

Irena Agnieszka Pidek¹, Anna Hrynowiecka², Renata Stachowicz-Rybka³, Mirosława Kupryjanowicz⁴, Marcin Żarski⁵, Danuta Drzymulska⁴, Magdalena Fitoc⁴, Magdalena Suchora¹, Sławomir Terpiłowski¹, Przemysław Mroczek¹, Karol Standzikowski¹, Jerzy Nitychoruk⁶, Anneli Poska⁷, Abdelfattah Zalat⁸, Marcin Szymanek⁹, Aleksandra Bober¹, Dorota Brzozowicz¹⁰, Karolina Łabęcka¹, Krzysztof Stachowicz³, Magdalena Kończak¹, Danuta Portka¹, Justyna Dresler¹, Kamil Kultys¹

¹Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, Instytut Nauk o Ziemi i Środowisku, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin; ²Oddział Geologii Morza, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa; ³Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków; ⁴Katedra Paleobiologii, Wydział Biologii, Uniwersytet w Białymstoku; ⁵Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa; ⁶Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej; ⁷Tallin University of Technology, Institute of Geology, Estonia; ⁸Department of Geology, Faculty of Science, Tanta University, Egypt; ⁹Katedra Geologii Klimatycznej, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski; ¹⁰Katedra Geologii i Geomorfologii, Wydział Nauk Geograficznych, Uniwersytet Łódzki



Od późnego glacjału Warty do schyłku eemu w świetle wyników multidyscyplinarnych badań kopalnych osadów jeziornych Równiny Garwolińskiej (centralna Polska)

Oscylacje klimatyczne ostatniego interglacjału, w którym nie było ingerencji człowieka w naturalną zmienność środowiska, budzą zainteresowanie naukowców różnych specjalności od co najmniej kilku

dekad. Najlepiej rozpoznane jest przejściowe ochłodzenie w stadium te-
lokratycznym (w fazie sosnowej), po którym nastąpił ponowny wzrost
temperatury, tuż przed drastycznym ochłodzeniem zapoczątkowującym
ostatnie zlodowacenie (np. Björck i in. 2000; Kupryjanowicz 2008; Ku-
prijanowicz i in. 2016). Znacznie słabiej udokumentowana jest oscylacja
klimatyczna w obrębie środkowej części ostatniego interglacjału, w stadium
mezokratycznym (np. Cheddadi i in. 1998; Karabanov i in. 2000). W róż-
nych częściach świata stwierdzono krótkotrwałe ochłodzenie przypadają-
ce na fazę grabową lub na granicę pomiędzy fazą leszczynową i grabową
(np. Galaasen i in. 2014). Podkreślano, że mogło to być wydarzenie nie
tylko zimne, ale także bardzo suche (np. Björck i in. 2000). W odróżnie-
niu od powyższych danych badania na północnym Podlasiu pokazały, że
w stadium mezokratycznym eemu nie było spadku temperatury, a jedynie
znaczny spadek wilgotności, który doprowadził do obniżenia się poziomu
wód w jeziorach i torfowiskach (Kupryjanowicz 2008).

Nowo odkryte kopalne zbiorniki jeziorne na Równinie Garwolińskiej
z palinologicznym zapisem sukcesji interglacjału eemskiego stanowią nie-
powtarzalną szansę prześledzenia naturalnej zmienności klimatu. Badany
obszar znajduje się w południowej strefie powszechnego występowania
stanowisk z osadami interglacjału eemskiego, stanowiąc część rozległego
pojezierza. Podczas prac kartograficznych, wykonywanych dla reambu-
lacji arkusza Garwolin Szczegółowej mapy geologicznej Polski (SMGP)
w skali 1: 50 000, odkryto ponad 20 kopalnych zbiorników eemskich
(Żarski 2020). Miąższość osadów je wypełniających jest zróżnicowana
i wynosi od 1,5 m do 12 m. Diagramy palinologiczne wskazują, że począ-
tek tworzenia się tych zbiorników przypadał na różne fazy, poczynając
od późnego glacjału zlodowacenia Warty. Podkreślenia wymaga fakt, że
stanowiska o największej miąższości osadów eemskich usytuowane są
w dwóch położeniach geomorfologicznych: w zagłębieniach bezodpły-
wowych oraz w obrębie dolin cieków, obecnie niewielkich. Są to m.in.
stanowiska: Kozłów, Parysów, Puznówka, Wola Starogrodzka, Żabieniec
i Struga. Dotychczasowe wyniki badań pozwoliły rzucić światło na kilka
dyskutowanych problemów paleoklimatycznych.

