

AEROPALINOLOGIA – BADANIA ZAWIESINY PYŁKU W POWIETRZU

Aeropalynology – investigation on airborne pollen

Małgorzata LATAŁOWA, Małgorzata GÓRA

Summary. The article presents the main aspects of aeropalynology. An outline of the history of the aerobiological studies and development of sampling methods with special reference to allergological investigations have been described. The importance of the airborne pollen monitoring have been emphasised. The pollen calendar for the most important trees and herbs elaborated for the Gdańsk-Gdynia area is discussed as an example of this kind of study. The usefulness of aeropalynological data collected by gravimetric methods to the palaeoecological reconstructions is shown.

Key words: aeropalynology, allergenic pollen, pollen calendar, palaeoecology

Dr hab. Małgorzata Latałowa, Mgr Małgorzata Góra, Pracownia Paleoekologii i Archeobotaniki, Katedra Ekologii Roślin i Ochrony Przyrody, Uniwersytet Gdański, Al. Legionów 9, 80–441 Gdańsk

WSTĘP

Rokrocznie roślinność produkuje ogromne ilości pyłku, który przedostając się do atmosfery stanowi najpierw istotny składnik zawieszoności w powietrzu aeroplanktonu, a następnie opada na ziemię. Skalę tego zjawiska określają wielkie liczby, za przykład mogą tu służyć cytowane często dane Pohla [41], który podaje między innymi, że jeden męski kwiatostan *Rumex acetosa* produkuje około 400 mln ziarn pyłku, kwiatostan sosny prawie 6 mln, a ołszy blisko 5 mln. Szacuje on, że produkcja pyłku przez hektar lasu może być określana w bilionach ziarn pyłku. Badania Koskiego [30] wskazują, że fińskie lasy sosnowe wytwarzają między 10 a 80 kg pyłku na hektar w ciągu sezonu wegetacyjnego, co odpowiada opadowi około 30–280 tysięcy ziarn pyłku/cm²/rok.

Badaniami nad pyłkiem zdeponowanym na powierzchni ziemi, a następnie zakonserwowanym w utworach geologicznych, zwłaszcza w osadach jeziornych, torfach i glebach kopal-

nych, zajmuje się analiza pyłkowa, której zadaniem jest przede wszystkim rekonstrukcja historii roślinności. Natomiast zawiesina pyłku w powietrzu oraz jego współczesny opad są przedmiotem badań aeropalinoLOGII, dziedziny mającej podstawowe znaczenie z jednej strony w profilaktyce i leczeniu wywoływanych przez pyłek chorób alergicznych, z drugiej zaś w budowaniu podstaw dla interpretacji paleoekologicznych. Obie te dziedziny, odległe zarówno ze względu na cele, jak i metody badań, łączy wiedza na temat produkcji i rozprzestrzeniania się ziarn pyłku, oraz próby określenia związków między roślinnością a jej reprezentacją w materiale pyłkowym.

Analiza pyłkowa ma ugruntowaną tradycję, a jej dynamiczny rozwój w ciągu ostatnich 30 lat sprawił, że wyniki uzyskane tą metodą coraz częściej służą rozwiązywaniu problemów tylko pośrednio związanych z historią roślinności. AeropalinoLOGIA jest dziedziną znacznie mniej znaną, lecz zainteresowanie nią rośnie w ostatnich latach zarówno w Polsce, jak i w wielu in-

nych krajach europejskich. Celem artykułu jest przedstawienie metod i podstawowych celów badań aeropalinologicznych oraz możliwości ich wykorzystania nie tylko w alergologii, lecz również w paleoekologii.

HISTORIA BADAŃ I ROZWÓJ APARATURY POMIAROWEJ

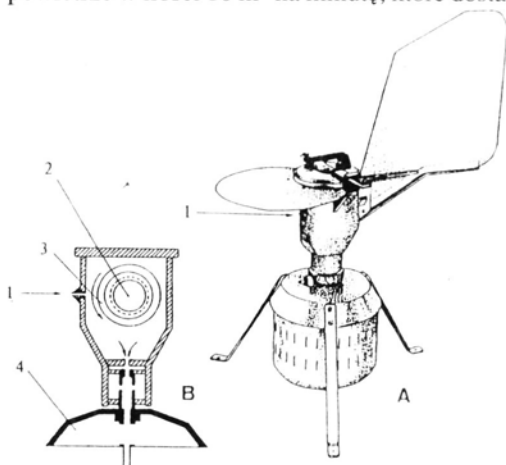
Aeropalinologia (innym często używanym terminem jest aerobiologia, zwłaszcza jeśli przedmiotem badań poza ziarnami pyłku są zarodniki grzybów, glony, czy bakterie) niewątpliwie rozwinęła się w związku z występowaniem alergii pyłkowych. Po raz pierwszy objawy kataru siennego opisał w 1818 roku amerykański lekarz J. Bostock, który równocześnie wyraził przypuszczenie na temat związku między chorobą a kwitnieniem roślin. Jednak dopiero pół wieku później angielski lekarz Ch. Blackley, który sam cierpiał na alergię, udowodnił eksperymentalnie przyczynę tego zjawiska przez wtarcie sobie w worki spojówkowe pyłku traw [32]. Blackley udokumentował także obecność pyłku w powietrzu przez eksponowanie szkiełek mikroskopowych powleczonych lepką substancją, a nawet umieszczając takie szkiełka na powierzchni latawców. Zawdzięczamy mu również pierwsze regularne obserwacje aeropalinologiczne i wykresy zawartości pyłku w powietrzu [32].

