskórki tworzące tzw. „smyczek”, którym owad przesuwa po „żyłce”, czyli zgrubieniu na pokrywach. W okresie wiosny i lata na łąkach słyszymy m.in. jego koncerty.

Wśród splątanych z trawami łodyg powoju ukryła się warzywnica kapustna (*Eurydema oleraceum*), pluskwiak z rodziny tarczówkowatych, osiągający 5–7 mm długości (Ryc. 14). Występuje na terenach otwartych na niskiej roślinności, na dzikich łąkach, obrzeżach lasów, ale też w ogrodach i na polach uprawnych. Jest aktywna od wiosny do jesieni. Zimuje w ściółce jako postać dorosła. Pluskwiak ten jest ostrożny, czujny i bojaźliwy. Nawet delikatne

odsunięcie łodyg powoju skutkowało schowaniem się go po drugiej stronie liścia. Gdy próbowałam odwrócić liść, natychmiast wędrował w dół łodygi. Po kolejnych próbach udało mi się go sfotografować, ale zapewne mocno go zaniepokoiłam, bo spadł w gęszcz powojowych pędów. Młode osobniki (nimfy) posiadają żółte lub białe plamy, natomiast osobniki starsze oraz te, które zimowały, zmieniają barwę plam na ciemnoczerwoną. Zarówno owady dorosłe, jak i nimfy, żywią się sokami roślin z rodziny kapustowatych (np. kapusta, brokuły, kalafior, jarmuż, brukselka, rzepak, chrzan, gorczyca) i selerowatych (np. marchew zwyczajna, pietruszka zwyczajna, seler zwyczajny, pasternak zwyczajny, kminek zwyczajny, koper ogrodowy, lubczyk ogrodowy, kolendra siewna). Przy masowych pojawach pluskwiaki te mogą



Ryc. 14. Warzywnica kapustna. Fot. M. Olszowska.

wyrządzać szkody.

Powój polny jest potrzebny wielu innym gatunkom jako źródło pokarmu. Sam również nie może się bez nich obejść, a szczególnie owadów, które zapylając jego kwiaty umożliwiają wytworzenie nasion lub rozprzestrzeniają diaspory służące do rozmnażania. Z ludzkiego punktu widzenia nieważne jest, czy to „zwykły” chwast, czy gatunek pożyteczny, bo w przyrodzie nie ma organizmów zbędnych. W czasie spacerów lub wycieczek pochylmy się nad mijanymi roślinami dosłownie i w przenośni.

mgr Maria Olszowska  
e-mail: marjolsz@interia.pl

**Wszechświat 1907, tom XXVI,  
Nr 51, str. 801–804  
BŁOTA A KOMARY –  
wiedza i poglądy 113 lat temu**

### **Z NOWSZYCH SPOSTRZEŻEŃ NAD KOMARAMI (WEDŁUG PROF. K. SAJÓ)**

Komary oddawna mają sławę nadzwyczaj dokuczliwych i uciążliwych owadów. Jednakże dopiero w ostatnich czasach przekonano się, że są to nie tylko dokuczliwe, ale zarazem i niebezpieczne stworzenia, przenoszą bowiem wraz z ukłuciem zarazki różnych chorób i w ten sposób mogą stać się przyczyną dotkliwych cierpień, a nawet i śmierci.

Takimi roznosicielami chorób są zresztą nie wszystkie komary, ale tylko pewne ich gatunki. Większość poza mniej lub więcej bolesnym ukłuciem nie grozi nam niczem. Zato te, które noszą w sobie różne zarazki, mogą ludzi obdarzać tak ciężkimi chorobami, jak malarya, żółta febra i filariasis czyli elephantiasis, choroba, wywołana obecnością w ciałkach krwi drobnych robaczków z gatunku *Filaria*. Trzy te choroby, nadzwyczaj ciężkie i niebezpieczne, właściwe są głównie krajom zwrotnikowym i podzwrotnikowym, malarya jednakże grasuje i w klimacie umiarkowanym.

Roznosiciele tych chorób należą głównie do dwu najbardziej rozpowszechnionych rodzajów: komara (*Culex*) i widlisza (*Anopheles*). Każdy tych rodzajów jest przedstawicielem odrębnej rodziny: Culicidae i Anophelidae, do niedawna łączonych w jedną rodzinę komarów (Culicidae). W r. 1901 angielski entomolog Fred. V. Theobald wydzielił z rodzaju *Culex* nowy rodzaj *Stegomyia*, tak że obecnie te niebezpieczne komary mieszczą się w 3 rodzajach.

Do rodzaju *Culex* należy roznosiciel żółtej febry, do *Anopheles* malaryi, do *Stegomyia*- filariasis. Oprócz tego jest jeszcze parę innych mniej rozpowszechnionych rodzajów, przenoszących również zarazki filariasis. Naturalnie, tylko niektóre gatunki z tych rodzajów są niebezpieczne, co do innych przekonano że nie zawierają one wcale zarazków chorobowych, a jeszcze inne są zupełnie niezbadane pod tym względem tak, iż nic pewnego o nich powiedzieć nie można, prawdopodobnie jednak nie wszystkie są tak obojętne dla ludzi, jak się dotychczas wydaje.

Z wymienionych trzech chorób klimat umiarkowany półkuli północnej posiada tylko malaryę a więc najgroźniejszym dla nas komarem jest *Anopheles*. Nasze gatunki z rodzaju *Culex* nie roznoszą tej choroby, przynajmniej w żadnym z nich nie zna-

lezionej zarazków. Tylko że nie wszystkie, niestety, zostały dokładnie zbadane pod tym względem.

W każdym razie zarówno Europejczycy, jak i mieszkańcy Ameryki północnej mogą się cieszyć z tego, że w ich ojczyźnie rodzaj *Culex* przeważa nad rodzajem *Anopheles* zarówno ilością gatunków, jak i liczebnością osobników, w ten sposób bowiem mniej mają roznosicieli malaryi, żółtej febry zaś nie potrzebują się obawiać, ponieważ przenoszący ją gatunek z rodzaju *Culex* właściwy jest cieplejszej strefie.

Zresztą ten sam nawet gatunek nie wszędzie okazuje się równie niebezpiecznym: szkodliwość jego zależy do pewnego stopnia od warunków atmosferycznych, a temperatura powietrza odgrywa w tem niepoślednią rolę.

Wyżej wspomniany entomolog Theobald podaje w swej monografii komarów, że gatunek *Anopheles maculipennis* Meig. (=claviger F.), będący głównym roznosicielem malaryi, we Włoszech jest nadzwyczaj chciwy krwi i uprzykrzony, w Anglii zaś zaledwie zaczepia ludzi i zdaje się karmić się głównie sokami roślin Co ciekawsze, powiada dalej Theobald, według twierdzenia dra Nuttalla, te miejscowości w Anglii, które dziś obfitują w tego komara, były niegdyś siedliskiem malaryi. Byłoby więc nadzwyczaj ciekawe zjawisko, że owad, karmiący się krwią, zmienił obyczaje i zaczął się żywić sokami roślin.

Prof. Sajó przypuszcza, że zmiana taka mogłaby nastąpić w związku z jakąś zmianą w warunkach klimatycznych, np. w tem, że dane miejscowości w Anglii mają obecnie zimniejszy klimat, niż dawniej. Wiadomo bowiem, że oziębienie się temperatury działa w taki sposób na komary, iż stają się mniej dokuczliwymi i mniej napastującymi. Prof. Sajó podaje z własnych spostrzeżeń na Węgrzech, że komary kęsa najczęściej i najwięcej w parny letni czas i przytem najbardziej podczas spadania barometru.

Jesienią wraz z obniżeniem się temperatury powietrza przestają one napastować ludzi, chociaż siedzą jeszcze masami na ścianach i oknach. Spostrzeżenie to dotyczy wprowadzie gatunków z rodzaju *Culex*, możliwą jest atoli rzeczą, że i na *Anopheles* obniżenie się temperatury działa w podobny sposób. W każdym razie rzecz ta wymaga jeszcze bliższego zbadania.

Drugą ciekawą właściwość komarów stanowi to, że napastują one nie wszystkich ludzi w jednakowym stopniu. Jedne osoby nie mogą się im opędnąć, inne zostawiają one prawie zupełnie w spokoju. Prof. Sajó na mocy kilku własnych spostrzeżeń zwraca uwagę, że osoby, które dłuższy czas zażywały chini-

nę, są więc napastowane przez komary. Zestawia on z tym faktem inny, a mianowicie, że chinina niszczy nie tylko zarazki malaryi, ale zarazem i „ciałka immunizujące”, które się wytwarzają we krwi osób, narażonych na zetknięcie z tym pasorzytem. A następnie wyraża przypuszczenie, że może właśnie obecność lub brak tych „ciałek immunizujących” może wywierać jakiś wpływ na zachowanie się komarów. Jest to jednak tylko przypuszczenie; faktem zaś pozostanie jedynie to, że komary nie wszystkich ludzi napastują w jednakowym stopniu. W tym wyborze ofiar kierują się one, najprawdopodobniej, powonieniem.

Od tych ogólnych uwag o komarach przejdziemy do rozpowszechnienia poszczególnych grup i gatunków, oraz różnych ich właściwości i sposobów walki z nimi.

Zacniemy od najbardziej rozpowszechnionego rodzaju komara (*Culex*).

W Europie i Ameryce północnej przewyższa on znacznie ilością gatunków *Anopheles* i mianowicie w Europie znajduje się 30 gatunków *Culex* na 5 *Anopheles*, w Ameryce płc. 20 na 4. W krajach zwrotnikowych stosunek jest nieco odmienny: w Indyach wschodnich na 15 gatunków *Culex* znaleziono 8 *Anopheles*, w Afryce środkowej na tyleż *Anopheles* tylko 2 *Culex*.

Trzeba jednak dodać, że fauna krajów zwrotnikowych jest stosunkowo mało poznana pod tym względem i niewiadomo, czy dalsze badanie nie zmieni tam również stosunku na korzyść *Culex*.

Z 30 europejskich gatunków rodzaju *Culex*, tylko 9 należy do bardziej rozpowszechnionych w naszej części świata. Wśród nich pierwsze miejsca zajmuje powszechnie znany *Culex pipiens* L., spotykany oprócz tego w Afryce północnej, Syberii, a także w Stanach Zjednoczonych Ameryki północnej.

Współzawodniczyć z nim może pod względem rozpowszechnienia *Culex annulatus*, nieco większy z odwłokiem i nogami białą obrączkowanymi i z czarnobrunatnymi plamami na skrzydłach. Te plamy na skrzydłach stają się powodem, że gatunek ten mieszają z roznosicielem malaryi, *Anopheles maculipennis* posiadającym również skrzydła plamiste. Różni się on od *Culex* długością głaszczek, które w tym rodzaju u obu płci równie są długie, jak i ssawka, podczas gdy u samicy komara (*Culex*) są znacznie krótsze od ssawki; u samca zaś dłuższe. Drugą cechą odróżniającą stanowi sposób trzymania ciała w spoczynku: osobniki z rodzaju *Culex*, siedząc, mają ciało ustawione równoległe do podstawy, *Anopheles* zaś trzyma odwłok pod kątem do podstawy.

Dwa wyżej wspomniane gatunki *Culex* i trzeci *Anopheles maculipennis* są najpospolitszymi komarami w Europie, zjawiającymi się nieraz w olbrzymich ilościach. One to są plagą miejscowości wilgotnych, a spotyka się je tak powszechnie w pobliżu domów wiejskich, a nawet wewnątrz nich, że można je z pewną słuszością zaliczyć do domowego „robactwa”.

Inne gatunki środkowo europejskie ani nie występują nigdy w tak wielkich ilościach, ani nie trzymają się tak ściśle ludzi.

Północne części naszego lądu posiadają swoje własne gatunki z rodzaju *Culex*, a pierwsze miejsce wśród nich zajmuje *C. nigripes* Zett, jedna z najstraszniejszych plag północnych krain, bo chociaż nie roznosi on zarazków żadnej choroby, ale ukłucia jego są znacznie bolesniejsze, niż naszego *C. pipiens*, i stają się przyczyną strasznych męczarni dla mieszkańców tundry. Komary te są tem groźniejsze, że opadają człowieka całymi rojami i w jednej chwili okrywają twarz, oraz inne nie osłonięte części ciała jakby maską z tysiąca tnących owadów. Można się zdumiewać, skąd bierze się ich tyle w tak niegościnnym i surowym kraju!

Przyczyna tego jest dwójaka: najpierw komary północne przyzwyczały się już do ostrego klimatu, i odbywają pomyślnie rozwój nawet w takiej wodzie, która co noc okrywa się warstwą lodu. Następnie zaś właśnie ta ostrość klimatu jest dla nich znakomitym środkiem ochronnym, w płytkich bowiem bagienkach, będących ich kolebką, niema wcale drapieżnych wodnych chrząszczy i pluskiew lub drobnych rybek, któreby stawiały tamę rozmnożeniu się komarów. Komary, potrzebujące tylko 14 dni na cały rozwój od jajka do doskonałego owadu, mogą jeszcze znaleźć możliwe warunki do odbycia przeobrażeń w bagienkach zamarzających zupełnie od czasu do czasu, ale stworzenia o dłuższym okresie rozwoju nie mogą tam utrzymać się w żaden sposób.

Północ Europy obfituje w osobniki komarowego rodu, ale jest uboga w gatunki, posiada ich bowiem tylko trzy. Południe może się poszczycić zarówno ilością gatunków, jak i ich bogatym rozkwitem. Oprócz wszystkich bardziej rozpowszechnionych gatunków środków europejskich, znajdują się tam jeszcze 12, właściwych tylko południowi, a bardziej dokładne poszukiwania powiększą ich ilość niewątpliwie. Zjawiają się zaś tam one również w olbrzymich ilościach.

Ameryka posiada też niektóre gatunki europejskie: między innymi na północy znajduje się tam *Culex nigripes*, bardziej na południe *C. pipiens*.

Ten ostatni jednak nie odgrywa tam takiej pierwszorzędnej roli, jak u nas. Pierwsze miejsce zajmuje tam *Culex fatigans* Wied. gatunek, zasługujący na bliższą uwagę z kilku względów.

Rozpowszechniony on jest na ogromnej przestrzeni w Ameryce od Nowego Jorku aż do Patagonii, a posiadają go obecnie i inne części świata: Azja południowa, Afryka, Australia, dorywczo zjawia się on nawet w południowej Hiszpanii i Portugalii. Jest to zatem gatunek kosmopolityczny w całym znaczeniu tego wyrazu, i trudno powiedzieć, gdzie jest właściwie jego ojczyzna: statki porozwoziły go po najrozmaitszych portach, a stamtąd rozpowszechnił się wszędzie mniej lub więcej daleko w głąb lądu.

*Culex fatigans* jest bardzo blisko spokrewniony z naszym *C. pipiens* i tak dalece podobny do niego, że nawet entomologowie mieszają nieraz oba te gatunki. To też jest rzeczą wielce prawdopodobną, że jeden z nich, mianowicie *C. fatigans*, powstał z drugiego (*C. pipiens*), gdy ten na okrętach został przywieziony do Ameryki. Za takim przypuszczeniem przemawia ta okoliczność, że w Ameryce znajdować można wciąż osobniki o cechach mieszanych, pośrednich między obu temi gatunkami. Powstają one, prawdopodobnie, wskutek krzyżowania *C. fatigans* z osobnikami *C. pipiens*, dowożenymi bez ustanku na okrętach. Następnie popiera to przypuszczenie fakt, że *C. fatigans*, który obecnie osiedlił się już na stałe w Australii, Azji południowej, Afryce i na wyspach Oceanu Spokojnego, i to nie tylko u wybrzeży, ale nawet w głębi lądu, w Europie jednakże zjawia się wciąż jedynie dorywczo, jako gość chwilowy, na stałe atoli osiedlić się nie może. Prawdopodobnie dlatego, że wracając do pierwotnej ojczyzny, przekształca się tam w pierwotną postać, wraca do formy *C. pipiens*.

O tem, że jest on gatunkiem młodszym, możemy wnioskować jeszcze z tego, że występuje obecnie w bardzo wielu odmianach, które dopiero z czasem mogą się ustalić w samodzielne gatunki.

Jest to typowy domowy komar; stworzenie tak samo ściśle związane z ludźmi, jak wróbel lub mucha domowa. Widać to szczególnie z jego rozpowszechnienia w Australii: do niedawna był on tam zupełnie nieznan, obecnie zaś znajduje się jedynie koło ludzkich siedlisk, najwyżej w odległości stu kroków. Poza tem nie spotyka się go nigdzie. Nawet larwy jego nie odbywają przeobrażeń w stawach, bagienkach i innych naturalnych zbiornikach wody, lecz jedynie w sztucznych, jak kadzie z wodą, beczki, umieszczane w ogrodach i t. p. Zowią go też tam „komarem domowym”. Pod względem życia się

z ludźmi zbliża się zatem również do *C. pipiens*, i bodaj przewyższa go nawet.

Różni się zaś od niego obyczajami o tyle, że jest owadem nocnym, który w dzień ani nie lata, ani tnie, podczas gdy europejski jego krewniak daje się ludziom we znaki od rana do późnej nocy. Zdaje się tedy ostatecznie, że oba te gatunki różnią się raczej obyczajowo, niż morfologicznie. Wiadomo zaś, że takie zmiany w sposobie życia następują nieraz po przeniesieniu jakiegoś gatunku w jednej części świata do drugiej.

Jeszcze jedną różnicę można wskazać między *Culex fatigans* a naszym *C. pipiens*. Nasz komar dokucza jedynie kluciem, ale ukłucie jego nie pociąga za sobą żadnych groźnych następstw, podczas gdy jego amerykański krewniak jest roznosicielem tak zwanej filariasis, należy zatem do niebezpieczniejszych członków komarzej rodziny.

B. Dyakowski.

**Wszechświat 1907, tom XXVI, nr 52, str. 826-830  
Z NOWSZYCH SPOSTRZEŻEŃ NAD KOMARAMI (WEDŁUG PROF. K. SAJO)  
Dokończenie**

Drugi z obchodzących nas obecnie rodzajów komarów - *Stegomyia*, wydzielony dopiero przez Theobalda z rodzaju *Culex*, zamieszkuje jedynie kraje gorące, w naszej strefie niema go wcale. Głównym i najbardziej znanym przedstawicielem tego rodzaju jest *Stegomyia fasciata* Fabr., spotykany w strefie gorącej wszystkich części świata a zwany pospolicie „mustykiem tygrysim” dlatego, że ma czarny odwłok w białe pręgi. Odnacza się wielką zmiennością i z tego powodu opisany został pod 17 rozmaitemi nazwami: jeden tylko angielski entomolog Walker nadał mu ich 7 (*exagitans*, *viridifrons*, *inexorabilis*, *formosus*, *excitans*, *impatibilis* i *zonatipes*), a oprócz tego 10 innych ochrzciło go jeszcze osobno od siebie! Wspaniały przykład chaosu, jaki panuje w systematyce komarów. Zdaje się jednak, że najszluszniej będzie zostać przy najstarszej nazwie gatunkowej (*Culex fasciatus*), którą nadał temu mustykowi Fabricius w r. 1805.

