

ZMIANY ŚRODOWISKA U SCHYLKU VISTULIANU W POLSCE ŚRODKOWEJ W ŚWIELE BADAŃ W STANOWISKU KOŹMIN LAS

ZARYS TREŚCI

Wielokierunkowe wyniki badań w stanowisku Koźmin Las przeanalizowano w aspekcie rozpoznania szybkich naturalnych zmian w geosystemach podczas późnego glacjału. Krótkie zdarzenia, zrekonstruowane na rozległym płaskim dnie doliny dużej nizinnej rzeki w staroglacjalnym obszarze Polski Środkowej, odniesiono do zjawisk o charakterze globalnym. Podkreślono cechy zgodne ze schematem wypracowanym na podstawie rdzeni grenlandzkich i stanowisk stratotypowych lądowego środowiska Polski Środkowej oraz specyfikę wynikającą z uwarunkowań lokalnych. Wskazano cechy osadów, których rozpoznanie poszerzyło wiedzę o ewolucji środowiska regionu łódzkiego i przyczyniło się do wzrostu znaczenia stanowiska.

Słowa kluczowe: alleröd / młodszy dryas, geoarchiwum, paleogeografia, subfossylny las, dolina Warty, region łódzki

WPROWADZENIE

Ostatnie lata to okres wzrostu zainteresowania funkcjonowaniem geosystemów pod wpływem wzmożonej zmienności klimatu, dzięki znaczącemu przyrostowi wielowskaźnikowych danych na temat schyłku ostatniego okresu zimnego. Ówczesna mała liczebność grup ludzkich pozwala wyeliminować w analizach wpływ człowieka na środowisko i rozpatrywać wyłącznie przyczyny i skutki tych zmian z punktu widzenia mechanizmów naturalnych.

W regionie łódzkim pierwszy profil osadów organicznych z późnego vistulianu, dla którego zastosowano podejście interdyscyplinarne, integrujące dane geologiczne, geomorfologiczne, paleobotaniczne i archeologiczne, pochodzi z początku lat 60. XX wieku, ze stanowiska Witów koło Piątku (Wasylikowa 1964). Wykonana wówczas analiza palinologiczna osadów zbiornika jeziornotorfowego, przylegającego do wału wydmowego, jest uznawana za stratotyp w stratygrafii późnego vistulianu regionu. Zarejestrowane przemiany postglacjalnych zbiorowisk roślinnych zyskały również znaczenie ponadregionalne i są wykorzystywane w rekonstrukcjach termiki tego okresu w skali europejskiej.

W ciągu ostatniego dziesięciolecia podjęto metodyczne studia profili zawierających sukcesję późnovistuliańskich osadów organicznych, z zastosowaniem analiz litologicznych, paleobotanicznych, paleozoologicznych, geochronologicznych

i innych, koncentrujących się na badaniach wypełnień kopalnych jezior i mis torfowisk funkcjonujących w różnych sytuacjach morfologicznych i krajobrazowych regionu. W ich wyniku najdłuższe sekwencje, dokumentujące sygnały zmian klimatycznych i środowiskowych późnego vistulianu, uzyskano z profili w trzech stanowiskach: Żabieniec, Ner-Zawada i Rąbień (Forysiak 2012).

Profil Koźmin Las obejmuje osady reprezentujące schyłek późnego vistulianu. Tematyka realizowana w stanowisku, w ramach grantu N N306 788 240 pt. „Warunki paleogeograficzne funkcjonowania i destrukcji późnovistuliańskiego lasu w dolinie Warty”, uwzględniała zagadnienia sfery biotycznej i abiotycznej oraz tematykę pedologiczną, w tym zastosowanie na szerszą skalę po raz pierwszy w regionie łódzkim analizy dendrochronologicznej w odniesieniu do tematyki geologicznej.

Cechy serii organicznej ze stanowiska Koźmin Las, o niewielkiej miąższości 0,2–0,5 m, są pozbawione zalet precyzyjnie datowanych jeziornych osadów o zachowanej rocznej laminacji (Ralska-Jasiewiczowa i in. 1998; Tylmann 2011). Mogą jednak służyć do rekonstrukcji zmian paleoklimatycznych i paleośrodowiskowych oraz korelacji przestrzennych, w tym ze stratotypami grenlandzkimi. Badany materiał był

* Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź, e-mail: dadziedu@geo.uni.lodz.pl.

deponowany na terasie zalewowej, w zmieniających się warunkach, od terestrycznych do akwaticznych, co znajduje odbicie w jego zróżnicowaniu litologicznym. Złożony charakter tego horyzontu, składającego się z kilkucentymetrowych warstw mulku organicznego, miejscami mineralno-organicznego, z silnie rozłożonego torfu i bardzo dobrze zakonserwowanych *in situ* pni drzew o długości do kilku metrów i średnicy, niejednokrotnie dorównującej miąższości serii, dobrze oddaje określenie stosowane w anglojęzycznych publikacjach dotyczących omawianego stanowiska – *organic-rich series* (Dzieduszyńska, Petera-Zganiacz 2012; Dzieduszyńska i in. 2014a). W przypadku osadów o takiej charakterystyce „duża rozdzielczość czasowa” badań (tzw. *high resolution*) musi być osiągana poprzez gęste opróbowywanie rdzenia. Próbkę do badań paleoekologicznych zostały pobrane w stanowisku Koźmin Las z największą rozdzielczością spośród stanowisk regionu łódzkiego badanych pod kątem rekonstrukcji późnovistulianских (por. Dzieduszyńska, Forsyś 2013). Łącznie wykonano 94 oznaczenia.

Geoarchiwum środowiska *stricto* akwaticznego w stanowisku stanowią 2–3-metrowej

miąższości aluwia facji pozakorytovej, cechujące się występowaniem kilku-, kilkunastocentymetrowych, rytmicznie warstwowanych drobnofrakcyjnych piasków oraz mulków, równomiernie nakrywających horyzont organiczny. Seria pozbawiona jest przewarstwień organicznych i innych śladów potencjalnej okresowej stabilizacji warunków w dnie doliny. W spągu zawiera kłody drzew, ze śladami transportowania przez rzekę. Cechy tego środowiska sedymentacyjnego rekonstruowano na podstawie analizy sedymentologicznej (Dzieduszyńska i in. 2012; Petera-Zganiacz i in. w druku; Twardy 2014, w tym tomie).