Przez okres ostatnich ponad stu lat, z jednej strony nadal powszechnie stosowano proste metody grawimetryczne rejestrujące opad pyłku na jednostkę powierzchni, polegające na ekspozycji szkiełek mikroskopowych powleczonych substancjami chwytynymi (należy tu także aparat Durhama [16]) lub naczyń zawierających mieszaninę konserwującą (można tu zaliczyć pułapkę Taubera [51]) oraz metody, które zmierzały do pomiaru zawiesiny pyłku w powietrzu (do najprostszych wspominanych w literaturze należą zawieszane na drzewie nylonowe pończochy nasycone mieszaniną gliceryny i żelatyny, kawałki muślinu lub taśmy przyklepnej), z drugiej zaś strony konstruowano różne, coraz bardziej skomplikowane urządzenia [18, 32, 43]. Do najwcześniejszych, opracowanych specjalnie pod

kątem badań aeropalinologicznych, należał aparat zaprojektowany przez wspomnianego wyżej lekarza Ch. Blackleya, który przede wszystkim ze względu na obecność skrzydła orientującego powierzchnię chwytyną w zależności od kierunku wiatru można uznać za prototyp dzisiejszych aparatów Burkarda.

Do rozwoju urządzeń ssących (metody wolumetryczne), wyłapujących w sposób aktywny cząsteczki zawieszone w powietrzu, przyczyniły się badania pierwszych mikrobiologów. Jeszcze w ubiegłym wieku specjalne aeroskopy zbudowali między innymi L. Pasteur, A. Pouchet i D. Cunningham [1, 32]. Przez wiele lat do badań aeropalinologicznych używano też różnego rodzaju respiratorów. Obecnie, do najbardziej rozpowszechnionych w Europie należą aparaty Burkarda oraz VPPS 2000 (Lanzoni), oba o podobnych parametrach technicznych, wzorowane na aparacie skonstruowanym przez Hirsta (1952).

Aparat Burkarda (Ryc. 1), stosowany również w badaniach aeropalinologicznych prowadzonych w Polsce, jest urządzeniem automatycznym, zasilanym przez prąd, lokowanym najczęściej na dachach budynków na wysokości od kilkunastu do 30 metrów nad ziemią. Zasysa on powietrze w ilości 10 m³ na minutę, które dosta-



Ryc. 1. Aparat Burkarda – widok zewnętrzny (A) i przekrój (B). 1 – wlot powietrza, 2 – mechanizm zegarowy, 3 – bęben, 4 – pompa próżniowa.

Fig. 1. The Burkard trap – external view (A) and a cross-section (B). 1 – orifice, 2 – clockwork motor, 3 – drum, 4 – vacuum pump.

je się do wnętrza aparatu przez wąski wlot. Wszelkie cząsteczki zawieszone w powietrzu są wylapywane przez lepką taśmę naciągniętą na bęben poruszany mechanizmem zegarowym, który przesuwa się z prędkością 2 mm na godzinę eksponując kolejne fragmenty taśmy naprzeciw otworu, którym wpada powietrze. Po pełnym obrocie bębna (7 dni) odcinki taśmy analizowane są pod mikroskopem. Aparat jest wyposażony w specjalne skrzydło umożliwiającej orientację otworu wlotowego zgodnie z kierunkiem wiatru. Urządzenie to pozwala na pomiar koncentracji pyłku i zarodników grzybów w m³ powietrza w kolejnych godzinach.

W Polsce badania aeropalinologiczne pod kątem alergologii zapoczątkowano prawie 60 lat temu. Już w 1939 roku krakowski lekarz M. Obtułowicz opublikował pierwszy kalendarz pyłkowy [40], jednak do niedawna analizy tego typu wykonywano sporadycznie. Wśród najwcześniejszych prac wymienić należy między innymi badania prowadzone w Krakowie (1964–1967) przez W. Koperową [33], w Warszawie (1964 rok) przez M. Dąbrowskiego [14] i w latach 1973–1974 przez E. Zawiszę [54] oraz w Łodzi (1978–1979) przez K. Buczyłko [8]. Po raz pierwszy regularne, wieloletnie pomiary metodą grawimetryczną podjął w 1982 roku K. Szczepanek w Krakowie [49, 50]. W 1989 roku rozpoczęto budowę sieci monitoringowej prowadzącej stały pomiar zawartości pyłku roślin i zarodników grzybów w powietrzu w wielu punktach na terenie całego kraju [44].

Pierwsze polskie badania nad stosunkiem współczesnych spektrów pyłkowych do roślinności prowadzili M. Bremówna i M. Sobolewska [7] oraz M. Borowik-Dąbrowska [4, 5] i M. Dąbrowski [15].

MONITORING AEROBIOLOGICZNY

Potrzeby w zakresie regularnych pomiarów stężenia pyłku i zarodników w powietrzu wynikają z gwałtownie rosnącej liczby zachorowań na alergię pyłkowe, szczególnie na obszarach zanieczyszczonych przez przemysł oraz na terenach zurbanizowanych, charakteryzujących się wysoką zawartością spalin w powietrzu [6, 12,

39]. Badania wskazują, że szczególnie cząsteczki obecne w spalinach silników diesla mogą działać stymulująco na produkcję swoistych przeciwciał IgE przeciw alergenom zawartym w ziarnach pyłku [36]. Ocenia się, że na alergię pyłkowe cierpi 5–15% populacji europejskiej, a odsetek ten może być znacznie wyższy wśród osób młodych oraz na terenach o zanieczyszczonym środowisku [35, 44].