Zresztą ten komar, posiadający tyle nazwisk, stał się głośnym dopiero w ostatnich latach od czasu, gdy dr. Finlay wykazał, że jest on roznosicielem żółtej febry. Zdaje się, że właściwość tę posiada tylko ten rodzaj, *Culex* zaś i *Anopheles* są najzupełniej nieszkodliwe pod tym względem. Ale zato z rodzaju *Stegomyia* zarazki żółtej febry roznosi nie tylko gatunek *St. fasciata*, ale według wszelkiego prawdo-

podobieństwa i parę innych, tylko że żaden niema tak szerokiego obszaru rozmieszczenia.

Znajduje się on w całej Ameryce od Wirginii do południowych granic Brazylii, w Afryce, Indyach Wschodnich, Indochinach, na wyspach Sundajskich, w Australii, a zjawia się nawet i w Europie: w Portugalii, Hiszpanii i południowych Włoszech. Może żyć i rozmnażać się wszędzie, gdzie znajduje większą ilość ciepła.

Naturalnie jednak żółta febra nie wszędzie grasuje, gdzie żyje ten komar: gdzie niema ludzi chorych na nią, tam i zdrowym *Stegomyia* nie może zaszczepić tej zarazy. Ale zato, gdzie są chorzy, tam roznosi ją on z nadzwyczajną i przerażającą łatwością.

Komar ten podobnie, jak i niektóre inne, jest też rodzajem domowego zwierzęcia: trzyma się on ludzkich siedzib, jajka składa chętniej do kadzi, beczek z wodą i innych naczyń, niż do naturalnych zbiorników, wlatuje ogromnie chętnie do pokojów i tnie boleśnie. Jak twierdzą niektórzy (Mac Kay), nawet samiec jego ma również karmić się krwią; twierdzeniu temu jednakże zaprzeczają inni badacze (dr. Bancroft). Ale zato, co jeszcze gorsza, zauważono, że mustyk ten wysysa krew nawet ludzi zmarłych przed dwu lub trzema godzinami (dr. Durham). Jest zatem bardzo niebezpiecznym owadem.

W ostatnich latach przekonano się przypadkowo o wielkiej wytrzymałości jego jajek na wysychanie.

Wspominany niejednokrotnie angielski entomolog Fred Theobald otrzymał był z Kuby od dra Finlaya jajka *Stegomyia fasciata* w stanie suchym, zamknięte w szklanej probówce. Theobald trzymał je tam bez zmiany jeszcze dwa miesiące, a następnie umieścił w akwaryum, nie licząc zresztą, aby się nich mogły wykluć larwy. Nastąpiło to jednakże ku niemałemu jego zdziwieniu, a chociaż w ciągu 10 dni znaczna część larw zginęła, sześć z nich atoli odbyło całkowity rozwój i przekształciło się w doskonale owady.

To przypadkowe spostrzeżenie wskazuje wyraźnie sposób, w jaki okręty roznoszą po świecie tego komara a prawdopodobnie i innych; w czasie zatrzymywania się ich w portach, mustyki składają jajka do różnych naczyń z wodą, a chociaż następnie wodę tę wyleje się, część jajek przylgnie do naczyń, podłogi, ścian i t. p. i w stanie suchym może zajechać do najbardziej odległych miast, aby tam odbyć rozwój, skoro tylko znów zetkną się z wodą.

Niebezpieczny to zatem owad: łatwo bardzo rozpowszechnia się, trzyma się mieszkań ludzkich i karmi się krwią, roznosi zatem wszędzie żółtą febrę. Od czasu jednakże, gdy poznano jego stosunek

do tej choroby, walka z nią stała się znacznie łatwiejszą: obecnie chodzi bowiem przede wszystkim o tępienie komarów i o niedopuszczanie ich do zetknięcia się z chorymi.

Jak dalece skuteczny jest taki sposób zapobiegania żółtej febrze, przekonano się namacalnie w ostatnich latach na Kubie, gdzie gubernator Hawany H. C. Gorgas przedsięwziął nadzwyczaj energiczne środki ku uzdrowotnieniu tego miasta. Gorgas zniszczył tam zapomocą zasypywania lub drenowania albo też zdezynfekował w ciągu roku 26000 zbiorników, w których znajdowały się jajka lub larwy *Stegomyia*. Jednocześnie chorych umieszczano w domach izolacyjnych, których drzwi, okna, wentylatory były szczelnie zabezpieczone zasłonami z gazy, nieprzenikliwej dla mustyków.

Wynik przeszedł wielkie oczekiwania: w Hawanie, słynnej z epidemii żółtej febrzy, od r. 1901 nie zaszedł ani jeden miejscowy wypadek tej choroby; wszyscy, którzy tam zapadali na tę chorobę, byli to zawsze przyjezdni z innych miejscowości.

Walka z tym komarem jest rzeczą tem bardziej ważną, że, jak się przekonano, może on także przenosić i filariasis, jest więc sprawcą aż dwu bardzo niebezpiecznych chorób.

Przechodzimy wreszcie, do trzeciego rodzaju *Anopheles*, obchodzącego nas najbardziej ze wszystkich, on bowiem jest roznosicielem malaryi, jedynej z „komarzych” chorób, od której strefa umiarkowana nie jest wcale wolna. Związek jego z malaryą nie ulega obecnie najmniejszej wątpliwości: wprowadzie nie wszędzie panuje malarya, gdzie znajdują się te komary, nie chodzi im bowiem o samą malaryę, lecz jedynie o to, aby mieć ludzi, których krwią mogą się karmić; ale zato wszędzie gdzie jest malarya, tam są i komary z rodzaju *Anopheles*, one bowiem tylko mogą roznosić jej zarazki. Podróżnicy po krajach zwrotnikowych niejednokrotnie zabezpieczali się od tej choroby w ten sposób, że rozbijali namioty w znacznej odległości od mieszkań krajowców: chociaż komary cięły ich tam, nie udzielały im jednak malaryi, bo nie miały w sobie jej zarazków.

W Europie najpospolitszym gatunkiem z tego rodzaju, a zarazem największym jest *Anopheles maculipennis* Meig. (= *quadrifasciatus* Say), różniący się od innych plamami na skrzydłach. Znajduje się najobficiej koło domostw wiejskich, zwłaszcza w kłozetach, a kłuje zarówno w dzień, jak i wieczorem. Ukłucie jego nie jest wprawdzie zbyt bolesne, tem niebezpieczniejsze jednak. Inne gatunki kłują boleśniej, a malaryę przenoszą tak samo, jak i *Anopheles*, tylko, według wszelkiego

prawdopodobieństwa, różne ich gatunki zaszczepiają różne odmiany malarii i dla tego choroba ta występuje w tak rozmaitej postaci.

Jakiś czas sądzono, że wyniosłe położenie danej miejscowości zabezpiecza od malarii. Pogląd taki okazał się jednak błędnym, znajdowano bowiem na wysokości 1000 metrów zarówno komary z rodzaju *Anopheles*, jak i czysto miejscowe wypadki malarii. *Anopheles*, podobnie jak i inne komary, wymaga do rozwoju wody stojącej, bagnisty więc grunt na wyżynie jest dlań równie odpowiedni, jak i na nizinie.

Mniemano także, że *Anopheles* może się rozwijać jedynie w naturalnych zbiornikach, w rowach, bagnach, błotach, stawach i t. p., nigdy zaś w kadiach, beczkach lub innych naczyniach z wodą, a to dla tego, że larwy jego karmią się, głównie glonami, woda więc musi je zawierać koniecznie. Miało to stanowić ważną różnicę między nim a *Culex*, którego larwy mogą się karmić gnijącymi szczątkami i dlatego doskonale rozwijają się w różnych sztucznych zbiornikach, a także w kałużach po deszczu, zupełnie pozbawionych wodorostów.

Nowsze atoli badania dowiodły, że larwy *Anopheles* rozwijają się i w sztucznych zbiornikach, tylko są tam trudniejsze do zauważenia od larw *Culex*, ponieważ trzymają się zwykle nieruchomo przy wewnętrznej powierzchni naczynia, gdy tamte kręcą się i wirują po całej wodzie, a więc rzucają się bardziej w oczy. To ich zachowanie się tłumaczy się tem, że na wewnętrznej powierzchni naczyń właśnie najpierw wytwarza się powłoka z wodorostów. Możliwą jest rzeczą, że larwy *Anopheles* rozwijają się jedynie w takich naczyniach, w których zdążyły się już osiedlić wodorosty.

Zresztą nie jest jeszcze stwierdzone z zupełną pewnością, że larwy te mogą się karmić wyłącznie glonami. Gdyby zaś tak było, to stanowiłoby to dla nas okoliczność wielce pomyślną w walce z tym komarem, wiadomo bowiem, że domieszka do wody nadzwyczaj drobnych ilości siarczanu miedzi (milionowych części), których ludzie ani zwierzęta nie odczuwają nawet, staje się zabójczą dla glonów i uniemożliwia im istnienie w zbiorniku. Można by więc było zapomocą tego zupełnie nieszkodliwego środka usunąć te komary przynajmniej z najbliższego sąsiedztwa mieszkań ludzkich, gdzie właśnie stykają się one najwięcej z zarazkami malarii.

Również, ale już bezwzględnie pomyślną dla nas okoliczność stanowi fakt, że rodzaj *Anopheles* jest wogóle uboższy w gatunki i osobniki, niż *Culex*, w ten sposób bowiem te niebezpieczne komary występują w każdym razie w mniejszej liczbie.

Ta mniejsza liczebność *Anopheles* jest niewątpliwie następstwem tego, że rodzaj ten jest znacznie gorzej przystosowany do panujących warunków, niż rodzaj *Culex*, i dla tego rozmnaża się słabiej. Jest rzeczą wielce prawdopodobną, że to gorsze przystosowanie polega właśnie na karmieniu się larw wodorostami, gdy dla *Culex* wystarczają szczątki gnijące. Wskutek tego bowiem *Anopheles* w naturze może rozmnażać się jedynie w stałych wodach stojących, nigdy zaś w drobnutkich kałużach po deszczu lub płytkich, łatwo wysychających bagienkach, zupełnie wystarczających dla *Culex*. W takich zaś wodach stałych znajdują się zawsze drapieżne owady wodne, a w większych zbiornikach i ryby, które w ogromnych ilościach pożerają larwy komarów i w ten sposób stawiają bardzo skuteczną tamę nadmiernemu ich rozmnożeniu się. Drapieżców tych niema zwykle w czasowych płytkich wodach i dlatego komary takie, jak *Culex*, mogące odbyć w nich rozwój, znajdują się w znacznie pomyślniejszym warunkach, niż *Anopheles*, wymagający wody stałej z wodorostami.

Wprawdzie może on także rozmnażać się w sztucznych zbiornikach obok siedzib ludzkich, ta jednak zdolność nie jest dla niego bezwzględnie pomyślną. *Anopheles* karmi się krwią ludzką, ale jednocześnie obdarza ludzi, których kosztem żyje, ciężką chorobą, a obdarza nią całe wsi, miasta, a nawet całe okolice. A to ma znów zgubne następstwa dla niego samego, ludzie bowiem albo wyprowadzają się z takiego „niezdrowego” miejsca albo też starają się poprawić warunki istnienia przez skanalizowanie i osuszenie błot. W obu zaś wypadkach pogarszają się warunki istnienia dla *Anopheles*, bo w pierwszych traci on karmicieli, w drugim zbiorniki wody, odpowiednie na złożenie jajek.

Przykładów takich dostarczyć nie trudno: ludzie wogóle niechętnie osiedlają się w niezdrowych bagnistych miejscowościach i czynią to przeważnie tylko wtedy, gdy nie mają wyboru; nieraz opuszczają nawet zajęte już miejscowości, jeśli okażą się one siedliskiem chorób.

Słynne błota pontyjskie za państwa rzymskiego były przez długi czas niezamieszkane, ponieważ nie brakowało wtedy zdrowszych miejscowości do osiedlania się. Dzisiejszy austriacki port Pola miał za rzymian okres rozkwitu, ale następnie podupadł, jak głoszą źródła historyczne, dlatego, że miejscowość była niezdrowa. Prawdopodobnie przyczyną upadku było zaniedbanie systemu kanalizacji, wskutek czego powstała obfitość wód stojących, rozmnożyły się komary, rozwinęła malaria i inne pokrewne choroby błotne. To jest właśnie najgor-

sze, że w miejscowościach błotnistych, obfitujących w komary z rodzaju *Anopheles*, obok typowej malarii, wybuchają inne, częstokroć zagadkowe choroby i podnosi się wogóle stopa śmiertelności.

Prof. Sajó podaje przykład, jak w pewnej błotnistej miejscowości na Węgrzech śmiertelność ulegała wahaniom zależnie od stanu skanalizowania okolicy. Stosunki zdrowotne tej miejscowości, w ogóle niezdrowej, uległy pewnej poprawie koło r. 1833, gdy ówczesny właściciel wielkich obszarów w tamtej okolicy, hr. Waldstein, pokopał rowy i zdrenował w ogóle grunt. Kanały jednak, nie utrzymywane w należyтым stanie przez jego następców, zamuliły się i nie mogły spełniać swego przeznaczenia. Następstwem tego było ogromne powiększenie się śmiertelności: koło r. 1870 wzrosła ona w tych stronach średnio o 10% w niektórych zaś gminach podwoiła się prawie; były tam; nawet takie gminy, w których ilość skonów przewyższała wybitnie liczbę urodzeń, jak np. w gminie Szenna, w której w czasie od 1873 r. do 1878 zanotowano 380 urodzeń i 587 skonów.

Okolica ta uległaby z czasem niewątpliwie wyludnieniu, gdyby rząd w r. 1880 nie wziął sprawy w swoje ręce i nie zajął się jej osuszeniem. Odtąd stan zdrowotny poprawił się znowu.

Przykładów takich można przytoczyć bardzo wiele, a wszystkie one wskazują najoczywściej, jak wielki wpływ na zaludnianie się lub wyludnianie pewnych okolic wywiera malaria, a zatem i *Anopheles*. Drobny ten komar, karmiący się krwią ludzką, napozór tylko dokuczliwy, może jednak z biegiem lat stać się przyczyną zupełnego wyludnienia się pewnej miejscowości.

Taka jednak ostateczność nie jest wcale dogodna dla *Anopheles*: traci on bowiem wówczas ofiary, których krwią mogłyby się karmić całe pokolenia tych komarów. Pod tym względem w znacznie lepszym położeniu znajduje się rodzaj *Culex*, który wypija krew ludzi, ale jednocześnie nie obdarza ich zarazkami malarii, nie „pali za sobą mostów”, jeżeli się tak można wyrazić, i w ten sposób pozostawia sobie możliwość korzystania z krwi ludzkiej przez czas dłuższy. Ciekawą jest w każdym razie rzeczą, dlaczego *Culex* nie udziela nam zarazków malarii, skoro niewątpliwie na równi z *Anophelesem*, wysysa krew ludzi malarycznych, a wraz z nią chłonie w siebie i zarazki tej choroby. Dzieje się to prawdopodobnie dla tego, że posiada on zdolność niszczenia tych zarazków, zabijania ich, skoro dostaną się do jego ciała. Zdolność ta ze względu na zachowanie gatunku jest dla niego stanowczo korzystna. Ale na czym polega ona?

Theobald twierdzi, że przyczyną tego jest znaczna zawartość kwasów w sokach *Culex*, a kwasy te zabijają zarazki malarii. Za prawdopodobieństwem takiego przypuszczenia przemawia fakt, że soki z ciała *Anopheles* nie reagują kwaśno, a więc zgodnie z twierdzeniem Theobalda nie są uzdolnione do zabijania zarazków malarii. Jeszcze jedna właściwość stawia *Culex* w lepszym położeniu, mianowicie ta wyżej wspomniana zdolność jego larw do karmienia się bylejakimi szczątkami organicznemu, a co za tem idzie możliwość pomyślnego rozwijania się w sztucznych zbiornikach gospodarskich i ogrodowych. Że *Anopheles* korzysta z nich tylko dorywczo, prawdopodobnie dopiero wtedy, gdy się w nich rozwinie flora glonów, a że naogół potrzebuje on wód stałych, widać najwyraźniej z tego, że wraz z osuszeniem błot, znika a przynajmniej zmniejsza się malaria i ilość *Anophelesów*, ale zwyczajne komary (*Culex pipiens*) latają i tną, jak dawniej, nie chodzi im bowiem tyle o błota, które zostały osuszone, ile o sztuczne zbiorniki przy domach, które pozostały i nadal.

Jednakże i *Anopheles* odznacza się odpornością pod pewnemi względami, mianowicie larwy jego są dość wytrzymałe na zimno: J. B. Smith znajdował je w takiej wodzie, która w nocy na kilka godzin pokrywała się cieniutką warstewką lodu.

W każdym atoli razie zima wywołuje przerwę w czynnem życiu tego komara i tem właśnie można wyjaśnić mniejsze nasilenie malarii w krajach umiarkowanych. W strefie gorącej komary czynne cały rok i cały rok mogą roznosić zarazki tej choroby, podczas, gdy w umiarkowanej znikają one na kilka miesięcy zimowych. W ciągu tego czasu chorzy mają możliwość wyzdrowieć i gdy na wiosnę ukażą się znów komary, mogą już nie znaleźć wcale zarazków malarii do roznoszenia, w każdym zaś razie znajdują znacznie zmniejszoną ich ilość.

Na zakończenie wspomniemy jeszcze o sposobach walki z malarią w miejscowościach, gdzie ta choroba panuje stale. Zdania pod tym względem nie są zupełnie zgodne, głównych atoli sposobów jest trzy: 1) dawanie chininy całej ludności w takiej okolicy, 2) zaopatrywanie mieszkań w siatki gazowe, a także osłanianie niemi ciała w miejscach nieokrytych ubraniem, albo też smarowanie go tłuszczami lub olejkami, których zapachu nie znoszą komary, i wreszcie 3) najbardziej radykalny sposób – tępienie komarów ich larw oraz uniemożliwianie im rozmnażania się.

Ten ostatni sposób jest naturalnie najskuteczniejszym, właściwie on jeden tylko może przyczynić się realnie do poprawienia stosunków zdrowotnych

danej okolicy; stosować go jednakże można wyłącznie w takich miejscowościach, które stoją na dość wysokim stopniu kultury. W innych trzeba uciekać się do jednego z dwu pierwszych sposobów.