Artykuł ma na celu przedyskutowanie znaczenia badań interdyscyplinarnych przeprowadzonych w stanowisku Koźmin Las w kontekście interpretacji zjawisk okresu dynamicznych przemian schyłku ostatniego okresu zimnego przy przejściu do holocenu. Uwaga zostanie zwrócona na ich wartość poznawczą, wykorzystanie we wnioskowaniu paleogeograficznym w regionie łódzkim oraz na kwestię odniesienia zdarzeń lokalnych do zmian o charakterze globalnym.

TŁO CHRONOSTATYGRAFICZNE I PALEOŚRODOWISKOWE

Tło stratygraficzne zagadnień poruszanych w stanowisku Koźmin Las datuje się na późny vistulian (późny glacjał). Schyłek ostatniego plejstocenckiego okresu zimnego cechował się występowaniem szybko następujących po sobie fal chłodu i ociepleń. Działo się to podczas przebudowy dziedziny peryglacialnej na umiarkowaną, mimo ogólnej tendencji wzrostu temperatury (np. Brauer i in. 2008; Steffensen i in. 2008). Późny vistulian został zdefiniowany pod koniec końca XIX wieku na podstawie przesłanek paleobotanicznych z torfowisk skandynawskich. Jednostki: najstarszy dryas, bolling, starszy dryas, allerød i młodszy dryas, określone następnie paleobotanicznie w duńskich osadach lądowych (Iversen 1954) do chwili obecnej funkcjonują jako schemat, na który nakładane są zróżnicowane lokalnie zdarzenia środowiskowe.

Fluktuacje klimatyczne późnego vistulianu mają wymiar globalny. Potwierdzone zostały w badaniach rdzeni z lodowców grenlandzkich, odzwierciedlone m.in. w składzie izotopowym tlenu w powietrzu. Wahania krzywej tlenowej, skorelowane z rocznymi przyrostami lodu, stały

się podstawą precyzyjnego podziału chronostratygraficznego (tzw. *event stratigraphy*), wg którego późny glacjał obejmuje niejednorodną klimatycznie jednostkę ciepłą opisaną jako interstadiał (Greenland Interstadial – GI), trwającą około 2000 lat (14 700–12 650 cal lat BP) oraz ochłodzenie zakwalifikowane jako stadiał (Greenland Stadial – GS) trwające około 1150 lat (12 650–11 550 cal lat BP) (Björck i in. 1998; Walker i in. 1999). Dla obszarów lądowych chronostratygrafia późnego vistulianu, wyrażona w latach kalendarzowych, pochodzi z rocznie laminowanych sekwencji osadów jeziornych. Dla stanowiska Koźmin Las najbliższym stanowiskiem dla okresu przełomu plejstocen-holocen, z ustaloną skalą lat kalendarzowych i przebiegiem wskaźników paleoklimatycznych, zgodnym z rdzeniami lodowymi, jest jezioro Gościąg (Ralska-Jasiewiczowa i in. 1998). W odniesieniu do stratygrafii europejskich obszarów lądowych grenlandzkie ocieplenie GI koreluje z interwałem bölling-allerød, a ochłodzenie GS – z młodszy dryasem. Pomimo różnic pomiędzy wiekiem w rdzeniach lodowych,

a wiekiem uzyskiwanym dla jeziornych osadów laminowanych, terminologia grenlandzka jest coraz częściej stosowana przez badaczy zajmujących się lądowym środowiskiem późnoglacialnym.

W stanowisku Koźmin Las podstawę geochronologiczną rekonstrukcji stanowią datowania radiowęglowe, wykonane techniką scyntylacyjną i AMS dla mułków, szczątków roślinnych i pni drzew (Dzieduszyńska, Twardy 2014, w tym tomie). Rozpiętość czasową zarejestrowanych zjawisk wyznaczają daty konwencjonalne $10\,940 \pm 50$ BP (MKL-1656) i $9\,780 \pm 150$ BP (MKL-1076), co określa ją maksymalnie na przedział od 13 048 do 10 603 lat kalendarzowych przy prawdopodobieństwie 95,4% oraz 12 888 do 10 792 lat kalendarzowych przy prawdopodobieństwie 68,2% (Dzieduszyńska i in. 2014a). Korelacja z podziałami stratygraficznymi późnego vistulianu dla stratotypowego w Europie profilu osadów laminowanych jeziora Meerfelder (Litt i in. 2001) czy pobliskiego jeziora Gościąg (Ralska-Jasiewiczowa i in. 1998) oraz grenlandzkich rdzeni lodowych lokuje rekonstruowane w stanowisku zdarzenia na przełom allerödu i młodszego dryasu oraz cały młodszy dryas. Na podstawie badań osadów jeziora Gościąg wiek kalendarzowy początku młodszego dryasu określono na $12\,580 \pm 140$ BP, a koniec na $11\,440 \pm 120$ BP (Goslar 1996). Podczas oceny wartości interpretacyjnej wyników datowań radiowęglowych ze stanowiska Koźmin Las należy mieć na uwadze występowanie w analizowanym okresie kilkusetletnich okresów plateau, potencjalnie obniżających wiarygodność datowań. Dla okresu objętego analizą stwierdzono je dla następujących przedziałów: 11 000–10 900, 10 400–10 300 oraz 10 000–9 900 lat ^{14}C BP (Goslar i in. 1995). Trzeba pamiętać, że zarejestrowane podczas prac terenowych powszechne poprzerastanie serii organicznej współczesnymi korzeniami mogło skutkować zanieczyszczeniem próbek węglem współczesnym i odmłodzeniem wieku radiowęglowego.