Na podstawie szczegółowego rozpoznania paleobotanicznego i sedy-
mentologicznego oraz wyników analizy wioślarek w profilu Wola Staro-

grodzka G-122 opisano i przedyskutowano przemiany środowiska w okresie przejścia od schyłku glaciału Warty do interglaciału eemskiego (Kupryjanowicz i in. 2021). Wyznaczenie tej granicy następcza niejednokrotnie trudności ze względu na obecność w diagramach pyłkowych taksonów roślin zielnych typowych dla zbiorowisk stepotundry plejstocenijskiej równocześnie z występowaniem jasnych przesłanek ocieplenia interglacialnego i wskaźników wzrostu temperatury najcieplejszego miesiąca powyżej 16° C (m.in. Mamakowa 1989; Granaszewski 2003). W kolejnych fazach interglaciału istotne znaczenie dla interpretacji paleoklimatycznych i paleogeograficznych ma też moment zakończenia sedymentacji gytii, który przypada na różne fazy interglaciału oraz problem obecności hiatusów w osadach. Te zagadnienia były przedmiotem rozważań m.in. na przykładzie profili ze stanowisk Żabieniec i Jagodne (Hrynowiecka i in. 2020) oraz Kozłów (Pidek i in. 2021). W tym ostatnim ponad 6-metrowa seria eemskich osadów organicznych zawiera niezwykle mięszszy odcinek z zapisem fazy grabowej. Kupryjanowicz i in. (2018) zwrócili uwagę, że w tej fazie często występują przerwy sedymentacyjne. Pogląd ten jest w opozycji do rekonstrukcji klimatycznych Zagwijn (1996) oraz Aalbersberga i Litt (1998), którzy sugerują, że notowany dla tego okresu spadek średniej temperatury lata i wzrost temperatury miesięcy zimowych następował pod wpływem zwiększenia się opadów. Cheddadi i in. (1998) dowodzą z kolei, że na początku fazy grabowej spadła temperatura miesięcy zimowych, a także znacznie zmniejszyły się opady. Ciągłe jednak nie jest to jeszcze przekonujący dowód na to, że zanikanie jezior w fazie grabowej było efektem jakiejś oscylacji klimatycznej. Wyniki badań polskich stanowisk eemskich (m.in. Bińka, Nitychoruk 2003) wskazują, że istniały wówczas liczne, niewielkie zbiorniki wodne.

W świetle powyższych kontrowersji każdy profil osadów organogenicznych z zapisem eemskiej sukcesji pyłkowej, w którym dobrze reprezentowane są fazy grabowa i świerkowa, może rzucić nowe światło na problem skali i zasięgu śródeemskich oscylacji. Stanowiska z zapisem zaburzeń hydrologicznych w obrębie fazy grabowej sąsiadują zwykle ze stanowiskami z pełnym zapisem eemskiej sukcesji roślinności (Kupryjanowicz 2008). Podobnie jest na Równinie Garwolińskiej – w przeciwieństwie do diagramu pyłkowego z Kozłowa dane paleobotaniczne z Żabieńca i Jagodnego

wskazują na szybkie wypłylenie zbiorników oraz ich przekształcenie się w torfowiska. W przypadku stanowiska Jagodne wyniki analizy makroszczątków roślinnych wskazują, że było to torfowisko wysokie o zasilaniu ombrotroficznym.

Ciekawe wnioski wynikają także z ilościowej rekonstrukcji parametrów klimatu w programie PPPbase (Pidek i in. 2020). Program wykorzystuje współczesne analogi pyłkowe z terenów Europy i Azji, które mają przypisane im zmienne klimatyczne (Guiot, Goeury 1996). W dużym stopniu potwierdzają się wnioski wyciągnięte na podstawie wskaźnikowych taksosonów występujących w diagramach pyłkowych. Na przykład znaczący wzrost temperatury najchłodniejszego miesiąca widoczny jest nie u progu interglacjału, lecz dopiero na początku fazy dębowej. Potwierdza się również wysoka wartość rocznej sumy opadów i generalnie oceaniczny charakter klimatu w fazie leszczynowej, które to wartości spadają w młodszej części fazy grabowej.

Dalsze badania, podejmowane w ramach aktualnego projektu, powinny pozwolić odpowiedzieć na pytanie, jaki charakter miała śródeemska oscylacja klimatyczna w młodszej części fazy grabowej i czy było to tylko zjawisko gwałtownego osuszenia, czy też towarzyszyły mu spadki temperatury powietrza. Dodatkowo powinniśmy określić, jak silny był czynnik wywołujący tę oscylację i czy działał on tylko w skali regionalnej, czy ponadregionalnej.

Badania finansowane w ramach projektu Narodowego Centrum Nauki nr 2017/27/B/ST10/01905 pt. „Śród-eemskie oscylacje klimatyczne. Rekonstrukcja w oparciu o multidyscyplinarne badania kopalnych osadów jeziornych Równiny Garwolińskiej (Polska Centralna)”.