Że jednak uniemożliwienie komarom rozmnażania się daje najpomyślniejsze wyniki, widać z tego, jak znika malarya w' miejscowościach, gdzie przeprowadzono kanalizację błot.

Przez powyżej wspomniane środki, przedsięwzięte w Hawannie w celu zwalczania żółtej febry, osiągnięto podwójny skutek, bo ofiarą ich padły nie tylko *Stegomyia fasciata*, ale i *Anopheles*, a w następstwie tego zmalała ogromnie ilość zaskabnięć na malaryę. Jest to jeden z najlepszych przykładów, jak najniezdrowsze miasto można zamienić w zupełnie zdrowe miejsce pobytu, jeżeli się zabierzemy do tego w sposób racjonalny i nie pożałujemy kosztów, zwracających się zresztą z nawiązką przez poprawienie stanu sanitarnego.

Ale skutek prawdziwie trwały można osiągnąć jedynie wtedy, jeżeli wzięto się do tego na szeroką skalę i wspólnymi siłami, uzdrowotnienie bowiem jednej miejscowości nie na wiele się przyda, jeżeli druga sąsiednia pozostanie nadal siedliskiem i rozsadnikiem choroby.

Zrozumieli to dobrze Amerykanie i nie dość, że rozpoczęli walkę z komarami roznoszącymi malaryę, ale jeszcze postarali się nadać jej charakter ogólny przez ustanowienie (w Stanach Zjednoczonych Ameryki północnej) specjalnego urzędu (*Mosquito Surveys*), który zajmuje się badaniem

poszczególnych miejscowości pod względem warunków rozwijania się komarów szkodliwych oraz wskazuje najodpowiedniejsze sposoby ich zwalczania. „*Mosquito Surveys*“ istnieje bardzo niedawno i dopiero w r. 1905 wydało pierwsze sprawozdanie ze swej działalności.

Widać z niego, że między innymi pomyślnie warunki dla komarów stwarzają nasypy kolejowe; utrudniają one bowiem odpływ wód deszczowych i innych; dla tego też należy je zawsze przebijać kanałami. Ważną rzeczą jest następnie zarybianie wód stojących, ryby bowiem niszczą ogromnie larwy komarów.

Wyniki, osiągnięte w Ameryce, wskazują, że umiejętnym wpływaniem na warunki miejscowe można się pozbyć komarów, roznoszących zarazki niektórych chorób, a wraz z nimi usunąć i same choroby.

B. Dyakowski.

Teksty wybrały i przygotowały Maria Śmiałowska i Katarzyna Stachowicz.

Pomoc techniczna Monika Szczerba-Kolasa



# ŚCIEŻKI POLESKIEGO PARKU NARODOWEGO ORAZ PIĘKNO LUBELSZCZYZNY

Katarzyna Stachowicz (Kraków)

Poleski Park Narodowy (PPN) – zlokalizowany jest na terenie Polesia Zachodniego (Polesie Lubelskie), na równinie Łęczyńsko-Włodawskiej leżącej w pasie Wielkich Dolin. Do Poleskiego Parku Narodowego dojedziemy w godzinę kierując się od Lublina.



Ryc. 1. Bocian biały. Fot. K. Stachowicz.

Zbliżając się w okolice parku zostaniemy przywitani pięknem przyrody Polesia, która od progu zachęca nas, aby zobaczyć coś więcej (Ryc. 1). Teren, na którym zlokalizowany jest Poleski Park Narodowy, został ostatecznie ukształtowany w okresie zlodowacenia środkowopolskiego. Po okresie zlodowacenia pozostały tu ogromne obszary płaskie oraz rozlewiska dające początek obecnym tu teraz połaciom torfowisk. Chętnych do zgłębienia tematu odsyłam na oficjalną stronę Parku (link do strony dostępny jest w źródłach artykułu).

## Ścieżki przyrodnicze na terenie Poleskiego Parku Narodowego

Na terenie Poleskiego Parku Narodowego udostępnionych jest kilka ścieżek turystycznych, różniących się długością wędrówki, oraz okazami bytującej tu fauny i flory. Najkrótsza ścieżka – „Żółwik” – przeznaczona jest dla najmłodszych, zlokalizowana jest przy budynku PPN w Starym Załuczu, gdzie można podziwiać „na żywo” wiele okazów tutejszej fauny, między innymi okazy rodzimych Żółwi błotnych



Ryc. 2. Drogowskaz na ścieżce obóz powstańczy. Fot. K. Stachowicz.



Ryc. 3. Początek trasy na ścieżce obóz powstańczy. Fot. K. Stachowicz.

(*Emys orbicularis*), (w roku 2018 uratowano tu około 1700 żółwi), czy uratowanych przed zimą boćków.

Misją parku jest ochrona gatunków zagrożonych, znajdujących się na tzw. czerwonej liście (wykaz na stronie Parku), jednakże pomaga się tutaj również gatunkom niezagrożonym w przetrwaniu zimy. W parku leczy się także okazy chore w specjalnie do tego przygotowanym Ośrodku Rehabilitacji Zwierząt. Dorosli mogą podjąć wędrowkę na ciągnącej się przez 4 km ścieżce „Obóz powstańczy” (Ryc. 2 i Ryc. 3). To właśnie tutaj obozowali powstańcy styczniowi, stąd też pochodzi nazwa ścieżki. Atrakcją przyrodniczą ścieżki jest możliwość obserwowania przyrody z wieżyczki widokowej (Ryc. 4), która ustawiona jest tutaj nie bez powodu. Szczęściarze mogą zaobserwować jelenie czy łosie. Kolejną ciekawostką przyrodniczą miejsca są żeremia bobrów (*Castor fiber*). Bobry oswojone z obecnością przyrodników oraz turystów nie boją się, więc istnieje duża szansa ich zobaczenia. Tutejszą florę stanowią lasy mieszane, w których można spotkać brzozy czarne. Brzoza czarna (*Betula nigra* L.) zawdzięcza swoją nazwę korze pozbawionej charakterystycznego zabielenia, osiąga ona do 20 m wysokości. Ścieżka: „Dąb Dominik” ciągnie się na około 3,5 km. Nazwa ścieżki pochodzi od nazwiska polskiego przyrodnika Dominika Fijałkowskiego, który rozpoczął starania o ochronę tego terenu oraz utworzenie rezerwatu przyrody. Na jego cześć nazwano „Dominikiem” największy dąb szypułkowy tego terenu, aby kolejno nazwać tak ścieżkę

przyrodniczą. Niestety nie dysponuję zdjęciem dębu, chociaż go oglądałam, gdyż jest tak szeroki, że nie bardzo wiadomo, jak go objąć aparatem. Nie da się również oddalić tak, aby ująć go w kadrze, gdyż stanowi jedno z wielu drzew na wąskiej ścieżce przyrodniczej lasu. Na ścieżkę wejdziemy ze wsi Łomnica,

a przechodząc przez obszar zalesiony dotrzemy nad Jezioro Moszne (Ryc. 5). Jezioro Moszne jest jeziorem zarastającym, pokrytym tzw. płem, czyli roślinnością torfową tworzącą charakterystyczny kożuch. Dalej poprowadzi nas ścieżka drewnianych kładek usytuowanych nad torfowiskiem, z której można



Ryc. 4. Widok na Poleski Park Narodowy z platformy widokowej. Fot. K. Stachowicz.



Ryc. 5. Jezioro Moszne. Fot. K. Stachowicz.

podziwiać zarówno rozległe, jak i bardzo wąskie, w zależności od lokalizacji, miejsca bagienne (Ryc. 6). Gęsto porastają tutaj paprocie oraz pokrzywy. Cha-

rakterystyczne dla tego terenu są tzw. torfianki, czyli miejsca zalane wodą, powstałe na skutek wydobywania z nich torfu. Ścieżka: „**Splawy**” ciągnie się na dłu-



Ryc. 6. Tereny bagienne na obszarze PPN. Fot. K. Stachowicz.



Ryc. 7. Drewniana kładka na ścieżce Splawy, widoczne licznie porastające paprocie. Fot. K. Stachowicz.

gości 7,5 km, wejście na ścieżkę znajduje się w miejscowości Stare Załucze. Ścieżka ta prowadzi wąskimi kładkami umiejscowionymi ponad torfowiskami do Jeziora Łukie. Gdy wejdziemy na ścieżkę nie ma już odwrotu, gdyż wąskie kładki nie pozwalają na wymijanie się, stąd możemy iść tylko do przodu. Kładki ciągną się na odległość 4,5 km. Na każdej ze ścieżek Poleskiego Parku Narodowego zaobserwujemy inne okazy przyrodnicze i doznamy różnych wrażeń, jednak to właśnie ta ścieżka zrobiła na mnie największe wrażenie. Jest to miejsce, do którego chce się wracać (Ryc. 7 i Ryc. 8). Wędrując bardzo wąskimi kładkami zaobserwujemy turzycę długokłosą (*Carex elongata*) wchodzącą na naszą kładkę (Ryc. 7 i Ryc. 9). Zgodnie z informacją przyrodniczą opisaną na jednej z wielu tablic (Ryc. 9) możemy się dowiedzieć, iż na tych terenach oprócz turzycy długokłosej spotkamy także okrzężnicę bagienną (*Hottonia palustris*) oraz porzeczkę czarną. Mijany las jest to ols kępowo-dolinkowy, którego urodę stanowi zalewająca go okresowo woda, co wymusiło na porastających go roślinach przystosowanie do środowiska. Porastają tu tzw. hydrofity. Znajdziemy tu rzęsę drobną (*Lemna minor*) oraz kosaciec żółty (*Iris pseudacorus*). Niestychane



Ryc. 8. Drewniana kładka na ścieżce Sławy. Fot. K. Stachowicz.

wrażenie robią ogromne skupiska skrzypu bagienne-  
go (*Equisetum fluviatile* L.), dorastającego nawet 2  
metrów wysokości (Ryc. 10). Maszerując przed  
siebie zauważymy, iż roślinność powoli wpuszcza coraz  
więcej światła, przejaśnia się, zieleń jakby odpuszcza,  
przerzedza się. Ze zdziwieniem dostrzeżemy,  
iż ta wąska dotąd przestrzeń otwiera się na ogromne  
jezioro Łukie (Ryc. 11). Jezioro Łukie jest największym  
jezioro znajdującym się na terenie PPN. Na-  
leży do jezior eutroficznych o niskim stężeniu tlenu,  
co powoduje rozwój glonów w jego wodach, zazielenie-  
nienie, oraz zasiedlenie przez organizmy beztlenowe,  
w konsekwencji powstaje muł jeziorny, a jezioro po-  
woli zarasta (Ryc. 12).

Poprzez teren Poleskiego Parku Narodowego prze-  
biega jeszcze kilka ścieżek, łącznie ze ścieżkami ro-  
werowymi, opisałam jednak tylko te, na których dane  
było mi podziwiać przyrodę.

### Fauna i flora Poleskiego Parku Narodowego

Na terenie Poleskiego Parku narodowego znajdu-  
je się około 200 gatunków ptaków oraz 48 gatunków  
ssaków. Park słynie z siedlisk żółwia błotnego. Jako  
gatunek zagrożony objęty jest on szczególną pieczęią  
pracowników parku. Równocześnie cieszy fakt, iż

żółw ten upodobał sobie właśnie te tereny, gdyż na  
obszarach niektórych krajów europejskich uznany  
jest za gatunek wymarły. Żółwia błotnego nie dostrze-  
gåł w trakcie moich wędrówek poprzez park w jego  
naturalnych siedliskach. Widziałam go jednak w sie-  
dlisku pokazowym przeznaczonym dla najmłodszych  
na ścieżce „Żółwik”. Kolejną ciekawostką parku jest  
bytowanie żaby moczarowej (*Rana arvalis*). Samce  
żaby moczarowej w okresie wczesnej wiosny zmie-  
niają kolor skóry na tzw. godowy. Bagna i okolicz-  
ne wody wyglądają wtedy zjawiskowo, mieniąc się  
błękitami wyłaniającymi się z zarośli. Na otwartych  
terenach parku możemy spotkać wspomniane wcze-  
śniej jelenie i łosie, ale też dziki oraz jenoty. Obser-  
wację tych zwierząt ułatwiają wieżyczki widokowe  
przygotowane specjalnie dla turystów. Jednakże samo  
wspięcie się na wieżyczkę nie gwarantuje nam, że zo-  
baczemy łosia czy jelenia. Musimy znać tryb życia  
tych zwierząt, aby odwiedzić park o właściwej porze  
dnia, musimy także zachować ciszę. Park cieszy się  
obecnością wodniczki, która jest zagrożona wyginię-  
ciem na świecie, zaś tutaj znalazła dogodne miejsca  
lęgowe. Dostrzeże ją jednak tylko wprawne oko przy-  
rodnika, gdyż dla „zwykłego śmiertelnika” jest to po



Ryc. 9. Tablica przyrodnicza na ścieżce Sławy. Fot. K. Stachowicz.

prostu wróbel. Ze względu na liczne tereny podmokłe w parku spotkamy czaple, żurawie, łabędzie niemego, bociana czarnego, bociana białego oraz liczne kaczki. Zbliżając się w okolice jeziora w wędrówce

zaczyną nam towarzyszyć ważki (*Odonata*), „spacerując” równolegle z nami lub przecinając naszą drogę w pogoni za ofiarą. Ważki w zależności od wieku są mocno ubarwione lub pozostają zupełnie bez wyrazu.



Ryc. 10. Skrzyp bagienny i promyk słońca. Fot. K. Stachowicz.



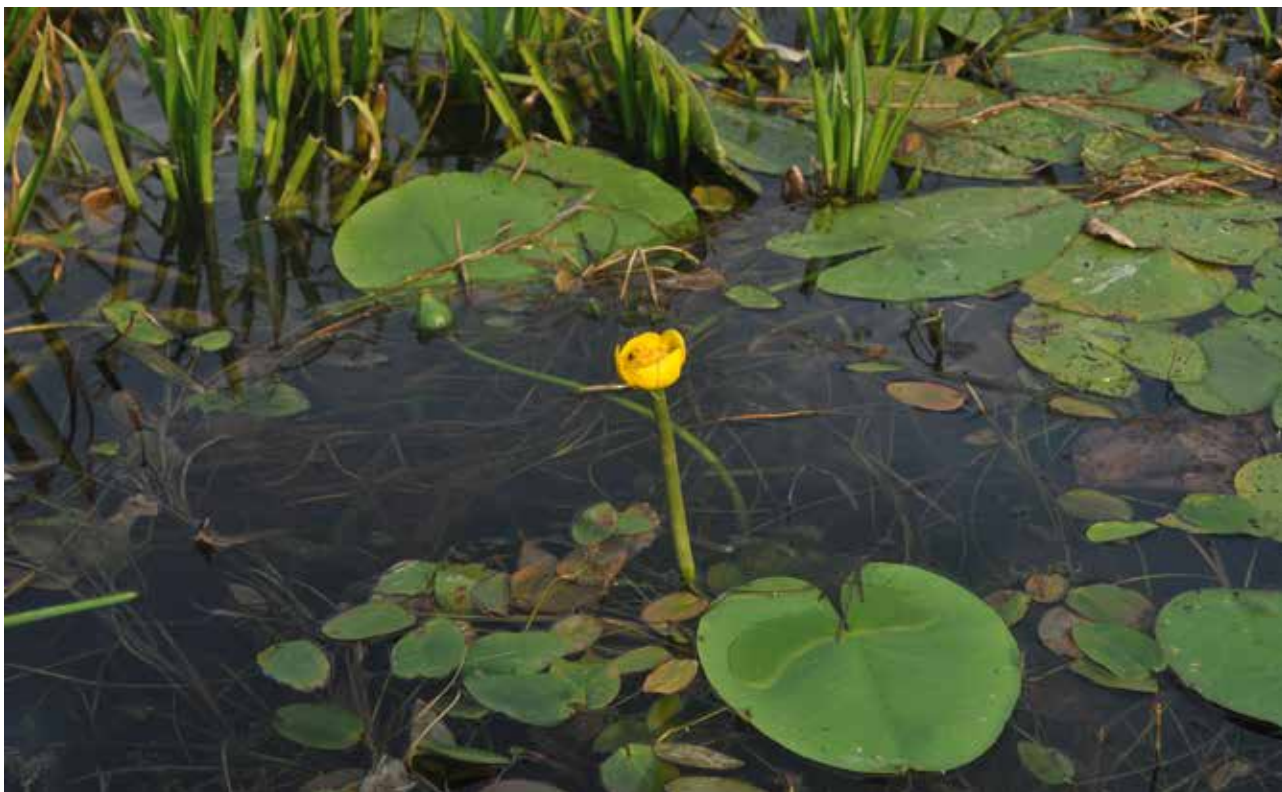
Ryc. 11. Wyjście ze ścieżki na jezioro Łukie – teren PPN. Fot. K. Stachowicz.

Cechę tę zawdzięczają dymorfizmowi wiekowemu. Osobniki zdolne do rozrodu wykazują najsilniejsze ubarwienie. Możemy więc zaobserwować ważki zarówno żółte, niebieskie, jak i zwykłe brązowe

z mieniącymi się w słońcu skrzydłami oraz takie, które przyjmują w promieniach słońca wręcz tęcze barwy skrzydeł. Z pośród flory tego rejonu, oprócz omówionych wcześniej okazów typu turzycy długokłosa,



Ryc. 12. Widok na jezioro Łukie – teren PPN. Fot. K. Stachowicz.



Ryc. 13. Grąźel żółty (*Nuphar lutea*). Fot. K. Stachowicz.

skrzyp bagienny czy paprocie (*Polypodiopsida Cronquist*), nacieszymy oko żółcącymi się na tafli jeziora Grązelami żółtymi (*Nuphar lutea*), (Ryc. 13). Jednak-

stwach. Znajdziemy tu między innymi rumianek, tymian, macierzankę oraz barwną lawendę.



Ryc. 14. Widok na łany zbóż. Fot. K. Stachowicz.

że prawdziwą atrakcją terenu stanowią liczne tutaj rośliny drapieżne oraz storczyki. Fauna i flora Poleskiego Parku Narodowego tworzy charakterystyczny mikroklimat, co zauważymy natychmiast po przejściu pierwszych kroków po Poleskich ścieżkach. Las udzieli nam schronienia przed upałem, nacieszymy się tutaj rześkim, wilgotnym powietrzem spacerując po drewnianych kładkach wzniesionych ponad torfowiskami. Wyobrażam sobie, iż te same kładki stają się wilgotne i śliskie, gdy pada deszcz, a powietrze przesycę ciężką wilgoć, jednak nie doświadczyłam tego w trakcie moich wypraw.

