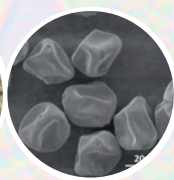




Biologiczne środowiskowe ślady kryminalistyczne



Antropologia | Diatomologia | Entomologia | Meiobentos | Mykologia | Palinologia



Legionowo 2024

CENTRUM SZKOLENIA POLICJI
W LEGIONOWIE

**BIOLOGICZNE ŚRODOWISKOWE
ŚLADY KRYMINALISTYCZNE**

LEGIONOWO 2024

Redakcja pod kierunkiem

podinsp. Iwony Bogusz
wykładowcy Zakładu Szkoleń Specjalnych
Centrum Szkolenia Policji w Legionowie

Projekt okładki:

Ewa Szczubeł

Zdjęcia na okładce:

podinsp. Iwona Bogusz

ISBN 978-83-66957-40-4 (print)

ISBN 978-83-66957-41-1 (online)

Wersja elektroniczna publikacji dostępna na stronie:

<https://csp.edu.pl/csp/e-biblioteka/2968,Wybrane-publikacje-ksiazkowe.html>

Opracowanie redakcyjne i graficzne, korekta, skład i druk:

Wydział Wydawnictw i Poligrafii
Centrum Szkolenia Policji w Legionowie
www.csp.edu.pl

Nakład 95 egz.

Spis treści

Wstęp	5
podinsp. Iwona Bogusz	
I. Diatomologia kryminalistyczna	7
1. Okrzemki – cechy określające ich przydatność dla kryminalistyki	7
dr hab. Joanna Żelazna-Wieczorek, prof. UŁ	
2. Możliwości wykorzystania okrzemek w kryminalistyce	20
podinsp. Iwona Bogusz	
3. Okrzemki jako narzędzie do typowania lub wykluczenia miejsca utonięcia	27
mgr Marek Bogusz	
4. Podsumowanie i bibliografia	35
II. Palinologia sądowa – potencjał dowodowy ziaren pyłku roślin	40
prof. dr hab. Idalia Kasprzyk	
III. Entomologia sądowa – wskazówki dla praktyków techniki kryminalistycznej	44
prof. dr hab. inż. Marcin Kadej	
IV. Antropologia sądowa	49
dr Beata Borowska	
V. Oględziny zwłok w miejscu ich znalezienia i ekshumacja zwłok/szczałków ludzkich – uwagi medyka sądowego	56
dr n. med. Łukasz Szleszkowski	
VI. Zastosowanie meiobentosu w kryminalistyce	62
dr Barbara Wojtasik	

WSTĘP

PODINSP. IWONA BOGUSZ

Zakład Szkoleń Specjalnych
Centrum Szkolenia Policji w Legionowie

Poszukiwanie śladów kryminalistycznych na miejscu zdarzenia ma na celu odtworzenie przebiegu zdarzenia oraz ustalenie roli osób w nim uczestniczących. Ślady kryminalistyczne¹ jako zmiany w obiektywnej rzeczywistości, będące znamionami zdarzeń kryminalnych mają istotne znaczenie w procesie wykrywczym, którego głównym dążeniem jest wytypowanie sprawcy i przedstawienie mu zarzutów w oparciu o materiał dowodowy. I to właśnie dzięki śladom kryminalistycznym można ten cel uzyskać, ponieważ pozwalają one na powiązanie osoby z konkretnym miejscem (ofiara, sprawca) lub pomagają w ustaleniu przyczyny i czasu zgonu.

Szczególną grupę śladów kryminalistycznych stanowią środowiskowe ślady biologiczne, czyli ślady botaniczne, zoologiczne oraz te, które w przyrodzie stanowią odrębną grupę – ślady pochodzące od grzybów. Biologiczne ślady środowiskowe to dość obszerna grupa, która po wnikliwej analizie pozwala na uzyskanie odpowiedzi, jeśli nie na wszystkie siedem złotych pytań kryminalistyki, to przynajmniej na znaczącą ich część. Pośród śladów tych wyróżniamy ślady diatomologiczne, palinologiczne, entomologiczne, mykologiczne, maiobentos, a także ślady antropologiczne. Jest to tylko część śladów środowiskowych, które może ofiarować nam przyroda.

Ważną cechą środowiskowych śladów jest to, że podlegają one zmianom w zależności od zmienności temperatury, natężenia światła, pór roku czy też pór dnia. Poza ogólnymi regułami są też te specyficzne, które mogą wpływać na organizmy żywe w taki sposób, że w konkretnym środowisku wykształci się tylko specyficzny organizm lub grupa organizmów. Czyli: jeśli ten specyficzny „mały” organizm w wyniku kontaktu osoby z konkretnym miejscem przeniesie się na ciało lub odzież tej osoby, będziemy mieć wówczas niepodważalny dowód jej obecności w tym konkretnym miejscu. Inną istotną cechą biologicznych śladów środowiskowych jest powszechność ich występowania, dzięki czemu zdaje się nieunikniony ich transfer ze środowiska na osoby lub

¹ Definicja śladu według prof. Jana Shena.

przedmioty. Dlatego też wiedza na temat możliwości, jakie daje nam przyroda, na temat środowiskowych śladów biologicznych może wspomóc organy ścigania w walce z przestępczością.

Niniejsza publikacja jest zwięźczeniem seminarium organizowanego przez Centrum Szkolenia Policji w Legionowie we współpracy z takimi uczelniami, jak: Uniwersytet Łódzki, Uniwersytet Wrocławski, Uniwersytet Gdański, Uniwersytet Rzeszowski oraz Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, a celem tego seminarium było propagowanie wiedzy na temat śladów kryminalistycznych, które dostarcza nam przyroda oraz sposobów ich zabezpieczenia zarówno technicznego, jak i procesowego.

I. DIATOMOLOGIA KRYMINALISTYCZNA

DR HAB. JOANNA ŻELAZNA-WIECZOREK, PROF. UŁ
PODINSP. IWONA BOGUSZ
MGR MAREK BOGUSZ

1. Okrzemki – cechy określające ich przydatność dla kryminalistyki

dr hab. Joanna Żelazna-Wieczorek, prof. UŁ

Katedra Algologii i Mykologii

Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki

Okrzemki (łac. *Bacillariophyta*, ang. *diatoms*) są to jednokomórkowe organizmy fotosyntetyzujące, pełniące w ekosystemach wodnych funkcję producentów materii organicznej i tlenu. Zasiedlając wszystkie środowiska wodne na Ziemi, w tym oceany, morza, ale również zróżnicowane ekosystemy wodne i wilgotne na powierzchni lądów, stanowią najliczniejszą pod względem zróżnicowania gatunkowego grupę glonów (ang. *algae*). Szacuje się, że na Ziemi występuje ponad 200 000 gatunków [Mann, Drop 1996]. Potrzebują one do życia promieniowania słonecznego (dostępu do światła), wody wraz z dostępnymi w niej rozpuszczonymi substancjami, głównie dostarczającymi węgla, azotu, fosforu oraz krzemu w postaci krzemionki. W wodach powierzchniowych, zarówno stojących, jak i płynących, krzemionka jest dostępna i nie stanowi czynnika ograniczającego dla rozwoju tej grupy organizmów [Żelazna-Wieczorek 2019].

W wielu ekosystemach stanowią bardzo często grupę mikroorganizmów dominującą pod względem liczebności – biomasy. Okrzemki rozwijają się również w szerokim zakresie temperatury, co daje im przewagę nad innymi glonami. Występują we wszystkich szerokościach geograficznych, dzięki przystosowaniom do życia w niskich temperaturach mogą występować w lodzie antarktycznym – kriofiton, a w strefie klimatu umiarkowanego również w okresie zimy w strefie przydennej, pod lodem. Okrzemki zasiedlają również glebę, tworząc z innymi organizmami formację ekologiczną edafon [Kawecka, Eloranta 1994, Żelazna-Wieczorek 2019].

Najważniejszymi przesłankami dającymi możliwość zastosowania okrzemek w różnych postępowaniach kryminalistycznych są:

- ich szerokie geograficzne rozprzestrzenienie jako grupy organizmów;
- określone dla większości gatunków preferencje ekologiczne – tolerancja wobec określonych warunków środowiska, w tym gatunki stenotopowe o wąskim zakresie tolerancji na określone warunki środowiska, na przykład odczyn wody (pH);
- względnie proste metody poboru prób potencjalnie zawierających okrzemki, ich przygotowania do obserwacji i przechowywania w celach dokumentacyjnych (trwałość);
- fakt, że można na ich podstawie odtworzyć przebieg wydarzeń w czasie (pory roku, zanieczyszczenie środowiska);
- reakcja na krótkoterminowe i długoterminowe zmiany w środowisku.

Cechami powodującymi trudności przy wykorzystaniu okrzemek w kryminalistyce są:

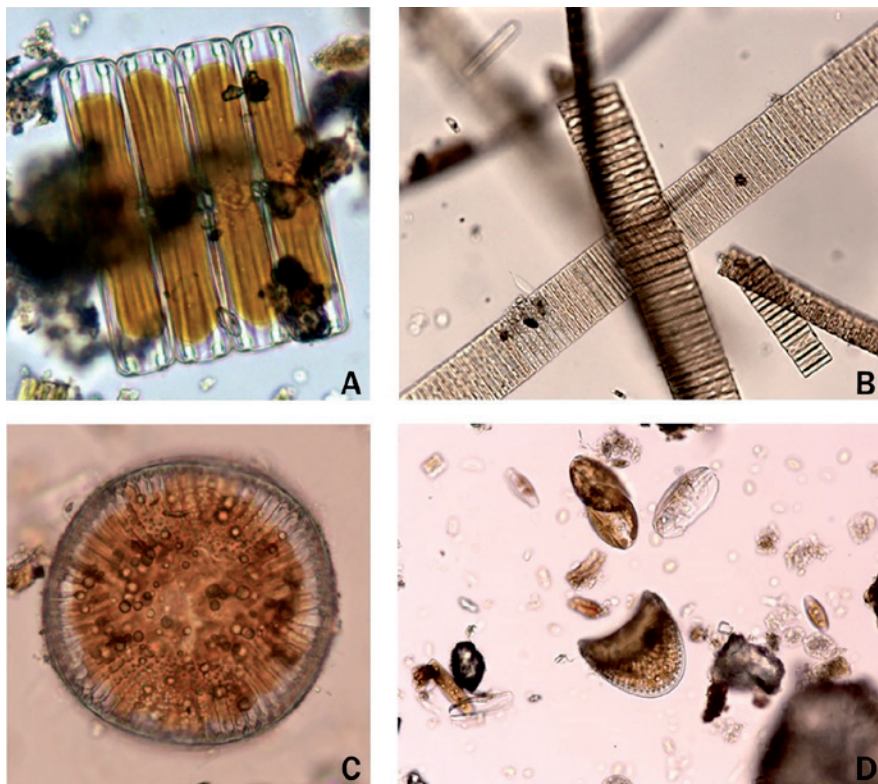
- potrzeba wysokich kompetencji przy ich rzetelnej identyfikacji taksonomicznej (ekspert z zakresu diatomologii),
- potrzeba określenia proporcji komórek żywych do martwych w próbie i jej interpretacja, celem uchwycenia zmian zachodzących w zbiorowiskach okrzemek w czasie i w odniesieniu do zmieniających się warunków środowiska.

Budowa okrzemek – znaczenie diagnostyczne egzoszkieletu (skorupki, pancerzyka)

Okrzemki – jednokomórkowe organizmy, o wymiarach komórki od kilku do kilkuset mikrometrów, mogą tworzyć wielokomórkowe kolonie różnego kształtu. Żywe okrzemki są barwy złotej, zielono-żółtej, brązowo-żółtej dzięki obecności w chloroplastach zestawu barwników, m.in. zielonych chlorofili – a i c oraz czerwonej – fukoksantyny (ryc. 1 i 2) [Żelazna-Wieczorek 2019].

Najważniejszą cechą komórki okrzemki, która odpowiada za jej kształt oraz trwałość w środowisku i podczas długiego przechowywania, jest wytwarzanie egzoszkieletu (pancerzyka, skorupki). Egzoszkielet, otaczający komórkę okrzemki, zbudowany jest z uwodnionej krzemionki ($\text{SiO}_2 + n\text{H}_2\text{O}$) oraz związków organicznych, co nadaje mu trwałość i odporność mineraloidu krzemianowego – opalu. Pancerzyk okrzemek składa się z kilku elementów, do których należą dwie bogato ornamentowane okrywy oraz kilka mniejszych łączących je elementów, tworzących tzw. pas obwodowy. Każdy pancerzyk składa się z dwóch części. Starsza, większa okrywa – wieczko, razem z połączonymi z nią elementami pasa obwodowego – zwana jest **epiteką** (*epitheca*), natomiast młodsza, mniejsza okrywa – denko i połączone z nią elementy – zwana jest **hypoteką** (*hypotheca*) [Round i in. 1990; Pliński, Witkowski 2009, Żelazna-Wieczorek 2019] (ryc. 3 i 4).

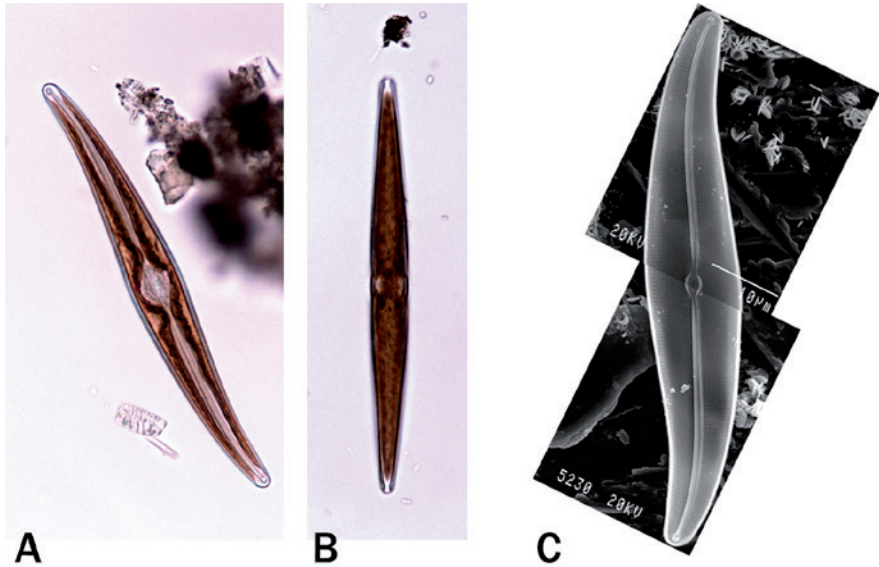
Ponieważ krzemionka jest nieprzepuszczalna, okrzemki rozwinęły skomplikowane wzory perforacji w okrywach, aby umożliwić wymianę z otoczeniem składników odżywczych i produktów przemiany materii. Otworki i wydrążenia występujące na okrywach układa-



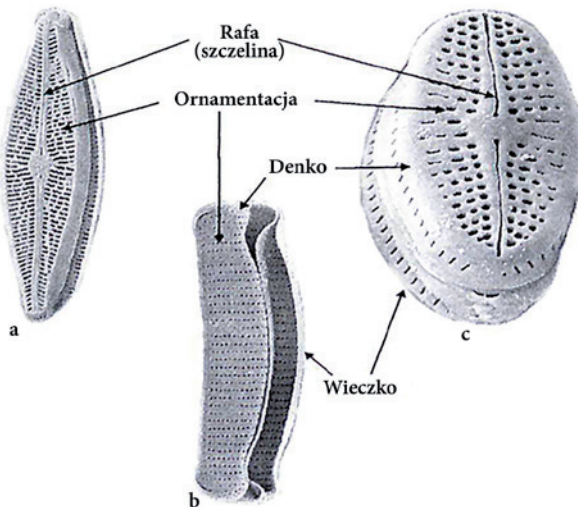
Ryc. 1. Żywe okrzemki: A - *Pinnularia* sp. - cztery komórki widoczne od strony bocznej, B - *Fragilaria* sp. - taśmowate kolonie, C - *Campylodiscus hibernicus* - pojedyncza komórka od strony okrywy, D - zbiorowisko żywych okrzemek. Zdj. J. Żelazna-Wieczorek [za Żelazna-Wieczorek 2019].

ją się w złożone struktury prążków, utworzonych z kolistych lub wielobocznych komór (*areole*), tworząc charakterystyczną ornamentację. Na ornamentację składają się również zagłębienia od wewnętrznej strony okrywy (*alweole*) oraz żeberka i wstawki, które są elementami wzmacniającymi skorupkę [Round i in. 1990; Pliński, Witkowski 2009, Żelazna-Wieczorek 2019]. Jednocześnie ornamentacja na panczerzyku jest wykorzystywana w standardowej identyfikacji okrzemek do gatunku.

Cechami, na podstawie których prowadzona jest identyfikacja okrzemek, są: długość i szerokość okrywy, kształt, symetria, krawędź okrywy, ornamentacja panczerzyka, liczba prążków i punktów grzebienia w 10 μm , układ prążków, kształt i szerokość końców (również względem okrywy), kształt biegunów, kształt panczerzyka w widoku od strony pasa obwodowego, obecność pola porowego oraz umiejscowienie porów, rodzaj i obecność



Ryc. 2. *Gyrosigma* sp.: A i B żywe komórki – A – od strony okrywy, B – od strony bocznej, C – obraz z mikroskopu skaningowego. Zdj. J. Żelazna-Wieczorek.



Ryc. 3. Budowa panczerzyka okrzemki: a – *Brachysira*, b – *Eunotia*, c – *Achnanthisidium* [schemat za Witkowski i in. 2010, Żelazna-Wieczorek 2019].

dr hab. Joanna. Żelazna-Wieczorek, podinsp. Iwona Bogusz, mgr Marek Bogusz



Ryc. 4. Egzoszkielet komórki okrzemki – *Stauroneis separanda* w SEM. Zdj. J. Żelazna-Wieczorek 2019.

rafi lub jej brak, zakończenia rafi (koniec proksymalny i dystalny), rodzaj i symetria pola środkowego oraz osiowego, obecność dodatkowych tworów, takich jak kolce [Bąk i in. 2012, Żelazna-Wieczorek 2019]. Daje to możliwość precyzyjnego określenia gatunków okrzemek tworzących ich zbiorowiska w różnych siedliskach, co wraz z określeniem liczebności poszczególnych gatunków stanowi podstawę analizy porównawczej wykorzystywanej w badaniach naukowych i ekspertyzach kryminalistycznych.

Diatomit – ziemia okrzemkowa – okrzemki kopalne

Trwałość egzoszkieletu okrzemek wynikająca z budowy chemicznej daje możliwość przetrwania po śmierci komórek w ekosystemach wodnych w osadach przez miliony lat. Ziemia okrzemkowa w ekosystemach słodkowodnych powstała co najmniej od eocenu (≈ 50 milionów lat temu), a w ekosystemach morskich od późnej kredy (≈ 80 milionów lat temu). Diatomit (ryc. 5 i 6) to miękka, sypka, porowata, droбноziarnista, lekka, krzemionkowa skała osadowa, która powstaje w wyniku gromadzenia i zagęszczania egzoszkieletów martwych okrzemek o składzie gatunkowym okrzemek adekwatnym do warunków, w jakich żyły [Harwood 1999].

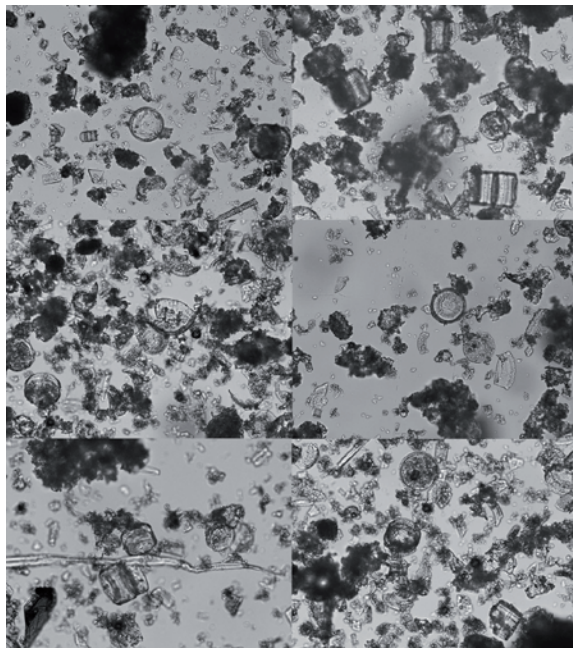
Struktura pancerzyków okrzemek i ich liczne występowanie w diatomicie (w jednym calu sześciennym, czyli w $16,39 \text{ cm}^3$, może znajdować się 70 milionów pancerzyków okrzemek) nadaje złożom okrzemek właściwości przydatne w wielu zastosowaniach przemysłowych i handlowych. Ta skała osadowa jest w stanie wchłoniąć i zatrzymać płyn w ilości do 3,5 razy większej od własnej masy [Harwood 1999].



Ryc. 5. Diatomit – ziemia krzemkowa w postaci proszku. Zdj. J. Żelazna-Wieczorek.

Diatomyty są wydobywane zarówno na półkuli północnej, jak i południowej. Komercyjne wydobycie diatomitów rozpoczęło się mniej więcej 200 lat temu, jednak jako materiał budowlany okrzemki były wykorzystywane co najmniej od pierwszego tysiąclecia p.n.e. [Flower 2013]. Ziemia krzemkowa ma różne nowoczesne zastosowania, np. w postępowaniu kryminalistycznym w szerokim spektrum spraw. Cechami, które spowodowały powszechne i szerokie zastosowanie diatomitów w różnych dziedzinach aktywności człowieka, są: niska gęstość, wysoka porowatość, niska przewodność cieplna, wysoka temperatura topnienia (od 1400 do 1750°C w zależności od czystości) i chemiczna odporność (z wyjątkiem kwasu fluorowodorowego). Głównymi zastosowaniami okrzemek są: filtracja (produktów chemicznych i spożywczych), izolacja; jako delikatny materiał ścierny (pasta do zębów, preparaty do polerowania biżuterii); absorbcja, materiały budowlane, mineralny wypełniacz w farbach, w środkach ochrony roślin; jako katalizatory, nośniki, powłoki, dodatki do żywności. Ponadto okrzemki mają działanie przeciwzbrylające.

Jednym z najbardziej znanych komercyjnych zastosowań ziemi okrzemkowej jest dynamit. Stabilizacja nitrogliceryny przez wysycenie nią porowatej ziemi okrzemkowej dała możliwość bezpiecznego transportu materiału wybuchowego. Dynamit wykonany przez Alfreda Nobla z ziemi okrzemkowej nie jest już używany, z wyjątkiem specjalnych zastosowań, które wymagają delikatniejszego huku [Harwood 1999]. Obecnie najczęściej stosuje się ziemię okrzemkową do filtracji (szczególnie przy produkcji alkoholu, wina i piwa) oraz jako materiał wypełniający.



Ryc. 6. Diatomit w preparacie mikroskopowym – zawiera okrzemki słodkowodne. Zdj. J. Żelazna-Wieczorek.