Zachorowania i natężenie objawów pyłkowicy są uzależnione nie tylko od skłonności organizmu, lecz przede wszystkim od właściwości alergennych samych ziarn pyłku, które są różne dla poszczególnych gatunków roślin, oraz od poziomu stężenia pyłku w atmosferze [37]. Do szczególnie alergennych należy więc pyłek wielu roślin wiatropylnych, który osiąga znaczną koncentrację w powietrzu, między innymi *Poaceae*, *Betula*, *Alnus*, *Corylus*, *Rumex*, *Artemisia*, a na innych terenach europejskich także *Olea*, *Ambrosia*, *Parietaria*. Silnie alergennych jest też wiele innych gatunków roślin, jak np: lipy, komosy lub babki, jednak ich pyłek rzadko osiąga stężenia mogące wywołać alergię. Z kolei pyłek sosny, topoli i pokrzywy, który pojawia się w ogromnych ilościach, z lekarskiego punktu widzenia nie przedstawia większego problemu ze względu na słabe właściwości alergenne.

W profilaktyce i leczeniu chorób alergicznych wywoływanych przez pyłek roślinny niezwykle cennym źródłem informacji jest kalendarz pyłkowy wykonany dla określonego obszaru, na podstawie wieloletnich pomiarów. Stanowi on podstawę dla prognozy przebiegu przyszłego lub bieżącego sezonu wegetacyjnego pod kątem charakterystyki aeropalinologicznej. Ze względu na zróżnicowanie roślinności, warunków klimatycznych, a tym samym faz fenologicznych, kalendarz pyłkowy zachowuje pełną wartość jedynie dla ściśle zdefiniowanego obszaru [46]. Mimo to, wieloletnie badania aeropalinologiczne prowadzone w licznych ośrodkach wskazują, że przebieg sezonu pyłkowego odnotowany na tych samych stacjach pomiarowych w kolejnych latach może znacznie się różnić [17, 29, 47]. Dotyczy to zarówno początku, długości, jak i intensywności sezonu. Wpływają

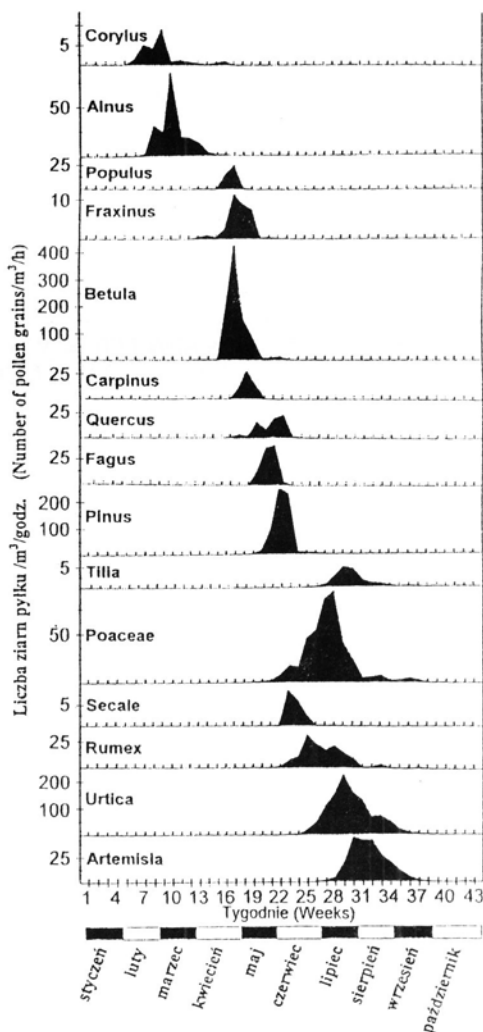
na te procesy przede wszystkim bardzo złożone kombinacje warunków meteorologicznych zarówno bieżącego, jak i poprzedzającego sezonu wegetacyjnego, które w niejednakowy sposób kształtują przebieg kwitnienia i rozprzestrzeniania się pyłku poszczególnych gatunków roślin.

Monitoring aerobiologiczny, który polega na stałym pomiarze wysokości stężenia pyłku i zarodników najważniejszych gatunków alergennych szczególnie w okresie sezonu wegetacyjnego, ma istotne znaczenie w aktualizowaniu danych wynikających z kalendarzy pyłkowych. Aktualne notowania służą zaś nie tylko do oceny bieżącej sytuacji alergologicznej, ale pozwalają też na uściślenia prognoz. W ich formułowaniu dużą rolę odgrywa sieć monitoringu aerobiologicznego – między innymi na podstawie informacji ze stacji pomiarowych w Polsce południowej i środkowej przewidywać można początek pylenia większości drzew na obszarze Pobrzeża. W 1986 roku w Bazylei (Szwajcaria) International Association for Aerobiology (IAA) powołało grupę roboczą European (Pollen and Spore) Allergy Network (EAN) z siedzibą w Wiedniu, której zadaniem jest integracja stacji monitoringowych pracujących na terenie Europy [38, 46]. Powołanie EAN przyczyniło się z jednej strony do standaryzacji badań, z drugiej zaś nadsyłane do bazy danych w Wiedniu wyniki pomiarów służą wymianie informacji między poszczególnymi stacjami w celu budowania prognoz dla konkretnych obszarów. Umożliwia to również prognozowanie sytuacji aeropalinologicznej w skali europejskiej, w tym opracowanie map pylenia roślin najistotniejszych z punktu widzenia alergologii [11].