#### Skansen na Lubelszczyźnie – Muzeum Wsi Lubelskiej

Dla chętnych do obcowania z przyrodą, którzy nie mogą podróżować ani wędrować, centrum Lublina oferuje niepowtarzalne miejsce przyrodnicze – Muzeum Wsi Lubelskiej. W miejscu tym nie tylko cofniemy się w czasie, ale odnajdziemy prawdziwy kontakt z przyrodą. Na rozległych terenach skansenu można nacieszyć oko przyrodą spacerując pomiędzy falującymi łanami zbóż (Ryc. 14). Słychać brzęczenie zapracowanych pszczoł miodnych, dla których w cieniu drzew postawiono ule. Liczne zwierzęta gospodarcze żerują w swoich zagrodach, ciesząc oko. Dodatkowym atutem są zioła rosnące przy domo-

#### Zakończenie

Wiadomości zawarte w artykule oparte są na informacjach udostępnionych przez oficjalną stronę Poleskiego Parku Narodowego (link dostępny w wykazanych materiałach źródłowych). Chętnych do zgłębienia tematu odsyłam na oficjalną stronę Parku, dzięki której czytelnik pozna ciekawą historię Parku oraz terenów Polesia, jak również będzie mógł wirtualnie pospacerować po PPN. Prezentowane w artykule zdjęcia zostały wykonane w latach 2012–2013 i stanowią archiwum własne autorki. W związku z panoszącą się pandemią wywołaną przez wirusa SARS-CoV-2 oraz związanym z nią ograniczaniem kontaktów międzyludzkich, sięgnęłam po materiały archiwalne, aby podzielić się z czytelnikami „Wszechświata” pięknem ziemi Poleskiej. Zachęcam do odwiedzenia tych terenów, gdyż na ścieżkach PPN można zaczerpnąć łyk świeżego powietrza oraz uradować ducha w tych trudnych dla nas czasach.

#### Źródła internetowe

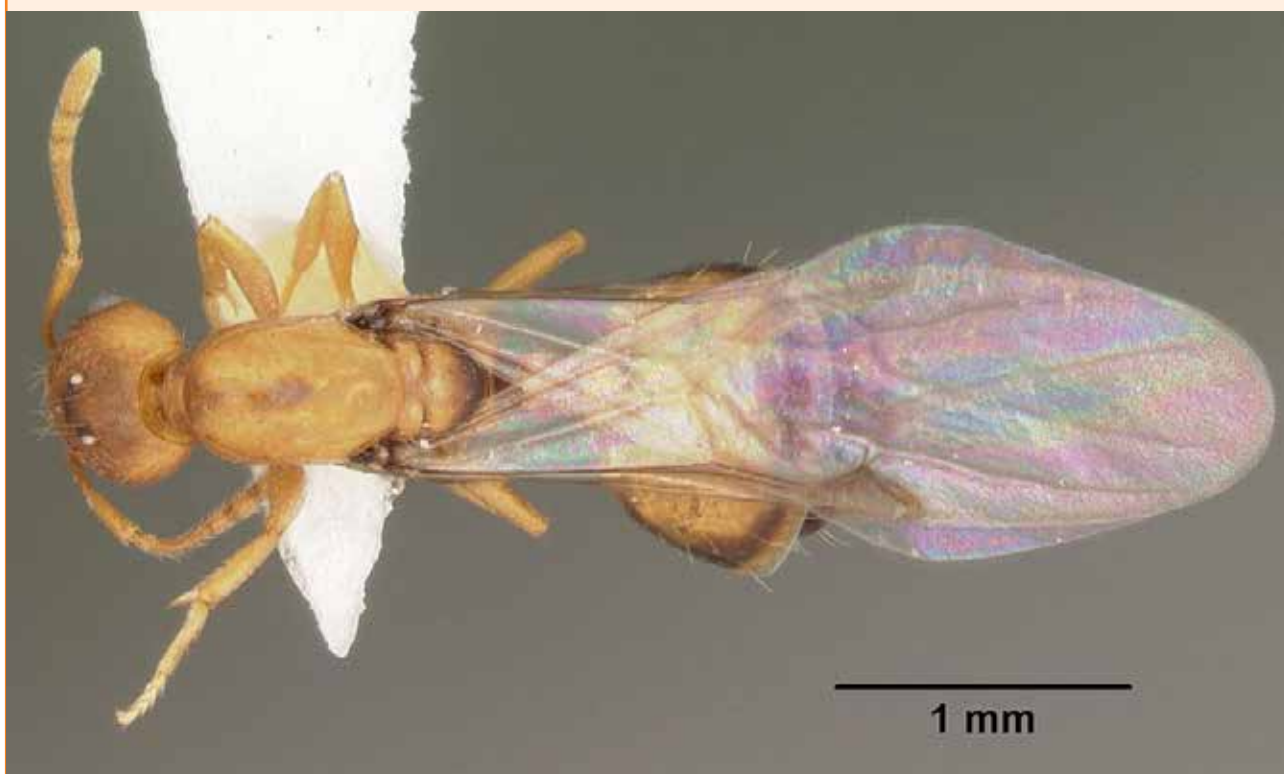
1. <https://www.wikipedia.pl>
2. <http://www.poleskipn.pl/index.php/historia-i-przyroda>

Katarzyna Stachowicz,  
e-mail: [stachow@if-pan.krakow.pl](mailto:stachow@if-pan.krakow.pl)

# MRÓWKI Z OKOLIC KRAKOWA I MOGILNA OBSERWOWANE W 2011 ROKU

Jarosław Roman (Mogilno)

Mrówki są rodziną owadów z rzędu błonkówek i podrzędu stylikówek (Insecta: Hymenoptera: Apocrita: Formicidae), o ciele smukłym, z dużą głową, tułowiem wydłużonym i wąskim oraz odwłokiem dużym, kulistym lub jajowato wydłużonym, połączonym z tułowiem cienkim trzonkiem uformowanym z silnie zwężonych przednich członów odwłoka. Mają aparat gębowy gryząco-liżący z bardzo silnymi żuwaczkami i wargą dolną przystosowaną do zlizywania cieczy. Ich czułki są kolankowato zgięte, składają się z trzonka i biczyska, a odnóża cienkie i długie typu bieżnego. Mają zwykle mocny oskórek (kutikula), często z charakterystycznym dla poszczególnych gatunkówrzeźbieniem, zwłaszcza na głowie i tułowiu, ubarwiony przeważnie ciemno, czarny, brunatny lub żółty, rzadziej pstry.



**Ryc. 1.** Mrówka faraona (*Monomorium pharaonis*) – królowa. Licencja CC; zdjęcie nie modyfikowane; autor: April Nobile; [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Monomorium\\_pharaonis\\_casento104094\\_dorsal\\_1.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Monomorium_pharaonis_casento104094_dorsal_1.jpg); www.AntWeb.org

Występują niemal na całym świecie. Dotychczas opisano około 12 tysięcy gatunków, spośród których 103 gatunki zidentyfikowano z obszaru Polski (Czachorowski i in. 2012), co stanowi 0,86 % myrmekofauny światowej.

Mrówki należą do owadów społecznych, żyją w koloniach utworzonych z dużej liczby osobników zróżnicowanych na wyraźne kasty. Założycielką kolonii jest zapłodniona samica – królowa, która w okresie rójki ma skrzydła. Podobnie jak u pszczoł, prócz samców i samic występuje również kasta

robotnic, czyli samic o niedorozwiniętych narządach rozrodczych. U niektórych gatunków bywa nawet po kilka postaci robotnic. Robotnice wyposażone w bardzo silne żuwaczki i wielkie głowy nazywane są żołnierzami. Pomiędzy samicami rozwiniętymi płciowo a robotnicami właściwymi występują niekiedy formy pośrednie. Podobnie jak samice, samce w okresie godowym mają prawie u wszystkich gatunków skrzydła, natomiast robotnice są zawsze bezskrzydłe. Po rójce samice i samce tracą skrzydła. Zadaniem samców jest tylko zaplemnianie samic podczas rójki,

a jedynym obowiązkiem królowej jest składanie jaj. Natomiast całością prac związanych z utrzymaniem i funkcjonowaniem kolonii zajmują się robotnice, czyli niepłodne samice, przychodzące na świat bez skrzydeł i stanowiące najliczniejszą grupę w społeczeństwie mrówek. Wykonują one wszelkie prace, np.: zbieranie i dostarczanie do mrowiska pożywienia, budowanie i sprzątanie mrowiska, obrona przed intruzami, opieka nad potomstwem. Robotnice żyją od 4 do 7 lat, a ich obowiązki wraz z wiekiem się zmieniają. Młode pozostają w gnieździe przez kilka tygodni i karmią larwy (czerwie) i królową oraz porządkują gniazdo, a starsze zbierają pokarm poza gniazdem. U większości gatunków mrówek brak jest żądła, czyli pokładełka (narząd owadów do składania jaj) przekształconego w narząd obronny. Ale samice mrówek, w tym także robotnice niektórych gatunków, posiadają żądło połączone z dobrze wykształconym gruczołem jadowym. Jad mrówek zawiera zawsze mniejsze lub większe ilości kwasu mrówkowego. Dlatego, gdy usiadziemy w pobliżu gniazda takich mrówek, można czasem odczuć dyskomfort, czego doświadczyłem osobiście.

Wędrując po Krakowie i jego okolicach, a także w okolicach Mogilna koło Nowego Sącza, zaobserwowałem wiele interesujących gatunków mrówek oraz ich obyczaje i gniazda, czym chciałbym się podzielić.

### Mrówki w Krakowie i okolicach

W mieszkaniach spotkałem bardzo drobne (długości ciała 1,9–2,5 mm i szerokość odwłoka 0,3–0,4 mm) i wysmukłe mrówki-robotnice o ubarwieniu żółto-brunatnym należące do gatunku *Monomorium pharaonis*, zwanego po polsku mrówką faraona. (Ryc. 1). Obecnie jest to już gatunek kosmopolityczny, który z pierwotnego obszaru występowania (wschodnia część Półwyspu Indyjskiego i obszary ościenne) rozprzestrzenił się niemal na cały świat. W krajowej faunie należy do grupy gatunków obcych i inwazyjnych (<https://www.iop.krakow.pl/gatunkiobce>). Mrówki te bywają prawdziwą zmorą domowników. Są wielożerne, drapieżne i detrytusozerne, termofilne i higrofilne. Pożerają produkty pochodzenia zwierzęcego, np.: mięso, tłuszcze, martwe owady, żywe drobne larwy oraz roślinnego, np. pieczywo, słodczyce, szczególnie lubią cukier. Nie dziwny się więc, gdy pewnego razu w cukiernicach ujrzymy liczne mrówki miodowej barwy. W naszej strefie klimatycznej mrówki te występują synantropijnie, głównie w miastach, gdzie gnieźdzą się najczęściej w szczelinach murów, w kanałach instalacji grzewczych oraz wodociągowych. Preferują temperatury pomiędzy 20°C a 24°C, przy

czym są bardzo wrażliwe na skoki termiczne, giną już przy temperaturze 0°C. Wymagają też dość dużej wilgotności. Z tego powodu wybierają piekarnie, młyny, pralnie, przetwórnictwo spożywcze, ogrzewane magazyny, sanatoria, szpitale, restauracje, hotele, szkoły, obiekty imprezowe itp. Najbardziej niebezpieczna jest ich obecność w szpitalach i innych obiektach służby zdrowia, ze względu na możliwość przenoszenia różnych chorób między poszczególnymi pomieszczeniami. Poza tym i zanieczyszczeniem pokarmu, dolegliwością związaną z uciążliwym sąsiedztwem tych mrówek mogą być bolesne i swędzące użądlenia (robotnice mają żądła), co szczególnie odczuwają osoby uczulone na kwas mrówkowy. Jednakże błonkówek te mają tendencję do przemieszczania się i zazwyczaj nie pozostają długo w jednym mieszkaniu. W najcieplejszych miesiącach roku mogą penetrować tereny sąsiadujące z budynkami, a w głębokich śmietnikach, szczególnie w wysypiskach śmieci, mogą przetrwać nawet zimę, korzystając z ciepła fermentujących odpadków. Bardzo trudne jest usuwanie tych mrówek z ludzkich siedzib i praktycznie jest niemożliwe całkowite ich wytępienie np. w opanowanych przez nie wieżowcach mieszkalnych. Wówczas jedynym sposobem ochrony zapasów jest trzymanie ich wyłącznie w zamrażarkach.

W Krakowie żyje też wiele innych gatunków mrówek, jest ich tym więcej, im obszar jest bardziej zróżnicowany środowiskowo. Najbardziej powszechnym i spotykanym niemal we wszystkich środowiskach miasta gatunkiem jest mały rozmiarów (5 mm dł.) pierwomrówka łagodna, *Formica fusca*, o stalowym ubarwieniu (Ryc. 2). Zwykle gniazduje w próchniejących pniach, pod kamieniami na obszarach zrębu oraz wzdłuż granic lasów i żywopłotów. Jej ulubionym siedliskiem są szpary pomiędzy płytami chodnikowymi, gdzie tworzy małe gniazda wyglądające jak okrągłe wgłębienia w piasku. Pierwomrówka łagodna jest wielożerna, żywi się małymi owadami, spadzią mszyc i nektarem roślin. Nieraz można zaobserwować jak robotnice w swoich żuwaczkach noszą swoje martwe lub ciężko ranne towarzyski. Uskrzydłone formy wylęgają się z poczwerek na przełomie czerwca i lipca, a rójka zachodzi na przełomie lipca i sierpnia. Gatunek ten jest wybitnie przystosowany do życia w różnych warunkach i może się względnie szybko przemieszczać, dzięki temu redukuje do minimum możliwość zadeptywania przez ludzi.

Przez dzielnicę Krakowa zwaną Bronowice Małe przepływała ongiś Młynówka Królewska. Było to sztuczne koryto rzeki Rudawy zbudowane w XIII wieku pomiędzy Mydlnikami, Bronowicami, Łobzowem a Krakowem. W latach 1903–1966 koryto to

zostało w większości skanalizowane lub zasypane. Na jego miejscu został utworzony Park Młynówka Królewska, przebiegający przez Dzielnice V Krowdrza oraz VI Bronowice, który liczy sobie 8 km długości i 8 metrów średniej szerokości, powierzchnia

zasiedlając wilgotne lasy, zarośla, ogrody i umiarkowanie wilgotne łąki. Prowadzi podziemny tryb życia i buduje gniazda głęboko, pod korzeniami drzew, a także pod podmurówkami budynków. Rójka odbywa się od lipca do września. W przeciwieństwie do



**Ryc. 2.** Pierwomrówka łagodna (*Formica fusca*) – z mszycami. Licencja CC 1.0 UPDC; zdjęcie nie modyfikowane; [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Formica\\_fusca\\_tending\\_aphids.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Formica_fusca_tending_aphids.jpg)

parku wynosi 18,41 ha. Dziś po tym cieku wodnym nie ma śladu i na jego miejscu jest obecnie długa, asfaltowa droga, po bokach której leżą tu i ówdzie ogrodzone obiekty oraz szpalery drzew, najczęściej olch i wiązów (stan z 2011 roku). Miejsce to, jak się okazuje, stanowi doskonałe warunki do życia dla podziemnicy cieniolutnej, *Lasius umbratus* (Ryc. 3). Jest to również mały (robotnice liczą 4–5 mm dł., królowa ok. 7–8 mm, a znacznie ciemniej ubarwione samce 4–5 mm) gatunek, cieniolutny, o żółtym (kolor jasnego miodu) lub czerwonożółtym ubarwieniu ciała pokrytego drobnymi jasnymi włoskami. Gatunek ten kandyduje do miana najpiękniejszej mrówki Polski. Występuje prawie na całym obszarze kraju,

poprzedniego gatunku, mrówki te poruszają się powoli. Zwykle zasiedlają obrzeża alei spacerowych i nie są narażone na zdeptywanie.

Nad Rudawą (rzeką dopływającą do Wisły) położony jest piękny, dziki sad, w którym można zebrać wszystkie polskie owoce: porzeczkę, agrest, maliny, jeżyny i jabłka (stan z 2011 r.). Dno tego sadu porasta obficie poziomka wysoka, *Fragaria moschata*, w Polsce znacznie rzadsza od poziomki pospolitej, *Fragaria vesca*. Środowisko to jest naszpikowane kopczykami *Lasius niger*, jednego z najpospolitszych gatunków mrówek w Polsce, zaliczanego do myrmekofauny miast, który w języku rodzimym nazywany jest hurtnicą pospolitą, h. zwyczajną lub h. czarną. Ubarwienie

robotnic osiągniętych od 3,5 do 5 mm dł. waha się od żółtawobrazowego po szaroczarne (Ryc. 4), królowych (do 9 mm dł.) od brązowego do brązo-

wocznego, a samców od brązowego do czarnego. Loty godowe odbywają się od czerwca do sierpnia. Wtedy też inne gatunki mrówek pojawiają się w po-



Ryc. 3. Podziemnica cieniolutna (*Lasius umbratus*). Licencja CC 2.0, autor: Mick E. Talbot; zdjęcie nie modyfikowane; <https://www.flickr.com/photos/25258702@No4/3549723253>



Ryc. 4. Hurtnica czarna (*Lasius niger*). Zdjęcie darmowe Pixaby

staci uskrzydłonej. Często widać jak z mrowisk wychodzą uskrzydłone osobniki dorosłe, duże królowe i nieco mniejsze samce. Kopulacja odbywa się zazwyczaj w powietrzu. Po locie godowym samce giną, a zaplemnione samice (królowe) poszukują miejsc do założenia nowej kolonii. Hurtnica zwyczajna zakłada gniazdo w sposób klasztorny, tzn. składa jaja i wychowuje pierwsze stadia larwalne czerwi bez konieczności pożywiania się poza gniazdem. Na swoje gniazda preferuje miejsca o piaszczystym podłożu i niskiej roślinności, ale radzi sobie także z budową kopców w wilgotnej ziemi. Potrafi również budować gniazda we wnętrzu próchniejących pni czy konarów. W miejscach, gdzie roślinność jest bujniejsza, kopce *L. niger* są wyższe i sięgają powyżej rosnących wokół traw. Żywi się spadzią mszyc, *Anuraphis subterranea*, grasujących głównie na barszczu zwyczajnym, *Heracleum spondylium*. Mszyce „obraczkują” środek łodygi barszczu w charakterystyczny sposób, tak że łodyga wygląda jakby zaczipowana. Ale nie wszystkim mrówkom dane jest dotrzeć bezpiecznie w to miejsce, gdyż po drodze padają łupem bażanta, *Phasianus colchicus*, chyba największego ich wroga. Nawet kopce nie chronią mrówek w dostatecznym

stopniu przed tym niebezpieczeństwem, chyba że są usytuowane pod lub w pobliżu kolczastych krzewów, np.: jeżyn, malin lub agrestu.