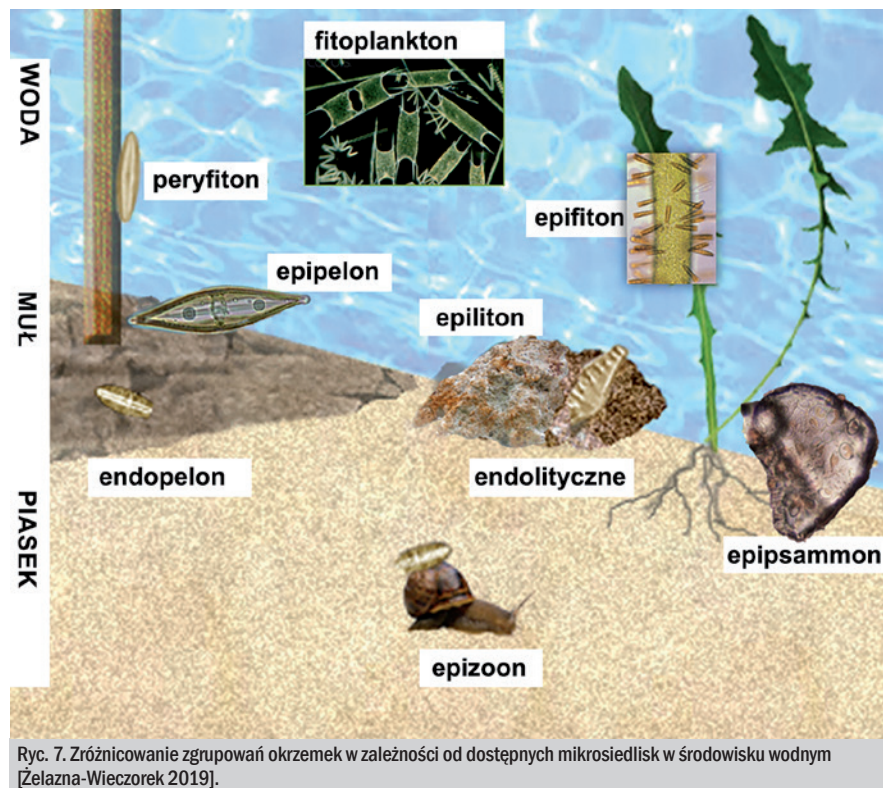
W związku z szerokim komercyjnym zastosowaniem diatomitu możliwe jest wykorzystanie tego faktu w ekspertyzach kryminalistycznych. Na przykład specjaliści z zakresu kryminalistyki wykorzystali okrzemki z farb i past do polerowania, aby dostarczyć dowodów na wskazanie sprawcy. Diatomit był dawniej używany jako ognioodporny materiał uszczelniający pomiędzy zewnętrzną obudową a wewnętrzną komorą sejfów. W przypadku otwarcia siłowego takiego sejfu ziemia okrzemkowa może zanieczyścić odzież dużym zagęszczeniem panczyków okrzemkowych. Porównanie zbiorowisk okrzemek w takich przypadkach daje bardzo charakterystyczne dane, ponieważ zabezpieczony materiał okrzemkowy prawdopodobnie został pobrany z dawnych wyrobisk okrzemkowych i jest mało prawdopodobne, aby dana osoba przypadkowo miała ten materiał na odzieży [Cameron 2013].

Wymagania i przystosowania okrzemek do warunków środowiska

Okrzemki, będąc grupą organizmów o dużej wrażliwości względem parametrów fizycznych i chemicznych wody, posiadają stenotopowy lub eurytopowy zakres tolerancji w odniesieniu do różnych warunków środowiska. Gatunki eurytopowe mają szerokie spektrum ekologiczne w stosunku do jednego lub wielu czynników i są w małym stop-

niu wrażliwe na stres środowiskowy wywołany przez różne czynniki. Gatunki okrzemek eurytopowe mogą żyć na przykład: zarówno w wodach ciepłych, jak i zimnych; w odczynie kwaśnym i zasadowym itd. Gatunki stenotopowe żyją w wąskim zakresie warunków środowiskowych i dobrze się w nich rozwijają, mogą to być np.: stenotermiczne zimnowodne, stenotermiczne ciepłowodne. Ponadto okrzemki posiadają zdolność szybkich podziałów komórkowych (do 6 razy w ciągu doby), co daje im możliwość szybkiej reakcji na zmianę warunków środowiskowych i przebudowę struktury zbiorowisk pod względem składu gatunków i ich liczebności [Kawecka, Eloranta 1994, Rakowska 2003, Żelazna-Wieczorek 2019].

Specyficzność, powiązanie gatunków okrzemek z określonymi warunkami środowiska, przejawia się odmiennymi zgrupowaniami tych organizmów w różnych typach ekosystemów wodnych i z dostępem do wody, a nawet w różnych mikrosiedliskach. Głównymi warunkami środowiska kształtującymi zgrupowania okrzemek w mikrosiedliskach są: rodzaj podłoża, ruch wody, poziom wody, dostęp do światła i temperatura (ryc. 7).



Ryc. 7. Zróżnicowanie zgrupowań okrzemek w zależności od dostępnych mikrosiedlisk w środowisku wodnym [Żelazna-Wieczorek 2019].

Okrzemki ze względu na możliwości adaptacyjne do warunków środowiska występują prawie we wszystkich ekosystemach wodnych na Ziemi. Niektóre okrzemki żyją jako swobodnie unoszone komórki w toni wodnej w planktonie stawów, jezior i oceanów. Gatunki planktonowe wykazują adaptacje morfologiczne, które pozwalają im pozostać zawieszona w wodzie. Znaczenie dla utrzymania planktonu w toni wodnej mają: ruchy wody, falowanie oraz ruchy pionowe wody wywołane jej ogrzewaniem i ochładzaniem [Żelazna-Wieczorek 2019].

Warunki panujące na dnie zbiorników wodnych kształtują odmienne pod względem składu gatunkowego i liczebności zespoły okrzemek, które wraz z innymi glonami tworzą formację ekologiczną – bentos. W bentosie żyją okrzemki o pancerzykach grubszych, które mogą poruszać się na dnie lub nad dnem (endopelon i epipelon), przyczepiać się do podłoża, np. wprowadzonego do wód przez człowieka – betonowych podstaw mostów (peryfiton), „porastać” rośliny lub części roślin zanurzone w wodzie – epifiton, za pomocą szczeliny, kropli śluzu lub polisacharydowych stylików. Formacjami związanymi z dnem ekosystemów wodnych są również: epiliton – okrzemki zasiedlające skały i duże kamienie, głównie w górskich odcinkach rzek o szybkim nurcie, epipsammon – okrzemki o małych wymiarach zasiedlające pojedyncze ziarna piasku (kwarcu), przyczepiające się do nich śluzem; epizoon – okrzemki przytwierdzone do zwierząt wodnych, np. na muszlach; epiksylon – okrzemki porastające drewno (przewrócone drzewa) zanurzone lub unoszące się w wodzie. Okrzemki występują również w ekstremalnych warunkach środowiska, stanowiąc czasami jedyną grupę organizmów fotosyntetyzujących. Kriofiton tworzą okrzemki sympagiczne, które przystosowane są do życia w lodzie lub pod lodem, w warunkach ekstremalnie niskich temperatur powietrza (Antarktyda) oraz deficytu światła (struktura pokrywy śnieżnej i lodowej). Płynna zawartość komórek okrzemek występujących na śniegu lub w lodzie nie zamarza w niskich temperaturach, ponieważ glony te wytwarzają substancję chroniącą przed zamarzaniem. Natomiast edafon – to zbiór drobnych organizmów żywych (roślinnych i zwierzęcych) żyjących w warstwie powierzchniowej gleby, których obecność wpływa na strukturę i żyzność gleby. W skład edafonu wchodzi bakterie, glony, w tym okrzemki, pierwotniaki, nicienie, pajęczaki i inne. Okrzemki związane z glebą wykazują szeroki zakres tolerancji na zmiany warunków środowiska, w glebie zmieniają się dynamicznie w cyklu dobowym, a w strefie klimatu umiarkowanego również w cyklu rocznym. Tolerują one szybkie zmiany odczynu gleby (roztworu glebowego) (pH), tolerują podwyższoną koncentrację jonów i małą dostępność biogenów. Są bardzo odporne na dobowe i sezonowe zmiany wilgotności i związane z tym okresowe wysychanie [Żelazna-Wieczorek 2019].

Zastosowanie okrzemek w postępowaniu kryminalistycznym

Wykorzystanie okrzemek w postępowaniu kryminalistycznym, w przypadku utonięcia, rozpoczęło się już w końcu XIX w. Po raz pierwszy okrzemki zostały wykryte w płynie topliwym pobranym z płuc przez E. Hofmanna (1837–1897), austriackiego lekarza, który

jest pionierem współczesnej patologii kryminalistycznej. Od początku XX w. wykorzystanie okrzemek w wyjaśnianiu przyczyn i okoliczności śmierci w przypadku znalezienia zwłok w środowisku wodnym lub w jego otoczeniu; wykorzystanie śladów okrzemek na zwłokach, odzieży lub innych przedmiotach dla potwierdzenia lub wykluczenia miejsca zdarzenia; ale także zastosowanie ziemi okrzemkowej (diatomitu) w wyjaśnianiu różnych przestępstw jest szeroko opisywane [Timperman 1969, Peabody 1977, Fukui i in. 1980, Auer i Möttönen 1988, Siver i in. 1994, Ludes i in. 1996, Pollanen i in. 1997, Pollanen 1998, Lunetta i in. 1998, Ludes i in. 1999, Gruspier i Pollanen 2000, Krstic i in. 2002, Piette i De Letter 2006, Horton 2007, Diaz-Palma i in. 2009, Kumar i in. 2011, Verma 2013, Coelho i in. 2016, Levkov i in. 2017, Bąk i in. 2018].

W Polsce dotychczas opublikowano jedynie dwa przypadki wykorzystania okrzemek dla wyjaśnienia okoliczności śmierci, przy podejrzeniu utonięcia jako przyczyny. Sadlik i Brożek-Mucha (2009) opisały zastosowanie okrzemek jako jednej z metod w badaniu materiału biologicznego po ekshumacji zwłok generała Sikorskiego – okrzemek w nim nie stwierdzono. Praca autorstwa Bąk i in. (2018) przedstawia pierwszy współczesny przypadek zastosowania testu okrzemkowego dla wyjaśnienia przyczyny i miejsca śmierci zaginionej kobiety. Jednocześnie przypadek ten pozwolił zaproponować zalecenia metodyczne dotyczące postępowania z materiałem biologicznym – płucami, kiedy ciało pozostaje długo w wodzie po śmierci. Prowadzone są również eksperymenty naukowe w zakresie metodyki i możliwości zastosowania okrzemek w kryminalistyce, których uniwersalne wyniki są następnie publikowane w czasopismach o zasięgu międzynarodowym [Matsumoto i Fukui 1993, Horton i in. 2006, Singh i in. 2006, Uitdehaag i in. 2010, Fucci 2012, Scott i in. 2014, 2017; Bogusz i in. 2022, 2023].

Procedura pobierania prób i preparatyka materiału zawierającego okrzemki

Podstawą przeprowadzenia porównawczej analizy okrzemkowej jest, oprócz zabezpieczonych śladów, pobranie i zabezpieczenie prób środowiskowych (z wody, gleby) potencjalnie zawierających okrzemki, z miejsca zdarzenia lub z miejsc wskazanych na podstawie innych przesłanek jako możliwe miejsce zdarzenia.

Istotnym aspektem stosowania porównawczej analizy okrzemkowej w kryminalistyce jest konieczność rozpoznania zróżnicowania jakościowego i ilościowego zbiorowisk okrzemek w zależności od:

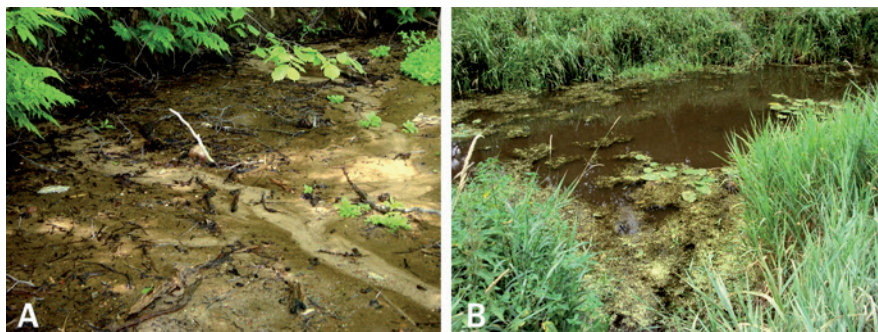
- typu ekosystemu i pory roku (w zależności od strefy klimatycznej),
- typu mikrosiedliska, ze szczególnym uwzględnieniem typu podłoża (podłoży naturalnych i sztucznie wprowadzonych do środowiska).

Porównawcza analiza okrzemkowa może więc być również stosowana dla potwierdzenia lub wykluczenia miejsca zdarzenia na podstawie zabezpieczonych śladów „błota okrzemkowego” na różnych powierzchniach i materiałach [Żelazna-Wieczorek 2019].

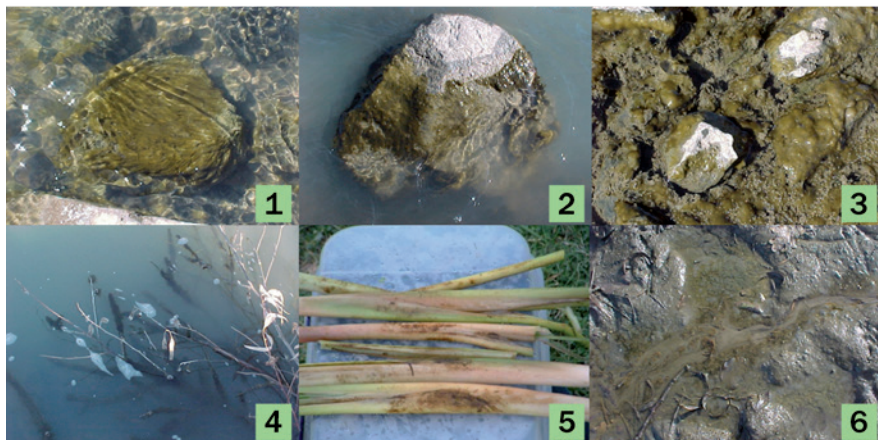
dr hab. Joanna. Żelazna-Wieczorek, podinsp. Iwona Bogusz, mgr Marek Bogusz

Jak rozpoznać okrzemki w środowisku?

Pojedyncze komórki okrzemek, ze względu na ich stosunkowo niewielkie rozmiary (większość okrzemek w wodach śródlądowych nie przekracza 200 μm długości), są „niewidoczne”. Ponieważ jednokomórkowe okrzemki w środowisku, w dogodnych dla ich rozwoju warunkach, występują licznie, a także mogą tworzyć wielokomórkowe kolonie, możemy je obserwować w postaci nalotu na różnych podłożach znajdujących się w wodzie (ryc. 8 i 9) lub w warunkach wysokiej wilgotności powietrza i skraplającej się pary wodnej, np. na skałach, drzewach, płotach, budynkach itp.

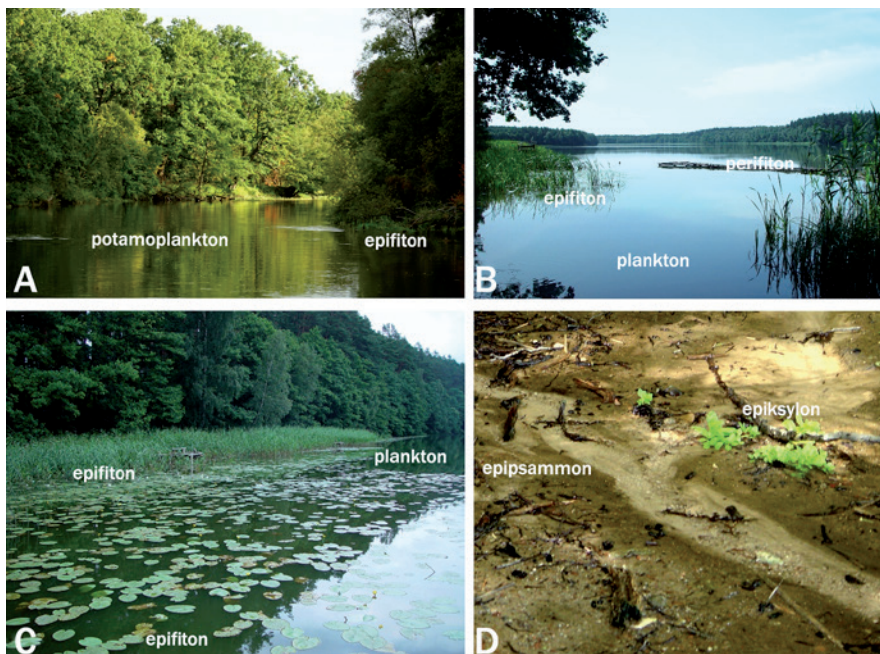


Ryc. 8. Okrzemki makroskopowo - licznie występujące tworzą złotawobrazową warstwę na podłożu piaszczystym (A) i mulistym (B). Zdj. J. Żelazna-Wieczorek.



Ryc. 9. 1 i 2. Okrzemki cienką warstwą przyczepione do kamieni, 3. Okrzemki pokrywające warstwą zarówno podłoże w postaci miękkiego osadu, jak i kamieni, 4. Okrzemki rosnące gęsto wokół zatopionych gałęzi, 5. Okrzemki osiadłe na łodygach *Phragmites australis*, 6. Okrzemki zasiedlające podłoże piaszczyste lub muliste [za Taylor i in. 2007, Żelazna-Wieczorek 2019].

W wodach płynących głównym czynnikiem determinującym inne warunki środowiskowe jest turbulentny, jednokierunkowy ruch wody. Warunki do życia okrzemek zmieniają się wraz z odcinkiem biegu rzeki. Skutkiem tego jest występowanie odmiennych zbiorowisk organizmów, w tym okrzemek, na całym odcinku rzeki (ryc. 10) [Allan 1998]. W zbiorowiskach okrzemek potamoplanktonu (planktonu rzecznego) można wskazać typowe formy planktonowe. Gatunki występujące w toni wodnej muszą być odporne na uszkodzenia mechaniczne wynikające ze zmieniającego się prądu wody. Różnorodność gatunkowa okrzemek bentosowych wód płynących jest podobna do bentosu występującego w litoralu jezior ze względu na ruch wody oraz okresowe zmiany głębokości. Niektóre gatunki występujące w wodach o szybkim nurcie wykształciły mechanizm przystosowawczy do życia w prądzie wody w postaci polisacharydowych stylików, wytwarzanych przez pancerzyk i umożliwiających im przyczepienie się do dna. Cecha ta jest bardzo ważna dla zbiorowisk występujących w górnym biegu rzeki, gdzie podatność na „zmycie” i „ścieranie” jest bardzo powszechna [Żelazna-Wieczorek 2019].



Ryc. 10. Przykłady formacji ekologicznych związanych z mikrosiedliskami w wodach płynących (A i D) oraz stojących (B i C).

W wodach stojących warunki kształtujące zbiorowiska okrzemek zmieniają się w zależności od typu zlewni, głębokości i kształtu zbiornika, występowania falowania oraz prądów. W płytkich zbiornikach o przejrzystej wodzie światło dociera do samego dna,

dr hab. Joanna. Żelazna-Wieczorek, podinsp. Iwona Bogusz, mgr Marek Bogusz

a rozwój glonów odbywa się w całym słupie wody, z kolei w głębokich jeziorach tworzy się stratyfikacja termiczna. W dużych zbiornikach strefa limnetyczna (otwartej toni wodnej) jest większa od litoralnej (z dostępem światła do dna), natomiast w płytkich zbiornikach przeważa litoral [Allan 1998]. W oświetlonej strefie zbiornika okrzemki bentosowe tworzą bardzo charakterystyczne zbiorowiska, rozwijające się na osadach dennych lub osiadłe na różnych powierzchniach. Okrzemki występujące w litoralu zbiorników wód stojących różnicują się w zależności od typu substratu. Wyróżniamy zbiorowiska okrzemek epipelicznych, epilitycznych, epipsamicznych, epiksylicznych oraz epifitycznych (ryc. 10) [Żelazna-Wieczorek 2019].

Gleba to środowisko życia m.in. okrzemek, które wyróżnia się bardzo wysoką niestabilnością warunków środowiskowych. Decydującą rolę w rozmieszczeniu okrzemek odgrywa dostęp i natężenie światła, ponieważ są to organizmy fotoautotroficzne. Najlepszy rozwój obserwuje się w powierzchniowej warstwie gleby, im głębiej, tym różnorodność gatunkowa i liczebność okrzemek maleje. Maksymalna głębokość, na której spotkano okrzemki, to około 2 m. Występowanie okrzemek w głębszych partiach gleby jest możliwe przy uprawie ziemi, działalności zwierząt (w szczególności bezkręgowców), przenikania wody oraz zdolności okrzemek do poruszania się. Zróżnicowanie warunków wilgotnościowych i sąsiedztwo ekosystemów wodnych wpływa na zmianę składu gatunkowego zgrupowań okrzemek występujących w glebie oraz na liczebność poszczególnych gatunków [Żelazna-Wieczorek 2019, Bogusz i in. 2022].

Rekomendacje dotyczące zabezpieczania prób pod kątem ekspertyzy diatomologicznej

Próby środowiskowe potencjalnie zawierające okrzemki powinny zostać zebrane jednocześnie z zabezpieczeniem śladów w miejscu zdarzenia. Jednak w określonych okolicznościach, szczególnie w przypadkach stosowania testu okrzemkowego dla potwierdzenia lub wykluczenia utonięcia jako przyczyny śmierci oraz potwierdzenia miejsca tego zdarzenia, a także na podstawie innych przesłanek pojawiających się w postępowaniu kryminalistycznym, można pobrać próby środowiskowe po upływie różnego czasu. Zasadność pobrania prób środowiskowych po upływie czasu jest jednak obwarowana następującymi warunkami: typ ekosystemu wodnego (wody płynące – większa zmienność przestrzenna i sezonowa, natomiast wody stojące charakteryzują się mniejszą zmiennością warunków środowiska); brak zmian fizjograficznych (ukształtowania i zagospodarowania ekosystemu wodnego oraz jego otoczenia) i hydrologicznych w miejscu, z którego należy zabezpieczyć próby okrzemkowe, na przestrzeni czasu, który minął od zdarzenia. W miarę możliwości pobór prób powinien zostać przeprowadzony w podobnych warunkach meteorologicznych do tych, jakie panowały przed zdarzeniem i podczas jego trwania (również uwzględniając okres przed pobraniem próby, około tygodnia) [Żelazna-Wieczorek 2019].

2. Możliwości wykorzystania okrzemek w kryminalistyce

podinsp. Iwona Bogusz

Zakład Szkoleń Specjalnych
Centrum Szkolenia Policji w Legionowie

Okrzemki dzięki swej budowie morfologicznej (egzoszkielet) oraz temu, że wykazują się olbrzymią różnorodnością gatunkową, wykorzystywane są przez organy ścigania wielu państw (Francji, Wielkiej Brytanii, Chin, Indii, Niemiec) jako narzędzie pomocne do rozwikłania zróżnicowanych spraw, szczególnie tam, gdzie zawiody inne kryminalistyczne metody badawcze, np. daktyloskopia, traseologia, analiza profilu DNA.