Podczas badań podjęto próbę wyznaczenia wieku osadów pozakorytowych metodą OSL. Uzyskane wyniki nie są zgodne ze stanem wiedzy paleogeograficznej o basenie uniejowskim i pozycją stratygraficzną warstwy aluwialnej (Dzieduszyńska i in. 2014b; por. Dzieduszyńska, Twardy 2014, w tym tomie). Wartości wieku, zawierające się w przedziale czasu od $14\,280 \pm 740$ BP (GdTL-1517) do $12\,730 \pm 620$ BP (GdTL-1410) określają chronologię powodzi

na starsze od zdarzeń zarejestrowanych w serii organicznej. Wyniki są zbliżone do wieku podścielających ją aluwii rzeki o rozwinięciu roztokowym ($13\,080 \pm 730$ BP, GdTL-1412), które były najprawdopodobniej źródłem deponowanego materiału (Twardy 2014, w tym tomie). Przyczyny obserwowanej inwersji wskaźników wieku zostały przedyskutowane w cytowanych wyżej artykułach. Z punktu widzenia wnioskowania o tempie zmian w środowisku młodszego dryasu istotne jest podkreślenie, że sytuacja taka ma zwykle miejsce w warunkach bardzo ograniczonej ekspozycji materiału na światło słoneczne, sprzyjających zachowaniu w osadzie sygnału OSL wcześniejszego zdarzenia (Bluszcz 2000), a więc na przykład podczas bardzo szybko zachodzących procesów transportu i depozycji.

Zarysowany powyżej horyzont czasowy dotyczy najbardziej interesującego odcinka późnego vistulianu, w którym dokonało się nagłe załamanie klimatyczne o zasięgu globalnym. Jego skala poważnie zaburzyła funkcjonowanie środowisk morfogenetycznych, a powrót do warunków klimatycznych, zbliżonych do glacialnych na obszarze okołatlantyckiej części Europy, wywołał katastrofalne skutki w systemach ekologicznych.

Przejście do zimnych warunków młodszego dryasu trwało bardzo krótko, był to czas rzędu być może tylko kilkunastu lat (np. Steffensen i in. 2008). Analiza grenlandzkich krzywych izotopowych wskazuje, że temperatura obniżyła się tam co najmniej o 10°C (np. Alley i in. 1993). Rekonstrukcje ilościowe parametrów paleoklimatu w obszarach lądowych bazują przede wszystkim na bioindykacyjnej wymowie roślin, a w ostatnich kilku latach notuje się znaczny przyrost takich interpretacji na podstawie subfossylnych szczątków fauny bezkręgowej (por. Płóciennik i in. 2011; Brooks, Langdon 2014).

Najbliższymi opisywanemu obszarowi stanowiskami, z których pochodzą rekonstrukcje wartości letnich temperatur oraz sformułowane zostały sugestie dotyczące cech wilgotnościowych klimatu młodszego dryasu, są przede wszystkim wymienione już jezioro Gościąg (Ralska-Jasiewiczowa i in. 1998), położone około 70 km na NE od Koźmina oraz Witów (Wasylikowa 1964, 1999) w odległości ok. 60 km na NE; ponadto danych dostarczają także profile z Imiołek (Tobolski 1998) ok. 100 km ku NW oraz Żabieńca (Płóciennik i in. 2011) ok. 80 km na E. Zgodnie z uzyskanymi zapisami wnioskuje się, że pierwsze 100 lat młodszego

dryasu charakteryzowało narastanie zimna i suchości, utrzymujące się przez następne 450–500 lat, a druga część okresu to stopniowy wzrost wilgotności wraz z podwyższaniem się temperatury. Średnia temperatura najcieplejszego miesiąca spadła o około 6–7°C, z około 17°C w allerödzie do 10°C w najchłodniejszej części młodszego dryasu. W stanowisku Koźmin Las wartości temperatur najcieplejszego miesiąca określono na podstawie zgrupowań kopalnych Chironomidae na 14–15,8°C (an. S.J. Brooks – por. Dzieduszyńska i in. 2014a). Rekonstrukcja wartości paleotemperatur najchłodniejszego miesiąca w granicach -20 do -25°C, dokonywana jest w skali Europy na podstawie rozmieszczenia wskaźnikowych struktur geologicznych (Isarin, Bohncke 1999).

Warunki klimatyczne młodszego dryasu cechowały się intensyfikacją wiatrów z kierunków W oraz SW, których prędkość 3–6 m/s, w porównaniu do 9 m/s, jest największa w późnym vistulianie. Wnioski dotyczące warunków aerodynamicznych zostały sformułowane na podstawie badań strukturalno-teksturalnych w pobliskich stanowiskach wydmych pradoliny warszawsko-berlińskiej (Krajewski 1977). O szczególnym wzroście prędkości wiatrów na przełomie allerödu i młodszego dryasu wiadomo również ze stanowisk w regionie Eifel w Niemczech (Brauer i in. 2008).

Uważa się, że przemiany szaty roślinnej w czasie pomiędzy optymalną częścią allerödu a młodszym dryasem na ekstraglacialnym obszarze Niżu Polskiego, wyrażały się wycofaniem zwartych zbiorowisk lasów sosnowo-brzozowych na rzecz rozwoju laso-tundro-stepu, z refugiami borów allerödzkich w dolinach rzecznych (Wasylkowa 1964; Madeyska 1998).

Istotnym czynnikiem określającym charakter zdarzeń w młodszym dryasie jest obecność lub brak wieloletniej zmarzliny. Istnieją rozbieżne poglądy na temat jej powrotu w regionie łódzkim w reakcji na ochłodzenie (Goździk 1995; Klatkova 1996; Kasse i in. 1998). Dowody uzyskane ze stanowiska Koźmin Las w postaci struktur niestatecznego warstwowania gęstościowego w spągu serii organicznej i ich

kontekst geologiczno-stratygraficzny pozwalają zakładać przynajmniej lokalną obecność przemarzniętego gruntu (Peters 2002; Peters-Zganiacz, Dzieduszyńska 2007; Dzieduszyńska, Peters-Zganiacz 2012).