Od 1973 r. dawna podkrakowska wieś Tyniec wraz z okolicznymi kompleksami leśnymi została włączona do Krakowa. Znajduje się tam rezerwat przyrody „Skołczanka” z wieloma ciekawymi gatunkami roślin i grzybów, między innymi z sasankami, *Pulsatilla* sp., dziewanną firletkową, *Verbascum lychnitis* i smardzem stożkowatym, *Morchella esculenta*. W tym pięknym zakątku podziwiałem niezwykle zdolności mrówek z rodzaju *Formica* sp. Wszystkie krajowe gatunki mrówek z tego rodzaju, potocznie nazywane są rudymi mrówkami leśnymi i są zaliczane do gatunków leśnych. Tworzą one bardzo liczne kolonie, sięgające nawet miliona osobników. Niektóre gatunki budują kopce z igliwia oraz małych gałązek, osiągające bardzo duże rozmiary, nawet ponad metr wysokości. Właśnie w tym rezerwacie mrówki utworzyły wysoki kopiec gniazda bezpośrednio pod modrzewiem (*Larix decidua*), wbudowując najniższe gałęzie modrzewia w struktury ich gniazda.



Ryc. 5. Mrówka amazonka (*Polyergus rufescens*). Licencja CC, autor: April Nobile; [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Polyergus\\_rufescens\\_casent0010688\\_profile\\_1.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Polyergus_rufescens_casent0010688_profile_1.jpg); www.AntWeb.org

## Mrówki w Mogilnie i okolicach

Najwięcej mrówek obserwowałem jednak w Mogilnie koło Nowego Sącza. Występują tam między innymi takie gatunki jak: mrówka rudnica, *Formica rufa*, mrówka łąkowa, *F. pratensis*, pierwomrówka krasnolica, *F. rufibarbis*, wścieklica Sabuleta lub wścieklica uszatka, *Myrmica sabuleti* oraz mrówka amazonka, *Polyergus rufescens* (Ryc. 5). Ten ostatni gatunek praktykuje niewolnictwo (dulożę) na mrówkach z podrodzaju *Serviformica*. Kopce mrówek rudnic w rezerwacie „Jodłówka” osiągają tak wielkie rozmiary, że trzeba je ogradzać. Takie kopce występują zresztą w całym masywie Jodłówki, również poza rezerwatem, lecz tam nie są ogrodzone. Trochę szkoda, gdyż tego rodzaju grodzenie kopców, nawet siatką, nie więzi mrówek, ale chroni je głównie przed ludźmi.

W Mogilnie i jego okolicach, np. w Koniuszowej, występują liczne murawy ciepłolubne, łąki storczykowe (na szczycie Jodłówki) oraz górskie łąki pomiędzy Koniuszową a Paszynom. Tamtejsza mrówka łąkowa, inaczej zwana m. czarniawka, *Formica pratensis*, konstruuje nieregularne i niewielkie kopczyki

niedaleko muraw. Na tym obszarze występuje także wścieklica Sabuleta, (*Myrmica sabuleti*), gatunek mrówki żyjący w symbiozie z modraszkiem arionem, *Phengaris arion*, którego gąsienice można spotkać w gnieździe tych mrówek. Motyla tego często tam obserwowałem latem. W Mogilnie i jego okolicach można również spotkać pierwomrówkę krasnolicą, *Formica rufibarbis*, gatunek terytorialny i w Polsce lokalny, którego robotnice osiągają od 5 do 8 mm dł. ciała, a królowa od 8 do 10 mm, z ciemnym odwłokiem i czerwonym tułowiem, podobny swoim ubarwieniem do ubarwienia mrówki rudnicy, *Formica rufa*. Pierwomrówka krasnolica jest gatunkiem termofilnym, budującym swoje gniazda w miejscach dobrze nasłonecznionych, w ziemi lub pod kamieniem. W takim gnieździe może znajdować się kilkaset robotnic i jedna królowa. Loty godowe obserwuje się pod koniec czerwca i w lipcu. Gatunek ten cechuje duży stopień zdyscyplinowania, mrówki nie opuszczają kunsztownie skonstruowanego gniazda bez konieczności. Opuszczają je tylko te osobniki, których aktywność na zewnątrz gniazda jest niezbędna dla prawidłowego funkcjonowania kolonii.



Ryc. 6. Kartonówka czarna (*Lasius fuliginosus*). Zdjęcie nie modyfikowane, autor: April Nobile; [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lasius\\_fuliginosus\\_casento173166\\_head\\_1.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lasius_fuliginosus_casento173166_head_1.jpg); [www.AntWeb.org](http://www.AntWeb.org) [www.AntWeb.org](http://www.AntWeb.org)

## Zachowania mrówek

Relacje pomiędzy różnymi gatunkami mrówek są zróżnicowane i cechuje je cała gama współzależności. Jednakże błędem jest przypisywanie niektórym mrówkom tak zwanych „niewolniczych skłonności”. Na Płaskowyżu Olkuskim, na Pustyni Starczyńskiej, w okolicach Bukowna, osobniki mrówki émawej, *Formica polyctena*, zmagają się nieustannie z mrówkami z gatunku wóćieklica uszatka lub w. szorstka, *Myrmica scabrinodis*, jednakże bardziej o wypracowanie „lepszej pozycji negocjacyjnej” niż o faktyczne wyrządzenie sobie szkody. W przeciwnym razie obszar ten byłby już od dawna zasiedlony wyłącznie przez jeden z tych gatunków. Nie można też mówić o uprawianiu niewolnictwa przez mrówki amazonki (*Polyergus rufescens*) (Ryc. 5), gdyż mrówki te nie spełniają „ludzkiej” definicji niewolnictwa. Niewolnictwo nie jest bowiem u nich „kaprysem bogatych”, lecz życiową koniecznością, ponieważ budowa tych mrówek wyklucza ich samodzielną egzystencję. Mrówki cechuje również coś w rodzaju solidarności, aczkolwiek trudno dokładnie określić prawdziwy charakter tych stosunków. Gdy zwiedzałem Roztoczański Park Narodowy, widziałem tam kartonówki czarne (*Lasius fuliginosus*) (Ryc. 6) żerujące na owadziej padlinie. Te ładne mrówki o metalicznym połysku na przedniej części odwłoka są prawdziwymi sępami w świecie owadów. Skoro tak, to wiadomo, że każdy osobnik otrzyma swoją dółę.

Nie wszystkie gatunki mrówek możemy też kojarzyć z budowaniem kopców. W rezerwacie „Wielkie Ługi” w Górach Świętokrzyskich żyje rzadki gatunek – mrówka pniakowa (*Formica truncorum*). Mieszka on na szczycie ściętego pniaka. Oczywiście miejsce to nie spełnia wszystkich życiowych potrzeb tego gatunku, dlatego mrówki te co jakiś czas opuszczają swoje lokum w poszukiwaniu pokarmu. Jednak pewna „pula” tych mrówek zawsze obecna jest na pniaku. Inny gatunek – hurtnica podobna (*Lasius aliens*), licznie występująca w Lasach Wierchosławickich koło Tarnowa, lubi środowisko trudnych do przebycia chaszczki. To chyba jedyna polska mrówka, która stosuje mimikrę w praktyce – nie dość, że zamieszkuje tereny trudne do spenetrowania, to jeszcze ma niewielkie rozmiary oraz najbardziej szary z możliwych kolorów.

Niektóre gatunki mrówek budują autostrady z własnych ciał. Tak czynią gatunki z rodzaju *Camponotus* (Ryc. 7). Autostrady te powstają na pniach niektórych drzew. Do ich powstania konieczne jest odpowiednie nachylenie drzewa, struktura kory, rozłożystość pnia itp.

Wszystkie gatunki mrówek są w praktyce bardzo trudne do rozróżnienia, dlatego ich zachowania są ważną cechą diagnostyczną przy ich oznaczaniu. Mrówki smętнице od pozostałych rudnic można odróżnić po tym, że te pierwsze bardzo lubią ciepło i dlatego budują mrowiska na skraju lasu, podczas



Ryc. 7. Mrówka z rodzaju *Camponotus* – postać uskrzydłona. Zdjęcie obrócone, Autor: gailhampshire from Cradley, Malvern, U.K.; [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/13/Camponotus\\_species\\_%28C.\\_barbaricus%3F%29\\_Queen\\_Ant.\\_-\\_Flickr\\_-\\_gailhampshire.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/13/Camponotus_species_%28C._barbaricus%3F%29_Queen_Ant._-_Flickr_-_gailhampshire.jpg); <https://flickr.com/photos/43272765@N04/17007099362>

gdy „standardowe” rudnice zakładają gniazda wewnątrz lasu i nie boją się ciemności. Mrówki émawe z kolei budują kopce o innym kształcie niż kopce mrówek rudnic, choć w obu przypadkach są one okazałe. Obydwa gatunki podziemnic są żółte, lecz podziemnica zwyczajna (*Lasius flavus*) „nie wychyla nosa” spod ziemi, a jej krewniaczka „kocha” spacerować po łące.

Autor składa ogromne podziękowanie Profesorowi Stanisławowi Knutelskiemu z Zakładu Entomologii Instytutu Zoologii UJ w Krakowie za wnikliwe uwagi i korektę artykułu.

Autor Jarosław Roman jest podopiecznym Domu Pomocy Społecznej im św. Ojca Pio w Mogilnie, zamiłowanym przyrodnikiem o ogromnej wiedzy i zmysle obserwacji.

e-mail: jaroslawroman2@interia.pl

# ŚRÓDLEŚNE MSZARY MAZUR CZ.1

Maria Olszowska (Mrągowo)

Pojezierze Mazurskie nazywane jest Krainą Tysiąca Jezior, ale prawdziwe jest także określenie tego regionu jako Krainy Tysiąca Torfowisk. Krajobraz polodowcowy Mazur odznacza się bowiem bogactwem naturalnych bagien, w tym torfowisk wysokich zwanych mszarami lub rojstami.



Ryc. 1. Fragment jeziorka z płem przy brzegu. Zakręt. Fot. M. Olszowska.

Zajmują one bezodpływowe zagłębienia, najczęściej na piaszczystych jeziornych brzegach. Torfowiska są jednym z rodzajów mokradeł. Ich funkcjonowanie jest ściśle związane z obecnością wody. To ekosystemy, w których występuje roślinność torfotwórcza, a w wyniku rozkładu jej szczątków w warunkach beztlenowych powstają pokłady torfu. Przyjmuje się, że średnio w ciągu roku torfowisko przyrasta na ok. 1 mm. Wyróżnia się torfowiska wysokie położone na wzniesieniach terenu i zasilane wyłącznie wodami opadowymi, torfowiska niskie zlokalizowane w dolinach rzecznych, zasilane wodami płynącymi i gruntowymi oraz torfowiska przejściowe posiadające cechy obu tych typów.

Spacerując po lasach sosnowych z domieszką dębu szypułkowego natknąć się można na małe urokliwe jeziorka z przejrzystą, zimną, dobrze natlenioną i kwaśną wodą o niskiej zawartości składników pokarmowych. Są to jeziorka dystroficzne. Na tych jeziorkach zobaczymy tzw. pło, czyli owalne wyspy utworzone z fragmentów kożucha torfowego oderwanego od brzegu. Popychane silnym wiatrem mogą dryfować, ale zazwyczaj są przy brzegu (Ryc. 1). Jeziorka otoczone są torfowiskiem wysokim i fragmentem boru bagiennego. Na wzniesionych kępach torfowisk wysokich w grząskim podłożu rosną niskie sosny i brzozy o płasko rozpostartym systemie korzeniowym i bardzo niewielkich przyrostach rocznych.

Torfowy dywan tworzą różne gatunki mchów torfowców, a wśród nich czerwonawy torfowiec magellański (*Sphagnum magellanicum*) (Ryc. 2) i zielony torfowiec kończysty (*Sphagnum fallax*) (Ryc. 3). Ob-

wrażenie wywarło na mnie śródleśne torfowisko wysokie w Gązwie (bez jeziora dystroficznego), pokryte jak okiem sięgnąć białą kwitnącym bagnem zwyczajnym (Ryc. 6). Wymienione torfowiska położone



Ryc. 2. Torfowiec magellański. Fot. M. Olszowska.

serwowane ulistnione łądy mchów należą do dominującego pokolenia rozmnażającego się płciowo, czyli gametofitu. Listki mają dwa rodzaje komórek, jedno są odpowiedzialne za proces fotosyntezy, drugie zaś za gromadzenie dużych ilości wody. Dlatego stąpając po miękkim „elastycznym” dywanie torfowym pojawia się wyciśnięta z listków woda. Torfowiska działają jak naturalne gąbki, które pochłaniają opady, zapobiegając suszom i równocześnie zmniejszają ryzyko powodzi. Niestety susza, z którą zmagają się Polska, wywarła negatywny wpływ na te ekosystemy. Bywałam wcześniej w takich miejscach i obecnie zauważyłam wysychanie części torfowego dywanu w borze bagiennym.

Dystroficzne jeziora z torfowiskiem podziwiałam w Mazurskim Parku Krajobrazowym. W ubiegłym roku jesienią w rezerwacie Strzałowo (Ryc. 4) oraz wiosną w rezerwacie Zakręt (Ryc. 5). Te ukryte pośród lasów zakątki są niezwykle malownicze. Duże

są w obszarze Natura 2000. Wyróżniają się charakterystyczną roślinnością.

W borze bagiennym rosną piękne krzewinki z rodziny wrzosowatych (Ericaceae) (Ryc. 7). Większość kwitnie w okresie maja i czerwca. Jedną z nich jest bagno zwyczajne (*Rhododendron tomentosum*), nazywane zwyczajowo leśnym rozmarynem. To zimozielony krzew wzniesiony do wysokości nawet 1,5 m, o rudawo owłosionych młodych pędach. Liście krzewu są długie (do 5 cm), krótkoogonkowe, skórzaste, lancetowate, ciemnozielone i połyskujące. Brzegi liści zawinięte są do dołu, a powstała rynienka wypełniona jest brązowo-rudym nalotem kutnerowatych włosków gruczołowych (Ryc. 8). Kwiaty są obupłciowe, promieniste, zebrane w atrakcyjnie prezentujące się białe baldachy znajdujące się na końcach ubiegłorocznych pędów (Ryc. 9). Kielich jest 5-działkowy. Korona posiada 5 odwrotnie jajowatych, wolnych płatków o długości 5–8 mm. Kwiat zawiera 10 pręcików dłuższych

od płatków i jeden prosty słupek z długą szyjką. Bagno pyli tak obficie, że pyłek pokrywa rośliny rosnące dookoła. Stojąc obok łąnu kwitnącego bagna wyczuwa się silny, odurzający zapach.

na, ale niesmaczna. U ludzi po skonsumowaniu dużej ilości jagód uzyskiwano efekt taki, jak po spożyciu alkoholu. Przypuszcza się, że na owocach borówki bagiennej może osiadać halucynogeny pyłek ba-



Ryc. 3. Torfowiec kończysty. Fot. M. Olszowska.

Owocem jest zwisająca torebka pękająca po dojrzewaniu. W medycynie ludowej bagno zwyczajnie stosowano zewnętrznie w zapaleniu stawów, w bólach pleców i w różnych chorobach skóry, zaś wewnętrznie przeciw astmie i krztuścowi. Uważa się, że roślina ta posiada halucynogenne właściwości. Obecnie krzew podlega ochronie częściowej.

Ciekawą rośliną jest borówka bagienna zwana pijanicą lub łochynią (*Vaccinium uliginosum*), z rodziny wrzosowatych. Może dorastać nawet do jednego metra wysokości. Posiada obłe, zdrewniałe owłosione gałązki. Liście krzewu są zaokrąglone, całobrzegie, z wierzchu ciemnozielone, zaś pod spodem sinozielone, jesienią czerwone, opadające na zimę. Kwiaty są dzwonkowate, białoróżowe zebrane w grona wyrastające podobnie jak u bagna na końcach gałązek (Ryc. 10). Owocem jest gruszkowata granatowa jagoda o długości ok. 6 mm, pokryta jasnym nalotem. Jagoda posiada białawy miąższ. Jest wprawdzie jadal-

na zwyczajnego rosnącego w jej towarzystwie. Być może winę za odurzenie ponosi też halucynogeny grzyb, który infekuje jagody pijanicy. W medycynie ludowej napar z liści borówki bagiennej podawano matce po porodzie, aby pomóc jej odzyskać siły. Odwar z łodyg i liści podawano do picia przy bólach serca. Jagody mają właściwości odkażające, obniżające poziom cukru we krwi i zatrzymujące biegunkę.