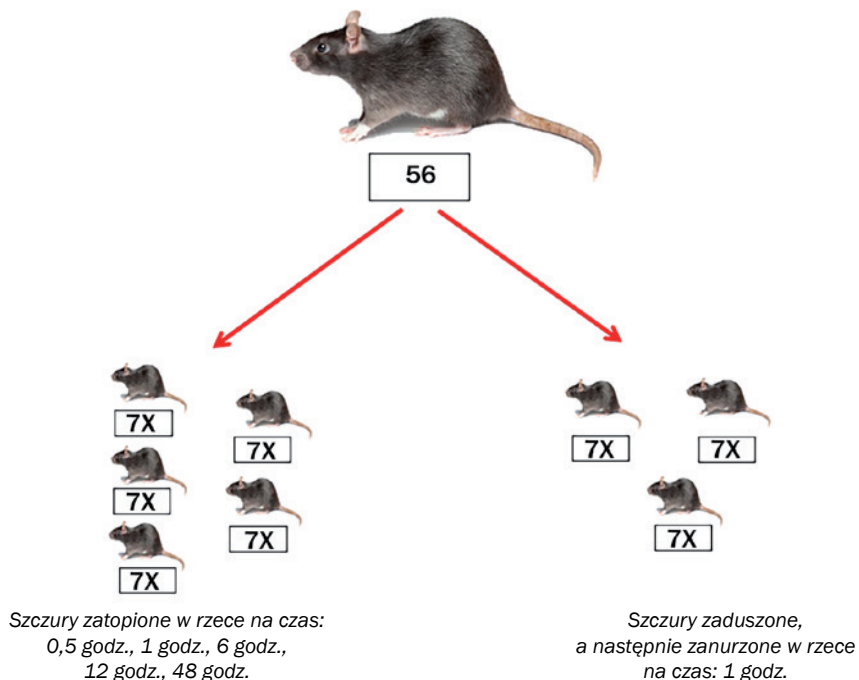
W jakich przypadkach można wykorzystać okrzemki w kryminalistyce?

Okrzemki od ponad stu lat są wykorzystywane jako tzw. złoty standard przy diagnozowaniu utonięć [Ludes B. i in. 1994; Krstic S. i in. 1996; Pollanen M.S. 1997; Pollanen M.S. 1998; Lunetta P. i in. 1998; Ludes B. i in 1999; Hurlimann J. i in. 2000; Krstic S. i in. 2002; Lunetta P., Modell J.H. 2005; Peabody A.J., Cameron N.G. 2010]. Odpowiedź na pytania: czy to było utonięcie, czy do śmierci doszło na lądzie, a dopiero potem ktoś wrzucił ciało do wody, była i jest nie lada wyzwaniem dla medyków sądowych. Szczególnym utrudnieniem w diagnozowaniu utonięcia jako przyczyny śmierci w wodzie jest brak typowych objawów utonięcia: rozedmy wodnej płuc i grzybka piany obecnego w górnych partiach dróg oddechowych. Gdy do tego dodamy, że zwłoki od dłuższego czasu przebywały w wodzie, a badania nie wykazały znaczących uszkodzeń narządów wewnętrznych, które mogłyby przyczynić się do śmierci, zadanie to staje się jeszcze trudniejsze. Na szczęście wszechobecne w wilgotnych i wodnych środowiskach okrzemki mogą przyjść z pomocą. W takich przypadkach pomocnym narzędziem jest test okrzemkowy.

W 2011 r. powstała publikacja chińskich naukowców [Guangtao Xu Bo i in. 2011] wyjaśniająca zasadę działania testu okrzemkowego. Użyli oni do badań 56 szczurów (ryc. 1), które umieścili w ośmiu kłatkach. Pięć klatek zanurzono w rzece, przy czym każda z klatek była zanurzona w innym przedziale czasowym: 0,5 godz., 1 godz., 6 godz., 12 godz. oraz 48 godz. W tym przypadku przyczyną śmierci było utonięcie. Pozostałe szczury zostały zaduszone, a następnie umieszczone w kłatkach i zanurzone w tej samej rzece na 1 godz. Po wyjęciu szczurów z klatek poddano je autopsji, podczas której pobrano fragment płuca, fragment nerki, fragment wątroby oraz szpik kostny z żebra. Pobrany materiał poddano trawieniu kwasem azotowym, a następnie przepłukano wodą destylowaną i odwirowano. Pozostały osad przenoszono na szkiełka mikroskopowe. Preparaty obserwowano z użyciem mikroskopu świetlnego.

Uzyskano następujące wyniki: w preparatach uzyskanych zarówno z płuc, wątroby, nerek, jak i szpiku kostnego pobranych od szczurów zatopionych w rzece występowały okrzemki takie same jak te, które były obecne w rzece. Natomiast u szczurów uduszonych, a na-

dr hab. Joanna. Żelazna-Wieczorek, podinsp. Iwona Bogusz, mgr Marek Bogusz



Ryc. 1. Schemat przedstawiający pogrupowanie szczurów użytych do badań.

stępnie zanurzanych w wodzie zaobserwowano okrzemki tylko w preparatach z płuc. Szczury, które zostały uśmiercone poprzez zatopienie, jeszcze żyły, gdy woda z płuc dostała się wraz z okrzemkami do krwioobiegu. Dzięki temu okrzemki wraz z krwią mogły się dostać do innych narządów. W przypadku szczurów, których martwe ciała zostały zanurzone w rzece, okrzemki dostały się wraz wodą, która jedynie biernie przeniknęła do płuc. Jednak z powodu barku krążenia okrzemki nie mogły się dostać do pozostałych narządów i stąd ich obecność tylko w płucach. Powyższe badanie potwierdza zasadność wykonywania testu okrzemkowego w celu potwierdzenia lub wykluczenia, czy mamy do czynienia ze śmiercią w wyniku utonięcia.

Test okrzemkowy jest wykonywany standardowo w wielu krajach w sytuacjach ujawnienia zwłok w wodzie. Przykładem może być przypadek opisany w 2013 r. przez Francuzów [Delabarde i in. 2013]. W październiku 2010 r. pracownik miejski znalazł w rzece III w Strasburgu fragmenty kostne, które okazały się ludzką kością udową oraz fragmentem kości miednicy połączonej z fragmentem tkanek miękkich, które przeszły przeobrażenie tłuszczowoskowe (ryc. 2). W celu ustalenia tożsamości zwłok oraz przyczyny śmierci przeprowadzono badania antropologiczne, w wyniku których ustalono, że kości



Ryc. 2. Zdjęcie ujawnionych szczątków [Delabarde i in. 2013].

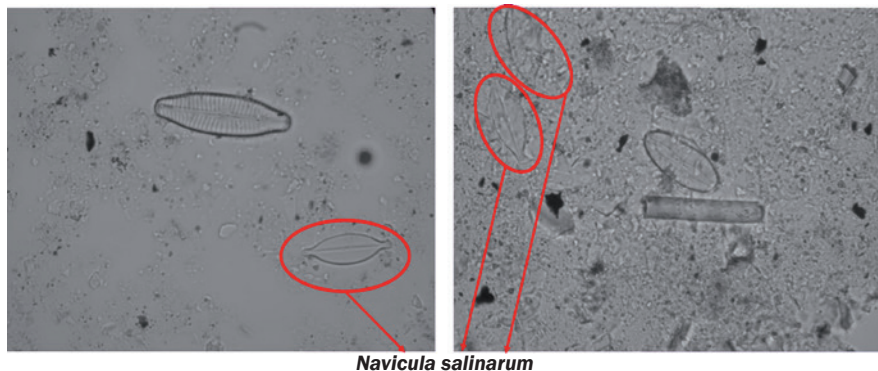
należały do mężczyzny w wieku około 25 lat. Przeprowadzono też analizę profilu DNA ze szpiku kości miednicy, co potwierdziło, że były to szczątki kostne należące do mężczyzny. Ponadto przeprowadzono także badanie toksykologiczne kości, które wykazało obecność diazepam i nitrodiazepam. Z kości udowej pozyskano szpik kostny, który poddano trawieniu.

Wykonano dwa preparaty mikroskopowe, w których wykryto obecność dwóch okrzemek: *Cymatopleura solea* oraz *Navicula lanceolata*. Obie okrzemki występują w rzece III. W wyniku przeszukania policyjnych baz danych po profilu DNA ustalono tożsamość ofiary. Okazało się, że był to młody mężczyzna, który przewlekłe zażywał diazepam, a ponadto był skazany w przeszłości m.in. za posiadanie narkotyków. Zaginiony był poszukiwany od 7 miesięcy przez bliskich po tym, jak przyznał się, iż ma zamiar skoczyć do rzeki. Obecność w szpiku kostnym kości udowej okrzemek potwierdzała, że przyczyną zgonu było utonięcie i takie właśnie wnioski zostały na podstawie testu okrzemkowego wyciągnięte przez śledczych.

Różnorodność gatunkowa okrzemek oraz fakt, że każde środowisko wodne i wilgotne (gleba) mają inny skład ilościowy oraz gatunkowy okrzemek, pozwalają na wykorzystanie analizy okrzemkowej do potwierdzenia lub wykluczenia, czy miejsce znalezienia zwłok było też miejscem utonięcia. Analizując okrzemki w preparatach pozyskanych z narządów wewnętrznych, możemy stwierdzić, czy ofiara utonęła w danym miejscu. Jako przykład może posłużyć przypadek ujawnienia zwłok kobiety w rowie melioracyjnym na

dr hab. Joanna. Żelazna-Wieczorek, podinsp. Iwona Bogusz, mgr Marek Bogusz

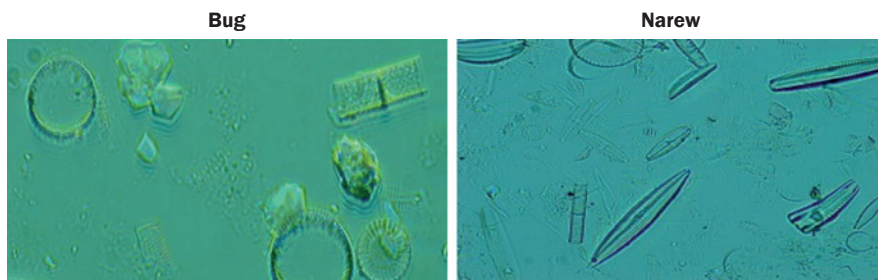
terenie miasta Warszawy [Bogusz i in. 2023]. Zwłoki znalezione w lutym. Analiza preparatów z płuc wykazała obecność okrzemek, w tym dominację jednego gatunku *Navicula salinarum* (ryc. 3). Gatunek ten występuje na wybrzeżach morskich, w ujściach rzek i słonych bagnach. Występuje w śródlądowych wodach naturalnie słonych oraz w wodach silnie zasolonych (za AlgaeBase, <https://www.algaebase.org/search/species/>). Miejsce, w którym ujawniono zwłoki, znajdowało się poniżej parkingu osiedlowego oraz ruchliwej ulicy i ze względu na warunki pogodowe było posypywane solą drogową. To spowodowało wytworzenie specyficznych warunków dla rozwoju tego konkretnego gatunku, a jego obecność w dużej ilości w płucach denatki potwierdzała nie tylko miejsce utonięcia, ale też wskazała porę roku.



Navicula salinarum

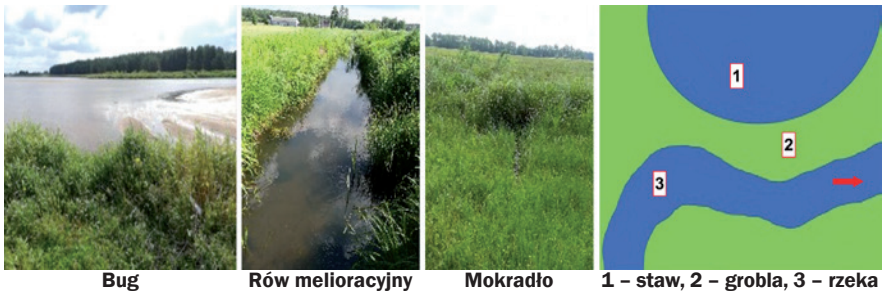
Ryc. 3. Obecność okrzemek w preparacie z płuc z wyszczególnieniem *Navicula salinarum*. Zdj. I. Bogusz.

Analizując preparaty okrzemkowe z prób pobranych z miejsc położonych od siebie w niewielkiej odległości (500 m), ale z dwóch różnych rzek – z Bugu i Narwi, wyraźnie widać różnice w składzie gatunkowym (ryc. 4).



Ryc. 4. Okrzemki widoczne w preparatach z próbek z Bugu i Narwi. Zdj. I. Bogusz.

Jako efekt badań Zakładu Szkoleń Specjalnych Centrum Szkolenia Policji w Legionowie we współpracy z Katedrą Algologii i Mykologii Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego w kierunku możliwości wykorzystania okrzemek w kryminalistyce, w 2022 r. w „Journal of Forensic Science” [Bogusz i in. 2022] ukazała się publikacja naukowa, w której wykazano istotne możliwości wykorzystania analiz okrzemkowych. Do badań pobrano próbki z trzech wytypowanych miejsc: na rzece Bug, z rowu melioracyjnego oraz mokradła (ryc. 5). Stanowiska te oddalone były od siebie od 500 m do 2 km. Ponadto pobierano także próbki gleby co kilka metrów od danego siedliska wodnego (z brzegu, 1 m od brzegu, 3 m od brzegu, 5 m od brzegu). Każda z analizowanych prób wykazała się różnym składem ilościowym i gatunkowym okrzemek. W pracy tej przedstawiono także analizę okrzemkową ze zróżnicowanych stanowisk oddalonych od siebie nie dalej niż 3 m (stawu, rzeki oraz grobli oddzielającej staw) (ryc. 5).



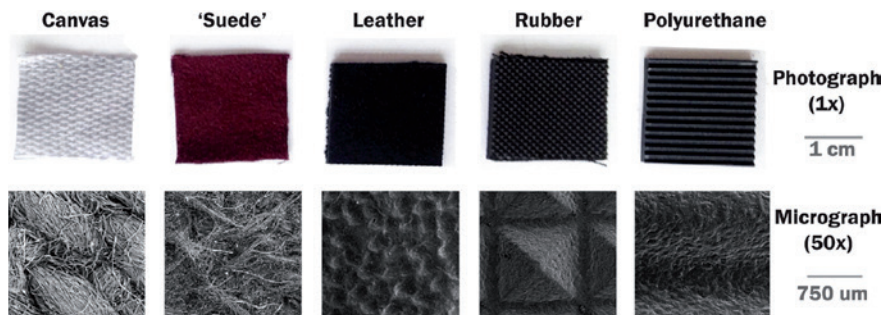
Ryc. 5. Miejsca poboru próbek [Bogusz i in. 2022].

Przeprowadzone badania potwierdzają, że każde z miejsc, które poddano analizie okrzemkowej, jest zróżnicowane pod względem ilościowym i jakościowym. To zróżnicowanie struktury zbiorowisk okrzemek jest kluczowe, by wykorzystać je jako dowód do powiązania sprawcy z konkretnym środowiskiem.

Nasuwa się kolejne pytanie: czy okrzemki przenoszą się na odzież lub obuwiu i czy utrzymują się na nich na tyle długo, by można było je poddać analizie w celu wnioskowania kryminalistycznego? Próby odpowiedzi na to pytanie podjęli się brytyjscy naukowcy [Levin i in. 2017], którzy poddali analizie różne materiały obuwnicze: skórę, zamsz, płótno oraz gumę i poliuretan (ryc. 6).

W badaniu użyto nowego, nienoszonego obuwia (kaloszy). Do każdego kalosza przytwierdzono zszywkami fragmenty (1 cm²) wymienionych materiałów obuwniczych, a następnie zanurzano je w zbiornikach wodnych, w których zbadano zbiorowiska okrzemek. Następnie każdy kalosz z przytwierdzonym materiałem był zanurzany w zbiorniku w różnych przedziałach czasowych: 30 s, 3 min i 30 min. Następnie ka-

dr hab. Joanna. Żelazna-Wieczorek, podinsp. Iwona Bogusz, mgr Marek Bogusz



Ryc. 6. Zdjęcie ilustrujące wykorzystane materiały [Levin i in. 2017].

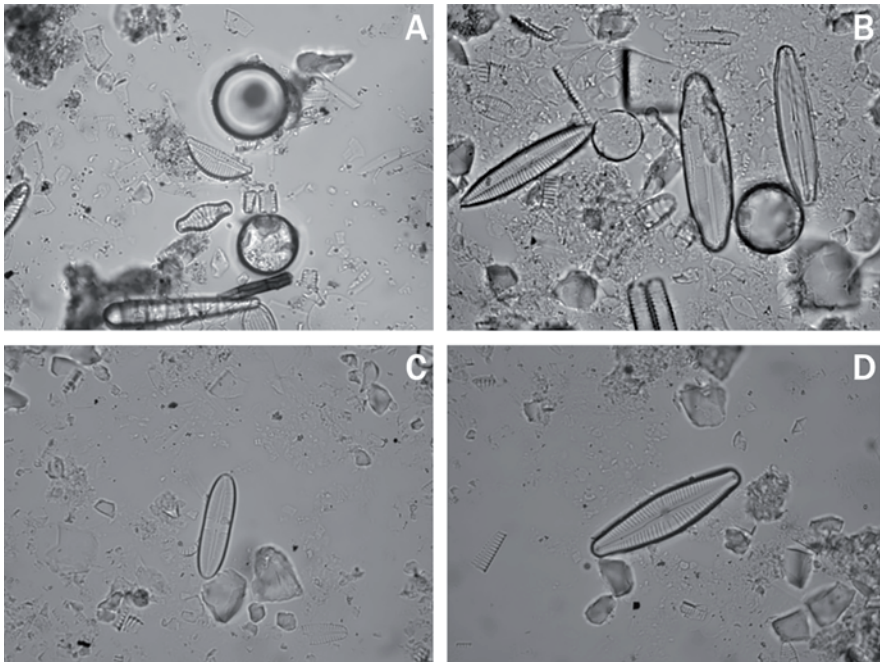
łosze z materiałami suszono, a te, które miały 3-minutowy kontakt z wodą, po wysuszeniu noszono codziennie przez tydzień. Po skończonym eksperymencie materiały poddano ekstrakcji perhydrolem w celu wyizolowania z nich skorupki okrzemki. Po ekstrakcji wykonano preparaty, które obserwowano w mikroskopie świetlnym w kierunku poszukiwania okrzemek. W toku przeprowadzonych badań uzyskano następujące wyniki:

- okrzemki zaobserwowano we wszystkich wymienionych materiałach zanurzonych na czas 30 min oraz 3 min (płótnie, skórze, zamszu, gumie i poliuretanie),
- po kontakcie 30-sekundowym z wodą stwierdzono obecność okrzemek jedynie na próbkach płótna,
- okrzemki wykryto także na materiałach, które po 3-minutowym kontakcie z wodą były noszone przez tydzień,
- wykryte okrzemki były takie same jak te, które występowały w zbiorniku wodnym,
- wszystkie próby kontrolne były negatywne, co wykluczyło możliwość kontaminacji.

Wyniki prowadzonych badań mogą mieć kluczowe znaczenie dla potwierdzenia lub wykluczenia obecności osoby w konkretnym miejscu. Biorąc pod uwagę fakt, że okrzemki we wszystkich próbach przeniosły się na próbki płótna, a ten rodzaj materiału jest często używany do produkcji obuwia, należy podkreślić, że może to być idealny materiał dowodowy. Ponadto obecność okrzemek w materiałach reprezentujących spód obuwia (gumie i poliuretanie) wykazuje, że może to także być bardzo dobry materiał dowodowy. Takim materiałem, który może być wykorzystany w badaniach kryminalistycznych, poza obuwem, mogą być opony, narzędzia (łopaty, szpadle), a także spodnie lub skarpety.

Właśnie skarpety były przedmiotem badań nad przenoszeniem i utrzymaniem się na nich okrzemek [Bogusz i in. 2022]. W badaniach testowano nowe, nienoszone skarpetki bawełniane i bambusowe. Każda para skarpet po założeniu miała kontakt ze środowiskiem wodnym: rzeką Bug, mokradłem oraz rowem melioracyjnym (ryc. 5). Ponadto

skarpety moczo w różnych przedziałach czasowych: 30 s, 1 min oraz 3 min. Z miejsc tych wcześniej pobrano próbki, by poddać je okrzemkowej analizie jakościowo-ilościowej. Po skończonym eksperymencie skarpety poddano suszeniu, następnie jedną ze skarpet z każdej pary poddano działaniu perhydrolu (30%) i wykonywano preparaty w kierunku poszukiwania okrzemek. Drugą ze skarpet (z pary) poddano praniu, którego cykl w pralce z odpowiednim detergentem wynosił 2,5 godz. Każda skarpeta była prana oddzielnie, a pomiędzy cyklami prania pralkę poddano praniu pustemu w celu jej przepłukania. Następnie skarpety suszono i poddano działaniu perhydrolu w celu pozyskania zachowanych w nich okrzemek. Po ekstrakcji wykonywano preparaty, które przeglądano w mikroskopie świetlnym w kierunku poszukiwania okrzemek. Zarówno w skarpetach niepranych, jak i pranych ujawniono okrzemki (ryc. 7). Struktura przeanalizowanych okrzemek swym składem ilościowym i jakościowym odzwierciedlała strukturę zbiorowiska okrzemek charakterystycznego dla miejsca, z którym skarpety miały kontakt.



Ryc. 7. Okrzemki widoczne w mikroskopie świetlnym (A, C – preparat ze skarpet niepranych; B, D – preparat ze skarpet pranych).

3. Okrzemki jako narzędzie do typowania lub wykluczenia miejsca utonięcia

mgr Marek Bogusz

Pracownia Toksykologiczna
Zakład Medycyny Sądowej
Warszawski Uniwersytet Medyczny

Okrzemki są grupą organizmów jednokomórkowych wyróżniającą się wysoką różnorodnością gatunkową. Wśród okrzemek są gatunki kosmopolityczne o szerokim zakresie tolerancji na warunki środowiskowe, zasiedlające wszystkie lub prawie wszystkie typy ekosystemów. Drugą grupę stanowią gatunki stenotopowe o bardzo wąskim spektrum wymagań wobec warunków środowiska, występujące w specyficznych ekosystemach i siedliskach. Okrzemki zasiedlają zarówno ekosystemy wodne, charakteryzujące się warunkami zbliżonymi do naturalnych, w tym górskie potoki i jeziora, jak i ekosystemy silnie przekształcone lub powstałe w wyniku działalności człowieka, np. porty, zanieczyszczone kanały ściekowe. Tak więc, dysponując jedynie „próbą okrzemkową”, można podjąć próbę wskazania typu siedliska, z którego ona pochodzi.

Utonięcie definiowane jest jako rodzaj uduszenia gwałtownego, czyli uniemożliwienia wymiany gazowej w płucach. Innymi rodzajami uduszenia są: niedostatek tlenu w powietrzu, zatkanie dróg oddechowych przez ciało obce, zagardlenie (powieszenie, zadziergnięcie, zadławienie) czy zatrucie tlenkiem węgla i cyjankami. W wyniku utonięcia dochodzi do zalanania dróg oddechowych cieczą (np. wodą, w której mogą być okrzemki), co z kolei powoduje ostre niedotlenienie ośrodkowego układu nerwowego. Z płuc okrzemki przenoszone są z krwioobiegami do organów wewnętrznych, jeśli serce pracuje, czyli osoba żyje przed znalezieniem się w wodzie [Marcinkowski 2000].

Zatem w teorii:

- znalezienie okrzemek w płucach lub w żołądku oznacza, że ofiara była w wodzie,
- znalezienie okrzemek w innych narządach wewnętrznych (np. nerkach, szpiku kostnym, żeber) oznacza, że ofiara utonęła,
- znalezienie w narządach wewnętrznych identycznych okrzemek jak w próbach środowiskowych oznacza, że ofiara utonęła w miejscu jej znalezienia.