Fluktuacje klimatyczne pociągały za sobą przeobrażenia w systemach ekologicznych, które są dość precyzyjnie rekonstruowane za pomocą coraz bogatszego arsenału metod paleobotanicznych i paleozoologicznych, wychwytyjących drobne zaburzenia wrażliwych na zmiany wskaźników. Z punktu widzenia wnioskowania paleogeograficznego istotna jest rekonstrukcja przemian w środowiskach morfogenetycznych i rejestracja momentu przekraczania w nich wartości progowych indukujących nasilone procesy rzeźbotwórcze. Ocieplenie późnego vistulianu, aż do allerödu włącznie, było w regionie łódzkim okresem przebudowy warunków peryglacialnych na umiarkowane, z rozwojem rzeźby warunkowanej dodatnim bilansem erozji (Turkowska 2006). W młodszym dryasie nastąpiło zakłócenie takiego kierunku przemian, wyrażone powrotem do przewagi akumulacji nad erozją w środowiskach fluwialnym i stokowym (Dzieduszyńska 2011, 2013). Zgodnie ze schematem późnovistuliańskiej aktywności w środowisku eolicznym Dylikowej (1967), młodszy dryas odznaczał się niszczeniem zbudowanych wcześniej pagórków wydmych. Z kolei badania Rotnickiego (1970) w stanowisku Węglewice na terasie Prozny wskazują na młodszy dryas jako główną fazę formowania wydmy śródlądowych. W otwartym krajobrazie młodszego dryasu efektem morfologicznym procesów eolicznych były również pola piasków pokrywowych, udokumentowane na północny wschód od regionu łódzkiego, od okolic Błonia, co najmniej po Ozorków (Karaszewski 1972), które wydatowano za pomocą metody OSL na $12\,270 \pm 630$ BP (Kalińska, Wyszomierski 2010). Przypuszczalnie depozycja pól piaszczystych mogła kontynuować się dalej w kierunku zachodnim, wzdłuż obniżenia pradoliny warszawsko-berlińskiej (Dzieduszyńska 2011), i obejmować teren badań.

REKONSTRUKCJA ZMIAN ŚRODOWISKA W KONTEKŚCIE ZDARZEŃ W PÓŻNYM VISTULIANIE

Stanowisko Koźmin Las, poprzez wielokierunkowość rozpoznania paleośrodowiska, stało się wartościowym geoarchiwum jego dynamicz-

nych przemian podczas schyłku późnego vistulianu w staroglacjalnym obszarze Polski Środkowej. Potencjał interpretacyjny badanych osa-

dów wynika nie tylko z możliwości poddawania ich interdyscyplinarnym badaniom geologicznym i paleoekologicznym, ale również z faktu potwierdzonej synchroniczności funkcjonowania ekosystemu leśnego z depozycją osadów organicznych, co pozwala na poznanie kontekstu środowiskowego siedliska. Najistotniejsze wnioski dotyczą uzyskanego obrazu postępującego ochłodzenia młodszego dryasu, w generalnym zarysie zgodnego ze schematem zmian warunków termiczno-wilgotnościowych w reperowych stanowiskach Polski Środkowej: Gościąg (Ralska-Jasiewiczowa i in. 1998) i Witów (Wasylikowa 1964, 1999).

Osiągnięte wyniki potwierdziły tezę o dużej zmienności zjawisk w zderzeniu z gwałtownym ochłodzeniem klimatu i pozwoliły na wychwycenie reakcji lokalnych na zmiany globalne. Właściwości osadów schyłkowego allerödu i młodszego dryasu dały możliwość prześledzenia ewolucji geoekosystemu w dnie doliny rzecznej. Dla określonego powyżej przedziału czasowego zrekonstruowano szczegółowe, lokalne zdarzenia w dnie doliny Warty, przypisując im porządek chronologiczny (Dzieduszyńska i in. 2014a). Dla przedziału pomiędzy ok. 13 000 / 12 900 a 12 800 cal BP, czyli końca allerödu, udokumentowano rozwój na badanym stanowisku torfowiska oraz ślady procesów glebotwórczych. Na takim podłożu rósł las sosnowo-brzozowy. Stale pogarszające się warunki jego funkcjonowania były wynikiem wzrastającej wilgotności siedliska, mającej wyraz m.in. w rozwoju poziomu gleby hydrogenicznej. Kierunkiem zmian udokumentowanym po 12 700 cal BP było podtapianie ekosystemu leśnego poprzez podnoszenie się poziomu wód gruntowych, aż do powstania płytkich rozlewisk z czytelnymi epizodami ingerencji odpływu pozakorytowego. Okres po 12 400 / 12 100 cal BP to zajęcie dna doliny przez wody rzeczne.

Chronologia zrekonstruowanych zdarzeń wskazuje, że najszybciej następujące po sobie zmiany środowiskowe, czyli krótkotrwale funkcjonowanie nadrzecznego lasu w dolinie Warty oraz zmiany hydrologiczne w podłożu miały miejsce w końcu allerödu i w pierwszej części młodszego dryasu. Korelacja z późnovistulianским zapisem zachowanym w drobnolaminowanych osadach jeziora Gościąg i profilu ze stanowiska Witów (Ralska-Jasiewiczowa i in. 1998; Wasylikowa 1999) wskazuje, że przypadają one na najsurowsze warunki klimatyczne pierwszej części młodszego dryasu. Diagramy pyłkowe wskazują na silne rozluźnienie lasu

i przekształcenie borealnych zbiorowisk allerödu w tundrę parkową, wyrażone m.in. wzrostem udziału NAP do 50% i rozprzestrzenieniem heliofitów, z kilkunastoprocentową obecnością *Artemisia* i *Juniperus*.