Z rodziny wrzosowatych na torfowisku obok borówki bagiennej występują jeszcze dwie inne, dużo niższe od niej: znana wszystkim borówka czernica (czarna jagoda) (*Vaccinium myrtillus*) oraz borówka brusznica (*Vaccinium vitis-idaea*), nazywana także borówką czerwoną. Ta ostatnia dorasta do 15–25 cm wysokości. Jest kwasolubna i odporna na niskie temperatury. Łodygę ma lekko pokładającą się, a gałązki są delikatnie omszone. Posiada zdrewniałe, silnie rozgałęzione podziemne rozłogi. Liście o długości 10–25 mm są zimotrwałe, skórzaste jajowate,



**Ryc. 4.** Fragment jesiennego jeziora z torfowiskiem. Strzałowo. Fot. M. Olszowska.



**Ryc. 5.** Fragment wiosennego jeziora z torfowiskiem. Zakręt. Fot. M. Olszowska.

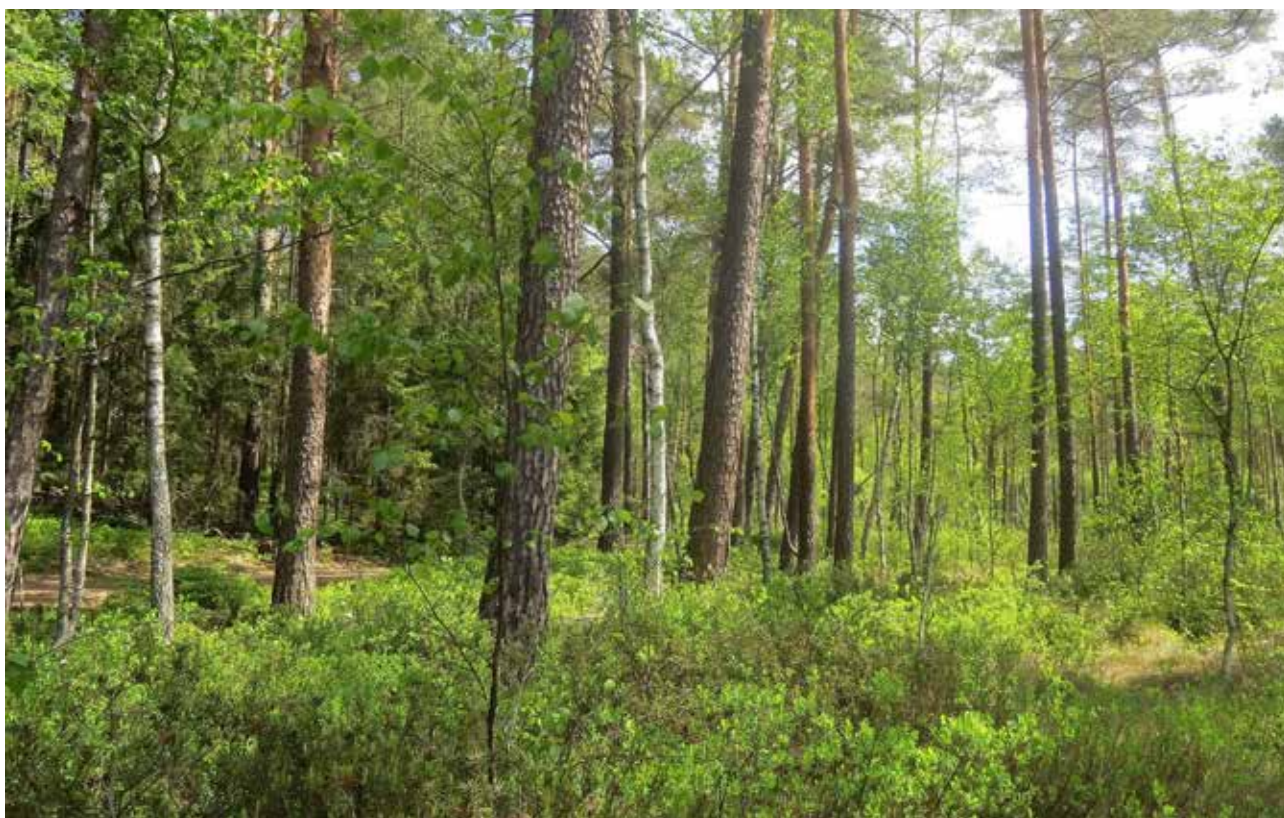
---

o lekko podwiniętych brzegach i krótkich ogonkach. Wierzch liści ma barwę ciemnozieloną, błyszczącą,

część spodnia jest matowa, sinozielona. Brusznica kwitnie od maja do lipca. Białe kwiaty wpadające



Ryc. 6. Torfowisko Gązwa wiosną, widoczne bagno zwyczajne i niskie brzozy. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 7. Fragment boru bagiennego z borówką bagienną. Zakręt. Fot. M. Olszowska.

w róż zebrane są w grono na krótkiej szypułce. Korona jest dzwonkowata, 4 – płatkowa, zaś kielich

w liczbie 2 do 7. Kwiat jest białoróżowy, ma kształt dzbanuszka z wywiniętymi ząbkami. Szypułki kwia-



Ryc. 8. Kutnerowaty nalot od spodu liści bagna zwyczajnego. Fot. M. Olszowska.

bloniasty z 5 ząbkami. W każdym kwiatku znajduje się 8–10 pręcików. Znamię słupka wystaje z kwiatu (Ryc. 11). Owocem jest jagoda, która dojrzewając przybiera kolor czerwony. Lecznice właściwości posiadają liście i owoce. Stosowane są przy schorzeniach układu moczowego i pokarmowego. Mają właściwości ściągające i antyseptyczne. Są również cennym źródłem przeciwutleniaczy.

Na torfowisku spotkamy modrzewnicę pospolitą (*Andromeda polifolia*), także z rodziny wrzosowatych. Jest to zimozielona naga krzewinka, ale młode pędy są delikatnie owłosione. Roślina posiada zdrewniałe kłace oraz nadziemne pędy z kwiatami o wysokości od 10 do 25 cm. Liście są zimozielone, skórzaste, z bardzo krótkimi ogonkami, ułożone skrętolegle na łodydze. Błazka liścia jest lancetowata lub równowąska, na końcu nieco zaokrąglona, z wierzchu ciemnozielona, a od spodu srebrzystosinowa. Kwitnienie rozpoczyna się w maju, ale pełnia kwitnienia przypada zwykle na czerwiec. Już pod koniec maja zauważyłam objawy obsychania okwiatu i liści, być może z powodu panującej suszy. Pięciokrotne kwiaty na szczycie pędów zebrane są w baldachogrona

towe są różowawe, zwykle zwisające, o długości 7–15 mm. Słupki i pręciki schowane są wewnątrz korony (Ryc. 12). Kwiaty modrzewnicy zapylają owady, których długa trąbka ssąca może sięgnąć w głąb dzbanuszka (trzmiele i motyle). Owocem jest pękająca torbka. Roślina podlega ochronie częściowej. Nazwa rodzajowa *Andromeda* została nadana przez Karola Linneusza i nawiązuje do mitycznej Andromedy przykutej do skały na morzu z nogami obmywanymi przez fale. Modrzewnica (rozmarynek bagienko) rośnie na mszarach, więc jej korzenie i kłace są zamoczone w wodzie.

Żurawina błotna (*Oxycoccus palustris*) to jeszcze jedna roślina torfowiskowa z rodziny wrzosowatych. Rośnie pomiędzy ulistnionymi łodyżkami mchu magellańskiego. Płożący pęd nadziemny ma długość do 100 cm, pędy młode są owłosione.

Zimotrwałę, drobne jajowate liście do 1 cm długości i szerokości do 0,5 cm mają lekko zaokrąglony wierzchołek. Roślina kwitnie od czerwca do sierpnia. Różowe kwiaty wyrastają na długich szypułkach. Płatki korony w liczbie czterech o długości ok. 0,5 cm wywijają się w dół. W kwiatku występuje 8 pręcików



Ryc. 9. Kwitnące bagno zwyczajne. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 10. Kwiaty borówki bagiennej. Fot. M. Olszowska.

i słupek dolny. Działki kielicha są drobne. Kwiaty żurawiny swoim wyglądem przypominają kwiaty fiołka alpejskiego (Ryc. 13). Owocem żurawiny jest czerwona, kulista, kwaśna w smaku wielonasienna jagoda o średnicy do 1 cm. Żurawinowe jagody są surowcem leczniczym. Stosuje się je w leczeniu chorób układu moczowego, przy kamieniach żółciowych,

awitaminozie, jako lek obniżający ciśnienie krwi oraz wykorzystuje do produkcji niektórych kosmetyków.

Rodzinę ciborowatych (Cyperaceae) na torfowiskach reprezentują welnianki i turzyce. Wśród nich welnianka pochwowata (*Eriophorum vaginatum*), która jest trwałą byliną tworzącą rozległe duże kępy (Ryc. 14). Jej wzniesione, proste łodygi o wysokości



Ryc. 11. Kwiaty borówki brusznicy. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 12. Kwiaty modrzewnicy pospolitej. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 13. Kwiaty żurawiny błotnej. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 14. Wełnianka pochwowata tworzy rozległe duże kępy. Fot. M. Olszowska.

od 30 do 60 cm są pełne w środku. Wełnianka rozmnaża się z pomocą podziemnych pędów (kłączy) tworzących łodygi nadziemne. Roślina posiada dwa rodzaje liści. Długie, cienkie rynienkowate oraz krótsze, zwykle dwa wyrastające z pochwy łodygi nadziemnej. Wełnianka pochwowata kwitnie od marca do maja. Kwiaty zebrane są w jajowate kłosy o długości od 1 cm do 2,5 cm wyrastające na szczycie łodygi. Kłos może zawierać do kilkudziesięciu kwiatów z wełnistymi srebrzystymi włoskami nitkowatego okwiatu. Pod koniec maja można już zaobserwować owocowanie tej rośliny. W tym czasie wydłużające się włoski (do 2 cm) tworzą charakterystyczny biały puch, stanowiący aparat lotny do rozsiewania owoców przez wiatr (Ryc. 15). Owocem jest mały (ok. 2 mm) orzeszek z jednym nasionkiem (Ryc. 16). Wełnianka pochwowata jest gatunkiem pionierskim. Jako pierwsza zasiedla obszary torfowiskowe, umożliwiając rozwój mchów torfowców oraz innych roślin torfowiskowych.

Rośnie głównie na torfowiskach wysokich. W Polsce gatunek jest dość rzadki, najliczniej występuje w północno-wschodniej części kraju. Tworzy wzniesione, cienkie i ostrokanciaste łodygi, w górnej części szorstkie. Łodyga wyrasta z kłącza. Liście są wąskie, sine, rynienkowate, szerokości 1–2 mm. Gatunek kwitnie od maja do lipca. Kwiaty są drobne, wiatropylne, zebrane w kłosy. Pojedynczy czerwony szczytowy kłos to kwiatostan męski, poniżej wyrastają jeden lub dwa zielono-czerwone jajowate kłosy żeńskie (Ryc. 17). Pojedyncze kwiaty męskie zawierają po 3 pręciki, zaś kwiat żeński zawiera słupek z 3 znamionami. Owocami turzycy bagiennej są drobne, trójkanciaste orzeszki o długości ok. 2,5 mm, rozsiewane przez wiatr i wodę.

Na torfowiskach rośnie rzadka owadożerna rosiczka okrągłolistna (*Drosera rotundifolia*) z rodziny rosiczkowatych. Zwyczajowo nazywana słoneczną rosą, rosiczką krwistą albo czarcim kwiatem. Preferuje glebę wilgotną i kwaśną. Jej cechą



Ryc. 15. Owocująca wełnianka pochwowata. Fot. M. Olszowska.

Innym przedstawicielem tej rodziny jest turzycy bagiennej (*Carex limosa*), roślina wieloletnia o wysokości do 40 cm, rosnącą w luźnych darniach.

charakterystyczną wyjaśniającą nazwę gatunku są okrągłe liście-pułapki ułożone w rozetę. Z liści wyrastają długie czerwone włoski gruczołowe

zakończone kroplami lepkiej cieczy zawierającej kwas mrówkowy oraz enzymy trawienne (Ryc. 18). Krople wydzieliny, niczym krople rosy, połyskują na czerwonych liściach i wabią owada, a gdy ten przyklei

się do blaszki, liść zaczyna się zamykać. Proces trawienia zabiera roślinie około trzech godzin, a w ciągu następnej doby liść ponownie może się otworzyć. Ze strawionych owadów roślina pozyskuje azot, które-



Ryc. 16. Owoce welnianki rozsiewa wiatr. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 17. Kłosa turzycy bagiennej. Fot. M. Olszowska.

go brakuje w podłożu. Rosiczka kwitnie w okresie od czerwca do sierpnia. Łodyga, na szczycie której znajduje się groniasty kwiatostan, jest bezlistna i wyrasta ze środka rozety. Kwiaty są niepozorne, białe

tworzyć wielkie łany. Wykształca długie, pełzające pędy o długość do 1 m z prosto wzniesionymi, widlastymi gałązkami o wysokości 10–30 cm. Liście płonne ułożone są na łodygach skrzętolegle. Są małe, zielo-



Ryc. 18. Liście rosiczki okrągłolistnej. Fot. M. Olszowska.

i otwierają się tylko w słoneczne dni. Każdy kwiat zawiera pięć pręcików i jeden słupek z trzema szyjkami. Łącznie z kwiatostanem roślina osiąga wysokość od 5 do 20 cm. Owocem jest trzykomorowa torebka.

Ziele rosiczki stosowano jako środek na bóle brzucha, głowy, zębów i żołądka, a także jako środek antybakteryjny podczas zapalenia górnych dróg oddechowych. Nalewki używano w stanach gorączkowych oraz przy dolegliwościach kobiecych. Rosiczka okrągłolistna znajduje się pod ścisłą ochroną. Jest obecnie umieszczona na „Czerwonej liście roślin i grzybów Polski” w kategorii gatunków bliskich zagrożenia.

Rośliną wskaźnikową starych lasów i gleb o małej ilości próchnicy, równocześnie ceniolubną, wilgociolubną i kwasolubną jest widłak jałowcowaty (*Lycopodium annotinum*) z rodziny widłakowatych. Na obrzeżach torfowisk z bagnem zwyczajnym może

ne, równowąsko-lancetowate, całobrzegie lub drobno piłkowane, nieowłosione, spiczasto zakończone. Do łodygi ustawione są prostopadłe. Łodyga zakończona jest pojedynczym, walcowatym kłosem zarodnionośnym o długości do 4 cm, złożonym z żółtawych liści zarodnionośnych (Ryc. 19). Zarodniki dojrzewają od lipca do września. Zawierają łatwopalne olejki eteryczne. Ze względu na tę właściwość zarodniki rośliny używano dawniej do wywołania efektów pirotechnicznych. Również do czyszczenia kominów, do produkcji zasypki na rany oraz w odlewnictwie do wysypywania form odlewniczych dzwonów. Wykorzystywanie zarodników przyczyniło się do zmniejszenia liczby stanowisk, na których występuje ta roślina. Widłak jałowcowaty podlega obecnie ochronie częściowej.

Życie torfowiska wysokiego zależy od odpowiedniej ilości wody deszczowej. Torfowiska, jak

wszystkie mokradła, są naturalnymi zbiornikami retencyjnymi. Pełnią wyjątkową rolę w obiegu i magazynowaniu wody. Są naturalnymi filtrami oczyszczającymi wody opadowe, zatrzymując zawarte w nich zanieczyszczenia. Torfowiska to także ogromny ma-

znajduje zastosowanie w ziołolecznictwie. Torf ze względu na swoje właściwości jest cenionym surowcem stosowanym w ogrodnictwie i rolnictwie, a także w lecznictwie sanatoryjnym (kąpiele borowinowe) i przemyśle kosmetycznym (kosmetyki Tołpy).



Ryc. 19. Widłak jałowcowaty. Fot. M. Olszowska.

gazyn węgla, a ich osuszanie powoduje uwalnianie do atmosfery dodatkowych ilości  $\text{CO}_2$ , co wobec zmian klimatycznych ma znaczenie niebagatelne. Obszary te mają duży udział w obiegu pierwiastków w przyrodzie, zwłaszcza węgla i azotu. Złoża torfu i odłożona w nich materia organiczna akumulują znaczne ilości obu tych pierwiastków. Torfowiska to skarbcze różnorodności biologicznej. Często bywają ostatnimi naturalnymi ekosystemami występowania rzadkich i zagrożonych wyginięciem gatunków. W torfie dobrze zachowują się szczątki i pyłki roślin. Dowiadujemy się z nich, jakie rośliny dawniej rosły na tym obszarze i jaki klimat panował w tamtym okresie. Śródleśne torfowiska są ostoją zwierzyny, która znajduje w nich pokarm, wodę i spokój. To obszary o wysokich walorach edukacyjnych, rekreacyjnych i estetycznych krajobrazu. Prowadzi się w nich badania naukowe. Wiele gatunków roślin torfowiskowych

O znaczeniu mokradeł dla biosfery szerzej pisałam w artykule „Życie na bagnach” (Wszechświat, t.121, nr 1-3/2020). W następnym artykule przedstawię gatunki zwierząt, które zaobserwowałam na torfowiskach.

*mgr Maria Olszowska,  
e-mail: marjolsz@interia.pl*

## PROFESOR ZW. DR HAB. CZESŁAW JURA (1927–2020). WSPOMNIENIE O WSPANIAŁYM NAUKOWCU – ENTOMOLOGU I WYCHOWAWCY AKADEMICKIM

Profesor Czesław Jura urodził się w Nowym Sączu w roku 1927 i tam skończył szkołę podstawową i średnią. Po przyjeździe do Krakowa w 1948 roku rozpoczął studia na wydziale Matematyczno-Przyrodniczym UJ (od 1952 roku Wydział Biologii i Nauk o Ziemi). Po ich ukończeniu zaczął pracować naukowo w bardzo trudnych stalinowskich czasach. W tym okresie Uniwersytetowi Jagiellońskiemu zabrano prawa nadawania stopni doktorskich. Dlatego, by zdobyć doktorat magister Jura wyjechał do Wrocławia, gdzie w 1956 roku przygotował i obronił pracę doktorską pod kierunkiem profesora Kazimierza Sembrata. Po powrocie do Krakowa rozpoczął pracę w Zakładzie kierowanym przez profesora Stanisława Smreczyńskiego. Podstawę do wielkiej kariery naukowej zdobył jednak dzięki możliwościom pracy w najlepszych ośrodkach naukowych świata. Zaraz po doktoracie wyjechał do Holandii, do Instytut Embriologicznego Królewskiej Akademii Nauk, gdzie wykonywał badania będące podstawą jego pracy habilitacyjnej. Potem udał się do Stanów Zjednoczonych do sławnego uniwersytetu Yale.

W trakcie swego pobytu na Uniwersytecie Yale, w pracowni profesora Waddingtona przyszedł profesor Jura badał mechanizmy tworzenia się gonad w rozwoju zarodkowym *Drosophila virilis*. Chodziło



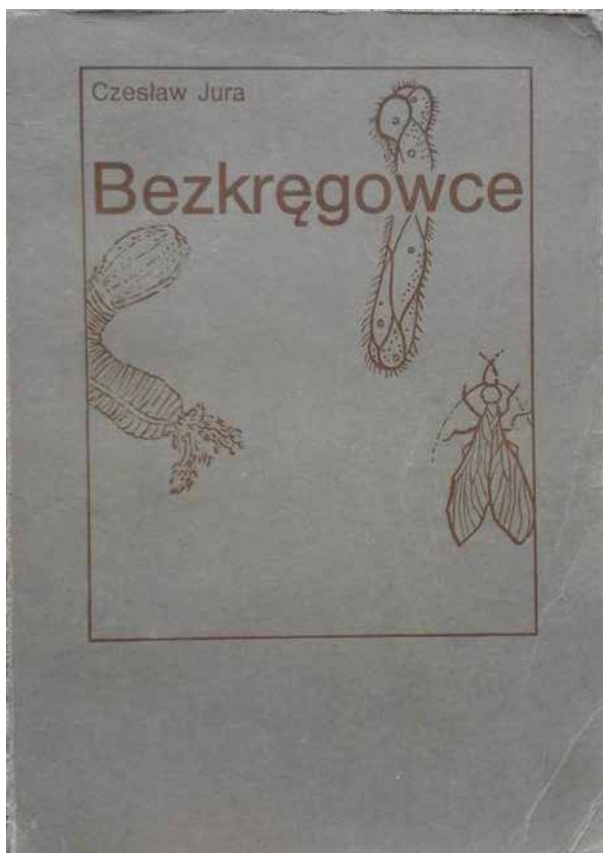
**Ryc. 1.** Profesor Czesław Jura – zdjęcie wykonane 25 maja 2016 roku podczas jubileuszu 125. rocznicy powstania Zakładu Anatomii Porównawczej im. H. Hoyerera oraz Zakładu Biologii Rozwoju i Morfologii Bezkręgowców (dawniej Zakład Zoologii Systematycznej i Zoogeografii) w Uniwersytecie Jagiellońskim. [https://www.uj.edu.pl/wiadomosci/-/journal\\_content/56\\_INSTANCE\\_d82lKZvhit4m/10172/125556639](https://www.uj.edu.pl/wiadomosci/-/journal_content/56_INSTANCE_d82lKZvhit4m/10172/125556639)

o zbadanie, czy gonady kształtują się według własnego programu rozwojowego, czy też są indukowane przez wnikaające w obręb mezodermy komórki prapłciowe.