Należy jednak pamiętać, że mogą się pojawiać wyniki fałszywie ujemne, gdy np. po prostu brak jest okrzemek w akwenu, gdzie doszło do utonięcia. Ponadto według Marcinkowskiego w 10% przypadków utonięć rozluźnienie mięśni krtani i tym samym zalanie płuc wodą następuje dopiero po śmierci (po ustaniu pracy serca), więc okrzemki nie mogą być rozprowadzane po organizmie przez krew. Na wynik wpływać mogą również błędy popełniane podczas preparatyki tkanek – szacuje się, że na tym etapie może dojść do utraty nawet do 1/3 wszystkich okrzemek [Zhao i in. 2013],

ewentualnie zbyt mała masa próbki narządu lub pobranie tkanki z nieodpowiedniej części zwłok [Levkov i in. 2017]. Z drugiej strony mogą pojawiać się wyniki fałszywie dodatnie, spowodowane na przykład biernym wnikięciem okrzemek do organizmu podczas długotrwałego przebywania zwłok w wodzie [Ludes i in. 1999], kontaminacją na sali sekcyjnej lub w procesie preparowania okrzemek [Lunetta i in. 2013], przyżyciowym absorbowaniem okrzemek do płuc przez osoby, które często pływają i nurkują [Huh 2020] lub wchłanianiem okrzemek do krwioobiegu z przewodu pokarmowego u osób, które spożywają duże ilości pokarmów zawierających okrzemki, np. warzywa i skorupiaki bogate w okrzemki [Yen, Jayaprakash 2007].

Na występowanie powyższych przyczyn fałszywych wyników nie ma wpływu sposób postępowania policjantów biorących udział w oględzinach miejsca znalezienia zwłok w środowisku wodnym. Natomiast poważnym błędem pojawiającym się na etapie oględzin może być rozbieżność miejsca i czasu pomiędzy utonięciem a pobraniem prób środowiskowych, co ilustrują poniższe przykłady.

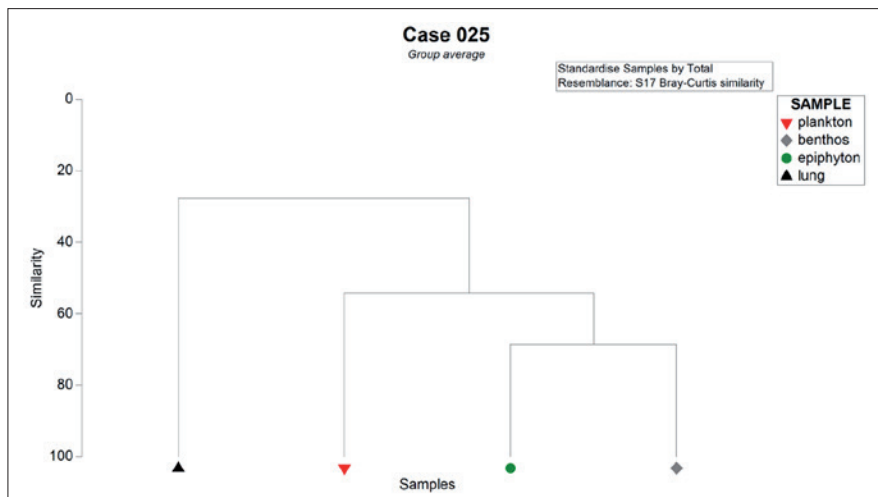
- Przypadek 025 – zwłoki ujawniono w porcie rzeczonym usytuowanym poza głównym nurtem rzeki Wisły w Warszawie (ryc. 1) na początku stycznia 2019 r. Ponieważ zwłoki ujawniono w przerębli, znane jest dokładnie miejsce utonięcia. Próby środowiskowe pobrano jednak po sześciu tygodniach z powodu zalegania grubej pokrywy lodowej i z miejsca oddalonego od miejsca ujawnienia zwłok o około 100 m. Wysoki, wybetonowany brzeg w miejscu ujawnienia zwłok uniemożliwił pobranie prób bezpośrednio w tym miejscu.



Ryc. 1. Miejsce ujawnienia zwłok i miejsce pobrania prób środowiskowych (przypadek 025) [Bogusz i in. 2023].

dr hab. Joanna. Żelazna-Wieczorek, podinsp. Iwona Bogusz, mgr Marek Bogusz

Analiza podobieństwa prób środowiskowych i próby z płuca wykazała, że są one niepodobne. Natomiast próby środowiskowe są do siebie podobne, szczególnie próby z bentosu i epifitonu (blisko 70%) (ryc. 2) [Bogusz i in. 2023].



Ryc. 2. Podobieństwo jakościowe i ilościowe okrzemek z prób środowiskowych i biologicznych (przypadek 025) [Bogusz i in. 2023].

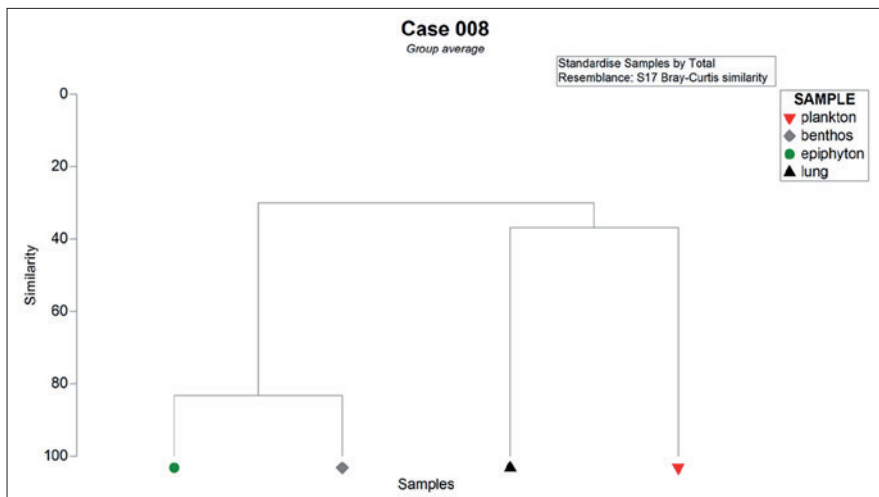
Biorąc pod uwagę tylko i wyłącznie wyniki uzyskane z analizy podobieństwa, można by dojść do wniosku, że utonięcie nastąpiło w zupełnie innym miejscu, co jest sprzeczne z ustaleniami prowadzonego śledztwa.

- Przypadek 008 – zwłoki ujawniono w stawie, który jest starorzeczem w korycie rzeki Wisły na południe od Warszawy, w połowie kwietnia 2018 r. (ryc. 3). Próby środowiskowe pobrano tuż przy brzegu w miejscu ujawnienia zwłok. Głębokość wody nie przekraczała tam 40 cm, jest więc mało prawdopodobne, by do utonięcia doszło dokładnie w tym miejscu. Można przypuszczać, że zwłoki przydryfowały do brzegu pchane podmuchami wiatru.

Analiza podobieństwa prób środowiskowych i prób z płuca, wykazała wysokie podobieństwo (powyżej 80%) prób epifitonu i bentosu (ryc. 4) [Bogusz i in. 2023], co wynika z dominacji w obu próbach jednego z gatunków okrzemek (udział procentowy powyżej 60%), który występował również w płucu, ale z niższym udziałem procentowym niż próbie bentosowej i epifitonowej. Warto podkreślić stosunkowo wysoki, kilkunastoprocentowy udział w próbie z płuca dwóch gatunków okrzemek charakterystycznych dla planktonu, co może wskazywać na otwartą toń wody jako miejsca utonięcia.



Ryc. 3. Miejsce ujawnienia zwłok i miejsce pobrania prób środowiskowych (przypadek 008) [Bogusz i in. 2023].



Ryc. 4. Podobieństwo jakościowe i ilościowe okrzemek z prób środowiskowych i biologicznych (przypadek 008) [Bogusz i in. 2023].

dr hab. Joanna. Żelazna-Wieczorek, podinsp. Iwona Bogusz, mgr Marek Bogusz

Piśmiennictwo światowe dotyczące tego zagadnienia sugeruje, że do uznania zbieżności miejsca znalezienia zwłok z miejscem utonięcia zgodność gatunkowa okrzemek między narządami pobranymi ze zwłok a próbkami środowiskowymi powinna wynosić 60–70% [Li i in. 2022]. Ten poziom zbieżności uzyskano w poniżej opisanych przypadkach, a śledztwo jednoznacznie potwierdziło, że zwłoki znaleziono w miejscu utonięcia.

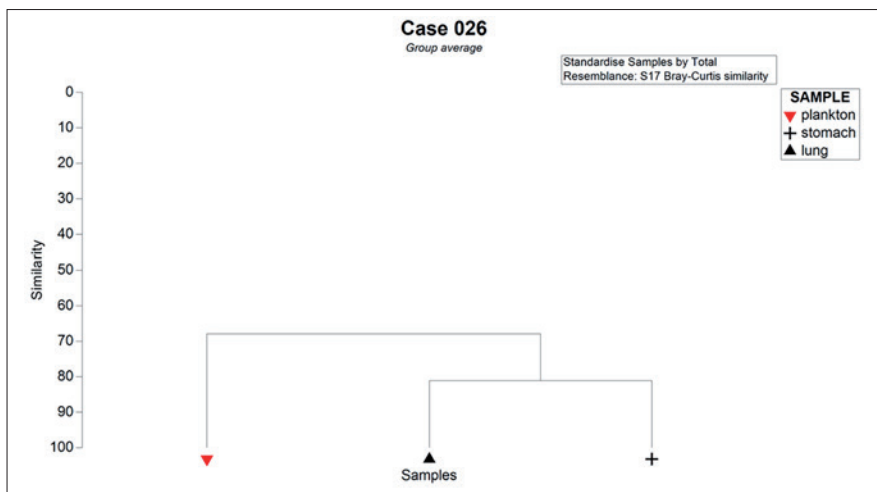
- Przypadek 026 – zwłoki ujawniono w rowie melioracyjnym w Warszawie na początku stycznia 2019 r. (ryc. 5). Powyżej rowu znajdował się duży parking samochodowy, regularnie zimą posypywany solą celem odladzania. Próby środowiskowe pobrano po dwóch tygodniach w tych samych warunkach meteorologicznych.



Ryc. 5. Miejsce ujawnienia zwłok i miejsce pobrania prób środowiskowych (przypadek 026) [Bogusz i in. 2023].

Analiza podobieństwa próby środowiskowej i prób z płuca oraz treści żołądka wykazała wysokie podobieństwo. Wpływ na to podobieństwo miał duży udział jednego gatunku, charakterystycznego dla środowisk mocno zasolonych, który w płucu i w treści żołądka stanowił ponad jedną trzecią wszystkich okrzemek, w próbce środowiskowej prawie połowę (ryc. 6) [Bogusz i in. 2023].

Analiza podobieństwa w tym przypadku jednoznacznie potwierdziła wyniki śledztwa.



Ryc. 6. Podobieństwo jakościowe i ilościowe okrzemek z prób środowiskowych i biologicznych (przypadek 026) [Bogusz i in. 2023].

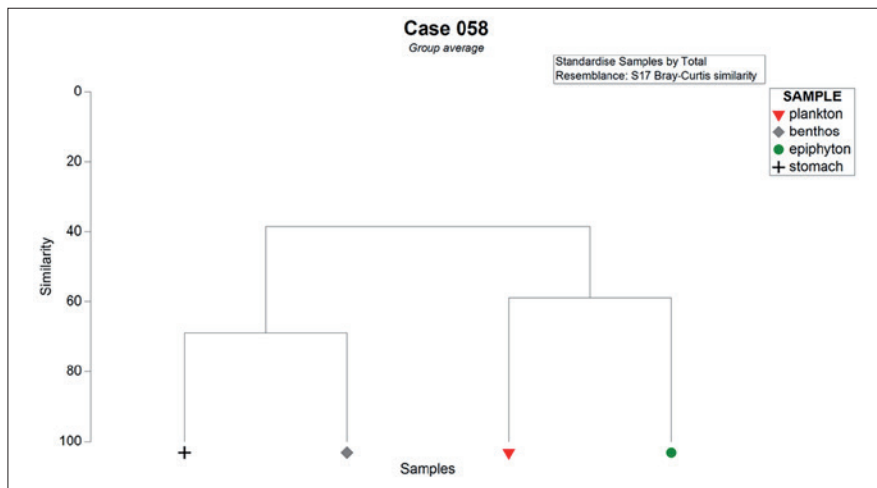
- Przypadek 058 – zwłoki ujawniono w rowie melioracyjnym pod koniec września 2019 r. (ryc. 7). Próby środowiskowe pobrano po 3 tygodniach przy takich samych warunkach meteorologicznych.



Ryc. 7. Miejsce ujawnienia zwłok i miejsce pobrania prób środowiskowych (przypadek 058) [Bogusz i in. 2023].

dr hab. Joanna. Żelazna-Wieczorek, podinsp. Iwona Bogusz, mgr Marek Bogusz

Przeprowadzono analizę prób środowiskowych i próby z treści żołądka, która wykazała podobieństwo na poziomie prawie 70% pomiędzy próbkami pobranymi z treści żołądka i bentosu (ryc. 8) [Bogusz i in. 2023].



Ryc. 8. Podobieństwo jakościowe i ilościowe okrzemek z prób środowiskowych i biologicznych (przypadek 058) [Bogusz i in. 2023].

Wyniki analizy potwierdziły uzyskane w toku śledztwa informacje, iż denat, będący pod silnym wpływem alkoholu, tuż przed śmiercią pił wodę bezpośrednio z rowu melioracyjnego w miejscu, gdzie zostały znalezione jego włóki.

Przeprowadzone analizy wskazują, że test okrzemkowy może mieć istotne znaczenie przy ustaleniu, czy miejsce znalezienia włók jest tożsame z miejscem, w którym nastąpiła absorpcja wody do organów wewnętrznych denata. Ponadto pozwala określić, skąd dokładnie nastąpiła absorpcja, jak np. w przypadku 008 z toni wodnej lub w przypadku 026 i 058 z mulistego dna akwenu.

Należy zwrócić uwagę na to, że pobieranie prób środowiskowych tylko w obrębie linii brzegowej może dać niespójne wyniki analizy porównawczej (przypadek 008). W przypadku tym potwierdzone było utonięcie w badanym ekosystemie (ustalenia ze śledztwa), na co również wskazuje analiza zidentyfikowanych w płucach okrzemek, które są typowe dla planktonu otwartej toni wodnej. W próbach środowiskowych opisanych jako plankton, jednak zabezpieczonych tuż przy brzegu akwenu, proporcje tych gatunków były inne. Biorąc pod uwagę zarówno zmienność populacji okrzemek wynikającą z sezonowości, jak i zmian w środowisku (np. z wahań poziomu wody w akwenu lub okresowego napływu zanieczyszczeń do akwenu z otoczenia), rekomenduje się, aby przy pobieraniu prób środowi-

skowych jako materiału porównawczego dla prób biologicznych uzyskanych z narządów wewnętrznych zwłok ujawnionych w środowisku wodnym przestrzegać następujących zaleceń:

- próby środowiskowe powinny być pobierane podczas oględzin miejsca znalezienia zwłok, ewentualnie w jak najkrótszym czasie po oględzinach; informacja o czasie opóźnienia powinna być dołączona do próbek środowiskowych;
- w przypadku ujawnienia zwłok w rzece, w której mogło dojść do przemieszczenia zwłok wraz z prądem wody, próby powinno się pobierać z obu brzegów, również powyżej miejsca, w którym ujawniono zwłoki, w odległości uzależnionej od ukształtowania linii brzegowej (do miejsca, gdzie hipotetycznie mogło dojść do absorpcji wody);
- próby środowiskowe powinny być pobierane w postaci prób planktonowych, epifitonowych i bentosowych; próby bentosowe zawierają zarówno okrzemki żywe, jak i martwe z poprzednich sezonów wegetacyjnych, co ma duże znaczenie w przypadku znalezienia zwłok kilka miesięcy po utonięciu; nie należy ograniczać się też do poboru próbek tylko z linii brzegowej.

4. Podsumowanie i bibliografia

dr hab. Joanna Żelazna-Wieczorek
podinsp. Iwona Bogusz
mgr Marek Bogusz

Okrzemki ze względu na posiadane cechy dotyczące ich morfologii, biologii i ekologii są wykorzystywane jako pomocnicze narzędzie w diagnozowaniu utonięć. Ponadto mogą być pomocne przy wykluczeniu lub potwierdzeniu, czy miejsce znalezienia zwłok było też miejscem utonięcia. Kolejne badania nad okrzemkami wykazują, że narzędzia i odzież mogą być idealnym materiałem dowodowym, gdyż przy pomocy analizy okrzemkowej można je powiązać z konkretnym miejscem i nawet w przypadku odzieży proces prania nie jest w stanie temu zapobiec.

Porównawcza analiza okrzemkowa może więc dać odpowiedź na następujące pytania stawiane przez nadzorujących i prowadzących dochodzenie oraz czynności przygotowawcze:

- Czy na zabezpieczonym i przedstawionym do badań materiale dowodowym znajduje się biologiczny materiał środowiskowy i jakiego on jest rodzaju?
- W jakich warunkach i w jakim czasie poprzedzającym odnalezienie zwłok mogło dojść do naniesienia materiału zawierającego okrzemki na materiał dowodowy?
- Czy zidentyfikowane organizmy – okrzemki, ich rodzaj, biologia, korespondują np. z: miejscem odnalezienia zwłok, miejscem przebywania sprawcy, drogą przemieszczania się ofiary lub sprawcy?
- Czy w pobranych w trakcie sekcji nienaruszonych narządach, np. płucach, nerce, szpiku kostnym oraz w żołądku, znajdują się okrzemki? (Czy zidentyfikowane okrzemki mogą wskazywać typ siedliska, w jakim doszło do utonięcia? Czy na podstawie zabezpieczonego materiału biologicznego środowiskowego zawierającego potencjalnie okrzemki w miejscu ujawnienia zwłok w wodzie możemy potwierdzić lub wykluczyć to miejsce jako miejsce utonięcia?).

Procedury dotyczące zabezpieczania i przechowywania okrzemkowych prób środowiskowych zostały opracowane pod kątem pracy technika kryminalistyki lub policjanta w miejscu zdarzenia i złożone do druku w „Problemach Kryminalistyki” [Bogusz I., Jesionowska I., Żelazna-Wieczorek J., *Metodyka zabezpieczania środowiskowych śladów w postaci materiału okrzemkowego*]. Planowane opublikowanie w nr 319/2023.

Bibliografia

- Allan D.J., *Ekologia wód płynących*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998.
- Auer A., Möttönen M., *Diatoms and drowning*, „Zeitschrift für Rechtsmedizin” 1988, 101: 87–98.
- Bąk A., Witkowski A., Dobosz S., Kociołek J.P., Pietras L., *Diatoms and drowning: can diatoms enter the lung after the initial drowning event?*, „Romanian Journal of Legal Medicine” 2018, 26: 29–36.
- Bąk M., Witkowski A., Żelazna-Wieczorek J., Wojtał A.Z., Szczepocka E., Szulc K., Szulc B., *Klucz do oznaczania okrzemek w fitobentosie na potrzeby oceny stanu ekologicznego wód powierzchniowych w Polsce*, „Biblioteka Monitoringu Środowiska”, GIOŚ, Warszawa 2012.
- Bogusz I., Bogusz M., Żelazna-Wieczorek J., *Diatoms from inland aquatic and soil habitats as indestructible and non-removable forensic environmental evidence*, „Journal of Forensic Sciences”, 2022. DOI: 10.1111/1556-4029.15017.
- Bogusz M., Bogusz I., Żelazna-Wieczorek J., *The possibilities and limitations of comparative diatomaceous analysis for confirming or excluding the site of an incident – case studies*, „Forensic Science International”, 2023, 346, <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2023.111644>.
- Cameron N.G., Diatoms, w: Scott A. Elias, Cary J. Mock, (Eds.), *Encyclopedia of Quaternary Science*, Second Edition, Elsevier, 2013, 522-525, <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53643-3.00359-9>.
- Coelho S., Ramos P., Ribeiro C., Marques J., *Contribution to the determination of the place of death by drowning – A study of diatoms' biodiversity in Douro river estuary*, „Journal of Forensic and Legal Medicine” 2016, 41: 58–64.
- Delabarde T., Keyser C., Tracqui A., Charabidze D., Ludes B., *The potential of forensic analysis on human bones found in riverine environment*, „Forensic Science International” 2013, 228, 11–3, e1–e5. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.03.019>.
- Diaz-Palma P.A., Alucema A., Hayashida G., Maidana N.I., *Development and standardization of a microalgae test for determining deaths by drowning*, „Forensic Science International” 2009, 184: 37–41.
- Flower R.J., *Diatom methods, Diatomites: Their Formation, Distribution, and Uses*, w: Scott A. Elias, Cary J. Mock, (Eds.), *Encyclopedia of Quaternary Science*, Second Edition, Elsevier, 2013, 501-506, <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53643-3>.
- Fucci N., *A new procedure for diatom extraction in the diagnosis of drowning*, „Clinical and Experimental Pharmacology” 2012, 2: 110.
- Fukui Y., Hata M., Takahashi S., Matsubara K., *A new method for detecting diatoms in human organs*, „Forensic Science International” 1980, 16: 67–74.
- Gruspier K.L., Pollanen M.S., *Limbs found in water: investigation using anthropological analysis and the diatom test*, „Forensic Science International” 2000, 112: 1–9.
- Guangtao Xu Bo, Hu Ruilin, Shen Xiaoyan, Pan Xinmei Zhou, *Applications for drowning identification by planktonic diatom test on rats in forensic medicine*, *Procedia Engineering*, 2011, 18: 417–421.
- Harwood D.M., Diatomite, w: E.F. Stoermer, J.P. Smol (red.), *The Diatoms. Applications for the Environmental and Earth Science*, Cambridge University Press, 1999, 436–443.

dr hab. Joanna. Żelazna-Wieczorek, podinsp. Iwona Bogusz, mgr Marek Bogusz

- Horton B.P., *Diatoms and forensic science. Geological and Environmental Applications of the Diatoms*, „Paleontological Society Papers” 2007, 13: 13–22.
- Horton B.P., Boreham S., Hillier C., *The development and application of a diatom-based quantitative reconstruction technique in forensic science*, „Journal of Forensic Sciences” 2006, 51 (3): 643–650.
- Huh G.J., *Progress in method and reliability of diatom test in drowning*, “Korean Journal of Legal Medicine”, 2020, 44: 115–122.
- Hurlimann J., Feer P., Elber F., Niederberger K., Dirnhofer R., Wyler D., *Diatom detection in the diagnosis of death by drowning*, “International Journal of Legal Medicine”, 2000, 114, 6–14, <https://doi.org/10.1007/s004149900122>.
- Kawecka B., Eloranta P.V., *Zarys ekologii glonów wód słodkich i środowisk lądowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1994.
- Krstic S., Stojanovski P., Duma A., Levkov Z., Nikolova K., Petrovska S., Gutevska A., *Can diatoms be relevant in case of drowning*, w: Takatori, T. & Takasu, A. (eds), *Proceedings of XIV International Symposium of Forensic Sciences*, Shunderson Communications, Ottawa, 1996, 3, 401–405.
- Krstic S., Duma A., Janevska B., Levkov Z., Nikolova K., Noveska M., *Diatoms in forensic expertise of drowning – a Macedonian experience*, „Forensic Science International” 2002, 127: 198–203.
- Kumar A., Malik M., Kadian A., *Role of diatom test in forensic science for examination of drowning cases*, „Report and Opinion” 2011, 3 (9): 1–5.
- Levin E.A., Morgan R.M., Jones V.J., *The transfer of diatoms from freshwater to footwear materials: an experimental study assessing transfer, persistence, and extraction methods for forensic reconstruction*, “Science & Justice”, 2017, 57(5): 349–60, <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2017.05.005>.
- Levkov Z., Williams D.M., Nikolovska D., Tofilovska S., Čakar Z., *The use of diatoms in forensic science: advantages and limitations of the diatom test in case of drowning*, w: Williams M., Hill T., Boomer I. & Wilkinson I.P., *The archaeological and forensic applications of microfossils: A deeper understanding of human history*, London, 2017, 261–277.
- Li H., Kang X., Zheng D., Zhang P., Xiao C., Yu Z., Shi H., Xu Q., Zhao J., Liu C., Wan L., *Are diatom types or patterns in the organs and water samples of drowning cases always consistent?*, “Australian Journal of Forensic Sciences”, 2022, 54(3): 376–385.
- Ludes B., Coste M., North N., Doray S., Tracqui A., Kintz P., *Diatom analysis in victim’s tissues as an indicator of the site of drowning*, „International Journal of Legal Medicine” 1999, 112 (3): 163–166.
- Ludes B., Coste M., Tracqui A., Mangin P., *Continuous river monitoring of the diatoms in the diagnosis of drowning*, „Journal of Forensic Sciences, JFSCA” 1996, 41 (3): 425–428.
- Ludes B., Quantin S., Coste M., Mangin R., *Application of a simple enzymatic digestion method for diatom detection in the diagnosis of drowning in putrified corpses by diatom analysis*, “International Journal of Legal Medicine”, 1994, 107, 37–41, <https://doi.org/10.1007/BF01247273>
- Lunetta P., Miettinen A., Spilling K., Sajantila A., *False-positive diatom test: A real challenge? A post-mortem study using standardized protocols*, “Legal Medicine” 2013, 15(5): 229–234.