KALENDARZ PYŁKOWY DLA TRÓJMIASTA

Jako przykład kalendarza pyłkowego mogą służyć wyniki badań otrzymane w Trójmieście. W 1994 roku rozpoczęto tu regularne pomiary aerobiologiczne, których celem jest przede wszystkim opracowanie kalendarza palinologicznego oraz charakterystyka głównych czynników, które wpływają na kształtowanie się sezonu pylenia na tym obszarze [31]. Równocześnie badane są relacje między koncentracją pyłku

w powietrzu (metoda wolumetryczna) oraz wartościami jego opadu na jednostkę powierzchni, na różnych wysokościach (metoda grawimetryczna). Podstawą pierwszego kalendarza pyłkowego (Ryc. 2) są wyniki pomiarów w latach 1994–1995 z dwóch aparatów Burkarda zlokalizowanych w Gdyni i w Gdańsku na dachach budynków, na wysokości 21 m i 31 m nad ziemią. W okresie tym stwierdzono na taśmach aparatów występowanie pyłku około 40 taksonów. Pyłek większości z nich zanotowano w niezna-



Ryc. 2. Kalendarz pyłkowy dla Trójmiasta (1994–1995)

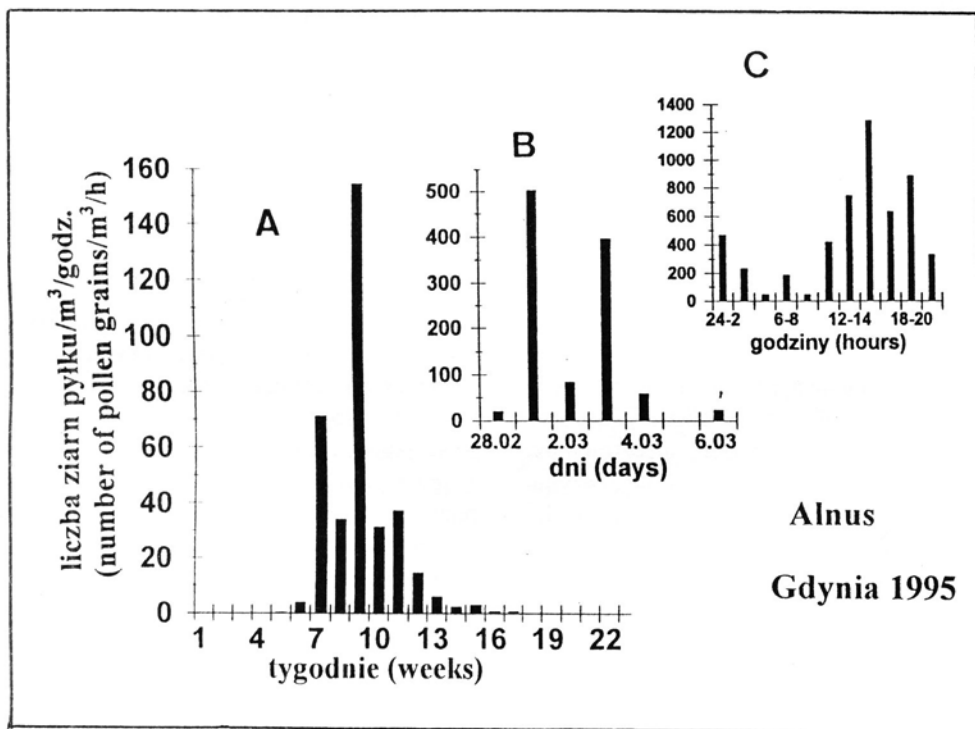
Fig. 2. Pollen calendar for the Gdańsk-Gdynia area (1994–1995)

cznych ilościach; poniżej przedstawiono jedynie niektóre dane.

W latach 1994 i 1995 sezon pylenia w Trójmieście rozpoczął się na początku lutego i praktycznie zakończył się w drugiej połowie września (Ryc. 2). Jako pierwszy, między piątym (1995) a siódmym (1994) tygodniem roku, pojawił się pyłek *Corylus*, a następnie, zaledwie kilka dni później, *Alnus*. Przebieg sezonu pyłkowego obu drzew różnił się przede wszystkim wysokością osiągniętych stężeń, które były niemal 10-krotnie wyższe w przypadku olszy. Dotyczy to nie tylko przedstawionych na kalendarzu średnich tygodniowych, lecz także pomiarów średnich dziennych wartości, które w przypadku leszczyny wynosiły maksymalnie 13 ziarn pyłku w 1 m³ powietrza/godzinę, podczas gdy pyłek olszy okazjonalnie występował w ilości przekraczającej nawet 160 ziarn/m³/godz. Wraz ze spadkiem udziału pyłku olszy i leszczyny, na

przełomie marca i kwietnia, w atmosferze Trójmiasta pojawiał się pyłek *Salix*, *Populus*, *Fraxinus*, *Betula*, *Carpinus*, *Quercus* i *Fagus*. Kulminował on niemal równocześnie dla wszystkich gatunków na przełomie kwietnia i maja. Szczególne znaczenie miał pyłek brzozy, którego średnia koncentracja w niektórych dniach przekraczała 300, a dochodziła do 600 ziarn/m³/godz. W połowie maja zaczynał się sezon pylenia sosny, który trwał 2–3 tygodnie. W obu latach koncentracja pyłku *Pinus* osiągała wysokie wartości; maksymalną średnią dzienną (530 ziarn/m³/godz.) odnotowano na stacji pomiarowej w Gdyni w 1995 roku. Jako ostatnia wśród drzew, pod koniec czerwca, zaczynała kwitnąć lipa.