Badania rozpoczął od szczegółowego opisu tworzenia się gonad w warunkach niezaburzonych przez eksperyment. Następnym krokiem było usunięcie z zarodka komórek prapłciowych i badanie procesu tworzenia się gonad. Z analizy osobników, które rozwinęły się z zarodków wysterylizowanych wynikało, że komórki somatyczne, chociaż pozbawione komórek linii płciowej, formowały gonady. Udowodnił tym samym, że program organizowania się komórek mezodermy w gonadę tkwi w komórkach mezodermy i nie zależy od obecności komórek linii płciowej. Oczywiście komórki tworzące gonadę miały strukturę odbiegającą od normalnej, co stanowi odrębny problem. Badań eksperymentalnych na zarodkach owadów w tamtych czasach nikt nie robił. Miały one więc ogromną wartość i były nowatorskie. Zostały wydrukowane w dwu publikacjach, które rozpoczęły rosnącą falę zainteresowania problemem komórek prapłciowych u owadów. Od lat 60. zaczęły się pojawiać prace ultrastrukturalne, a następnie eksperymentalne nad pochodzeniem i losami komórek linii płciowej u *Drosophila*. Wcześniej, w latach 50. wielki uczone amerykański Waddington, badając losy komórek linii płciowej *Drosophila* wysunął hipotezę, że część komórek prapłciowych tego owada nie wchodzi do gonad, ale włącza się w organogenezę jelita i tworzy niektóre elementy jego nabłonka. Profesor Jura nie zgadzał się z tym twierdzeniem, bo z jego obserwacji wynikało, że los komórek prapłciowych wiąże się tylko z gonadami. Po blisko 30 latach

Underwood i Mahowald wykazali ponad wszelką wątpliwość, że komórki prąplciowe, które nie wchodzi do gonad, degenerują, tym samym potwierdzając, że obserwacje Jury były prawidłowe. Pionierskie prace eksperymentalne nad gonadami *Drosophila* są do tej pory cytowane w wielu publikacjach, a zwłaszcza w pracach przeglądowych.

kroku opracowane zostały kolejne etapy rozwoju zarodkowego, od niezwykle sposobu bruzdkowania, spotykanego raczej u skorupiaków niższych, niż u owadów, przez tworzenie prążka zarodkowego, jego różnicowanie, powstawanie komórek prąplciowych i tworzenie gonad oraz tworzenie organu grzbietowego. Nie były to tylko prace opisowe, ale i ekspery-



Ryc. 2. Niektóre książki autorstwa Profesora Jury.

Po powrocie do kraju profesor Jura obronił w roku 1961 pracę habilitacyjną i uzyskał stopień docenta nauk biologicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego na podstawie prac eksperymentalnych na zarodkach owadów. Dalsza intensywna praca naukowa pozwoliła na uzyskanie tytułu profesora i stanowiska profesora nadzwyczajnego, a w 1978 roku profesora zwyczajnego.

Według mnie największym osiągnięciem naukowym profesora Jury są prace opisujące wyniki badań dotyczących rozwoju zarodkowego skoczogonka *Tetradontophora bielensis*. Badania te rozpoczęły się od ustalenia niespodziewanego faktu, że gatunek ten składa jaja późną jesienią, odmiennie niż zdecydowana większość owadów. Następnym krokiem było opracowanie metod hodowli rozwijających się zarodków. (Wielu pracowników Zakładu korzystało z tej wiedzy przez długie lata). Dopiero teraz można było rozpocząć właściwe badania. Drobiazgowo, krok po

menty z użyciem termokautera, za pomocą którego eliminowane były z zarodka pewne fragmenty, by odkryć ich rolę. Tym sposobem profesor odkrył rolę organu grzbietowego skoczogonków (*Collembola*) w procesie blastokinezy. Okazało się, że bez organu grzbietowego, zbudowanego z grupy komórek leżących praktycznie poza ciałem rozwijającego się zarodka, nie są możliwe ruchy zarodka, który w takich warunkach nie może się normalnie rozwijać i ginie. Dalsze eksperymenty obejmowały niszczenie fragmentów zarodków w różnym wieku w celu wykrycia ich mechanizmów regulacyjnych. Prace eksperymentalne na zarodkach *Tetradontophora bielensis* wykonywali także magistranci profesora Jury. Wyniki tych eksperymentów uzupełniły wiedzę na temat rozwoju tego niezwykle gatunku sześcionoga.

Wyniki tych badań zostały opisane w serii publikacji, z których większość wydrukowano w polskim czasopiśmie naukowym *Acta Biologica Cracoviensia*.

W bardzo wielu przypadkach prace publikowane w Polsce docierają z wielkim trudem do uczonych pracujących w innych krajach, a w latach 50. i 60. ubiegłego wieku możliwość ich rozpowszechnienia w świecie była jeszcze bardziej utrudniona. Tymczasem publikacje profesora Jury miały tak wysoką wartość, że przebiły się bez trudu do świadomości uczonych na świecie, czego najlepszym dowodem jest fakt, że wydawcy w Stanach Zjednoczonych, projektując wydanie książki *Developmental Systems Insects*, zwrócili się właśnie do niego z prośbą o opracowanie części dotyczącej rozwoju owadów bezskrzydłych. Jest to jedyne tak obszerne dzieło dotyczące zarówno opisów normalnego rozwoju różnych grup owadów, jak i prac eksperymentalnych na zarodkach, które nadal służy za punkt odniesienia dla wszystkich badaczy zajmujących się biologią rozwoju owadów. Książka *Developmental Systems Insects* jest dziełem klasycznym, do którego ciągle odwołują się naukowcy zajmujący się rozwojem owadów. Dość powiedzieć, że tylko w ostatnich pięciu latach, w 35 lat po wydaniu tej książki, rozdziały napisane przez profesora Jurę cytowane były w kilkudziesięciu publikacjach.

Dzięki swym badaniom profesor Jura stał się wiodącym embriologiem, szeroko znanym i uznawanym w świecie. Dowodem na to jest zaproszenie skierowane do niego przez Uniwersytet w Tsukubie (Japonia) do głoszenia w ciągu całego roku akademickiego wykładów i prowadzenia seminariów dla japońskich studentów, doktorantów i pracowników tego uniwersytetu. Ścisła współpraca z Japończykami była kontynuowana i została ukoronowana wspólnym wydawnictwem pod tytułem „*Recent Advances in Insect Embryology in Japan and Poland*” (1987), w którym opublikowano ponad dwadzieścia prac polskich i japońskich embriologów.

Wszystkie kierunki badań prowadzone przez profesora znalazły kontynuatorów. Zajmował się rozwojem zarodkowym jelita owadów, po czym napisał prace przeglądowe, które zainspirowały pracowników Katedry Histologii i Embriologii Uniwersytetu Śląskiego, gdzie podobne badania są obecnie kontynuowane na poziomie molekularnym. Badania na zarodkach ślimaków były kontynuowane przez doktorantkę Zakładu Zoologii Systematycznej i Zoogeografii. Dalsze badania nad segmentacją prążka zarodkowego *T. bielanensis* zaowocowały doktoratem, a kontynuacja prac nad pochodzeniem linii płciowej u owadów zaowocowała pracą doktorską i habilitacyjną oraz wieloma publikacjami.

Profesor Jura nigdy nie zlecał nikomu kierunku badań, ale, może nawet mimo woli, przekazywał oto-

czeniu obszary swego zainteresowania i swoje fascynacje. Oprócz rozmów osobistych, ważnym źródłem, z którego można czerpać inspiracje do badań są jego prace przeglądowe i popularnonaukowe, w których zawsze bardzo szeroko prezentował daną dziedzinę badań i wskazywał najważniejsze problemy do pilnego rozwiązania. Bardzo często w swych publikacjach przeglądowych czy popularnonaukowych zawierał myśli bardziej ogólne, dotyczące zasad funkcjonowania świata czy wręcz zakotwiczone w filozofii. Czytając te artykuły widzimy, że Autor nie ma nam do przekazania tylko faktów biologicznych, ale także ogólną wiedzę życiową.

Bardzo ważną aktywnością profesora Jury było zaangażowanie w przygotowywanie publikacji książkowych. Był autorem pierwszego, nowoczesnego podręcznika embriologii. Następne, poprawione wydanie, którego był redaktorem i współautorem, służy studentom do tej pory. Pomimo, że w późniejszych latach ukazały się inne podręczniki embriologii, to studenci lubią korzystać właśnie z tego podręcznika, ponieważ jest on napisany bardzo jasno i jest bardzo dobrze ilustrowany. Jeszcze sławniejszym dziełem profesora Jury jest podręcznik zoologii pod tytułem *Bezkręgowce*, który do tej pory doczekał się czterech wydań i nazywa się teraz *Bezkręgowce. Podstawy morfologii funkcjonalnej, systematyki i filogenezy*. Ważną dla pracowników zakładu Zoologii Systematycznej i Zoogeografii UJ była inicjatywa profesora, by przygotować podręcznik opisujący rozwój owadów. Pod jego redakcją została napisana książka pod tytułem *Biologia rozwoju owadów*, która została wydana przez PWN w 1988 roku. Jednym z największych osiągnięć redakcyjnych profesora Jury było redagowanie trzynastotomowej encyklopedii biologicznej opracowanej przez blisko setkę autorów, specjalistów ze wszystkich dziedzin nauk biologicznych. W 2005 roku zostało opublikowane, z inspiracji i pod redakcją profesora Jury, napisane przez 15 autorów ogromne, dwutomowe dzieło *Podstawy embriologii zwierząt i człowieka*. Przygotowanie tego podręcznika było możliwe dzięki ogromnemu doświadczeniu redakcyjnemu, którym dysponował profesor Jura. W sumie wśród publikacji autorstwa lub współautorstwa Profesora znajduje się 18 książek, z których 8 stanowią podręczniki akademickie.

Profesor Jura nie narzucał pracownikom tematu badań ani nikogo nie popędzał do pracy. Profesor wyznawał pogląd, że nie można nikogo zmusić do wartościowej pracy naukowej. Albo ktoś jest zainteresowany pracą naukową i pracuje z pasją bez popędzania, albo nie i wtedy popędzanie nic nie da. Dlatego pracownicy Zakładu Zoologii Systematycznej

i Zoogeografii nigdy nie czuli się kontrolowani ani popędzani do pracy, a wyniki uzyskiwali zupełnie dobre, o czym świadczy ogromna liczba publikacji drukowanych w najwyżej cenionych czasopismach naukowych, a także liczba 8 wypromowanych przez Niego doktorów, 5 habilitacji i 5 tytułów profesorskich uzyskanych przez pracowników Zakładu kierowanego przez profesora Jurę.



Ryc. 3. Książka *Bezkřęgowce* w wydaniu PWN.

Oprócz omówionych powyżej osiągnięć w pracy naukowej, profesor Czesław Jura nie uchylał się także od działalności organizatorskiej na rzecz Wydziału i Uniwersytetu. Od 1969 roku aż do przejścia na emeryturę w roku 1997 kierował Zakładem Zoologii Systematycznej i Zoogeografii UJ. W latach 1977 do 1986 był Dyrektorem Instytutu Zoologii, a w latach 1987 – 1993 Dziekanem Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Jagiellońskiego. Udzielał się także poza Uniwersytetem. Był członkiem Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów, doradcą Ministra Edukacji w rządzie Jana Krzysztofa Bieleckiego, sekretarzem (1956–1958), a potem przewodniczącym (1958–1964) Krakowskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika, a także przewodniczącym Krakowskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Zoologicznego (1962–1968). Od 1991 roku był członkiem korespondentem Polskiej

Akademii Umiejętności. Pełnił również funkcję przewodniczącego Krakowskiego Oddziału Komisji Biologicznej PAN i był członkiem Komitetu Cytobiologii PAN, a także członkiem Rady Naukowej Instytutu Systematyki i Ewolucji Zwierząt PAN w Krakowie. Przez wiele lat był Redaktorem czasopism: „Zeszyty Naukowe UJ – prace Zoologiczne” i „Acta Biologica Cracoviensia (seria Zoologica)” oraz członkiem Komitetu Redakcyjnego czasopism: „Zoologica Poloniae” i „Folia Biologica”. Za swoje osiągnięcia naukowe, dydaktyczne i organizacyjne został odznaczony Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski i Laurem Jagiellońskim.

Przytoczone powyżej uwagi tylko zarysują osiągnięcia Profesora, lecz nie są w stanie oddać zasług, jakie poniósł dla nauki polskiej i światowej, a przede wszystkim pozytywnego wpływu jaki wywarł na swych licznych uczniów.

Pan Profesor Czesław Jura zmarł 10 lutego 2020 roku i został pochowany na Cmentarzu Rakowickim w Krakowie.

#### Podziękowanie

Serdecznie dziękuje profesorowi Stanisławowi Knutelskiemu za dostarczenie danych na temat działalności organizatorskiej i administracyjnej profesora Czesława Jury. Bez inspiracji ze strony profesora Knutelskiego artykuł ten by nie powstał.

Prof. dr hab. Jerzy Klag  
Uniwersytet Śląski, Katowice  
e-mail: klag@onet.eu

## PROFESOR DR HAB. HELENA TRZCIŃSKA-TACIK (1936–2020) – BOTANIK Z PASJĄ

Profesor dr hab. Helena Trzcńska-Tacik (1936–2020) była wieloletnim pracownikiem Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Jako botanik zajmowała się roślinnością synantropijną i ekologią roślin, ale też była osobą niezwykle życzliwą, o wielkim sercu i otwartym umyśle, przyjacielem młodzieży.

Helena Trzcńska-Tacik (z d. Trzcńska [Prandota-Trzcńska na Trzcinnie h. Rawicz]) – urodziła się 24 października 1936 r. w Poznaniu. Jej ojcem był Juliusz Trzcński, uznany działacz społeczny, minister w rządach W. Witosa i A. Ponikowskiego i poseł na Sejm Ustawodawczy II RP, matką Antonina z d. Kur-



**Ryc. 1.** Prof. dr hab. Helena Trzcńska-Tacik na zajęciach terenowych ze studentami w Gorcach, z nieodłączną teczką botaniczną, 1985 r., fot. M. Władyka.

natowska. Ojciec został rozstrzelany przez okupantów tuż po wybuchu II wojny światowej, 13 października 1939 r. Po przesiedleniu z matką w Lubelskie

i późniejszej przeprowadzce do Krakowa edukację na poziomie podstawowym i średnim odbyła już w Krakowie. W latach 1954–1959 studiowała biologię na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Jagiellońskiego. Swoje zainteresowania botaniczne rozwinęła realizując pracę magisterską z zakresu embriologii górskiej trawy *Poa laxa* pod kierunkiem wybitnego specjalisty w dziedzinie cytologii i embriologii roślin, prof. dr Marii Skalińskiej. Bezpośrednio po studiach została zatrudniona w Instytucie Botaniki Polskiej Akademii Nauk w Krakowie, w Pracowni Geografii Roślin kierowanej przez prof. dr Jana Kornasia. W roku 1965 rozpoczęła pracę na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie w Katedrze Systematyki i Geografii Roślin (po reformie organizacyjnej UJ w 1970 r. Zakład Taksonomii Roślin i Fitogeografii w Instytucie Botaniki). Po utworzeniu Zakładu Ekologii Roślin w IB UJ w 1973 r. została włączona w tę jednostkę i pracowała tu do osiągnięcia emerytury w 2007 roku. Kariera naukowa prof. Heleny Trzcńskiej-Tacik była związana z Uniwersytetem Jagiellońskim: w 1965 r. uzyskała stopień naukowy doktora nauk przyrodniczych na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi UJ, stopień naukowy doktora habilitowanego nauk przyrodniczych w zakresie botaniki otrzymała w 1980 r. na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi UJ, tytuł naukowy profesora otrzymała w 1996 r. Opublikowała ponad 90 prac naukowych z zakresu taksonomii, fitogeografii, ekologii roślin i fitosocjologii. Jej zainteresowania badawcze obejmowały szczególnie florę i roślinność synantropijną, związaną z działalnością człowieka, mechanizmy przemian i ich dynamikę.

Rozprawa doktorska zatytułowana „Flora i roślinność zwałów Krakowskich Zakładów Sodowych” (1966, *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, 12, 3) była jedną z pierwszych w Polsce i jedną z nielicznych w Europie, która opisywała procesy naturalnej

sukcesji roślinnej na terenie przemysłowym. Obserwacje różnych typów sukcesji roślinnej zależnych od charakteru podłoża pozwoliły na wskazanie praktycznych kierunków postępowania w zakresie rekultywacji przekształconych siedlisk. Praca została nagrodzona indywidualną nagrodą Ministra Oświaty i Szkolnictwa Wyższego w 1967 r. Doniosła była także jej rozprawa habilitacyjna zatytułowana „Flora synantropijna Krakowa” (1979, Rozprawy habilitacyjne UJ nr 32, Kraków). Ta obszerna mo-



Ryc. 2. Prof. dr hab. Helena Trzcińska-Tacik na uroczystości w Instytucie Botaniki UJ z okazji przejścia na emeryturę, 2007 r., fot. M. Matyjaszkiewicz.

nografia opisywała florę miasta w ujęciu ekologicznym i historycznym. Jej przygotowanie wymagało krytycznej rewizji systematycznej wielu rodzajów i gatunków obcych dla flory polskiej, co w pracy zostało uwzględnione. Sposób opisu zaprezentowany w rozprawie był później naśladowany przez innych badaczy. Autorka wprowadziła tu nowe kategorie w klasyfikacji historyczno-geograficznej dotyczące flory synantropijnej: podział antropofitów na diafity i metafity, wprowadzenie pojęcia apofitów właściwych i efemerycznych. Zaproponowany przez nią podział został włączony do podręczników i jest powszechnie stosowany. Z zainteresowaniem międzynarodowym spotkały się prace zawierające analizę i charakterystykę historycznej roślinności miasta, odtworzonej na podstawie szczątków roślin znalezionych w wykopaliskach archeologicznych przy współpracy archeobotaników (m.in. 1982, *Memorabilia Zoologica* 37; 1992, *Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH* 107).