- Lunetta P., Modell J.H., *Macroscopical, microscopical, and laboratory findings in drowning victims. A comprehensive review*, w: Tsokos, M. (red.), *Forensic Pathology Reviews*, Humana Press Inc., Totowa, NJ, 2005, 3: 3–77.
- Lunetta P., Penttilä A., Hällfors G., *Scanning and transmission electron microscopical evidence of the capacity of diatoms to penetrate the alveolo-capillary barrier in drowning*, „International Journal of Legal Medicine” 1998, 111: 229–237.
- Marcinkowski T., *Medycyna sądowa dla prawników*, Poznań 2000, s. 240–241.
- Matsumoto H., Fukui Y., *A simple method for diatom detection in drowning*, „Forensic Science International” 1993, 60: 91–95.
- Mann D.G., Droop J.M., 3. *Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms*, „Hydrobiologia” 1996, 336: 19–32.
- Peabody A.J., *Diatoms in forensic science*, „Journal of the Forensic Science Society” 1977, 17: 81–87.
- Peabody A.J., Cameron N.G., *Forensic science and diatoms*, w: Smol J.P., Stoermer E.F. (red.), *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*, Cambridge University Press, Cambridge, 2010: 534–539.
- Piette M.H.A., De Letter E.A., *Drowning: still a difficult autopsy diagnosis*, „Forensic Science International” 2006, 163: 1–9.
- Pliński M., Witkowski A., *Okrzemki – Bacillariophyta (Diatoms). Flora Zatoki Gdańskiej w wód przyлегłych (Bałtyk Południowy)*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2009, 7–41.
- Pollanen M.S., *The diagnostic value of the diatom test for drowning: II. Validity: analysis of diatoms in bone marrow and drowning medium*, „Journal of Forensic Science”, 1997, 42: 286–290.
- Pollanen M.S., *Diatoms and homicide*, „Forensic Science International” 1998, 91: 29–34.
- Pollanen M.S., Cheung C., Chiasson D.A., *The diagnostic value of the diatom test for drowning. I. Utility: a retrospective analysis of 771 cases of drowning in Ontario, Canada*, „Journal of Forensic Sciences” 1997, 42 (2): 281–285.
- Rakowska B., *Okrzemki – organizmy, które odniosły sukces*, „Kosmos, Problemy Nauk Biologicznych” 2003, 52 (2-3): 307–314.
- Round F.E., Mann D.G., Crawford R.M., *The diatoms: biology and morphology of the genera*, „Cambridge University Press Cambridge New York Port Chester Melbourne Sydney” 1990.
- Sadlik J.K., Brożek-Mucha Z., *Badania materiału biologicznego pochodzącego ze zwłok generała Władysława Sikorskiego na obecność trucizn nieorganicznych i okrzemek*, „Archiwum Medycyny Sądowej i Kryminologii” 2009, 59: 41–45.
- Sasidharan A., Resmi S., *Forensic diatomology*, „Health Sciences” 2014, 1(3).
- Scott K.R., Morgan R.M., Jones V.J., Cameron N.G., *The transferability of diatoms to clothing and the methods appropriate for their collection and analysis in forensic geoscience*, „Forensic Science International” 2014, 241: 127–137.

dr hab. Joanna. Żelazna-Wieczorek, podinsp. Iwona Bogusz, mgr Marek Bogusz

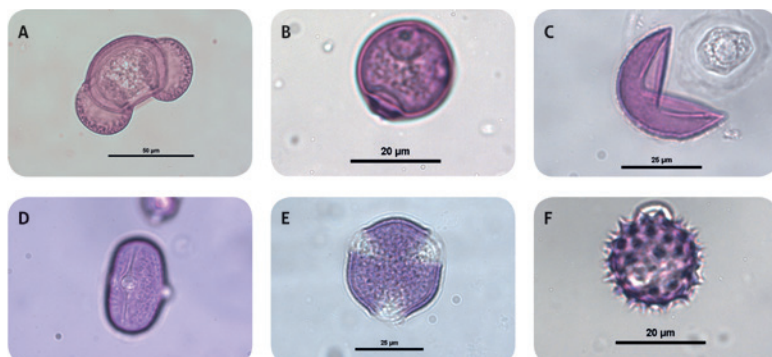
- Scott K.R., Morgan R.M., Jones V.J., Dudley A., Cameron N.G. Bull P.A., *The value of an empirical approach for the assessment of diatoms as environmental trace evidence in forensic limnology*, „Archaeological and Environmental Forensic Science” 2017, 1(1).
- Singh R., Singh R., Thakar M.K., *Extraction methods of diatoms – a review*, „Indian Internet Journal of Forensic Medicine & Toxicology” 2006, 4(2).
- Siver P.A., Lord W.D., McCarthy D.J., *Forensic limnology: the use of freshwater algal community ecology to link suspects to an aquatic crime scene in southern New England*, „Journal of Forensic Sciences, JFSCA” 1994, 39 (3): 847–853.
- Taylor J.C., Harding W.R., Archibald C.G.M., *A Methods Manual for the Collection, Preparation and Analysis of Diatom Samples, Version 1.0*, „Water Research Commission Report TT 281/07” 2007.
- Timperman J., *Medico-legal problems in death by drowning*, „Journal of Forensic Medicine” 1969, 16 (2): 45–76.
- Uitdehaag S., Dragutinovic A., Kuiper I., *Extraction of diatoms from (cotton) clothing for forensic comparisons*, „Forensic Science International” 2010, 200 (1–3): 112–116.
- Verma K., *Role of diatoms in the World of Forensic Science*, „Journal of Forensic Research” 2013, 4 (2).
- Yen L.Y., Jayaprakash P.T., *Prevalence of diatom frustules in non-vegetarian foodstuffs and its implications in interpreting identification of diatom frustules in drowning cases*, „Forensic Science International”, 2007, 170: 1–7, doi.org/10.1016/j.forsciint.2006.08.020.
- Witkowski A., Wojtal A.Z., Żelazna-Wieczorek J., Bąk M., *Bacillariophyceae*, w: L. Burchardt (red.), *Klucz do oznaczania gatunków fitoplanktonu jezior i rzek. Przewodnik do ćwiczeń laboratoryjnych i badań terenowych*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań 2010, 35–67.
- Zhao J., Liu C., Hu S., Hu S., He S., Lu S., *Microwave digestion-vacuum filtration-automated scanning electron microscopy as a sensitive method for forensic diatom test*, „International Journal of Legal Medicine” 2013, 127(2): 459–463, doi.org/10.1007/s00414-012-0756-9.
- Żelazna-Wieczorek J., *Diatom flora in springs of Łódź Hills (Central Poland). Biodiversity, taxonomy, and temporal changes of epipsammic diatom assemblages in springs affected by human impact*, w: A. Witkowski (red.), *Diatom Monographs*, A.R.G. Gantner Verlag K.G, 13, 2011, 1–419.
- Żelazna-Wieczorek J., *Przesłanki do zastosowania okrzemek w kryminalistyce*, w: I. Bogusz (red.), *Możliwości wykorzystania okrzemek w kryminalistyce*, Centrum Szkolenia Policji w Legionowie, 2019: 13–34.

II. PALINOLOGIA SĄDOWA – POTENCJAŁ DOWODOWY ZIAREN PYŁKU ROŚLIN

PROF. DR HAB. IDALIA KASPRZYK

Instytut Biologii, Kolegium Nauk Przyrodniczych,
Uniwersytet Rzeszowski

Potencjał palinologicznych dowodów naukowych jest bardzo duży, lecz pyłek roślin jest nadal niedoceniany i bardzo rzadko wykorzystywany w sądownictwie. Jego najważniejszą zaletą jest niezwykła wręcz odporność na czynniki zewnętrzne (ziarna pyłku zachowują się nawet w materiale kopalnym). Dzięki charakterystycznej budowie ściany komórkowej ziaren pyłku oraz liczbie i rodzajom otworów w niej występujących można określić, z jakiej rośliny pochodzą z dokładnością do rodzaju, a nawet gatunku. Ziarna pyłku są bardzo małe (ryc. 1), od kilkunastu do ponad 180 mikrometrów, niewidoczne dla sprawy, stąd rzadko intencjonalnie usuwane. Produkowane są w bardzo dużych liczbach, dlatego prawdopodobieństwo ich znalezienia na miejscu zdarzenia lub na materiale dowodowym jest duża.



Ryc. 1. Ziarna pyłku: A - sosna zwyczajna, B - brzoza brodawkowata, C - cyprysik, D - wyka, E - dąb szypułkowy, F - astrowate. Zdj. K. Kluska.

prof. dr hab. Idalia Kasprzyk

Istnieje duże powiązanie pomiędzy składem roślinności danego terenu a spektrum ziaren pyłku znalezionych w próbce (ryc. 2). Należy jednak pamiętać, że nie jest to ścisła relacja, zależy bowiem od wielu czynników, m.in. reprezentacji danego gatunku w terenie, rodzaju formacji roślinnej, sposobu zapylania, budowy i wielkości produkcji ziaren pyłku. Te cechy będą wpływały na prawdopodobieństwo i częstość ich występowania w próbce. Obecność w materiale dowodowym ziaren pyłku roślin produkujących mało ziaren pyłku lub występujących rzadko na badanym terenie może być istotną wskazówką dla eksperta w ustaleniu miejsca jego pochodzenia. Analiza pyłkowa materiału dowodowego może również pomóc w ustaleniu czasu zdarzenia, gdyż rośliny kwitną zgodnie z tzw. kalendarzem pylenia charakterystycznym dla określonego regionu.



Ryc. 2. Zróżnicowanie siedliskowe zbiorowisk roślinnych i pór roku: A – wilgotna łąka, środkowa Polska, koniec maja, B – uprawa zboża, środkowa Polska, koniec maja, C – dolina Warty ok. Częstochowy, koniec czerwca, D – torfowisko śródleśne, Kaszuby, koniec lipca. Zdj. J. Żelazna-Wieczorek.

Wiedza dotycząca tych zagadnień jest niezbędna do odpowiedzi na pytanie dotyczące dopasowania badanych próbek, tj. porównania próbek pod kątem liczby oznaczonych rodzajów ziaren pyłku i ich frekwencji. Kluczowe jest również pytanie, jak typowe jest spektrum pyłkowe badanej próbki, a więc jakie jest prawdopodobieństwo występowania podobnego w innych próbkach ze zdarzeniem. W tym celu niezbędne jest pobranie próbek

kontrolnych nie tylko z miejsca zdarzenia, ale i z okolicy, szczególnie z innych regionów o tym samym typie roślinności. W wydaniu ekspertyzy pomocne może być zastosowanie narzędzi matematycznych. Proponuje się obliczenie ilorazu wiarygodności opartego na teorii prawdopodobieństwa warunkowego Bayesa (LR). Jego wynik wskazuje na stopień podobieństwa próbek.

Wyniki analiz palinologicznych mogą pomóc w wielu kwestiach rozważanych przez eksperta przy interpretacji materiału dowodowego. Literatura przedmiotu podaje wiele przykładów, kiedy analiza pyłkowa pozwoliła na powiązanie podejrzanego/przedmiotu z miejscem zdarzenia, określenie pochodzenia przedmiotów/ludzi/żywności/narkotyków.

Obecność w materiale dowodowym zarodników paproci wraz z ziarnami pyłku drzew wskazuje na ich powiązanie z lasem lub obszarem zadrzewionym. Pyłek roślin ozdobnych, np. lili czy tulipana, nie unosi się w powietrzu, a więc ich obecność w materiale świadczy o bezpośrednim kontakcie. Analiza ilościowa i jakościowa spektrum pyłkowego może wskazać na termin zdarzenia lub porę roku, kiedy do zdarzenia doszło, termin powstania przedmiotu będącego obiektem postępowania sądowego. W klimacie umiarkowanym dominacja ziaren pyłku drzew kwitnących przed rozwojem liści (leszczyny, olszy) w materiale dowodowym wskazuje na okres zarania wiosny, natomiast duża liczba ziaren pyłku żyta wskazuje na pola, gdzie jest uprawiane, i koniec maja, kiedy najczęściej pyli.

Dla praktyka istotne jest, jak zbierać materiał, aby później był przydatny do analiz palinologicznych, i czy konieczna jest obecność palinologa na miejscu zdarzenia. Idealną sytuacją jest taka, kiedy ekspert przyjeżdża na miejsce zdarzenia. Jednak wobec faktu znikomej liczby biegłych sądowych z tej dziedziny, technik kryminalistyczny sam musi we właściwy sposób pobrać materiał.

Podstawą jest dokładny opis miejsca zdarzenia pod kątem roślinności, informacje co do częstotliwości ich występowania, gatunków, kondycji roślin i ich fazy rozwojowej. Uzupełnieniem powinna być bardzo dokładna dokumentacja fotograficzna roślin, chociażby kwiatów, co pozwoli później ekspertowi ocenić fazy ich pylenia.

Konieczna przy przygotowaniu ekspertyzy może okazać się wiedza dotycząca przebiegu pogody przed zdarzeniem i w jego trakcie.

Należy zebrać również materiał porównawczy do określenia charakterystycznego spektrum pyłkowego terenu: ze ściółki, z wierzchniej warstwy gleby (2–3 cm) czy kępy mchu (minimum 5 cm średnicy), w których pyłek może być deponowany. Istotnym zagadnieniem jest liczba i ilość pobieranych próbek porównawczych. Nie pobiera się ich losowo, ale z miejsc różniących się od siebie, a do analizy palinologicznej wystarczy niewielka ich ilość. Materiał powinien być również zebrany z przedmiotów (np. dywanów, odzieży, kurzu, filtru samochodowego, opon, obuwia) oraz z ciała, w tym z małżowiny, kanałów nosowych.

Prawidłowo zebrany materiał jest przygotowywany do analiz palinologicznych w laboratorium, w którym ziarna pyłku mogą być wytrawiane podczas procesu acetolizy. Następnie

prof. dr hab. Idalia Kasprzyk

z takiego materiału przygotowuje się preparaty mikroskopowe. Można również przygotowywać preparaty mikroskopowe z materiału bezpośrednio zebranego z dowodów, np. za pomocą taśmy lepkiej. Kolejnym krokiem jest identyfikacja ziaren pyłku przy użyciu mikroskopu, minimum świetlnego przy powiększeniu 400 razy. Ekspert musi dysponować bogatym zbiorem preparatów porównawczych uzupełnionym zbiorem zdjęć mikroskopowych.

Do zalet palinologii sądowej należą powszechne występowania pyłku roślin, możliwość wielokrotnej analizy zebranego materiału oraz niewielka ilość materiału do analizy. Wadami są często brak możliwości identyfikacji ziaren pyłku do gatunku, możliwość zanieczyszczenia próbek ziarnami pyłku roślin wiatropylnych transportowanych z odległych terenów oraz czasochłonność analiz i brak wystarczającej liczby ekspertów. Przyszłości palinologii sądowej można upatrywać w detekcji materiału genetycznego ziaren pyłku, najlepiej w laboratorium e-DNA. Istnieją jednak problemy z izolacją czystego DNA i metodyka nadal wymaga dopracowania, a w kolejnych krokach standaryzacji.

Powyższy tekst oparty jest na artykule autorki i zacytowanych tam pracach:

I. Kasprzyk, *Forensic botany: who?, how?, where?, when?*, "Science & Justice" 2023, (63): 258–275.

III. ENTOMOLOGIA SĄDOWA – WSKAZÓWKI DLA PRAKTYKÓW TECHNIKI KRYMINALISTYCZNEJ

PROF. DR HAB. INŻ. MARCIN KADEJ

Pracownia Biologii i Entomologii Sądowej, Zakład Biologii,
Ewolucji i Ochrony Bezkręgowców, Wydział Nauk Biologicznych,
Uniwersytet Wrocławski

Owady

Insecta to bardzo różnorodna grupa zwierząt spełniająca szereg ważnych funkcji ekosystemowych. Jedną z nich jest rozkład martwej materii organicznej (np. zwłok). Funkcją taką spełniają owady nekrofagiczne. Wiedza o ich rozszedleniu, biologii i ekologii jest wykorzystywana w kryminalistyce głównie do określania PMI (*post mortem intervallum*), tj. czasu od zgonu do momentu ujawnienia zwłok.

Owady mogą także dostarczyć innych informacji, np. o miejscu dokonania czynu zabronionego (przemieszczenie zwłok), czy też wskazać sprawcę/ofiarę (wektory DNA). Mogą także zawierać informację nt. substancji chemicznych spożytych przez denata jeszcze za życia.

Wiodącą rolę w opiniowaniu w zakresie entomologii sądowej odgrywają dwa rzędy owadów – są nimi muchówki Diptera i chrząszcze Coleoptera.

Więcej informacji o użyteczności owadów w postępowaniach kryminalistycznych podaje Kadej (2022). Praktyczne wskazówki podaje także Leśniewski (2021).

Ślady entomologiczne

Ślady entomologiczne dzielimy na dwie zasadnicze grupy. Jedną z nich obejmuje postacie rozwojowe owadów: jaja, larwy, poczwarki, postacie dorosłe lub ich szczątki, np. fragmenty ciała, osłonki poczwarkowe, wylinki larwalne, odchody (np. frass larw skórnikowatych). Drugą z kolei obejmuje ślady aktywności owadów, w tym krwawe odciski aparatu gębowego, ślady odnóży oraz odchody.

Identyfikacja śladów entomologicznych

Poszukiwanie śladów jest kluczową czynnością. Polega ono na dokładnej obserwacji zwłok oraz ich bezpośredniego sąsiedztwa pod kątem obecności owadów lub śladów ich aktywności. W przypadku świeżych zwłok śladów entomologicznych poszukujemy w naturalnych anatomicznie otworach ciała lub ranach. Należy pamiętać, że w zależności od stopnia rozkładu zwłok owady lub ich szczątki mogą być także obecne pod ubraniem, jego fałdami, w zagięciach oraz kieszeniach.

Śladów entomologicznych poszukujemy także pod ciałem, w glebie (do głębokości 15–30 cm) oraz w promieniu minimum 3–6 m (czasem nawet do 8–10 m) od ciała. W przypadku pomieszczeń ślady entomologiczne mogą znajdować się na meblach, parapetach okiennych, w wolnych przestrzeniach pod meblami etc.

Zabezpieczanie śladów entomologicznych

Zaobserwowane ślady entomologiczne muszą być odpowiednio zabezpieczone. Od właściwego zabezpieczenia zależy stan zachowania cech morfologicznych owadów, a tym samym dalsze opiniowanie przez specjalistę z zakresu entomologii sądowej. Należy pamiętać, że każdy ślad może mieć znaczenie, zarówno postaci rozwojowe owadów, jak i ślady ich aktywności. Dlatego też zabezpieczone powinny być wszelkie ślady, a ocenę ich przydatności pozostawiamy zawsze entomologowi sądowemu.

Zabezpieczanie śladów entomologicznych może odbywać się w miejscu znalezienia zwłok (*in situ*) oraz poza tym miejscem, tj. na sali sekcyjnej (*ex situ*). Pobór prób *in situ* zapewnia wyższe prawdopodobieństwo zabezpieczenia większej ilości materiału entomologicznego na potrzeby dalszego postępowania przygotowawczego oraz ewentualnego opiniowania przez biegłego z zakresu entomologii sądowej.

W przypadku zabezpieczenia czerwi muchówek kluczowe jest zalanie larw wrzątkiem (temp. ok. 100°C) przez około 30 s. Czynności tej dokonujemy, umieszczając larwy na sitku podpartym kuwetą. Dopiero tak zabite czerwie mogą być następnie przełożone do 75% roztworu etanolu.

Krwawe ślady aktywności owadów zabezpieczamy poprzez zastosowanie wymazówki, wcześniej dbając o profilaktykę kontaminacyjną. Pamiętamy też o pobraniu próby kontrolnej. Tak pobrany ślad zabezpieczamy 9% NaCl.

Uwaga: larwy zabezpieczane na potrzeby badań genetycznych (badania DNA) traktujemy roztworem etanolu z pominięciem kąpieli wrzątkiem. Użyty do tego celu może być roztwór 96% etanolu, jednak preferowany jest tzw. *absolute etanol*, tj. etylowy alkohol bezwodny (99,8% roztwór).

Jaja i inne postacie młodociane (takie jak larwy chrząszczy, poczwarki, a nawet owady dorosłe muchówek i chrząszczy) możemy zabezpieczać, zalewając je 75% roztworem etanolu.

Uwaga: jedynie zupełnie pozbawione wilgoci materiały entomologiczne mogą być zabezpieczone „na sucho”, tj. bez konserwantu. Tym sposobem zazwyczaj zabezpieczamy pozbawione wilgoci wylinki larwalne, puste osłonki poczwarkowe (np. puparia), postacie dorosłe lub ich szczątki.

W uzasadnionych przypadkach warto zabezpieczyć także:

- próbkę gleby (do głębokości 15–30 cm spod zwłok), ponieważ w niej mogą znajdować się ślady entomologiczne;
- żywy materiał entomologiczny (np. jaja czy larwy) do celów hodowlanych.

WAŻNE: nie mieszamy śladów, nie wkładamy do kopert ani woreczków, nie używamy waty, nie stosujemy innych konserwantów niż etanol, nie wkładamy na tzw. ścisk.

Etykietowanie prób

Zabezpieczony materiał (próbka) musi zostać odpowiednio opisany. Opisu dokonujemy na papierowych etykietach, zawsze ołówkiem. Rekomendowane jest wkładanie do pojemnika z materiałem entomologicznym dwóch jednakowych etykiet.