Okres lata charakteryzuje się przede wszystkim obecnością pyłku roślin zielnych w powietrzu. Pojedyncze ziarna pyłku traw pojawiały się w Trójmieście w połowie maja, ale ich



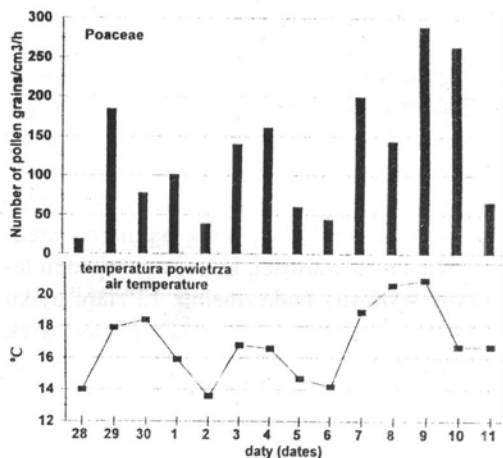
Ryc. 3. Tygodniowe (A), dzienne (B) i dobowe (C) wahania koncentracji pyłku *Alnus* na stacji monitoringowej w Gdyni (1995). Dane dzienne przedstawiono dla okresu od 28 lutego do 6 marca, natomiast dane dobowe dla 1 marca.

Fig. 3. Weekly (A), daily (B) and diurnal (C) fluctuations in the *Alnus* pollen concentration on the monitoring station in Gdynia (1995). Daily data for the period 28 February – 6 March, and diurnal data for 1 March is presented.

udział w aeroplanktonie wyraźnie wzrastał dopiero z początkiem czerwca. W pierwszej połowie czerwca obecny był również pyłek żyta, którego średnie wartości tygodniowe nie przekraczały co prawda kilku ziarn w 1 m^3 powietrza, jednak wartości dzienne (maks. $16 \text{ ziarn/m}^3/\text{godz.}$) i godzinowe (maks. 60 ziarn/m^3) były znacznie wyższe. Sezon pylenia traw był stosunkowo długi osiągając najwyższą intensywność pod koniec czerwca i na początku lipca (średnie dzienne między 70 a $100 \text{ ziarn/m}^3/\text{godz.}$). W obu latach pyłek *Poaceae* tracił znaczenie pod koniec lipca, lecz w niskich stężeniach utrzymywał się nawet we wrześniu. W tym samym czasie co trawy, stosunkowo wysokie wartości dzienne (maks. $50 \text{ ziarn/m}^3/\text{godz.}$) osiągał *Rumex*. W połowie czerwca rósł udział pyłku *Urtica*, który należy w Trójmieście do najsilniej reprezentowanych w materiale aerobiologicznym. Jego średnie wartości dzienne osiągały $330 \text{ ziarn/m}^3/\text{godz.}$ Do istotnych z punktu widzenia aerobiologii należy też *Artemisia*. Jej sezon jest wyraźnie przesunięty w kierunku późnego lata, a maksymalne wartości (średnia dzienna około $40 \text{ ziarn/m}^3/\text{godz.}$) w ubiegłych latach występowały na przełomie lipca i sierpnia oraz w pierwszej połowie sierpnia.

Kalendarz pyłkowy oparty zazwyczaj na 7-mio lub 10-cio dniowych średnich, często waloryzowanych wartościach, pokazuje przede wszystkim ogólne tendencje i prawidłowości w przebiegu sezonu na określonym obszarze. Są to krzywe w znacznym stopniu spłaszczone, które nie ilustrują realnych wartości koncentracji pyłku. Wartości te są uzależnione od wielu czynników, przede wszystkim meteorologicznych i podlegają znacznym wahaniom w ciągu doby, a także w kolejnych dniach. Badania przy pomocy aparatów Burkarda umożliwiają taką dokładną analizę koncentracji pyłku i zarodników nawet w poszczególnych godzinach. Przykładem mogą być tu wyniki obrazujące zmiany zawartości pyłku olszy na stacji w Gdyni w 1995 roku w skali sezonu, wybranego tygodnia i konkretnej doby (Ryc. 3). Tego typu pomiary pozwalają też na analizę zależności między koncentracją pyłku a warunkami meteorologicznymi. Na stacji

pomiarowej w Gdyni udało się na przykład uchwycić ścisłą korelację między wysokością stężenia pyłku traw a temperaturą powietrza (Ryc. 4), podczas gdy inne czynniki pogodowe nie miały w tym wypadku większego znaczenia [31].



Ryc. 4. Dienne wahania koncentracji pyłku traw i średniej temperatury powietrza na stacji monitoringowej w Gdyni w okresie od 28 czerwca do 11 lipca 1995 roku

Fig. 4. Daily fluctuations in the grass pollen concentration and mean air temperature on the monitoring station in Gdynia during the period of 28 June – 11 July 1995

AEROPALINOLOGIA I PALEOEKOLOGIA

Interpretacja paleoekologiczna analizy pyłkowej materiałów kopalnych zmierza do rekonstrukcji szaty roślinnej, a pośrednio także innych elementów środowiska przyrodniczego i procesów, jakie w nim zachodziły w przeszłości. Wspomagana jest ona w coraz większym stopniu przez badania nad relacjami między współczesnym spektrum pyłkowym a roślinnością.

Dla badań paleoekologicznych szczególnie znaczenie mają pomiary prowadzone metodą grawimetryczną, które rejestrują stosunek zdeponowanego na ziemi pyłku do roślinności w sposób najbliższy materiałowi kopalnemu [18]. Polegają one zarówno na eksponowaniu różnych urządzeń, które w warunkach zbliżonych do naturalnej depozycji wychwytyują pyłek [10, 23], jak i na badaniu prób pobranych z powierzchni osadów jeziornych [13], kępek mchów, tor-

fowców i porostów [2, 9], czy też ściółki leśnej [9, 53].