Rozrzedzenie borów sosnowo-brzozowych jest cechą charakteryzującą przemianę szaty roślinnej omawianego czasu w całej Polsce. Specyficzne cechy doliny Warty w odcinku basenu uniejowskiego, takie jak jej rozległość i płytkość, spowodowały, że w stanowisku Koźmin Las udokumentowano sytuację odbiegającą od przyjętej opinii o młodszodryasowych refugiach borów allerödskich w dolinach rzecznych (Madeyska 1998). Istotne jest, że fakt zniszczenia lasu stanowił wyeliminowanie czynnika, który podczas zaburzeń reżimu hydrologicznego w warunkach młodszego dryasu hamował potencjalne zmiany w układach koryt rzecznych (Huisink 2000; Vandenberghe 2002; Turner i in. 2013).

Wyniki wielodyscyplinarnych badań ze stanowiska Koźmin Las jako przyczynę powalenia lasu wskazują szereg zjawisk potwierdzających różnorodność i niestabilność środowiska schyłku vistulianu. Cechy morfologiczne pni pozwoliły wysnuć wniosek o funkcjonowaniu lasu w pogarszających się warunkach środowiskowych, co wynikało z podniesienia poziomu wód gruntowych i wzrostu wilgotności siedliska na skutek zmniejszenia infiltracji, najprawdopodobniej w efekcie przemarznięcia podłoża (Dzieduszyńska i in. 2012, 2014a). Z kolei powszechne występowanie drewna reakcyjnego, będącego pochodną naprężeń mechanicznych (an. M. Krąpiec – por. Dzieduszyńska i in. 2014a), wskazuje na silne wiatry jako czynnik odpowiedzialny za destrukcję lasu. Tezę dodatkowo potwierdza dominująca orientacja W-E ułożenia powalonych pni, zgodna z kierunkiem ówczesnych wiatrów (np. Dylikowa 1967; Krajewski 1977). Brak śladów nadpalenia zachowanych pni nie pozwala brać pod uwagę w Koźminie, uważanych za powszechne w tym czasie, pożarów obumarłych borów allerödskich (Schild 1982; van der Hammen, van Geel 2008).

Intensyfikacja powodzi w analizowanym odcinku doliny Warty zbiega się z poprawą warunków termicznych i wzrostem wilgotności datowanych w stanowiskach stratotypowych na okres rozpoczynający się od 12 100 cal BP. Świadczenia ewolucji środowiska fluwialnego w warunkach młodszego dryasu zachowane w stanowisku Koźmin Las dokumentują najpierw subtelne epizody rozlewania się wód rzecznych po terasie zale-

wowej aż po dynamiczne wezbrania, z odpływem po całym szerokim i płaskim dnie basenu. Gwałtownym powodziom sprzyjały takie czynniki lokalne jak zredukowana szata roślinna, przemarznięte podłoże i dogodna topografia ułatwiająca szeroki, obejmujący całe dno doliny, zasięg odpływu pozakorytowego. Biorąc pod uwagę ogólne warunki klimatyczne młodszego dryasu, można zakładać występowanie powodzi spowodowanych zatorami lodowymi, choć nie znaleziono na nie dowodów. Zjawiska fluwialne zarejestrowane na badanym obszarze są zgodne z fazą wzmożonej aktywności w tym środowisku pomiędzy 12 000 a 11 000 cal BP, wyróżnioną dla Polski przez Starkla (2011).

Narastająca w czasie intensywność procesów fluwialnych i szybkie następowanie po sobie zdarzeń powodziowych, skutkujące wydajną agradacją, udokumentowane są poprzez cechy strukturalno-teksturalne aluwii i brak śladów pedogenezy (Dzieduszyńska i in. 2012; Twardy 2014, w tym tomie; Petera-Zganiacz i in. w druku). Siła transportowa rzeki wzrosła na tyle, że możliwe było szybkie pogrzebanie pni w środowisku sprzyjającym ich zakonserwowaniu.

Powiązanie powodzi na Warcie i wydajnej agradacji w basenie uniejowskim z młodszym dryasem jest zgodne z estymacją wysokich paleoprzepływów na przełomie vistulianu i holocenu w odległej o kilkadziesiąt kilometrów Prośnie (Rotnicki 1983, 1991). Na analizowanym terenie nie można również wykluczyć kontynuacji znacznych, dynamicznych przepływów w jeszcze pozbawionym zwartej, w pełni wykształconej szaty roślinnej okresie preborealnym. Pomimo tego przekroczenie wartości progowych ini-

cjujących cykl intensywnych wezbrań należy wiązać ze zmianami klimatycznymi młodszego dryasu.

Oznaczenie szybkich przemian środowiskowych dla stanowiska Koźmin Las poszerzyło wiedzę o przyczynach zmian w rozwinięciu koryta i zainicjowaniu w młodszym dryasie odpływu wielokorytowego typu *anabranching*, charakteryzującego się istnieniem sieci niewielkich stabilnych koryt, zidentyfikowanego i opisywanego we wcześniejszych rekonstrukcjach paleogeograficznych basenu uniejowskiego (Turkowska i in. 2000, 2004; Petera 2002; Forsyś 2005). Sformułowany wniosek o dogodnej topografii i zwiększonym obciążeniu rzeki ładunkiem osadowym w warunkach ochłodzenia, jako przyczynach utworzenia się wielu koryt, można uzupełnić o wyłączenie w młodszym dryasie czynnika botanicznego, stabilizującego odpływ. Zwrócono ponadto uwagę na znaczenie, dla zmian systemu rozwinięcia koryta, obciążenia rzeki w postaci rumoszu drzewnego, tworzącego przeszkody rozdzielające nurt, w których cieniu miała miejsce akumulacja osadów (Petera-Zganiacz i in. w druku). Szybka pionowa akumulacja 2–3 m serii mineralnej odpowiada za strukturę terasy niskiej, dominującej w dzisiejszym krajobrazie geomorfologicznym analizowanego terenu.

Wydarzenia zrekonstruowane w dnie doliny Warty złożyły się w spójny obraz mechanizmu reakcji dużej nizinnej rzeki, która z racji swej pozycji w systemie przyrodniczym zwykle bywa mniej wrażliwa niż małe doliny i wykazuje opóźnienia w stosunku do szybkich i krótkotrwałych, w sensie geologicznym, zmian klimatycznych (np. Kasse 2002; Vandenberghe 2002).