Etykieta powinna zawierać przynajmniej następujące informacje:

- datę i godzinę oględzin/poboru próbki,
- miejsce znalezienia zwłok/zabezpieczenia śladu,
- lokalizację na ciele/obok zwłok etc.

Przechowywanie

Zebrany materiał, zabezpieczony „na mokro” (zalany etanolem) przechowujemy w szczelnych probówkach, „ependorfkach”, plastikowych pojemnikach. Materiał zabezpieczony „na sucho” przechowujemy w plastikowych pojemnikach (np. moczówce, probówce) w taki sposób, by nie dochodziło do uszkodzeń materiału. Materiał zabezpieczony na potrzeby analiz genetycznych przechowujemy przynajmniej w warunkach chłodniczych, preferowane są jednak temperatury zamrażalnicze, tj. od -18 do -21°C.

Dane o warunkach termicznych w miejscu ujawnienia zwłok

Owady są organizmami całkowicie zależnymi od warunków termicznych, które nie tylko determinują ich aktywność, ale także wpływają na długość cyklu rozwojowego. Z tego też powodu wiedza na temat warunków termicznych panujących w miejscu znalezienia zwłok jest kluczowa dla entomologa sądowego. W związku z powyższym przy oględzinach, bez względu na okoliczności, istotny jest zapis temperatury powietrza (nad zwłokami), temperatury zwłok, (czasem także pod zwłokami). W przypadku stwierdzenia dużych ilości czerwi muchówek warto zmierzyć temperaturę takiej larwalnej agregacji. W przypadku zwłok znajdujących w pomieszczeniach zamkniętych pomiaru temperatury powietrza należy dokonać przed ewentualnym otwarciem okien i przewietrzeniem pomieszczenia.

prof. dr hab. inż. Marcin Kadej

Dodatkowe informacje

Warto opisać warunki siedliskowe, w których znajdują się zwłoki. W przypadku terenów otwartych kluczowe są informacje na temat:

- charakteru roślinności w bezpośrednim sąsiedztwie (np. niska, wysoka, zakrzewienia, zadrzewienia, las – jaki typ lasu, pole uprawne, łąka etc.);
- rodzaju podłoża (piaszczyste, kamieniste, gliniaste, zabagnione etc.);
- sposobu złożenia zwłok (pod okapem koron, w rowie, niepogrzebane, zakopane, powieszzone, zatopione etc.).

W odniesieniu do zwłok w pomieszczeniach istotne mogą być informacje o charakterze tych przestrzeni (altana, piwnica, strych, pomieszczenie gospodarcze, łazienka etc.) oraz ich szczelności.

Przykład karty opisu zbioru informacji w czasie oględzin podaje m.in. Amendt i in. (2007).

Biegły z zakresu entomologii sądowej

Biegły z entomologii sądowej to biolog, specjalista entomologii – osoba posiadająca wiedzę w zakresie biologii i ekologii nekrofagicznych owadów. Każdy biegły sądowy z entomologii sądowej musi być entomologiem. Jednak należy zwrócić uwagę na fakt, że nie każdy entomolog będzie biegłym z zakresu entomologii sądowej. Poza odpowiednią wiedzą wymagane są jeszcze dodatkowe predyspozycje, takie jak odporność na silne bodźce wzrokowe, zapachowe, dotykowe, odporność na stres, umiejętność pracy w zespole pod presją czasu, umiejętność jasnego formułowania opinii, znajomość prawa.

Pytania do biegłego z zakresu entomologii sądowej

Biegły z zakresu entomologii sądowej może być zapytany w postanowieniu m.in. o czas, miejsce i okoliczności, w jakich mogło dojść do śmierci.

Poniżej przykładowe pytania, jakie mogą być skierowane do biegłego:

- w celu ustalenia czasu śmierci pytanie powinno brzmieć: *kiedy nastąpił zgon NN przy uwzględnieniu czasu i okoliczności ujawnienia zwłok na podstawie owadów nekrofagicznych?*
- w celu ustalenia czy doszło do przemieszczenia zwłok pytanie powinno brzmieć: *czy zwłoki NN były przemieszczane po śmierci – na podstawie zabezpieczonych owadów nekrofagicznych? Jeśli tak, w jakim środowisku znajdowały się zwłoki, zanim zostały przemieszczone? lub czy owady zabezpieczone ze zwłok NN są typowe dla środowiska, w którym ujawniono ciało?*
- w celu ustalenia charakteru uszkodzeń ciała pytanie powinno brzmieć: *czy uszkodzenia ciała/zwłok są skutkiem aktywności owadów nekrofagicznych?*
- w celu ustalenia charakteru krwawych śladów pytanie powinno brzmieć: *czy zabezpieczone/ujawnione na podłodze, ścianie etc. ślady krwawe są źródłem aktywności owadów?*

Bibliografia

- Amendt J., Campobasso C.P., Gaudry E., Reiter C., LeBlanc H.N., Hall M.J., *European Association for Forensic Entomology. Best practice in forensic entomology – standards and guidelines*, Int. J. Legal. Med., 2007, 121(2): 90–104. doi: 10.1007/s00414-006-0086-x.
- Kadej M., *Entomologia sądowa – definicja, zakres, wybrane kierunki badań*, Kosmos, 2022, 71(3): 355-370. doi.org/10.36921/kos.2022_2899.
- Leśniewski P., *Entomologia sądowa. Identyfikacja i zabezpieczanie śladów entomologicznych. Poradnik technika kryminalistyki*, PUUS w Pile, Piła 2021.

IV. ANTROPOLOGIA SĄDOWA

DR BEATA BOROWSKA

Katedra Antropologii, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska,
Uniwersytet Łódzki

Obecnie przestępczość rozwinęła się na tak wielu poziomach oraz w tak dużym stopniu, że walka z nią wymaga korzystania z kompetencji i wiedzy różnych nauk. Jedną z dynamicznie rozwijających się dziedzin nauki jest antropologia sądowa. Zajmuje się ona zastosowaniem wiedzy i metodyki antropologii fizycznej w zagadnieniach medyczno-prawnych [Ubelaker 2017]. Dawniej głównym przedmiotem badań były tylko szczątki kostne. Obecnie nauka ta ewoluowała w tak znacznym stopniu, że metody badań rozszerzyły się nawet o analizy izotopów pierwiastków, na podstawie których określane są dieta lub obszar, z którego pochodziła osoba badana [Ubelaker 2017].

Antropologia sądowa to również:

- ustalenie tożsamości osób zarejestrowanych na nagraniach monitoringu;
- analizowanie treści pornograficznych pod kątem wieku osób ukazanych na nagraniu i sprawców;
- ocena wieku osób (ocena wieku kostnego, analiza zębów, ocena rozwoju drugorzędowych cech płciowych);
- identyfikacja szczątków ludzkich oraz ich pochodzenia;
- odtworzenie wyglądu zażyciowego (superprojekcja) [Thannhauser i in. 2019].

Antropologia sądowa dotycząca badań ludzkich szczątków kostnych skupia się m.in. na wyjaśnianiu okoliczności śmierci danej osoby oraz jej identyfikacji. Kiedy rozkład tkanek jest na tyle zaawansowany, iż ocena wizualna podstawowych cech charakterystycznych jest niemożliwa, wiedza specjalistów w dziedzinie antropologii sądowej staje się niezbędna. Do podstawowych zadań antropologów sądowych należy ustalenie pochodzenia (grupy etnicznej), płci, wieku oraz wzrostu osobnika, co może pomóc w identyfikacji zwłok lub szczątków ludzkich o nieustalonej tożsamości [Byers 2016]. Ustala się również, czy dane szczątki są pochodzenia ludzkiego, czy może zwierzęcego [Teresiński 2019] (ryc. 1, 2).



Ryc. 1. Ludzka kość udowa (na górze), drewno (w środku), bardzo zwietrzała kość (na dole) [France 2009].



Ryc. 2. Kość łokciowa człowieka (na dole), kość łokciowa antylopy (na górze) [France 2009].

Główne zadania antropologa podczas procesu identyfikacji to:

- separacja materiału kostnego od materiału innego pochodzenia,
- oddzielenie materiału zwierzęcego od ludzkiego,
- oddzielenie szczątków poszczególnych osobników,
- ułożenie szkieletu w pozycji anatomicznej,
- analiza szczątków przepalonych,
- badanie materiału kostnego z przyległymi tkankami miękkimi,
- separacja rozpoznawalnego materiału od materiału wymagającego analizy DNA.

Powyższe zadania pozwalają na uzyskanie m.in. następujących informacji:

- czy odkryte kości lub ich fragmenty pochodzą od szkieletu ludzkiego,
- określenie minimalnej liczby osobników,
- szacowanie profilu biologicznego ofiar (m.in. płeć, wiek),
- odnoszących się do procesów ante-, peri- i postmortem,
- jaka była przynależność odmianowa osobnika,
- rekonstrukcja cech indywidualnych przydatnych dla identyfikacji osobniczej (rekonstrukcja twarzy),

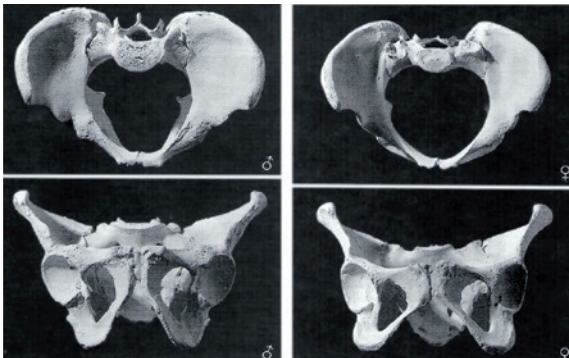
dr Beata Borowska

- wysokość i budowa ciała,
- zmiany kostne związane z określonym typem aktywności fizycznej,
- schorzenia znajdujące odzwierciedlenie w układzie kostnym,
- jaka była przyczyna śmierci osobnika,
- ile czasu upłynęło od momentu śmierci osobnika.

W przypadku zeszkieletowanych zwłok osoby dorosłej płeć określana jest na podstawie budowy kości. Dymorfizm płciowy uwarunkowany jest np. przystosowaniem do ciąży lub wydzielanymi hormonami w organizmie. Najbardziej miarodajnymi wskaźnikami różnicującymi płeć męską od żeńskiej są miednica oraz czaszka [Henneberg 1975, Jindal 2019, Scheuer i Black 2000] (ryc. 3, 4).



Ryc. 3. Czaszka męska (po lewej), czaszka żeńska (po prawej) [White, Folkens 2005].



Ryc. 4. Dymorfizm płciowy kości miednicznych wykazujący różnice w wielkości i kształcie (męska po lewej, żeńska po prawej) [White, Folkens 2005].

Określenie płci dziecka nie jest możliwe na podstawie morfologii szkieletu. Tylko badania genetyczne są w stanie zapewnić całkowicie prawidłowe wyniki [Buonasera i in. 2020]. Jest to spowodowane m.in. wpływem hormonów płciowych na organizm człowieka, który trwa przez całą fazę rozwoju i osiąga szczyt dopiero w okresie dojrzewania. W trakcie jego trwania u mężczyzny wzrasta poziom androgenów, co powoduje rozwinięcie się męskich cech fizycznych, które zwiększają poziom dymorfizmu płciowego. Jednak przed okresem dojrzewania poziom hormonów jest niski, co znacząco utrudnia określenie płci osobnika [Buckberry 2018]. Powszechnie wiadomo również, że przed osiągnięciem dojrzałości płciowej cechy miednicy i czaszki, które pozwalają na określenie płci u osób dorosłych, nie są wystarczająco rozwinięte, aby dokonać tego w przypadku dzieci [Lewis 2018].

Poza płcią profil biologiczny obejmuje również określenie wieku. Można wyróżnić kilka metod oceny wieku rozwojowego: morfologiczne (zmiany w morfologii szkieletu), histologiczne (zmiany w istocie kostnej zębnej) oraz chemiczne (badanie proporcji izomerów związków organicznych i ich zmian w zębach i kościach). Określając wiek dzieci oraz młodzieży, wykorzystuje się ocenę poziomu skostnienia konkretnych elementów szkieletu oraz analizę wieku zębowego [Scheuer i Black 2000] (ryc. 5).



Ryc. 5. Rozwój zębów ludzkich [France 2009].

Aby ocena wieku szkieletu osoby dorosłej była wiarygodna, wskazane jest zastosowanie metod, których średni błąd w ocenie nie jest większy niż siedem lat. Takimi metodami są np. analiza zmian na powierzchni spojenia łonowego lub ocena zmienności morfologicznej końców mostkowych żeber. Inną, interesującą i bardzo wiarygodną metodą jest ocena na podstawie uzębienia. Zęby rosną i rozwijają się w przewidywalnych i mierzalnych etapach, które trwają dość krótko, co pozwala na dokładne oszacowanie wieku. Ponadto są one trwałe i stabilne, co sprawia, że są w stanie przetrwać bardzo długi czas bez zabezpieczenia i nadal być przydatnym materiałem do badań [Saxena 2010].

dr Beata Borowska

Profil biologiczny poza określeniem wieku oraz płci zawiera jeszcze szacowanie wysokości ciała. Stosunek długości kończyn do wysokości ciała oraz długości tułowia jest zróżnicowany między płciami oraz wewnątrzpopulacyjnie i między populacjami.

Po ustaleniu profilu biologicznego poszukuje się cech indywidualnych, które byłyby pomocne w ustaleniu tożsamości. Ważne są wszystkie zauważone zmiany zwyrodnieniowe lub te nabyte i wywołane przyżyciowo oraz zmiany pozostawione po zabiegach operacyjnych, obecność protez lub implantów. Największą wagę posiada materiał zębowy ze względu na swoją indywidualność, która warunkowana jest pewnymi cechami. Są nimi: specyficzna budowa zęba oraz jego stopień przetrwania w konkretnych warunkach środowiska, cechy uzębienia charakterystyczne dla danej osoby, takie jak wady wrodzone lub nabyte, braki w łuku zębowym czy stan przyzębia, zmiany pozostałe po leczeniu stomatologicznym, np. plomby [Szleszkowski i Wochna 2019].

Dodatkowych informacji może dostarczyć analiza urazów szkieletu. Ważnym aspektem jest czas powstania urazu. Jeśli stało się to dawno po zgonie, badania mogą dostarczyć wskazówek dotyczących tego, co działo się z ciałem po śmierci aż do momentu jego odnalezienia. Uraz powstały krótko przed śmiercią może być pomocny w ustaleniu powodu zgonu, zaś ten powstały na długo przed śmiercią może przyczynić się do ustalenia tożsamości ofiary [Scianò i in. 2020]. Przykładem takiego urazu może być otwór trepanacyjny, który jest śladem po wykonanej trepanacji czaszki.

Poza tradycyjnymi metodami możliwymi do przeprowadzenia są również stosowane badania tafonomiczne, identyfikacja personalna lub PMI (*post-mortem intervalum*).

Tafonomia (gr. *taphos* – pogrzeb, mogiła; *nomos* – prawo) to nauka zajmująca się procesami, jakie zachodzą w organizmach po śmierci. W przypadku tafonomii sądowej obszar nauki skupia się na tym, jak procesy chemiczne, fizyczne, biologiczne i geologiczne wpływają na zwłoki i szczątki ludzkie [Teresiński 2019]. Dzięki specyfice środowiska można zaobserwować adekwatne zmiany zachodzące w zwłokach i szczątkach ludzkich.

To z kolei pozwala na stwierdzenie, czy zwłoki zostały przemieszczone lub czy nastąpiła inna ingerencja ludzka, np. w miejscu zbrodni. Drugim celem, na którym skupia się tafonomia sądowa, jest ustalenie czasu, jaki upłynął od momentu śmierci, czyli PMI [Dirkmaat 2016]. Tafonomia sądowa jest zagadnieniem interdyscyplinarnym, jednak na potrzeby wymiaru sprawiedliwości oraz prawa uwzględnia głównie jak najdokładniejsze oszacowanie okoliczności śmierci, czasu, w jakim doszło do zgonu, możliwie dokładne odtworzenie warunków towarzyszących chwili śmierci oraz ustalenie, w miarę możliwości, kolejności wydarzeń *ante-mortem*. Do celów śledztwa należy również identyfikacja zwłok, ustalenie przyczyny i sposobu śmierci, a nawet, jeśli pozwalają na to dowody, wskazanie poszlak prowadzących do sprawcy przestępstwa [Schotsmans 2017].

Oprócz tego ważnym aspektem tej dziedziny naukowej jest odróżnianie zmian pourazowych będących wynikiem przestępstwa i działalności człowieka od zmian wynikających ze specyfiki środowiska, w jakim znajdowały się zwłoki [Schotsmans 2017].

Przedmiotem badań antropologii sądowej jest również ustalenie tożsamości osób znajdujących się na nagraniach monitoringu czy na nagraniach pornograficznych [Thannhauser i in. 2019]. Identyfikacja ta może dotyczyć ofiar przestępstw, świadków, osób zaginionych oraz przestępców. Najczęściej ustalenie tożsamości przeprowadza się na podstawie cech twarzy oraz sylwetki widocznych na nagraniu. Twarz człowieka jest najbardziej indywidualną częścią jego ciała. Jej rozmiar, wymiary, układ elementów zlokalizowanych na głowie, takich jak nos, czerwień wargowa, oczy czy małżowiny uszne zapewniają charakterystykę danego osobnika, co często umożliwia identyfikację osoby. Jednak nie zawsze możliwe jest dostrzeżenie twarzy osobnika na nagraniach, co znacznie utrudnia proces identyfikacji. Antropologom znane są inne elementy morfologiczne, które wykazują dużą zmienność między osobnikami i które są przydatne przy ustalaniu tożsamości osoby.

Nowoczesne systemy monitoringu wizyjnego umożliwiają rejestrację obrazów z coraz większą dokładnością. Wraz z rozwojem technologii poprawia się jakość rejestrowanego obrazu, zwiększając możliwości identyfikacji. Należy jednak pamiętać, że monitoring wizyjny często nastawiony jest na rejestrację zdarzeń, jakość obrazu jest słaba, a identyfikacja osobnicza okazuje się niezwykle trudna do przeprowadzenia. Nieodpowiednie oświetlenie, ustawienie kamery, słaby zoom urządzenia, maskowanie wyglądu twarzy sprawiają, że analiza antroposkopowa i antropometryczna oraz analiza cech behawioralnych osób widocznych w zarejestrowanym materiale filmowym może być utrudniona. Innym zagadnieniem jest przestępczość seksualna (pornografia dziecięca). Dla przyjęcia, że mamy do czynienia z pornografią dziecięcą należy od początku określić, czy na danym materiale występuje dziecko. Granice wieku małoletniego w przypadku przepisów regulujących pornografię dziecięcą różnią się znacznie. W niektórych państwach wiek dojrzałości seksualnej został określony bardzo nisko – 14 lat, w innych jest nieco wyższy – 15, 16, a nawet 18 lat (Polska). Uwagę należy zwrócić na globalny charakter Internetu, informacje opublikowane na jednej ze stron są potencjalnie dostępne dla użytkowników z całego świata.

Zadaniem biegłego antropologa sądowego jest odpowiedź na pytanie, czy na dostarczonych do analizy nagraniach znajdują się osoby małoletnie poniżej 15. roku życia lub czy są to osoby małoletnie powyżej 15. roku życia, ale nie powyżej 18. roku życia. W celu ustalenia, czy są to treści pornograficzne, niezbędna jest współpraca antropologa i seksuologa sądowego.

Podsumowując, należy stwierdzić, że antropologia sądowa jako nauka jest w stanie dostarczyć wielu kluczowych informacji na temat zarówno zeszkieletowanych szczątków kostnych, jak i identyfikacji osób żywych, a działania antropologów w procesie dochodzeniowo-śledczym często mogą okazać się niezastąpione.

dr Beata Borowska

Bibliografia

- Buckberry J., *Techniques for Identifying the Age and Sex of Children at Death*, w: The Oxford Handbook of the Archaeology of Childhood, Crawford S., Hadley D.M., Shepherd G. (red.). Oxford University Press, New York 2018, 55–70.
- Buonasera T., Eerkens J., de Flamingh A., Engbring L., Yip J., Li H., Haas R., DiGiuseppe D., Grant D., Salemi M., Nijmeh Ch., Arellano M., Leventhal A., Phinney B., Byrd B.F., Malhi R.S., Parker G., *A comparison of proteomic, genomic, and osteological methods of archaeological sex estimation*, "Scientific Reports" 2020, 10(1): 1–15.
- Byers S.N., *Introduction to Forensic Anthropology*. Routledge, Londyn 2016, 130–199.
- Dirkmaat D.C., *Forensic Archaeology and Forensic Taphonomy: Basic Considerations on how to Properly Process and Interpret the Outdoor Forensic Scene*, "Academic Forensic Pathology" 2016, 6(3): 439–454.
- France D.L., *Human and Nonhuman Bone Identification*, United States of America, Taylor & Francis Group, 2009, 3–12.
- Henneberg M., *Notes on the reproduction possibilities of human prehistorical populations*, "Przełąd Antropologiczny" 1975, 1: 75–89.
- Jindal G., *Sexual Dimorphism through Pelvic Bone*, "Academic Journal of Anthropological Studies" 2019, 1: 11–15.
- Lewis M.E., *Children in bioarchaeology*, w: *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, 2018, 117–144.
- Saxena S., Sharma P., Gupta N., *Experimental studies of forensic odontology to aid in the identification process*, "Journal of Forensic Dental Sciences" 2010, 2(2): 69–76.
- Scheuer L., Black S., *Skeletal Development and Ageing*, w: *Developmental juvenile osteology*, Elsevier Academic Press, 2000, 4–17.
- Schotsmans E.J., Márquez-Grant N., Forbes S. L., *Taphonomy of Human Remains: Forensic Analysis of the Dead and the Depositional Environment*. Wiley-Blackwell 2017.
- Scianò F., Bramanti B., Manzon V.S., Gualdi-Russo E., *An investigative strategy for assessment of injuries in forensic anthropology*, "Legal Medicine" 2020, 42.
- Szleszkowski Ł., Wochna K., *Identyfikacja nieznanymi zwłok i szczątków – metody*, w: *Medycyna sądowa. Tanatologia i traumatologia sądowa*, Teresiński G., Gołaszewska M., Szczepański W. (red.), PZWL Wydawnictwo Lekarskie, Warszawa 2019, 190–200.
- Teresiński G., Gołaszewska M., Szczepański W., *Medycyna sądowa. Tanatologia i traumatologia sądowa*, PZWL Wydawnictwo Lekarskie, Warszawa 2019, 187–203.
- Thannhauser A., Szleszkowski Ł., Wochna K., *Antropologia, tafonomia i odontologia sądowa*, w: *Medycyna sądowa. Tanatologia i traumatologia sądowa*, Teresiński G., Gołaszewska M., Szczepański W. (red.), PZWL Wydawnictwo Lekarskie, Warszawa 2019, 187–190.
- Ubelaker D.H., *A history of forensic anthropology*, "American Journal of Physical Anthropology", 2017, 165: 915–923.
- White T.D., Folkens P.A., *The Human Bone Manual*, Academic Press, 2005, 386–400.