Prof. H. Trzcińska-Tacik jest autorką monograficznych opracowań rodzajów synantropijnych w wielotomowym dziele „Flora Polska”: *Bidens*, *Chenopodium*, *Rudbeckia*, *Sonchus*, *Veronica* (lata

wydań kolejnych tomów: 1963, 1971, 1972, 1992). Krytyczne opracowanie tych rodzajów w zasięgu europejskim, a także współpraca międzynarodowa, pozwoliły na wykonanie i korektę map rozmieszczenia poszczególnych gatunków w dziele „Atlas Florae Europaeae” t. 4 i 5 (1979, 1980). Jako specjalistka od tych synantropijnych rodzajów z chęcią dokonywała rewizji zbiorów zielnikowych badaczy z Polski i krajów ościennych. W trakcie swojej pracy badawczej odkryła i opisała nowe gatunki synantropijne we florze Polski: *Melilotus indicus*, *M. wolgicus*, *Camelina rumelica*, *Panicum capillare*. Prace dotyczące wymienionych gatunków, jak również prace nad wędrownkami i rozmieszczeniem innych gatunków synantropijnych, doprowadziły do ważnego w nauce stwierdzenia dynamicznego charakteru zasięgów taksonów roślin.

Bardzo ważną rolę w pracy naukowej prof. H. Trzcińskiej-Tacik zajmowały badania nad florą i zbiorowiskami roślinnymi chwastów polnych. Rozpoczęła je w latach 1971–1975 i wiązały się z udziałem w pracach zespołu kierowanego przez prof. J. Rolę z IUNG w Puławach, a po habilitacji stanowiły główny trzon jej zainteresowań naukowych. Prace poświęcone zagadnieniom uwarunkowań występowania i dynamiki zbiorowisk chwastów polnych opierały się na wieloletnich powtarzanych badaniach. Wskazywały one na zjawisko wyginięcia części gatunków (*Camelina alyssum*), ustępowania innych (np. *Agrostemma githago*), rozprzestrzeniania gatunków obcego pochodzenia (*Avena fatua*, *Alopecurus myosuroides*, *Galinsoga ciliata*) oraz zachodzenia procesu zmniejszania różnorodności zbiorowisk chwastów polnych. To ostatnie zagadnienie, nasilone w ostatnich dekadach, było realizowane poprzez powtarzane badania na Wyżynie Małopolskiej oraz w szerzej zakrojonych badaniach nad wpływem budowy Zbiornika Dobczyckiego na zbiorowiska roślinne na Pogórzu Karpackim. Jako jedną z ważniejszych swoich prac wskazywała pracę dotyczącą przemian zbiorowisk polnych w latach 1947–1988 (1991, *Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rübel, Zürich*, 106).

Prof. Helena Trzcińska-Tacik interesowała się także halofitami (czyli roślinami słonolubnymi). Do ważnych prac w tym zakresie należą prace nad *Puccinellia distans* (1981), opracowanie występowania halofitów nad dolną Nidą (1988) oraz prace nad rozmieszczeniem halofitów na Pogórzu Karpackim (2006).

Prof. Helena Trzcińska-Tacik jest współautorką „Ekologicznych liczb wskaźnikowych roślin naczyniowych Polski” (2002, Zarzycki K. i in.), niezwykle ważnej pozycji w literaturze botanicznej, szeroko

wykorzystywanej w badaniach florystycznych i ekologicznych. Jej liczne dane florystyczne zawarte są w opracowaniach zbiorowych: w „Atlasie rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce” (2001, red. Zając A., Zając M.) oraz w „Flora Cracoviensis Secunda” (2006, red. Zając M. i in.) i są szeroko wykorzystywane do celów naukowych i praktycznych, szczególnie w ostatnich latach w związku z obserwowanym zanikaniem gatunków.

Była cenionym autorytetem w środowisku badaczy zajmujących się florą i roślinnością segetalną i synantropijną. Regularnie uczestniczyła w krajowych i zagranicznych konferencjach poświęconych roślinom segetalnym, popularnie nazywanym chwastami, dzieląc się swoimi badaniami i spostrzeżeniami. Bardzo często służyła pomocą udzielając konsultacji badaczom z różnych instytucji z zakresu taksonomii roślin obcego pochodzenia oraz przemian flor i roślinności towarzyszącej uprawom polnym.

Znaczenie działalności naukowej podkreślała jej przynależność do towarzystw naukowych: od 1961 r. była członkiem Polskiego Towarzystwa Botanicznego, od 1994 r. członkiem European Weed Research Society. Jej naukowy autorytet został także podkreślony w pełnieniu funkcji członka Komitetu Botaniki PAN. Była również członkiem Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika.

Prof. Helena Trzcińska-Tacik przywiązywała bardzo dużą uwagę do działalności społecznej i dydaktycznej. Jako cel swojej pracy w Uniwersytecie wskazała, oprócz badań naukowych, „przekazanie młodzieży zapалу do poznawania przyrody i radości z tego płynącej”. Wypromowała 4 doktorów i ok. 30 magistrów. Brała udział w reformie studiów biologicznych w latach 80. XX w. Wprowadziła nowe kursy dla studentów biologii, obejmujące problematykę ekologii roślin, w szczególności zależności pomiędzy roślinami a środowiskiem. Zwracała szczególną uwagę na kształcenie w sposób praktyczny, stąd też wszystkie jej autorskie kursy zawierały ćwiczenia terenowe. Pracy dydaktycznej i popularyzatorskiej poświęcała wiele swojego czasu. Życzliwie interesowała się losami swoich podopiecznych długo po zakończeniu ich edukacji, utrzymując z nimi kontakty osobiste. Będąc opiekunem sekcji botanicznej Koła Przyrodników Studentów UJ, pomagała w organizacji i uczestniczyła w obozach naukowych sekcji botanicznej. Podczas tych obozów starała się przekazywać swoją pasję w poznawaniu roślin oraz osobistym doświadczaniu otaczającej przyrody. Nie brakowało jej nigdy siły na wycieczki przyrodnicze z nieodłączną teczką botaniczną dla dokumentowania okazów roślin. Pochylała się nad każdą rośliną,

którą zainteresowali się uczestnicy takich wypraw. Jej niestrudzenie w botanicznych poszukiwaniach, często w trudnych warunkach terenowych, wzbudzało podziw.

Dostrzegała znaczenie kształcenia przyrodniczego młodzieży szkolnej i poświęcała tej działalności dużo swojej uwagi. W latach 1988–2007 była przewodniczącą Komitetu Okręgowego Olimpiady Biologicznej dla uczniów szkół średnich. W tym czasie organizowała, często z niemałym trudem, coroczne zawody okręgowe Olimpiady Biologicznej dla uczniów szkół średnich. Dzięki swoim umiejętnościom potrafiła zaangażować wielu pracowników naukowych różnych uczelni i instytutów przyrodniczych w Krakowie w prace na rzecz Olimpiady. Organizowała warsztaty dla uczniów i nauczycieli, udzielała licznych konsultacji i wspomagała rozwój zainteresowań przyrodniczych uczniów. Osobiście przeprowadzała spotkania i rozmowy z zainteresowanymi uczniami. Brała także udział w pracach Krakowskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk i Sztuk przy Centrum Młodzieży im. Dr H. Jordana dla młodzieży szkół średnich, także konsultowała treść niektórych podręczników szkolnych.

Jej wrażliwość na problemy społeczne sprawiły, że w latach 1980–1989 była przewodniczącą Koła NSZZ „Solidarność” w Instytucie Botaniki UJ, a w latach 1991–1994 wiceprzewodniczącą Komisji Zakładowej NSZZ „Solidarność” UJ.

Za swoje zasługi została uhonorowana Nagrodą indywidualną Ministra Oświaty i Szkolnictwa Wyższego III stopnia (1967), Złotym Krzyżem Zasługi (1986), Medalem Komisji Edukacji Narodowej oraz odznaką Honoris Gratia (2013), przyznawaną za szczególne zasługi dla miasta Krakowa.

Prof. Helena Trzcińska-Tacik zmarła 16 lutego 2020 r. po długiej i ciężkiej chorobie. W pamięci wielu pozostanie jako osoba niezwykle życzliwa, wrażliwa na drugiego człowieka, oddana swojej pracy naukowej, dydaktycznej i społecznej.

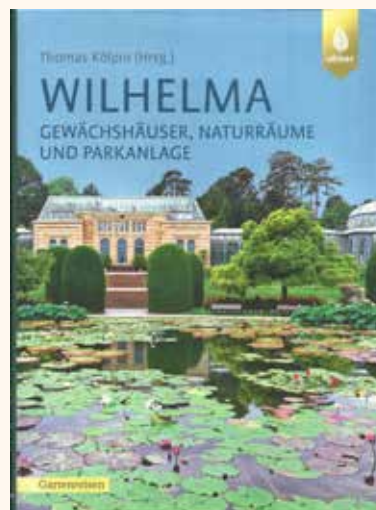
Miejscem jej spoczynku jest cmentarz Rakowicki w Krakowie, kw. LXIII, rz. 3, gr. 20.

*Dr hab. Alina Stachurska-Swakoń,  
Instytut Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego  
w Krakowie,  
e-mail: alina.stachurska-swakon@uj.edu.pl*

**THOMAS KÖLPIN (HRSG.), BJÖRN SCHÄFER, MICHA SONNENFROH.  
MIT FOTOGRAFIE VON LUCA SIERMANN, WILHELMA.  
GEWÄCHSHÄUSER, NATURRÄUME UND PARKANLAGE  
(WILHELMA. SZKLARNIE, OBSZARY NATURALNE  
I ZAŁOŻENIA PARKOWE),**

**SS. 96, 80 BARWNYCH FOTOGRAFII, STUTTGART (HOHENHEIM)  
2019, EUGEN ULMER KG, ISBN 978-3-8186-0691-6, WWW.ULMER.DE**

„Wilhelma” jako ogród zoologiczno-botaniczny stanowi „raj” przyrodniczy w Stuttgarcie. Jego sława sięga daleko poza niemiecki kraj związkowy Badenia – Wirtembergia. Stanowi ona magnes dla zwiedzających. Nazwa „Wilhelma” pochodzi od króla Wilhelma I Wirtemberskiego. Obejmuje on: ogród zoologiczny (pomieszczenia i wybiegi dla zwierząt), ogród botaniczny (zbiory różnych roślin), założenia parkowe, szklarnie pokazowe, a także historyczne dziedzictwo ogrodnicze Stuttgartu. W roku 2019 ukazała się w ramach serii „Podróże ogrodnicze” znakomita książka ogrodniczo-botaniczna „Wilhelma. Szklarnie, obszary naturalne i założenia parkowe”.



Autorami tego opracowania są Thomas Kölpin (jako wydawca), a także Björn Schäfer i Micha Sonnenfroh. Thomas Kölpin jest biologiem, a od 2014 r. dyrektorem Wilhelmy. Natomiast Björn Schäfer jest biologiem i kierownikiem Działu Botaniki, a Micha Sonnenfroh jako architekt ogrodowy i krajobrazu kierownikiem Działu Opieki Parkowej. Znakomite zdjęcia są autorstwa Luci Siermann. Podnoszą one znaczenie wartości opracowania, ułatwiając znacznie „spacer” po „Wilhelmie”.

Omawiana tutaj książka składa się z kilku charakterystycznych części: „Wprowadzenia” (s. 4–13); „Ogrodu mauretańskiego” (s. 14–29); „Historycznych szklarni” (s. 30–37); „Domów pokazowych” (s. 38–49); „Siedlisk” (s. 50–69); „Osobowości drzewiastych” (s. 70–81); „Wilhelmy w przebiegu pór roku” (s. 52–93) oraz uwag końcowych (informacja dla zwiedzających i informacji o autorach). We „Wprowadzeniu” autorzy stwierdzają, że „Wilhelma” stanowi żywy organizm, którego rozwój rozciąga się na okres trzech stuleci. Obecnie należy ona do najbogatszych biologicznie miejsc. Na jej obszarze żyje 1200 gatunków zwierząt, 8500 gatunków i odmian

roślin, jak też 160 gatunków roślin drzewiastych. Początki „Wilhelmy” sięgają do powstania Parku Rosenstein. Tam latach 1824–1829 król Wilhelm I Wirtemberski zbudował Zamek Rosenstein. Odkrycie źródeł wody mineralnej prowadziło do powstania „Wilhelmy”. Król Wilhelm I Wirtemberski zainspirował budowę prywatnego „Domu kąpielowego w stylu orientalnym” (razem z oranżerią i szklarnią). Odpowiedzialny za projektowanie założeń ogrodniczych był Karl Ludwig von Zanth (1796–1857), jego dziełami są m.in. *Mauretański dom wiejski*, *Belvedere*, czy *Ogród mauretański*. W roku 1949 został utworzony Ogród zoologiczno-botaniczny (przez Alberta Schöchle). Obecnie obszar „Wilhelmy” obejmuje prawie 30 ha i 1500 drzew. Najstarsze drzewa pochodzą z 1840 roku. Są to ogromne platany, cisy, duży gaj magnoliowy i sławne miłorzęby.

Pewnego rodzaju sercem historycznej „Wilhelmy” jest „Ogród mauretański” otoczony przez kilka budowli w stylu mauretańskim. Ogród ten charakteryzuje się kwitnącymi magnoliami (koniec marca – początek kwitnienia). Jest ich 69 i tworzą największy gaj magnoliowy na północ od Alp. Do typowych

magnolii „Wilhelmi” należy magnolia Soulange’a ‘Lennei’ (*Magnolia soulangiana* ‘Lennei’), magnolia mieszańcowa Soulange’a (*Magnolia x soulangiana*), mieszaniec magnolii Greshama ‘Heaven Scent’. W zbiornikach wodnych pływają różnorodne lilie wodne (40 różnorodnych gatunków i odmian). Na tarasach rosną także barwne piwonie drzewiaste (m.in. kwitnąca na różowo *Paeonia suffruticosa* i żółto *Paeonia x lemoinei* ‘Golden Vanity’). Już w XIX wieku, w epoce wiktoriańskiej rozwinęło się zainteresowanie dla paproci. Współcześnie w szklarniach rośnie ponad 100 różnych tropikalnych paproci. Jeśli chodzi o rośliny rosnące w „Domach pokazowych”, to ich wybór zależał od właściwości takich jak: piękno, skłonność do obfitego kwitnienia, rzadkość oraz możliwość wykorzystania roślin w osiągnięciu stylu orientalnie-egzotycznego. Bardzo różnorodne są egzotyczne bromelie. W „Wilhelmie” uprawia się 600 gatunków bromelii. W Stuttgarcie uprawia się ponad 1500 gatunków storczyków, a także sporo egzotycznych azalii, kamelii (200 gatunków), fuksji (200 gatunków), egzotycznych tilandsii, a także agaw i kaktusów. Można także ujrzeć dojrzewające ananasy i owoce kakaowca. Interesujący jest także jawański ogród przydomowy, pokrywający codzienne zapotrzebowanie rodziny na owoce, warzywa i przyprawę.

„Wilhelma” jako ogród zoologiczno-botaniczny pragnie także pokazać zwiedzającym zwierzęta w możliwie naturalnym środowisku. Stąd też domy pokazowe „Wilhelmy” wymagają od opiekunów zwierząt, ogrodników, zoologów i botaników możliwie najwyższych kwalifikacji. Przykładowo w Domu Amazonii uprawia się 130 roślin (z obszaru Parku Narodowego ‘Floresta Nacional do Tapajos’). Podobnie sprawa wygląda w przypadku Pustyni Senora. Żółwie wymagają przy tym typowych obszarów śródziemnomorskich, a śnieżne pantery ubogich krajobrazów górskich. Zmiana klimatu przedstawiona jest na przykładzie krajobrazu z wyspy Vanutu, która jest zagrożona w swoim dalszym istnieniu (w wyniku podnoszenia poziomu oceanów).

Na obszarze „Wilhelmy” rośnie wiele wspaniałych drzew. Występują one w grupach, rzędach i alejach. Różnią się one ulistnieniem i korą, determinując obraz całego parku. Jest 1600 drzew podzielonych na 160 gatunków krajowych i egzotycznych. Do najważniejszych należą miłorzęby dwukłapowe (*Ginkgo biloba*). Mają one przepiękne liście, które jesienią zabarwiają się na błyszczącą barwę żółtą. Duże znaczenie na obszarze „Wilhelmy” posiadają aleje platanowe i lipowe. Na uwagę zasługują już wymienione magnolie,

a także posiadające ciernie gledicze trójcierniowe, różne gatunki klonów, tulipanowce amerykańskie, czy orzechy czarne. Na obszarze „Wilhelmy” rośnie ponad 130 platanów (*Platanus x hispanica*). Wiele z nich liczy już ponad 150 lat i osiąga ponad 30 m wysokości. Drzewa te są jednak wyjątkowo długowieczne i mogą dożyć nawet do 300–500 lat. Posiadają one barwną korę na pniach, duże korony i podobne do klonów liście. Duża jest także liczba mamutowców olbrzymich, nazywanych potocznie sekwojami (*Sequoiadendron giganteum*). Drzewa te i inne drzewa iglaste tworzą tło dla barwnych azalii, różaneczników, barwnych dereni i oczarów.

„Wilhelma” zmienia się zasadniczo w ciągu pór roku. Na wiosnę pojawia się morze kwiatów, m.in. bratki i wiele roślin cebulkowych – tulipany, hiacyny, czy narcyzy. Kwitną wtedy też sławne magnolie „Wilhelmy”. W ciągu lata kwitną rabaty kwiatów jednorocznych, rabaty bylinowe i łąki kwiatowe. Jesienią przebarwia się wiele gatunków drzew. Najpiękniejsze liście posiadają wtedy: miłorzęby, lipy, klony, leszczyny drzewiaste, drzewo żelazne (parcja perska), tulipanowce. Wiele drzew posiada także piękne owoce. Sławne są także subtropikalne tarasy, gdzie rosną: cyprysy, wiecznie zielone magnolie i palmy (przechowywane zimą w szklarniach). Także i zimą „Wilhelma” oferuje piękne widoki: malarski pokrój magnolii, niezwykłą orientalną architekturę czy piękne czerwone barwy pni licznych tutaj mamutowców. Na uwagę zwiedzających zasługują też liczne rzeźby ogrodowe.

Książka autorów ze Stuttgartu zasługuje na szeroką uwagę polskich czytelników. Przedstawia ona znakomicie ogród zoologiczno-botaniczny „Wilhelma”. W znanych szklarniach żyją nie tylko rośliny, ale także zwierzęta. Stanowi ona dobrą próbę przedstawienia najważniejszych osiągnięć tego fascynującego ogrodu zoologiczno-botanicznego. Jest on stosunkowo mało znany w Polsce, pomimo jego piękna i wartości naukowo-dydaktycznych.

Prof.(em.) dr hab. Eugeniusz Kośmicki  
(Poznań), e-mail: e.h.kosm@gmail.com



**D**omki larw chruścików w potoku Jaszcz (Gorce), maj 2013, fot. S. Knutelski.



**D**orośla złotka na liściu obok potoku w Beskidzie Wyspowym. Fot. W. Wantuch.