UWAGI KOŃCOWE

Zdarzenia, odtworzone w dolinie Warty z perspektywy środowiska lądowego, stanowią potwierdzenie poglądu o bardzo szybkim tempie zmian klimatycznych w późnym vistulianie i przeobrażeniach, wynikających z dostosowywania się do nich systemów ekologicznych. Interdyscyplinarne podejście do zagadnień badanych w stanowisku Koźmin Las i formułowanie wspólnych wniosków (Kittel i in. 2012; Dzieduszyńska i in. 2012, 2014a, b; Petera-Zganiacz i in. w druku) znacząco poszerzyło wiedzę paleogeograficzną o reakcji systemu doliny rzecznej na globalne ochłodzenie młodszego dryasu, w wymiarze lokalnych uwarunkowań. Przeprowadzone

badania są regionalnym wkładem do rekonstrukcji środowiska przyrodniczego schyłku vistulianu obszarów starogłacialnych Polski Środkowej, odzwierciedlając, z możliwie dużą rozdzielczością czasową, zdarzenia w systemach odmiennych od dotychczas poznawanych mis torfowisk i kopalnych jezior, wcześniej uznanych za miejsca lepiej nadające się do tego rodzaju interpretacji. Koźmin Las jest następnym na mapie regionu łódzkiego stanowiskiem, które, pomimo rejestracji niepełnego późnego vistulianu, istotnie uzupełnienia wiedzy na temat funkcjonowania i kierunków ewolucji systemów morfogenetycznych pod wpływem naturalnych zmian warunków środowiskowych.

LITERATURA

- Alley R.B., Meese D.A., Shuman C.A., Gow A.J., Taylor K.C., Grootes P.M., White J.W.C., Ram M., Waddington E.D., Mayewski P.A., Zielinski G.A., 1993 – Abrupt increase in Greenland snow accumulation at the end of the Younger Dryas event. *Nature*, 362: 527-529.
- Björck S., Walker M., Cwynar L., Johnsen S., Knudsen K.-L., Lowe J., Wohlfarth B., and INTIMATE Members, 1998 – An event stratigraphy for the last Termination in the North Atlantic region based on the Greenland ice-core record: a proposal by the INTIMATE group. *Journal of Quaternary Science*, 13, 4: 283-292.
- Bluszcz A., 2000 – Datowanie luminescencyjne osadów czwartorzędowych – teoria, ograniczenia, problemy interpretacyjne. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Geochronometria*, 17: 104 s.
- Brauer A., Haug G.H., Dulski P., Sigman D.M., Negendank J.F., 2008 – An abrupt wind shift in western Europe at the onset of the Younger Dryas cold period. *Nature Geoscience*, 1: 520-523.
- Brooks S.J., Langdon P.G., 2014 – Summer temperature gradients in northwest Europe during the Lateglacial to early Holocene transition (15 – 8 ka BP) inferred from chironomid assemblages. *Quaternary International*, 341: 80-90.
- Dylikowa A., 1967 – Wydmy środkowopolskie i ich znaczenie dla stratygrafii schyłkowego plejstocenu. W: R. Galon, J. Dylik (red.), *Czwartorzęd Polski*. PWN, Warszawa: 353-371.
- Dzieduszyńska D., 2011 – Ochłodzenie młodszego dryasu i jego efekty morfogenetyczne w regionie łódzkim. *Acta Geographica Lodziensia*, 98: 104 s.
- Dzieduszyńska D., 2013 – Stan wiedzy o późnym vistulianie w regionie łódzkim. *Acta Geographica Lodziensia*, 101: 25-36.
- Dzieduszyńska D., Petera-Zganiacz J., 2012 – Geologic position of the Younger Dryas subfossil forest in the Warta River Valley, central Poland. *Bulletin of the Geological Society of Finland*, 84: 69-79.
- Dzieduszyńska D., Forysiak J., 2013 – Sygnały zmian środowiskowych późnego vistulianu w archiwach biogenicznych region łódzkiego. *Acta Geographica Lodziensia*, 101: 37-48.
- Dzieduszyńska D., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Twardy J., 2012 – Paleogeograficzne elementy rozwoju doliny Warty w Kotlinie Kolskiej w świetle badań w stanowisku „Koźmin Las”. *Acta Geographica Lodziensia*, 100: 35-49.
- Dzieduszyńska D., Twardy J., 2014 – Ogólna charakterystyka stanowiska Koźmin Las. *Acta Geographica Lodziensia*, 102: 11-21.
- Dzieduszyńska D.A., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Brooks S.J., Korzeń K., Krąpiec M., Pawłowski D., Płaza D.K., Płóciennik M., Stachowicz-Rybka R., Twardy J., 2014a – Environmental influence on forest development and decline in the Warta River valley (Central Poland) during the Late Weichselian. *Quaternary International*, 324: 99-114.
- Dzieduszyńska D., Petera-Zganiacz J., Twardy J., Kittel P., Moska P., Adamiec G., 2014b – Optical dating and sedimentary record from the terrace depositional profile of the Warta River (Central Poland). *Geochronometria*, 41 (4): 361-368.
- Forysiak J., 2005 – Rozwój doliny Warty między Burzeninem i Dobrowem po zlodowaceniu warty. *Acta Geographica Lodziensia*, 90: 116 s.
- Forysiak J., 2012 – Zapis zmian środowiska przyrodniczego późnego vistulianu i holocenu w osadach torfowisk regionu łódzkiego. *Acta Geographica Lodziensia*, 99: 164 s.
- Goslar T., 1996 – Naturalne zmiany atmosferycznej koncentracji radiowęglu w okresie szybkich zmian klimatu na przełomie vistulianu i holocenu. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Geochronometria*, 15: 196 s.
- Goslar T., Arnold M., Bard E., Kuc T., Pazdur M.F., Ralska-Jasiewiczowa M., Różański K., Tisnerat N., Walanus A., Wicik B., Więckowski K., 1995 – High concentration of atmospheric ¹⁴C during the Younger Dryas. *Nature*, 377: 414-417.
- Goździk J., 1995 – A permafrost evolution and its impact on some depositional conditions between 20 and 10 ka in Poland. *Biuletyn Peryglacjalny*, 34: 53-72.
- Huisink M., 2000 – Changing river styles in response to Weichselian climate changes in the Vecht valley, eastern Netherlands. *Sedimentary Geology*, 133: 115-134.
- Isarin R.F.B., Bohncke S.J.P., 1999 – Mean July Temperatures during the Younger Dryas in Northwestern and Central Europe as Inferred from Climate Indicator Plant Species. *Quaternary Research*, 51: 158-173.
- Iversen J., 1954 – The late-glacial flora of Denmark and its relation to climate and soil. *Danmarks Geologiske Undersøgelser, ReakkeII*, 80: 87-119.
- Kalińska E., Wyszomierski M., 2010 – Nowe dane odnośnie do genezy i wieku form stożkopodobnych południowej części Niziny