Jak wspomniano wyżej, podstawowym celem tych badań jest odpowiedź na pytanie, co reprezentuje próba palinologiczna w różnych warunkach sedymentacji, przy różnej wielkości zbiorników, z których pochodzi materiał, przy różnym składzie gatunkowym i strukturze szaty roślinnej. Z zastosowaniem metod numerycznych poszukuje się taksonów wskaźnikowych dla dawnych form gospodarki leśnej i rolnictwa [3, 20], sposobów określenia stopnia odlesienia terenu [45], modeli umożliwiających ocenę wielkości obszaru reprezentowanego przez spektrum pyłkowe [42, 48].

Ważnych przesłanek pozwalających na nowe spojrzenie na rolę tzw. dalekiego transportu, problemu niezwykle trudnego w badaniach paleoekologicznych, dostarczają między innymi dane aerobiologiczne z północnej Skandynawii [24, 26, 52], które wskazują, że przy określonych warunkach meteorologicznych pyłek brzozy pojawia się tam kilka tygodni przed rozpoczęciem kwitnienia lokalnych drzew. Pochodzi on zazwyczaj z południowych wybrzeży Skandynawii lub z Europy środkowej i może osiągać nawet do 20% totalnej liczby ziarn pyłku *Betula* odnotowanej w skali roku [24]. Istotnej informacji z punktu widzenia możliwości transportu pyłku na wielkie odległości dostarczają też analizy zawartości pyłów eolicznych przenoszonych na odległość nawet kilku tysięcy kilometrów. Spektra takich pyłów zebrane w latach 1973 i 1974 w Tatrach [34] zawierały sporomorfy roślin egzotycznych, które przy uwzględnieniu warunków meteorologicznych towarzyszących opadowi, pozwoliły na określenie źródła ich pochodzenia na wschodni rejon basenu śródziemnomorskiego (1973) i obszar między Morzem Czarnym a Morzem Kaspijskim (1974). Podobne zjawiska wielokrotnie obserwowano w północnej Skandynawii [19, 27], gdzie obszarem pochodzenia materiału eolicznego była na przykład w 1991 roku północna Afryka, a wielkość opadu pyłku roślinnego oceniono na 327–1172 ziarn/cm² [19]. Wyniki te zwracają uwagę na konieczność bardzo ostrożnej interpretacji materiału kopalnego dotyczącego szczególnie

okresów bezleśnych (późny glacjał), oraz śladów wczesnego rolnictwa [21, 24, 27].

Badania nad współczesnym opadem pyłku są obecnie integrowane w skali międzynarodowej w ramach European Pollen Monitoring Project [22], co z jednej strony pozwoli na ujednoczenie metod badawczych, z drugiej zaś umożliwi opracowanie racjonalnej sieci punktów pomiarowych oddających zróżnicowanie fitogeograficzne obszaru Europy. Celem tego projektu jest uzyskanie podstawowych danych na temat relacji między współczesną roślinnością rozumianą w szerokim sensie a jej odzwierciedleniem w spektrach pyłkowych. Dane te będą służyć przede wszystkim bardziej realistycznej interpretacji przemian roślinności holocenu, lecz mogą być także wykorzystywane do rekonstrukcji paleoklimatycznych, które opierają się na fakcie, iż formacje roślinne są w znacznym stopniu odzwierciedleniem warunków klimatycznych panujących na danym obszarze. Ich podstawą jest analiza wieloletnich serii rocznego opadu pyłku na tle warunków meteorologicznych pod kątem ich wzajemnej korelacji i kalibracji. Pozwala to na bardziej szczegółową interpretację paleoklimatyczną, a zarazem może stanowić podstawę dla modeli przyszłych zmian klimatu [28].

PODZIĘKOWANIE

Autorki dziękują Mgr Michałowi Skakujowi za wykonanie rysunku aparatu Burkarda, oraz Mgr Michałowi Obuchowskiemu i Mgr Piotrowi Rutkowskiemu za pomoc w przygotowaniu wydruku kalendarza pyłkowego. W roku 1995 pomiary aeropalinologiczne w Trójmieście prowadzono dzięki dotacji JM Rektora Uniwersytetu Gdańskiego (BW/ 1100–5–0071–5).

LITERATURA

- [1] ARIATTI A., COMTOIS P. 1993. Louis Pasteur: the first experimental aerobiologist. *Aerobiologia* 9(1): 5–14.
- [2] ARONSSON K.-A. 1994. Pollen evidence of Saami settlement and reindeer herding in the boreal forest of northernmost Sweden – an example of modern pollen rain studies as an aid in the interpretation of marginal human interference from fossil pollen data. *Review Palaeobot. Palynol.* 82: 37–45.
- [3] BIRKS H. J.B. 1991. Indicator values of pollen types from post-6000 B.P. pollen assemblages from south-