V. OGŁĘDZINY ZWŁOK W MIEJSCU ICH ZNALEZIENIA I EKSHUMACJA ZWŁOK/SZCZĄTKÓW LUDZKICH – UWAGI MEDYKA SĄDOWEGO

DR N. MED. ŁUKASZ SZLESZKOWSKI

Specjalista medycyny sądowej, Pracownia Tanatologii Sądowej,
Katedra i Zakład Medycyny Sądowej
Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu

Ogłędziny zwłok w miejscu znalezienia

Sądowo-lekarskie ogłędziny zwłok w miejscu ich znalezienia to czynność wykonywana przez biegłego lekarza w ścisłej współpracy zarówno z prokuratorem, jak i funkcjonariuszami Policji z pionu dochodzeniowo-śledczego oraz przede wszystkim techniki kryminalistycznej. Jest to pierwsza czynność wykonana ze zwłokami, która może dostarczyć niezwykle cennych danych. Już na wstępnym etapie pozwala ukierunkować postępowanie, a błędy popełnione w jej trakcie (szczególnie zatarcie istotnych śladów) mogą zaważyć na powodzeniu całego dochodzenia czy śledztwa.

Jedynym lekarzem odpowiednio przygotowanym do przeprowadzenia tej czynności jest medyk sądowy. Specjalista medycyny sądowej przeprowadzający sekcje zwłok i wydający opinie sądowo-lekarskie jest szczególnie wyczulony na konieczność zbierania danych i zabezpieczania śladów istotnych z procesowego punktu widzenia. Niestety w praktyce czynność ta nierzadko jest wykonywana albo przez niebędącego medykiem sądowym lekarza, który nie dysponuje odpowiednią wiedzą i doświadczeniem, albo w ograniczonym stopniu przez technika kryminalistyki. Dostępność specjalistów medycyny sądowej jest w kraju znacznie ograniczona, a przy braku rozwiązań systemowych dochodzi do tego, że czynność ta jest niejednokrotnie zaniedbywana. Jeszcze względnie niedawno w komendach wojewódzkich Policji zatrudniani byli na etatach mundurowych lekarze, którzy wykonywali ogłędziny w ramach dyżurów. Aktualnie dostępność medyków sądowych i organizacja ogłędzin w dużej mierze zależy od regionu kraju.

Oględziny zwłok w miejscu ich znalezienia, co należy podkreślić, są czynnością niepowtarzalną, a część istotnych danych można zebrać tylko na tym etapie badania zwłok [Szleszkowski i in. 2019]. Głównym ich celem jest:

- ustalenie przypuszczalnej przyczyny śmierci (wstępne ustalenia są weryfikowane następnie podczas sekcji zwłok);
- ustalenie przypuszczalnego czasu zgonu (dane, na podstawie których szacuje się czas zgonu, można zebrać jedynie na miejscu znalezienia zwłok);
- wstępne ustalenie okoliczności zgonu, zabezpieczenie istotnych śladów biologicznych i kryminalistycznych, wstępna identyfikacja narzędzia przestępstwa, wstępna identyfikacja zwłok itd.

Oględziny zwłok w miejscu znalezienia są zatem czynnością ukierunkowaną na zbieranie innych danych niż oględziny zewnętrzne zwłok podczas sądowo-lekarskiej sekcji zwłok. Są to zatem dwie odrębne, nietożsame ze sobą czynności. Oględziny zewnętrzne podczas sekcji nie zastępują oględzin w miejscu ujawnienia zwłok. Podczas czynności na miejscu zwłoki badane są w odniesieniu do przestrzeni, w której zostały ujawnione. Ponadto szczegółowo bada się zmiany pośmiertne (stężenie pośmiertne, plamy opadowe, temperaturę zwłok, reakcje interletalne) niezbędne do ustalenia czasu zgonu [Bagmet i in. 2019; Payne-James i in. 2011; Saukko, Knight 2004; Kaliszan, Teresiński 2019]. Podczas sekcji po wielogodzinnym przebywaniu zwłok w chłodni wnioski z takiego badania stają się już całkowicie nieprzydatne. Podczas sekcji natomiast bardzo szczegółowo i skrupulatnie opisuje się obrażenia, czego nie można przeprowadzić na miejscu zdarzenia z uwagi na zabrudzenie zwłok, złe warunki oświetleniowe lub ograniczenia czasowe. Podczas oględzin na miejscu szczególne wysiłki zespołu skierowane są na ujawnienie i zabezpieczenie śladów biologicznych lub traseologicznych mogących łatwo ulec zatarciu. Przypadki zabójstw na tle seksualnym lub z użyciem broni palnej stawiają przed zespołem dodatkowe wyzwania i wymagają przemyślanych i rozważnych działań. Charakter współpracy między medykiem sądowym a technikiem kryminalistyki, zakres czynności w zależności od rodzaju przypadku oraz zagrożenia związane z oględzinami zwłok w miejscu ich znalezienia zostały zaproponowane w wydanej w 2020 r. przez Centralne Laboratorium Kryminalistyczne Policji monografii pt. *Dobre praktyki technika kryminalistyki* [Szleszkowski, Kuna 2020]. Jakkolwiek zawsze należy dążyć do tego, aby oględziny zwłok przeprowadził doświadczony medyk sądowy, to jednak w praktyce nie zawsze jest to możliwe. Powołanie niekompetentnego biegłego czy wręcz lekarza bez jakiegokolwiek doświadczenia w tym zakresie może zamiast spodziewanych korzyści przynieść dużą szkodę dla całego postępowania.

Zaleca się ostrożność w bezkrytycznym opieraniu się na ustaleniach lekarza stwierdzającego zgon, zwłaszcza gdy jednoznacznie określa on przyczynę zgonu jako „naturalną”. Wiarygodne ustalenie przyczyny śmierci możliwe jest jedynie w trakcie sekcji zwłok. Ustalenie „naturalnej przyczyny śmierci” podczas stwierdzenia zgonu opiera się zazwyczaj na braku obrażeń lub obecności niewielkich zewnętrznych zmian urazowych

oraz na dokumentacji medycznej zmarłego. Oczywiście jest, że obecność nawet bardzo ciężkich przewlekłych schorzeń nie wyklucza, że zmarły mógł paść ofiarą przestępstwa. Należy również podkreślić, że śmiertelnym obrażeniem wewnętrznym mogą nie towarzyszyć wzbudzające podejrzenia obrażenia zewnętrzne (np. pourazowym krwinkom wewnątrzczaszkowym lub urazom narządów miękkich z krwotokiem do jamy brzusznej).

W aktualnej sytuacji niezbędne są rozwiązania systemowe zwiększające dostępność medyków sądowych oraz szkolenia dla techników kryminalistyki. Opierając się na własnej praktyce, można stwierdzić, że rozwiązaniem doraźnym (ale niejednokrotnie rozwiązującym problemy decyzyjne) jest przeprowadzenie konsultacji z medykiem sądowym w trakcie przeprowadzania czynności na miejscu zdarzenia z odnotowaniem tego faktu w protokole.

Ekshumacja zwłok i szczątków ludzkich

Ekshumacja zwłok i szczątków nie jest częstą procedurą wykorzystywaną w trakcie postępowania przygotowawczego. Dlatego też prowadzący postępowanie, nie mając wcześniejszych doświadczeń tego rodzaju, może mieć uzasadnione wątpliwości co do zasadności wykonania ekshumacji, a także mierzyć się z problemami organizacyjnymi w trakcie planowania tej czynności. W kontekście współpracy medycyny sądowej z jednostkami Policji najczęściej ekshumacje przeprowadzane są wraz z funkcjonariuszami komend wojewódzkich Policji w przypadkach niewykrytych zabójstw sprzed wielu lat¹. Często są to szczątki ludzkie, które wcześniej były już poddane badaniu sekcijnemu i ich miejsce pochówku jest znane. W innych przypadkach ekshumacja poprzedzona jest długotrwałym i wielopoziomowym procesem poszukiwania jamy grobowej (źródła osobowe, poszukiwawcze badania terenowe itp.). W tej drugiej sytuacji zawsze należy skorzystać z pomocy doświadczonego archeologa sądowego już na etapie analizy zdjęć lotniczych, map itp., a nie tylko na etapie prac w terenie [Szleszkowski, Thannhäuser 2019; Trzciniński i in. 2023]. Odnalezienie jamy grobowej jest najczęściej najtrudniejszym zadaniem, które stoi przed zespołem, nawet w sytuacjach, kiedy świadek dość precyzyjnie wskazuje miejsce pochówku. Na etapie planowania prowadzący postępowanie zadaje sobie najczęściej trzy pytania: w jakim stanie będą zwłoki po upływie określonego czasu (np. ponad 20 lat); czy jest sens przeprowadzać te czynności, skoro uzyskany efekt może nie wnieść nic nowego do sprawy, i jak przeprowadzić te czynności bez ryzyka zniszczenia dowodów.

Pierwszą i najistotniejszą kwestią jest fakt, że powodzenie w uzyskaniu nowych dowodów z badania pośmiertnego uzależnione jest od stanu zwłok/szczątków. W im większym stopniu są one zmienione pośmiertnie, tym szanse na przeprowadzenie badania

¹ Centralne Biuro Śledcze Policji, Rozwiązana sprawa zabójstwa sprzed 26 lat, <https://cbsp.policja.pl/cbs/aktualnosci/233553,Rozwiazana-sprawa-zabojstwa-sprzed-26-lat.html> [dostęp: 20.08.2023 r.].

pośmiertnego i uzyskania odpowiedzi na pytania dotyczące przyczyny i okoliczności śmierci są mniejsze. Zależy to jednak zawsze od charakteru przypadku. Od wielu lat Zakład Medycyny Sądowej we Wrocławiu zajmuje się badaniem ofiar systemów totalitarnych XX w. i mimo upływu ponad 70 lat od tych wydarzeń bardzo często udaje się na podstawie badania pośmiertnego uzyskać dane dotyczące przyczyny zgonu i charakteru obrażeń, najczęściej postrzałowych [Szleszkowski i in. 2014; Thannhäuser i in. 2021]. Stanu zwłok i szczątków nie można jednak przewidzieć na etapie planowania czynności. Jest on nie tylko pochodną upływu czasu, ale przede wszystkim warunków fizycznych i chemicznych w miejscu znalezienia zwłok, takich jak m.in.: rodzaj gleby, pH, wilgotność, rodzaj roślinności, sposób pochówku (np. zwłoki pochowane w worku foliowym mogą nie ulec zeszkieletowaniu nawet po ponad 20 latach od śmierci, a szczątki osób pochowanych obok siebie w zbliżonym czasie mogą być w skrajnie różnym stanie zachowania) [Szleszkowski 2019]. A zatem o powodzeniu badania ekshumowanych szczątków można mówić jedynie *ex post* po przeprowadzeniu tych czynności. Opierając się na bogatym doświadczeniu w badaniu zwłok i szczątków ekshumowanych (ponad 1000 oględzin), należy stwierdzić, że jeżeli istnieje możliwość przeprowadzenia ekshumacji, to należy tę szansę zawsze wykorzystać i podjąć próbę uzyskania nowych dowodów. Takie szanse dają nawet przypadki zwłok, które były już wcześniej sekcjonowane.

Badanie zwłok/szczałtków ekshumowanych daje przede wszystkim możliwości:

- przeprowadzenia badania tych części ciała, których nie badano szczegółowo podczas sekcji zwłok (np. twarzoczaszki, gdzie często zlokalizowane są obrażenia będące następstwem pobicia; układu kostno-stawowego miednicy i kończyn dolnych);
- weryfikacji wcześniejszych ustaleń;
- przeprowadzenia badania antropologicznego szczątków;
- zastosowania diagnostyki radiologicznej;
- przeprowadzenia badań mechanoskopijnych;
- wykonania badań dodatkowych, w szczególności ustalenia profilu DNA szczątków niezbędnego do powtórnego badania dowodów rzeczowych (w latach 90. ubiegłego wieku nie było możliwe przeprowadzenie badań identyfikacyjnych na obecnym poziomie); współczesna toksykologia sądowa stanowi narzędzie, które pozwala na przeprowadzenie badań toksykologicznych również tkanki kostnej pobranej ze zwłok całkowicie zeszkieletowanych (!) (np. po wielu latach od śmierci można wykryć obecność narkotyków lub leków psychotropowych).

Ekshumacja zwłok/szczałtków powinna być zaplanowana w oparciu o konsultacje specjalistyczne (medyk sądowy, antropolog sądowy, archeolog sądowy) i przeprowadzona z udziałem takich specjalistów (skład zespołu zależy od charakteru przypadku) [Szleszkowski, Thannhäuser 2019a]. Przeprowadzanie ekshumacji jedynie przez pracowników firmy pogrzebowej (co często ma niestety miejsce) jest niedopuszczalne w przypadku ekshumacji przeprowadzanej w postępowaniu karnym lub cywilnym. Firmy

te często reklamują usługi ekshumacyjne, ale należy mieć świadomość, że są to ekshumacje, których celem jest przeniesienie miejsca pochówku na inny cmentarz, a nie zbieranie dowodów w postępowaniu prokuratorskim lub sądowym.

Podsumowanie

Wyniki badania ekshumowanych zwłok lub szczątków ludzkich, a tym samym szanse na powodzenie tej czynności, są niemożliwe do przewidzenia na etapie ich planowania. Jeśli tylko istnieje możliwość przeprowadzenia pełnego badania zwłok lub ekshumowanych szczątków, zawsze należy wykorzystać tę możliwość na pozyskanie materiału dowodowego.

Czynności te na wszystkich etapach (poszukiwanie jamy grobowej, ekshumacja, badanie pośmiertne) muszą być przeprowadzone przez doświadczonych i kompetentnych specjalistów.

Wsparcie konsultacyjne w zakresie planowania i przeprowadzenia ekshumacji:

Pracownia Tanatologii Sądowej Katedry i Zakładu Medycyny Sądowej Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu:

dr n.med. Łukasz Szleszkowski (lukasz.szleszkowski@umw.edu.pl);

mgr Agata Thannhäuser (antropolog sądowa) (agata.thannhauser@umw.edu.pl)

Bibliografia

Багмет А.М., (red.): *Осмотр места происшествия при обнаружении трупа* Московская академия Следственного комитета Российской Федерации, Moskwa 2019.

Kaliszan M., Teresiński G., *Metody ustalania czasu zgonu w Medycyna Sądowa t. 1*, Teresiński G. (red). PZWL, Warszawa 2019.

Payne-James J., Jones R., Karch S.B., Manlove J., *Simpson's Forensic Medicine*, 13th ed., 2011.

Saukko P., Knight B. (red.), *Knight's Forensic Pathology*, 3rd ed. Edward Arnold, London 2004.

Szleszkowski Ł., Thannhäuser A., Szwagrzyk K., Jurek T., *The possibility of establishing causes of death on the basis of the exhumed remains of prisoners executed during the communist regime in Poland: the exhumations at Powązki Military Cemetery in Warsaw*, Int. J. Legal Med., 2014, 129 (4) 10.1007/s00414-014-1084-z.

Szleszkowski Ł., Kwietniewski W., Dąbkowska A., *Oględziny zwłok na miejscu ich ujawnienia*, w: Teresiński G. (red.), *Medycyna Sądowa t. 1*, PZWL, Warszawa 2019.

Szleszkowski Ł. *Szacowanie czasu przebywania kości w ziemi*, w: Teresiński G. (red.), *Medycyna Sądowa t. 1*, PZWL, Warszawa 2019.

dr n. med. Łukasz Szleszkowski

Szleszkowski Ł., Thannhäuser A., *Metodologia poszukiwania grobów i podejmowania szczątków*, w: Teresiński G. (red.), *Medycyna Sądowa t. 1*, PZWL, Warszawa, 2019.

Szleszkowski Ł., Thannhäuser A., *Badanie ekshumowanych szczątków i grobów masowych*, w: Teresiński G. (red.), *Medycyna Sądowa t.1*, PZWL, Warszawa, 2019a.

Szleszkowski Ł., Kuna P., *Oględziny zwłok w miejscu ich znalezienia - współpraca technika kryminalistyki i medyka sądowego*, w: Frankowski A., Trojanowski P. (red.), *Dobre praktyki technika kryminalistyki*, Wydawnictwo CLKP, Warszawa 2020.

Thannhäuser A., Szleszkowski Ł., Jurek T. *Unidentified human remains discovered within Polish territory: Traces of the difficult history of the twentieth century*, *Forensic Science International*, 2021, 318; 110608.

Trzciński M. (red.), Borkowski T., Kawecki J., Szleszkowski Ł., Szwagrzyk K., *Archeologia Sądowa w teorii i w praktyce*, wyd. 2, Wolters Kluwer, Warszawa 2023.

VI. ZASTOSOWANIE MEIOBENTOSU W KRYMINALISTYCE

DR BARBARA WOJTASIK

Katedra Genetyki Ewolucyjnej i Biosystematyki, Wydział Biologii,
Uniwersytet Gdański,
HydroBioLab, Firma Naukowo-Badawcza
i Laboratorium Hydrobiologiczne, Gdynia

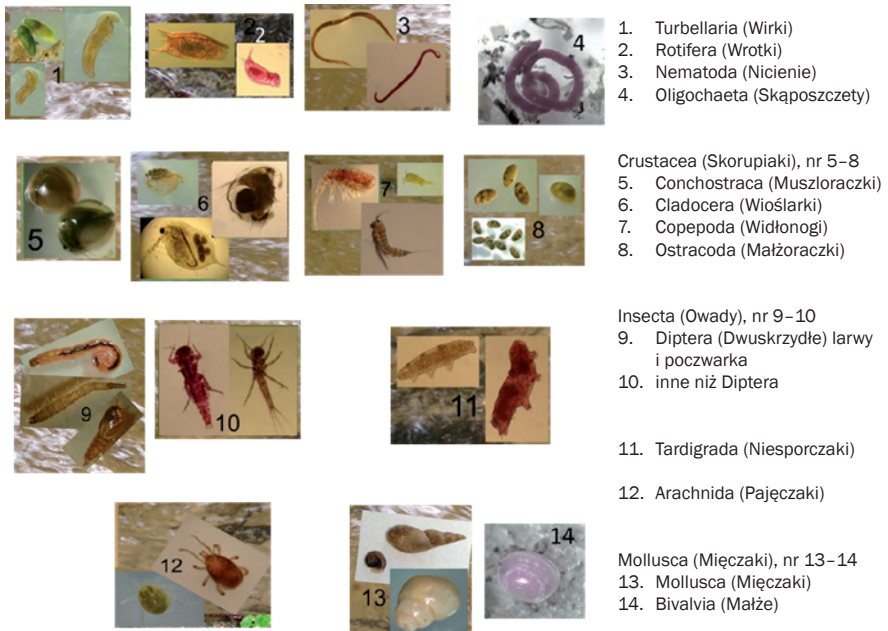
W ostatnich dekadach nasilają się przestępstwa związane z zanieczyszczeniem środowiska zarówno naturalnego, jak i zurbanizowanego. Niewydolne systemy związane z odbiorem odpadów, ochroną wód powierzchniowych i zanieczyszczaniem gleby i powietrza, a także niesprawnie działająca administracja sprawiają, że liczba przypadków dewastacji środowiska rośnie [Wojtasik 2020a, 2021a]. Katastrofy ekologiczne przybierają na sile, jak chociażby w przypadku Odry w 2022 r., często płonących hałd odpadów emitujących do atmosfery toksyczne substancje, wprowadzanych do środowiska groźnych obcych gatunków inwazyjnych [Wojtasik 2013a, 2015a]. Sytuacja ulega systematycznemu pogorszeniu [Wojtasik, Burska 2015, Wojtasik 2023, Wojtasik, Kupiec 2023]. Nawet pobieżna analiza strat wskazuje, że sporą grupę przestępstw związanych z zanieczyszczeniem środowiska należałoby potraktować w kategoriach aktu terrorystycznego. Wprawdzie bezpośrednie skutki nie dotyczą przeżycia ludzi, ale w dalszej perspektywie mają wpływ na ich zdrowie, a także jakość i długość życia. Skutki ekonomiczne są niejednokrotnie trudne do oszacowania, ponieważ skala i różnorodność przestępstw oraz nieprzewidywalne, czasem odległe w czasie straty ekologiczne najczęściej powodują niedoszacowanie wartości. Tak więc, mając na uwadze zagrożenie, jakie niesie ze sobą zanieczyszczanie środowiska na coraz większą skalę, należy podjąć działania jak w typowych przestępstwach kryminalnych bezpośrednio skierowanych przeciwko życiu ludzi z adekwatnymi do skutków przestępstw dotkliwymi karami. Jednak problemem w tej sytuacji jest często określenie dokładnego miejsca przestępstwa, jego skali oraz znalezienie sprawcy. W przypadku wód powierzchniowych: rzek, jezior, stawów, torfowisk, zbiorników zaporowych, a także wybrzeży i zatok morskich pomocna w ustaleniu miejsca wystąpienia zrzutu zanieczyszczeń, zasięgu oddziaływania i trwałości

dr Barbara Wojtasik

skutków jest metoda oceny stanu ekologicznego za pomocą zgrupowania meiobentosu MeioEco [Wojtasik 2010, 2013bc, 2015b, 2016abc, 2017, 2018, 2020bc, 2022, Wojtasik, Wiśniewski 2014, Wojtasik, Czerniawska-Kusza 2023, Wojtasik i in. 2016ab, 2019, 2023].

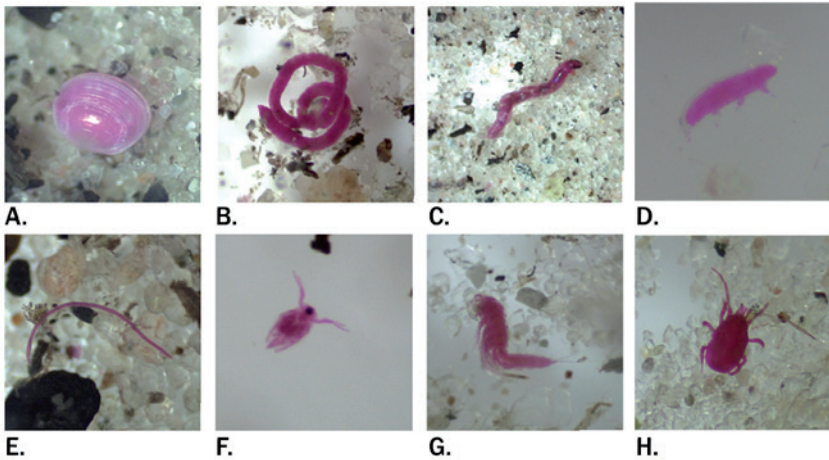
Meiobentos

Meiobentos jest to zgrupowanie funkcjonalne drobnych bezkręgowców wodnych (najczęściej przyjmowane kryterium wielkości: od 0,042 mm do około 1 mm) tworzących charakterystyczne zgrupowania dla wód słodkich (ryc. 1) i morskich. Z uwagi na niewielkie rozmiary oraz związanie organizmów z powierzchniową warstwą osadów dennych można przyjąć, że jest silnie związany z lokalnym środowiskiem i w przeciwieństwie do planktonu przenoszonego wraz z wodą nie przemieszcza się na duże odległości. Zróżnicowana wrażliwość różnych przedstawicieli meiobentosu na zanieczyszczenie środowiska (fizyczne, chemiczne, biologiczne) powoduje, że zgrupowanie posiada odmienny skład w zależności od rodzaju oddziałujących czynników. Organizmy te najczęściej szybko reagują na zachodzące w środowisku wodnym zmiany (szereg gatunków jest stosowanych w biotestach toksyczności). Specyfika zgrupowania meiobentosu powoduje, że stanowi dogodny marker do określenia zmian nawet na niewielkim obszarze [Wojtasik 2016a].



Ryc. 1. Przedstawiciele meiobentosu słodkowodnego, zdjęcia mikroskopowe. Zdj. B. Wojtasik, opracowanie własne.