- Środkowomazowieckiej. *Landform Analysis*, 13: 27-31.
- Karaszewski W., 1972 – Pokrywowe utwory pyłowe w Polsce środkowej. *Kwartalnik Geologiczny*, 16, 1: 171-181.
- Kasse C., 2002 – Late Weichselian (O.I.S. 2 to 1 Transition) climate change and fluvial response, Maas valley, the Netherlands. Konferencja „Transformacja systemów fluwialnych i stokowych w późnym vistulianie i holocenie”. Łódź-Uniejów, 25–27 września 2002 r.: 18.
- Kittel P., Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D., Twardy J., Krąpiec M., Bijak Sz., Bronisz K., Zasada M., Płaza D., 2012 – Badania „kopalnego lasu” ze schyłku vistulianu w dolinie Warty (Kotlina Kolska, środkowa Polska). *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej*, 1 (30), 238-245.
- Kasse C., Huijzer A.S., Krzyszkowski D., Bohncke S.P.J., Coope G.R., 1998 – Weichselian Late Pleniglacial and Late-glacial depositional environments, Coleoptera and periglacial climatic records from central Poland (Bełchatów). *Journal of Quaternary Sciences*, 13: 455-469.
- Klatkova H., 1996 – Przejawy obecności wieloletnie zmarzliny w środkowej Polsce, w ciągu ostatnich 150 tys. lat. *Biuletyn Peryglacjalny*, 35: 45-72.
- Krajewski K., 1977 – Późnoplejstoceńskie i holocenne procesy wydymotwórcze w pradolinie warszawsko-berlińskiej w widłach Warty i Neru. *Acta Geographica Lodziensia*, 39: 87 s.
- Litt T., Brauer A., Goslar T., Merkt J., Bałaga K., Muller H., Ralska-Jasiewiczowa M., Stebich M., Negendank J.F.W., 2001 – Correlation and synchronisation of Lateglacial continental sequences in northern central Europe based on annually laminated lacustrine sediments. *Quaternary Science Review*, 20: 1233-1249.
- Madeyska T., 1998 – Zróżnicowanie roślinności Polski u schyłku ostatniego zlodowacenia. *Studia Geologica Polonica*, 113: 137-180.
- Petera J., 2002 – Vistuliańskie osady dolinne w basenie uniejowskim i ich wymowa paleogeograficzna. *Acta Geographica Lodziensia*, 83: 164 s.
- Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D., 2007 – Wymowa paleogeograficzna horyzontu pni kopalnych w osadach późnego vistulianu. *Acta Geographica Lodziensia*, 93: 57-66.
- Petera-Zganiacz J., Dzieduszyńska D.A., Twardy J., Pawłowski D., Półciennik M., Lutyńska M., Kittel P., w druku – Younger Dryas flood events: A case study from the middle Warta River valley (Central Poland). *Quaternary International*. <http://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.074>
- Półciennik M., Self A., Birks H.J.B., Brooks S.J., 2011 – Chironomidae (Insecta: Diptera) succession in Żabieniec bog and its palaeolake (Central Poland) through the Late Weichselian and Holocene. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 307: 150-167.
- Ralska-Jasiewiczowa M., Goslar T., Madeyska T., Starkel L., 1998 – Lake Gościąż, central Poland. A monographic study. Part 1. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Science, Kraków: 340 s.
- Rotnicki K., 1970 – Główny problem wydymładowych w Polsce w świetle badań wydmy w Węglewicach. *Prace Komisji Geograficzno-Geologicznej PTPN*, XI, 2: 146 s.
- Rotnicki K., 1983 – Modelling past discharges of meandering rivers. In: K.J. Gregory (ed.), Background to palaeohydrology. Wiley and Sons, Chichester.
- Rotnicki K., 1991 – Retrodiction of palaeodischarges of meandering and sinuous alluvial rivers and its palaeohydroclimatic implications. W: L. Starkel, K.J. Gregory, J.B. Thornes (eds) Temperate Palaeohydrology. J. Wiley and Sons Ltd: 431-472.
- Schild R., 1982 – Stratygrafia archeologiczna wydymładowych widziana z Mazowsza. *Roczniki Gleboznawcze*, XXXIII, 3-4: 59-79.
- Starkel L., 2011 – Present-day events and the evaluation of Holocene palaeoclimatic proxy data. *Quaternary International*, 229: 2-7.
- Steffensen J.P., Andersen K.K., Bigler M., Clausen H.B., Dahl-Jensen D., Fischer H., Goto-Azuma K., Hansson M., Johnsen S.J., Jouzel J., Masson-Delmotte V., Popp T., Rasmussen S.O., Rothlisberger R., Ruth U., Stauffer B., Siggaard-Andersen M.-L., Sveinbjörnsdóttir A.E., Svensson A., White J.W.C., 2008 – High-resolution Greenland ice core data show abrupt climate change happens in few years. *Science*, 321: 680-684.
- Tobolski K. (red.), 1998 – Paleoeologiczne studium późnoglacialnych osadów Jeziora Lednica w Imiolkach (Lednicki Park Krajobrazowy). Biblioteka Studiów Lednickich, tom IV. Wyd. Homini, Bydgoszcz: 80 s.
- Turkowska K., 2006 – Geomorfologia regionu łódzkiego. Wyd. UŁ, Łódź: 237 s.
- Turkowska K., Forysiak J., Petera J., Miotk-Szpiganowicz G., 2000 – Morfogenez powierzchni Kotliny Kolskiej w okolicach Koźmina. *Acta Geographica Lodziensia*, 78: 98-134.
- Turkowska K., Forysiak J., Petera J., Miotk-Szpiganowicz G., 2004 – A Warta River system during the Younger Dryas in the Kolo Basin (Middle Poland). *Quaestiones Geographicae*, 23: 83-107.