- hern England and southern Sweden. *Quaternary Studies in Poland* **10**: 21–31.
- [4] BOROWIK M. 1963. Pylenie sosny i dębu w Białowiejskim Parku Narodowym. *Acta Soc. Bot. Pol.* **32** (4): 655–676.
- [5] BOROWIK M. 1966. Pylenie sosny i dębu w Białowiejskim Parku Narodowym 1963 r. *Acta Soc. Bot. Pol.* **35**(1): 159–174.
- [6] BRÅBÅK L., KLVESTEN L. 1991. Urban living as a risk factor for atopic sensitization in Swedish schoolchildren. *Pediatr. Allergy Immunol.* **2**: 14–19.
- [7] BREM M., SOBOLEWSKA M. 1939. Studia nad opadem drzew leśnych w Puszczy Białowieskiej. *Sylwan, Ser. A* 3/4: 1–19.
- [8] BUCZYŁKO K., WNUK M. 1979. Analiza palinologiczna i dynamiki występowania pyłków roślin w Łodzi. *Otolaryngologia Polska* **33**(3): 265–272.
- [9] CARMIELLO R., SINISCALCO C., PIERVITTORI R. 1991. The relationship between vegetation and pollen deposition in soil and in biological traps. *Grana* **30**: 291–300.
- [10] CUNDILL P. R. 1991. Comparisons of moss polster and pollen trap data: a pilot study. *Grana* **30**: 301–308.
- [11] D'AMATO G. 1991. European Pollen Types of Allergological Interest and Monthly Appearance of Pollination in Europe. W: G. D'AMATO, F. Th. M. SPIEKSMAS, S. BONINI (red.), *Allergenic Pollen and Pollinosis in Europe*, Blackwell Sci. Publ., Oxford, s. 66–78.
- [12] D'AMATO G., SPIEKSMAS F. Th. M., BONINI S. 1991. Preface. W: G. D'AMATO, F. Th. M. SPIEKSMAS, S. BONINI (red.), *Allergenic Pollen and Pollinosis in Europe*, Blackwell Sci. Publ., Oxford, s. ix–xi.
- [13] DAVIS M. B., BRUBAKER L. B. 1973. Differential sedimentation of pollen grains in lakes. *Limnology and Oceanography* **18**: 635–646.
- [14] DĄBROWSKI M. 1974. Pollen calendar for Poland. W: J. CHARPIN, R. SURINYACH (red.), *Atlas of European allergic pollen*, Sandoz, Paris, s. 166–168.
- [15] DĄBROWSKI M. J. 1975. Tree pollen rain and the vegetation of the Białowieża National Park. *Biul. Geol.* **19**: 157–172.
- [16] DURHAM O. C. 1928. The contribution of air analysis to the study of allergy. *J. Lab. Clin. Med.* **13**: 967–976.
- [17] EMBERLIN J., SAVAGE M., WOODMAN R. 1993. Annual variations in the concentrations of *Betula* pollen in the London area, 1961–1990. *Grana* **32**: 359–363.
- [18] FAEGRI K., IVERSEN J. 1989. Textbook of Pollen Analysis. IV edition, K. FAEGRI, P. E. KALAND, K. KRZYWIŃSKI (red.). J. Wiley & Sons, Chichester, ss. 328.
- [19] FRANZÉN L. G., HJELMROOS M., KALLBERG P., BRORSTRÖM-LUNDÉN E., JUNITTO S., SAVOLAINEN A.-L. 1994. The Yellow Snow episode of northern Fennoscandia, March 1991 – a case study of long-distance transport of soil, pollen and stable organic compounds. *Atmospheric Environment* **28**(22): 3587–3604.
- [20] GAILLARD M.-J., BIRKS H. J.B., EMANUELSSON U., KARLSSON S., LAGERAS P., OLAUSSON D. 1994. Application of modern pollen/land-use relationships to the interpretation of pollen diagrams – reconstructions of land-use history in south Sweden, 3000–0 BP. *Review Palaeobot., Palynol.* **82**: 47–73.
- [21] HICKS S. 1992. Aerobiology and palaeoecology. *Aerobiologia* **8**: 220–230.
- [22] HICKS S. 1994. European Pollen Monitoring Project. *The Holocene Commission of INQUA: Newsletter* **4**: 5–11.
- [23] HICKS S., HYVRINEN V. P. 1986. Sampling modern pollen deposition by means of Tauber traps: some considerations. *Pollen et Spores* **28**: 219–242.
- [24] HICKS S., HELANDER M., HEINO S. 1994. Birch pollen production, transport and deposition for the period 1984–1993 at Kevo, northernmost Finland. *Aerobiologia* **10**: 183–191.
- [25] HIRST J. M. 1952. An automatic volumetric spore trap. *Ann. Appl. Biol.* **39**: 257–265.
- [26] HJELMROOS M. 1991. Evidence of long-distance transport of *Betula* pollen. *Grana* **30**: 215–228.
- [27] HJELMROOS M., FRANZÉN L. 1994. Implications of recent long-distance pollen transport events for the interpretation of fossil pollen records in Fennoscandia. *Review Palaeobot., Palynol.* **82**: 175–189.
- [28] HUNTLEY B., PRENTICE I. C. 1993. Holocene Vegetation and Climates of Europe. W: H. E. WRIGHT JR., J. E. KUTZBACH, T. WEBB III, W. F. RUDDIMAN, F. A. STREET-PERROT, P. J. BARTLEIN (red.), *Global Climates since the Last Glacial Maximum*, University of Minnesota Press, Minneapolis-London, s. 136–168.
- [29] JOHNSEN C. R., RASMUSSEN A., WEEKE E. R. 1991. Allergenic Pollen and Pollinosis in Denmark. W: G. D'AMATO, F. Th. M. SPIEKSMAS, S. BONINI (red.), *Allergenic Pollen and Pollinosis in Europe*, Blackwell Sci. Publ., Oxford, s. 151–158.
- [30] KOSKI V. 1970. A study of pollen dispersal as a mechanism of gene flow in conifers. *Metsätutkimuslaitoksen julkaisu* **70**(4): 1–78.
- [31] LATAŁOWA M., GÓRA M. (w druku). Airborne allergenic pollen in the atmosphere of the Gdańsk-Gdynia area (results for the period 1994–1995). *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*.
- [32] LEUSCHNER R. M. 1993. Human biometeorology, Part II. Pollen. *Experientia* **49**: 931–942.
- [33] MAMAKOWA K. 1991. Dr. Wanda Koperowa (3.6.1913–11.1.1990). *Acta Palaeobot.* **31**(1,2): 295–298.
- [34] MANECKI A., MICHALIK M., OBIDOWICZ A., WILCZYŃSKA-MICHALIK W. 1978. Charakterystyka mineralogiczna i palinologiczna pyłków eolicznych z opadów w Tatrach w latach 1973 i 1974. *Kom. Nauk Mineral., PAN-Oddz. Kraków, Prace Mineralogiczne* **57**: 19–46.
- [35] MATTHIESEN F., IPSEN H., LOVENSTEIN H. 1991. Pollen Allergens. W: G. D'AMATO, F. Th. M. SPIEKSMAS, S. BONINI (red.), *Allergenic Pollen and Pollinosis in Europe*, Blackwell Sci. Publ., Oxford, s. 36–44.
- [36] MURANAKA M., SUZUKI S., KOIZUMI K., TAKAFUJI S., MIYAMOTO T., IKEMORI R., TOKIWA H. 1988. Adjuvant activity of diesel exhaust particulates for the production of IgE antibody in mice. *J. Allergy Clin. Immunol.* **77**: 616–623.