- Aalbersberg G., Litt T., 1998. Multiproxy climate reconstruction from the Eemian and Early Weichselian. *Journal of Quaternary Science*, 13, 5, 367–390.
- Bińka K., Nitychoruk J., 2003. The Late Saalian, Eemian and Early Vistulian pollen sequences at Dziewule, eastern Poland. *Geological Quarterly*, 47, 2, 155–168.
- Björck S., Noe-Nygaard N., Wolin J., Houmark-Nielsen M., Hansen H.J., Snowball I., 2000. Eemian lake development, hydrology and climate: A multi-stratigraphic study of the Hollerup site in Denmark. *Quaternary Science Reviews*, 19, 509–536.
- Cheddadi R., Mamakowa K., Guiot J., de Beaulieu J.-L., Reille M., Andrieu V., Granoszewski W., Peyron O., 1998. Was the climate of the Eemian stable?

- A quantitative climate reconstruction from seven European pollen records. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 143, 1, 73–85.
- Galaasen E.V., Ninnemann U.S., Irvali N., Kleiven H.F., Rosenthal Y., Kissel C., Hodell D., 2014. Rapid reduction of North Atlantic Deep Water during the Peak of the Last Interglacial Period. *Science*, 343, 6175, 1129–1132.
- Granoszewski W., 2003. Late Pleistocene vegetation history and climatic changes at Horoszek Duży, Eastern Poland: A palaeobotanical study. *Acta Palaeobotanica, Suppl.* 4, 3–95.
- Guiot J., Goehry C., 1996. PPPBASE, a software for statistical analysis of paleoecological and paleoclimatological data. *Dendrochronologia*, 14, 295–300.
- Hrynowiecka A., Brzozowicz D., Źarski M., Stachowicz-Rybka R., Pidek I.A., 2020. Record of climate and palaeoenvironment changes in the fossil Eemian lake in Żabieniec (Central Poland), [in:] A. Sobczyk, U. Ratajczak-Skrzatek, M. Kasprzak, A. Kotowski, A. Marciszak, K. Stefaniak (eds), *Conference Proceedings INQUA, 28th September 2020, Quaternary Stratigraphy – palaeoenvironment, sediments, palaeofauna and human migrations across Central Europe*, UWr, Wrocław, 55–56.
- Karabanov E.B., Prosenko A.A., Williams D.F., Khursevich G.K., 2000. Evidence for mid-Eemian cooling in continental climatic record from Lake Baikal. *Journal of Paleolimnology*, 23, 4, 365–371.
- Kupryjanowicz M., 2008. Vegetation and climate of the Eemian and Early Vistulian lakeland in northern Podlasie. *Acta Palaeobotanica*, 48, 1, 3–130.
- Kupryjanowicz M., Filoc M., Drzymulska D., Poska A., Suchora M., Źarski M., Mroczek P., 2021. Environmental changes of the stadial/interstadial type during the Late Saalian (MIS-6) – multi-proxy record at the Wola Starogrodzka site, central Poland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (in print).
- Kupryjanowicz M., Filoc M., Kwiatkowski W., 2018. Was there an abrupt cold climatic event in the middle Eemian? Pollen record from a palaeolake at the Hieronimowo site, NE Poland. *Quaternary International*, 467, 96–106.
- Kupryjanowicz M., Granoszewski W., Nalepka D., Pidek I.A., Walanus A., Balwiercz Z., Filoc M., Kołaczek P., Majecka M., Malkiewicz M., Nita M., Noryskiewicz B., Winter H., 2016. Instability of the environment at the end of the Eemian Interglacial as illustrated by the isopollen maps for Poland. *Geological Quarterly*, 60, 1, 225–237.
- Mamakowa K., 1989. Late Middle Polish Glaciation, Eemian and Early Vistulian vegetation at Imbramowice near Wrocław and the pollen stratigraphy of this part of the Pleistocene in Poland. *Acta Palaeobotanica*, 29, 1, 11–176.
- Pidek I.A., Hrynowiecka A., Zalat A.A., Źarski M., 2021. A high-resolution pollen and diatom record of mid- to late-Eemian at Kozłów (Central Poland) reveals

- no drastic climate changes in the hornbeam phase of this interglacial. *Quaternary International* (in print). DOI: 10.1016/j.quaint.2021.02.032
- Pidek I.A., Poska A., Hrynowiecka A., Brzozowicz D., Żarski M., 2020. Pollen based climate reconstruction of the Eemian optimum: Żabieniec-Jagodne transect of four sites (Central Poland), [in:] A. Sobczyk, U. Ratajczak-Skrzatek, M. Kasprzak, A. Kotowski, A. Marciszak, K. Stefaniak (eds), *Conference Proceedings INQUA, 28th September 2020, Quaternary Stratigraphy – palaeoenvironment, sediments, palaeofauna and human migrations across Central Europe*, UWr, Wrocław, 103–104.
- Zagwijn W.H., 1996. An analysis of Eemian climate in western and central Europe. *Quaternary Science Reviews*, 15, 451–469.
- Żarski M., 2020. *Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1: 50 000, ark. Garwolin (566)*, PIG-PIB, Warszawa.