- Turner F., Tolksdorf J.F., Viehberg F., Schwalb A., Kaiser K., Bittmann F., van Bramann U., Pott R., Staesche U., Breest K., Veil S., 2013 – Lateglacial/early Holocene fluvial reactions of the Jeetzel river (Elbe valley, northern Germany) to abrupt climatic and environmental changes. *Quaternary Science Reviews*, 60: 91-109.
- Twardy J., 2014 – Litologiczna charakterystyka osadów w stanowisku Koźmin Las i ich interpretacja paleogeograficzna. *Acta Geographica Lodziensia*. 102: 23-38.
- Tylmann W., 2011 – Jeziorne osady rocznie laminowane w północnej Polsce: aktualny stan rozpoznania, postępy metodyczne i perspektywy badawcze. *Studia Limnologica et Telmatologica*, 5,1: 23-41.
- Vandenbergh J., 2002 – The relation between climate and river processes, landform and deposits during the Quaternary. *Quaternary International*, 91: 17-23.
- van der Hammen T., van Geel B., 2008 – Charcoal in soils of the Alleröd-Younger Dryas transition were the result of natural fires and not necessarily the effect of the extra-terrestrial impact. *Geologie en Mijnbouw*, 87 (4): 359-361.
- Walker M.J.C., Björck S., Lowe J.J., Cwynar L.C., Johnsen S., Knudsen K.-L., Wohlfarth B., INTIMATE group, 1999 – Isotopic 'events' in the GRIP ice core: a stratotype for the late Pleistocene. *Quaternary Science Review*, 18: 1143-1150.
- Wasylikowa K., 1964 – Roślinność i klimat późnego glacialu w środkowej Polsce na podstawie badań w Witowie koło Łęczycy. *Biuletyn Peryglacjalny*, 13: 261-376.
- Wasylikowa K., 1999 – Przemiany roślinności jako odbicie procesów wydymotwórczych i osadniczych w młodszym dryasie i holocenie na stanowisku archeologicznym w Witowie koło Łęczycy. *Prace i Materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, Ser. Arch.*, 41: 43-79.

ENVIRONMENTAL CHANGES AT THE VISTULIAN DECLINE IN CENTRAL POLAND AS SEEN FROM THE KOŹMIN LAS SITE

SUMMARY

Abstract. Multidisciplinary investigations carried out at Koźmin Las have been analysed in the aspect of recognition of fast natural climate changes in geosystems during the Vistulian Late Glacial. A series of short events, reconstructed for the extensive valley of a large lowland river in the old morainic area of Central Poland, has been related to global changes. Features in accordance with the scheme for Greenland ice core records and with the stratotypes of terrestrial palaeoenvironment of Central Poland have been highlighted. Properties of deposits which contributed to the knowledge of evolution of the Łódź Region have been pointed out.

Key words: Alleröd / Younger Dryas, geoarchive, palaeogeography, subfossil forest, Warta River valley, Łódź Region

A profile collected from the Koźmin Las reveals significant changes of the river valley environment during the Late Glacial decline. Geoarchive of past environmental changes consists in the site of rich-organic series with remains of in situ forest and overlying alluvial series. Organic material is devoid of advantages of precisely dated annually laminated sediments, however can be used to palaeoenvironmental and palaeoclimatological reconstructions, including spatial correlations with stratotypes from Greenland ice cores. Time resolution is here obtained by means of sampling compaction.

The objective of this paper is to discuss the significance of multiproxy investigations on the sediments in the context of the Late Glacial dy-

namic climatic events and to highlight the cognitive value of the conducted studies for palaeogeographical conclusions in the old morainic area of Central Poland.

The chronology of the reconstructed events is based on the radiocarbon dates, of both scintillation and AMS technique, obtained from the organic silts, macrofossils and wood pieces. According to results, the time frame covers the period from $10\,940 \pm 50$ BP to $9\,780 \pm 150$ BP ($13\,048$ to $10\,603$ cal BP), thus the end of the Alleröd and the Younger Dryas. Alluvial series was dated by OSL. The results yielded for samples range from $12\,730 \pm 620$ BP to $14\,280 \pm 740$ BP and are overestimated in relations to the formation of the organic-rich series, which is

probably a result of rapidity of events during the deposition and incomplete bleaching of the previously accumulated dose.

Based on the obtained data, the thesis about rapid environmental changes at the onset of the Younger Dryas cooling has been confirmed. As inferred from the results of the multiproxy investigations, a few stages of the development of the local depositional basin in the floodplain in the Warta River valley have been recognized. Until ca. 12 700–12 600 cal BP the deposition occurred in a very shallow periodic flow basin, which afterwards dried and was followed by the development of the soil horizon. At that time, between 12 800–12 600 cal BP, the floodplain was forested. The forest was destroyed by an

increase in water level and probably was felled by strong winds in a very short time. Between 12 700 / 12 600 and 12 400 / 12 100 the floodplain was occupied by shallow water pool and first geological record of floods were registered. Since 12 100 cal BP onwards, increase of flooding took place, reflected in the lithological transition from the rich-organic series to sandy-silty material.

The original data obtained from the Koźmin Las profile are coherent with the high resolution record available from Lake Gościąg in Central Poland. The clear geological context at the site provides great potential for further discussion on palaeogeography of Central Poland during the Vistulian Late Glacial.