- [37] NEGRINI A. C. 1992. Pollens as allergens. *Aerobiologia* **8**: 9–15.
- [38] NILSSON S., SPIEKSMAS F. TH. M. 1994. Allergy Service Guide in Europe. Palynological laboratory, Swedish Museum of Natural History, Stockholm, ss. 123.
- [39] OBTUŁOWICZ K., KOTLINOWSKA T., STOBIECKI M., SAJAK T., DECHNIK K., HUDZIK A., ŁĄCZKOWSKA T. 1995. Alergia pyłkowa w rejonie uprzemysłowionym i rolniczym. W: R. ŚPIEWAK (red.), *Pyłki i pyłkowica: aktualne problemy*. Streszczenia prac polskich przedstawionych podczas II Sympozjum nt. Pyłków i Pyłkowicy, Lublin, 1–2 grudnia 1995, Instytut Medycyny Wsi, Lublin, s. 63–64.
- [40] OBTUŁOWICZ M. 1939. O niezycie pyłkowym. *Biologia Lekarska* **3**: 217–268.
- [41] POHL F. 1937. Die Pollenerzeugung der Windbluter. *Botanisch. Centralblatt* **56 A**: 365–470.
- [42] PRENTICE I. C. 1985. Pollen representation, source area, and basin size: Toward a unified theory of pollen analysis. *Quaternary Research* **23**: 76–86.
- [43] RANTIO-LEHTIMKI A. 1991. Sampling Airborne Pollen and Pollen Antigens. W: G. D'AMATO, F. Th. M. SPIEKSMAS, S. BONINI (red.), *Allergenic Pollen and Pollinosis in Europe*, Blackwell Sci. Publ., Oxford, s. 18–23.
- [44] RAPEJKO P. 1995. Monitoring aeroalergenów w Polsce. W: R. ŚPIEWAK (red.), *Pyłki i pyłkowica: aktualne problemy*. Streszczenia prac polskich przedstawionych podczas II Sympozjum nt. Pyłków i Pyłkowicy, Lublin, 1–2 grudnia 1995, Instytut Medycyny Wsi, Lublin, s. 13–19.
- [45] REGNLL J. 1989. Vegetation and land use during 6000 years. Palaeoecology of the cultural landscape at two lake sites in southern Skane, Sweden. *Lundqua Thesis* **26**, Lund University, Lund, ss. 62.
- [46] SPIEKSMAS F. TH. M. 1991. Regional European Pollen Calendars. W: G. D'AMATO, F. Th. M. SPIEKSMAS, S. BONINI (red.), *Allergenic Pollen and Pollinosis in Europe*, Blackwell Sci. Publ., Oxford, s. 49–65.
- [47] SPIEKSMAS F. Th. M., EMBERLIN J. C., HJELMROOS M., JÄGER S., LEUSCHNER R. M. 1995. Atmospheric birch (*Betula*) pollen in Europe: Trends and fluctuations in annual quantities and the starting dates of the seasons. *Grana* **34**: 51–57.
- [48] SUGITA S. 1993. A Model of Pollen Source Area for an Entire Lake Surface. *Quaternary Research* **39**: 239–244.
- [49] SZCZEPANEK K. 1994. Pollen calendar for Cracow (southern Poland), 1982–1991. *Aerobiologia* **10**: 65–70.
- [50] SZCZEPANEK K. 1994. Pollen Fall in Kraków in 1983–1990. W: B. OBREBSKA-STARKEL (red.), *The effect of weather and climatic conditions on pollen fall*. *Zesz. Nauk. UJ* **1147**, *Prace Geogr.*, **97**, *Prace Inst. Geogr. UJ* **119**: 9–22.
- [51] TAUBER H. 1974. A stativ non-overload pollen collector. *New Phytol.* **73**: 359–369.
- [52] WALLIN J.-E., SEGERSTRM U., ROSENHALL L., BERGMANN E., HJELMROOS M. 1991. Allergic symptoms caused by long-distance transported birch pollen. *Grana* **30**: 265–268.
- [53] YAZVENKO S. B. 1991. Modern pollen-vegetation relationships on the Southeast Caucasus. *Grana* **30**: 350–356.
- [54] ZAWISZA E. 1974. Analiza aeroalergenu pyłkowego w atmosferze Warszawy. *Otolaryngologia Polska* **28**: 9–27.