Bardzo pomocne w identyfikacji organizmów, które są przezroczyste, białe lub posiadają barwę w różnych odcieniach beżu i brązu, a także szarości, jest wybarwienie prób różem bengalskim (ryc. 2), co powoduje, że organizmy wybarwiają się na kolor intensywnie różowy, dotyczy to organizmów żywych w momencie pobrania próby. Zastosowanie metodyki wybarwiania różem bengalskim przedstawiono w kilku pracach [Wojtasik 2021b, Wojtasik i in. 2019, 2021]. Pozwala to dodatkowo ocenić, czy w wodzie nie znajdują się substancje toksyczne, które spowodowałyby brak wybarwienia organizmów, które już w chwili poboru prób byłyby martwe [Wojtasik 2021].



Ryc. 2. Przykładowe taksony meiobentosowe wybarwione różem bengalskim: A. Bivalvia (małże), B. Oligochaeta (skąposzczety), C. larwy Diptera (larwy muchówek, owady), D. Tardigrada (niesporczaki), E. Nematoda (nicienie), F. Cladocera (wioślarki), G. Copepoda (widłonogi), H. Arachnida (pajęczaki). Zdj. B. Wojtasik, opracowanie własne.

Pobór prób

Wybór stanowiska poboru prób w zbiorniku wodnym (jezioro, staw, sztuczny zbiornik zaporowy, stawy rybne i inne).

Jeśli miejsce zanieczyszczenia zbiornika jest znane lub widoczne (inny kolor wody, zapach, dodatkowe elementy w wodzie, których nie powinno być, np. beczki i wydobywające się z nich substancje), to można od razu przystąpić do poboru próbek, wykonując także dokumentację miejsca zdarzenia. Poza zaobserwowanym miejscem zrzutu należy pobrać próbki w ustalonych odległościach (w obu kierunkach), tak aby można było określić kierunek i zakres zanieczyszczenia.

Jednak, jeśli wiadomo tylko, że wystąpiło zanieczyszczenie i obejmuje rozległy obszar (nie jest widoczne miejsce zrzutu i/lub brakuje informacji o miejscu zanieczyszczenia), to procedura jest bardziej skomplikowana, należy wytypować miejsca lub rejony prawdopodobnego zrzutu zanieczyszczeń [Wojtasik 2014, 2016a].

dr Barbara Wojtasik

W celu wyboru stanowiska poboru prób należy:

- 1) dokładnie rozpoznać elementy, które występują w interesującym nas obszarze, nie w bezpośrednim sąsiedztwie linii brzegowej, typu: pojedyncze lub nieliczne budynki zabudowy trwałej i sezonowej, zadrzewienia typu las lub park, gospodarstwa rolne, w tym z hodowlą zwierząt, ośrodki wypoczynkowe, zabudowa miejska, przemysł (rodzaj prowadzonej działalności);
- 2) rozpoznać elementy zabudowy w bezpośrednim sąsiedztwie linii brzegowej: poza wyżej wymienionymi elementy umocnienia brzegu: betonowe, płotki, faszyny, siatki z kamieniami, umocnienia roślinnością, wychodzące do wody rury, przepusty wody, pomosty, zejścia do wody (drabinki);
- 3) określić, czy w strefie brzegowej występują:
 - roślinność wynurzona (najczęściej trzciny), pływająca i/lub zanurzona;
 - śmieci: rodzaj (butelki, puszki, części garderoby, opony, felgi, baterie, akumulatory itd.), materiał, z jakiego są wykonane (szkło, plastiki, metale, guma, tkaniny naturalne i syntetyczne, papier, kartony itd.);
 - większe, makroskopowe zwierzęta lub ich szczątki: ryby, płazy, gady, ptaki, ssaki, bezkręgowce (raki, małże, ślimaki i inne);

Elementy procedury wyboru stanowiska poboru prób oraz jego dokumentacji



1. Analiza map terenu badań



2. Obserwacja linii brzegowej w terenie



3. Identyfikacja elementów zabudowy



4. Obserwacja osadu dennego przez warstwę wody



5. Obserwacja osadu dennego po pobraniu próbek

Ryc. 3. Procedura wyboru stanowiska poboru prób. Zdj. B. Wojtasik, opracowanie własne.

- 4) określić, jaka jest przejrzystość wody (czy widać dno) i jaki jest rodzaj osadu dennego (mulisty, piaszczysty, żwirowy, kamienisty, szczątki organiczne lub mieszany);
- 5) ocenić zróżnicowanie charakteru zbiornika w linii brzegowej.

Po zapoznaniu się ze zróżnicowaniem okolicy oraz linii brzegowej zbiornika/rzeki należy wybrać stanowiska charakterystyczne uwzględniające działalność człowieka i naturalny charakter. Elementy procedury wyboru stanowiska oraz miejsca poboru prób przedstawiono na ryc. 3 i 4, na ryc. 5 przedstawiono metodykę wyboru miejsc zbioru podpróbek w obrębie jednego stanowiska badawczego.



Ryc. 4. Wybór stanowisk badawczych dla obszaru kąpieliska i jego okolicy: 1 – wewnątrz kąpieliska otoczonego pomostem, 2 – przed zabudowaniami, poza kąpieliskiem, 3 – po stronie kąpieliska, ale poza zasięgiem pomostu. Zdj. B. Wojtasik, opracowanie własne.



Ryc. 5. Przykład wyboru miejsc poboru podpróbek dla jednego stanowiska badawczego obejmującego fragment linii brzegowej jeziora: 1 – pomiędzy trzcinami, 2 – na granicy obszaru porośniętego trzcinami, 3 – fragment bez roślinności. Wszystkie podpróbki dotyczą jednego stanowiska badawczego, ale poprzez uwzględnienie jego różnorodności pozwolą lepiej zdiagnozować stan ekologiczny badanego miejsca. Zdj. B. Wojtasik, opracowanie własne.

dr Barbara Wojtasik

Wybór stanowiska poboru prób w wodach płynących (rzekach, potokach, strumieniach, kanałach i innych)

W przypadku wód płynących relatywnie łatwo można odróżnić odcinek, powyżej którego zanieczyszczenia nie występują. Natomiast może być pewnym problemem ocena dokładnego miejsca zrzutu zanieczyszczeń, jak również zasięgu ich oddziaływania. Na ryc. 6 i 7 przedstawiono przykładowy wybór stanowisk poboru próbek dla niewielkiej rzeki. Na ryc. 6 zaznaczono charakterystyczne elementy w linii brzegowej odbiegające od widoku naturalnego brzegu (bez ingerencji człowieka). Na kolejnej ryc. 7 zaznaczono stanowiska poboru próbek (profile w poprzek rzeki nr 1, 2, 3 i 4) oraz podpróbek (a, b, c) w poszczególnych profilach poprzecznych rzeki na stanowiskach badawczych. Przy czym w przypadku stanowiska 1 i 4 profile powinny wyglądać tak samo jak dla stanowisk 2 i 3, które zaznaczono w całości. Stanowisko 1 znajduje się powyżej prawdopodobnego zrzutu ścieków (rurą, wyciekami z gruntu lub rurą i wyciekami z gruntu), stanowisko 2 w profilu rury, stanowisko 3 w profilu wycieku z gruntu, stanowisko 4 poniżej obu stwierdzonych nieprawidłowości. Poniżej stanowiska 4 należałoby umieścić jeszcze dwa lub trzy kolejne dla określenia zasięgu zanieczyszczeń. Odległość od wypływu zanieczyszczeń stanowisk określających ich zasięg w dolnym biegu rzeki powinna wynosić do około 150–200 m.



Ryc. 6. Elementy antropopresji na badanym odcinku niewielkiej rzeki. Zdj. B. Wojtasik, opracowanie własne.



Ryc. 7. Profile badawcze uwzględniające możliwość pojawienia się zanieczyszczeń z elementów nieznanego pochodzenia znajdujących się w linii brzegowej rzeki. Zdj. B. Wojtasik, opracowanie własne.

Procedura poboru próbek

Analizy ilościowe i jakościowe

Do analiz ilościowych potrzebna jest informacja dotycząca określonej powierzchni i/lub objętości, z jakiej została zebrana próbka. Natomiast analizy jakościowe nie mają takiego wymogu, służą przede wszystkim ocenie bioróżnorodności. W przypadku analiz stanu ekologicznego za pomocą meiobentosu MeioEco procedura opiera się na próbach ilościowych, natomiast dalsze analizy prowadzone są w kierunku ilościowym i jakościowym (próbki ilościowe mogą służyć do analiz jakościowych, natomiast jakościowe tylko w przybliżeniu mogą oddać parametry ilościowe). W tym celu materiał pobiera się najczęściej czerpakami o określonej powierzchni, które wycinają fragment powierzchniowej warstwy osadu z dna (powierzchniowa warstwa osadu – do około 5 cm miąższości) wraz z wodą naddenną. W przypadku analiz meiobentosu z płytkich stanowisk (do około 1 m głębokości) materiał można pobrać probówkami typu „Falcon” 50 ml, które posiadają średnicę $\varphi = 2,5$ cm. Próbkę można też pobrać dowolnym czerpaczem o znanej powierzchni (słoik, moczuwka, próbki o różnej średnicy). Jednak im większa średnica, tym trudniej jest wyciąć z podłoża osad w całości. Na danym stanowisku poboru próbek pobiera się standardowo trzy podpróbki, pozwala to opisać zróżnicowanie bądź jednorodność badanego niewielkiego obszaru. W przypadku braku jakiegokolwiek pojemnika pozwalającego wyciąć fragment osadu lub poboru próbek z twardego, kamienistego dna można zebrać osad z określonej, ustalonej powierzchni, należy jednak zebrać osad dokładnie z całości wyznaczonego obszaru. Nie należy odsączać próbki, ani części z niej wyrzucać. Należy zanotować powierzchnię, z jakiej została zebrana próbka. W takim przypadku nadal możliwe będzie przeprowadzenie analiz ilościowych.

dr Barbara Wojtasik

Proponowana karta charakterystyki dla próbki/próbek z jednego stanowiska badawczego

Numer stanowiska, data, godzina	
Nazwa rzeki, jeziora	
Nazwa stanowiska (np. przy pomoście, kładce, parkingu)	
Nazwa najbliższej miejscowości	
Współrzędne geograficzne	
Zagospodarowanie terenu poza linią brzegową	
Zagospodarowanie w linii brzegowej	
Roślinność	
Przepusty, rury, umocnienia brzegu	
Śmieci (rodzaje, ilość)	
Zwierzęta makroskopowe	
Wędkarze, turyści, plażowicze	
Wypas zwierząt gospodarskich, wodopój	
Przejrzystość wody (fotografia)	
Kolor wody (przydatna jest fotografia)	
Rodzaj osadu dennego	
Dane dotyczące zebranego materiału	
Liczba podpróbek	
Powierzchnia osadu dla jednej podpróbki (jeśli zebrane są z różnej powierzchni, należy podać powierzchnię dla konkretnej podpróbki)	
Rodzaj czerpaka, jakim były pobierane próbki	
Inne informacje	

Dodatkowo w dokumentacji dotyczącej stanowisk należy wykonać szkic lub na zdjęcie nanieść miejsca poboru próbek.

Przygotowanie próbek do transportu do laboratorium

Konserwowanie próbek

Próbki najlepiej jest zakonserwować alkoholem etylowym (spirytusem), tak aby stężenie końcowe wynosiło około 70% (nie mniejsze niż 50%), czyli przy szacowaniu stężenia końcowego uwzględnić objętość wody w próbce. Z uwagi na toksyczność i kancerogenność nie należy stosować formaldehydu (formaliny). Natomiast można stosować denaturat zarówno bezbarwny, jak i filetowy, jednak nie z domieszkami rozpuszczalnika.

Próby dobrze jest przechowywać w lodówce, zwłaszcza jeśli stężenie spirytusu jest dość niskie, około 50%. W sytuacji, gdy brakuje środka konserwującego, próby można zamrozić. Ale w takim przypadku muszą dojechać do laboratorium zamrożone. Nie można ich rozmrażać i ponownie zamrażać (organizmy ulegną degradacji).

Analiza próbek

Próbki można przekazać do laboratorium zajmującego się analizami zgrupowania meio-bentosu lub można przeprowadzić analizy samodzielnie.

Przygotowanie próbek do analiz

Próbki należy wybarwić roztworem wodnym różu bengalskiego (Bengal Rose sodium salt). Roztwór powinien mieć stężenie około 0,1 g różu bengalskiego na 0,5 dm³ wody destylowanej. W zależności od ilości wody w próbce dodaje się od kilku kropli na kilka ml roztworu, przy czym ważne jest, aby kolor próbki był zdecydowanie różowy. Wybarwiony materiał pozostawia się na co najmniej 2–3 godziny, najlepiej na około dobę. Po wybarwieniu próbek należy je przepłukać bieżącą wodą wodociągową na sicie o oczkach 0,042 mm (gaza młyńska). Po przepłukaniu próbkę przenosi się na szalki Petriego (w zależności od ilości osadu na jedną bądź kilka szalek), a następnie należy zidentyfikować organizmy meio-bentosowe (główne taksony) i zapisać ich liczbę dla danego taksonu i próby (podpróbki). W przypadku dużej liczby organizmów w próbce wskazane jest podzielenie jej na kilka części, w celu łatwiejszego policzenia osobników i uniknięcia pominięcia lub kilkukrotnego liczenia tych samych osobników. Należy zliczać osobno osobniki wybarwione na różowo (żywe w momencie pobrania próby) i niewybarwione (jeśli występują).

Analiza uzyskanych wyników

Dalsza procedura polega na zastosowaniu w opracowaniu danych aplikacji komputerowej MeioEco, która w oparciu o wartości: N10 (liczbę osobników występującą na 10 cm²), Ntaxa (liczbę głównych taksonów meio-bentosowych) i Bw (wskaźnik równowagi taksonomicznej) przeprowadza analizę 3D i przypisuje uzyskanym wartościom jedną z 8 klas stanu ekologicznego / trofii (rozwoju żywności zbiornika wodnego/rzeki). Uzyskane wyniki w postaci ustalonych kolorów umieszczane są na mapie, fotografii lub szkicu. Pozwala to na znalezienie miejsc zarówno bardzo dobrej jakości dla badanego obszaru, jak i krytycznych: miejsc szczególnie zanieczyszczonych, zrzutów ścieków, degradacji biologicznej, chemicznej lub fizycznej środowiska [Wojtasik 2020, 2021].

Dalsze prace nad udoskonaleniem metody MeioEco polegają na połączeniu analiz meio-bentosowych z obrazami uzyskanymi z drona, równoczesnym zbiorze próbek i wykonaniu zdjęć strefy brzegowej [Wojtasik, Różański 2018]. Pozwala to na interpolację wyników analizy MeioEco i tworzenie map stanu ekologicznego obszarów objętych badaniem. Stanowi to kolejne ułatwienie w identyfikacji miejsc zrzutu zanieczyszczeń i określenia zasięgu katastrofy.

dr Barbara Wojtasik

Bibliografia

- Wojtasik B. 2010, *Meiobentos jako wskaźnik zmian środowiskowych w zbiornikach słodkowodnych. Meiobenthos as an environmental changeability conditions indicator in freshwater reservoirs*, w: R. Wiśniewski (red.), *Ochrona i rekultywacja jezior*, Salus Toruń: 185–203.
- Wojtasik B. 2013a, *Fauna obca dla Polski: potencjalne zagrożenie dla środowiska naturalnego i ludności. Alien fauna in Poland*, w: R. Wiśniewski (red.), *Ochrona i rekultywacja jezior*, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Toruń: 227–237.
- Wojtasik B. 2013b, *Ocena, diagnoza, naprawa (ODN): kompleksowa metoda ochrony zbiorników wodnych. Assessment, Diagnosis and Remediation (ADR): a comprehensive method for protecting water basins*, w: R. Wiśniewski (red.), *Ochrona i rekultywacja jezior*, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Toruń: 239–248.
- Wojtasik B. 2013c, *Ecological condition of small water reservoirs of Wdzydze Landscape Park (Northern Poland) based on meiobenthos assemblages analyzes*, TEKA Komisji Ochrony i Kształtowania Środowiska – OL PAN, 10: 504–514.
- Wojtasik B. 2014, *Zróznicowanie stref zanieczyszczenia jeziora w aspekcie jego ochrony, wyboru metody i kosztów rekultywacji*, w: B. Pawłowski (red.), *Problemy rekultywacji jezior ze szczególnym uwzględnieniem Jeziora Suskiego*, UM w Suszu i Wydział Nauk o Ziemi UMK, Oficyna wydawnicza „Turpress”, Susz–Toruń: 105–118.
- Wojtasik B. 2015a, *Ochrona bioróżnorodności a gatunki obce*, w: G. Filipczuk-Szester (red.), *Dialog przedsiębiorcy z Naturą 2000*, Gdańsk: 41–44.
- Wojtasik B. 2015, *Ochrona zbiorników wodnych i rzek – zarys zagadnienia*, w: G. Filipczuk-Szester (red.), *Dialog przedsiębiorcy z Naturą 2000*, Gdańsk: 33–40.
- Wojtasik B. 2016a, *Opis założeń metodyki analiz programu MeioEco wraz z przykładami*, w: B. Wojtasik, J. Sosiński, P. Pacyga, *MeioEco.com program do analiz stanu ekologicznego*, (<http://portal.meioeco.com>; <http://portal.meioeco.pl>).
- Wojtasik B. 2016b, *Meiobenthos – different definitions and criteria applied*, w: B. Wojtasik, J. Sosiński, P. Pacyga, *MeioEco.com application for ecological status analysis*, (<http://portal.meioeco.com>; <http://portal.meioeco.pl>).
- Wojtasik B. 2016c, *Wskaźnik równowagi teksonomicznej Bw, formuła matematyczna i zastosowanie*, w: B. Wojtasik, J. Sosiński, P. Pacyga, *MeioEco.com program do analiz stanu ekologicznego*, (<http://portal.meioeco.com>; <http://portal.meioeco.pl>).
- Wojtasik B. 2017, *Ochrona*, w: *Ocalmy piękno jezior kaszubskich – niezbędny użytkownik jezior*, Kartuzy: 56–82, (<http://fundacja-salomea.org/wp-content/uploads/2015/11/PUBLIKACJA-1-luty.pdf>).
- Wojtasik B. 2018, *Zgrupowanie meiobentosu Zalewu Wiślanego jako wskaźnik jego stanu ekologicznego*, w: J. Bolatek (red.), *Zalew Wiślany*, PWN: 288–298.
- Wojtasik B. 2020a, *Rekultywacja zdegradowanego środowiska oraz nowoczesna gospodarka odpadami jako działania strategiczne w podniesieniu bezpieczeństwa państwa, w szczególności w sytuacji zagrożenia epidemicznego. Wyzwania dla Polski w kontekście zmian w środowisku bezpieczeństwa*, *Globstate* nr 2: 249–273.
- Wojtasik B. 2020b, *Zgrupowanie organizmów meiobentosowych w ujednoczonym systemie oceny stanu ekologicznego zbiorników wodnych i rzek, w szczególności osadów dennych oraz do tworzenia map stanu ekologicznego. Patent Pat.236723, Urząd Patentowy RP (wniosek patentowy nr P.406458).*

- Wojtasik B. 2020c, *Ecological condition of rivers described by meiobenthic assemblages analysis*, Su Problemləri. Elm və Texnologiyalar, "Water Problems" 1, 15: 99–116.
- Wojtasik B. 2021a, *Meiobentos jako wskaźnik gwałtownych katastrof środowiskowych na przykładzie wpływu pożaru zakładu „Polifarb” na stan ekologiczny rzeki Kaczej w Gdyni*, w: R. Czerniawski (red.). *Funkcjonowanie i ochrona wód płynących*: 251–262.
- Wojtasik B. 2021b, *Sposób oceny porostania i/lub korozji biologicznej struktur porowatych przez organizmy żywe*. Patent Pat.237271, Urząd Patentowy RP (wniosek patentowy nr P.421947).
- Wojtasik B. 2022, *Bioróżnorodność osadów dennych Zatoki Puckiej na podstawie analiz zgrupowania meiobentosu*, w: J. Bolałek, D. Burska (red.), *Zatoka Pucka*, t. III, *Aspekty świata ożywionego*, Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego: 157–177.
- Wojtasik B. 2023, *Zanieczyszczenie wód powierzchniowych zasoleniem jako czynnik ograniczający bioróżnorodność i bezpieczeństwo ludności*. *Surface water pollution with salinity as a factor limiting biodiversity and safety of the population*, w: T. Heese (red.), *Ochrona i rekultywacja wód*, Wydawnictwo Towarzystwa Naukowego w Toruniu: 67–76.
- Wojtasik B., Burska D. 2015, *Stan ekologiczny jezior kartuskich*, w: T. Dyl-Sosnowska (red.), *Piękne i brudne, czyli rzecz o jeziorach kartuskich*, Kartuzy: 35–54.
- Wojtasik B., Czerniawska-Kusza I. 2023, *Stan meio- i makrofauny w rejonie Opola, sierpień 2022 r.*, POTAMON (w druku).
- Wojtasik B., Kupiec J.M. 2023, *Wzrost zasolenia i mętności wód powierzchniowych Wielkopolski – dane dla wybranych stanowisk z okresu letnie 2022 r.* POTAMON (w druku).
- Wojtasik B., Nowiński K., Staniszevska W., Kheireddine, A. 2019. *Seasonal variability of meiobenthic assemblages inhabiting the Nottinghambukta tidal flat, SW Spitsbergen*, *Limnological Review*, 4: 175–189.
- Wojtasik B., Różański K.M. 2018, *Nowa metoda monitoringu strefy brzegowej zbiorników wodnych oparta o technikę zdjęć z drona i analizy MeioEco*. *New monitoring method of water reservoir's littoral zone based on pictures from drone combined with MeioEco analysis*, XXIV Zjazd Polskiego Towarzystwa Hydrobiologicznego, Wrocław 2018: 250–251.
- Wojtasik B., Sosiński J., Pacyga P. 2016, *MeioEco.com program do analiz stanu ekologicznego*, (<http://portal.meioeco.com>; <http://portal.meioeco.pl>).
- Wojtasik B., Sosiński J., Pacyga P. 2018, *MeioEco – nowa aplikacja do analiz stanu ekologicznego i bioróżnorodności*. *MeioEco – the new application for ecological status and biodiversity analysis*, XXIV Zjazd Polskiego Towarzystwa Hydrobiologicznego, Wrocław 2018: 252–253.
- Wojtasik B., Wiśniewski W. 2014, *Kompleksowa procedura ochrony zbiorników wodnych: ocena stanu ekologicznego, diagnoza metod rekultywacji i naprawa (ODN)*. *The comprehensive method for protecting water reservoirs: assessment of the ecological status, diagnosis of repair methods and remediation (ADR)*, w: J. Skowronek (red.), *Innowacyjne rozwiązania rewitalizacji terenów zdegradowanych*, Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych w Katowicach, Katowice: 80–90.
- Wojtasik B., Zbawicka M., Grabarczyk L., Kurpińska M. 2019, *The lethal effect of hydrotechnical concrete on freshwater Bivalvia*, *Limnological Review* 19, 3: 137–145.
- Wojtasik B., Zbawicka M., Grabarczyk L., Juzwa W. 2021, *Flow cytometric approach to evaluate the impact of hydro-technical concrete compounds' release to the freshwater microbiome*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 11: 1–8. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09481-5>.

ISBN 978-83-66957-41-1