

# Zapis palinologiczny zmian roślinności i klimatu interglacjału augustowskiego w profilu Żarnowo (Równina Augustowska, północno-wschodnia Polska)

Hanna Winter<sup>1</sup>



**Palinological record of vegetation and climate changes of Augustovian Interglacial at the Żarnowo Site (Augustów Plain, northeastern Poland).** *Prz. Geol.*, 56: 1011–1018.

*Abstract.* Series of lacustrine-boggy sediments from a drilling core at the Żarnowo site (the Augustów Plain, NE Poland) have been investigated by means of high-resolution pollen analysis. The pollen succession from Żarnowo is of a long pollen sequence nature.

Twenty three local pollen assemblage zones representing decline of the Narevian Glaciation, Augustovian Interglacial and the beginning of the Nidanian Glaciation have been distinguished.

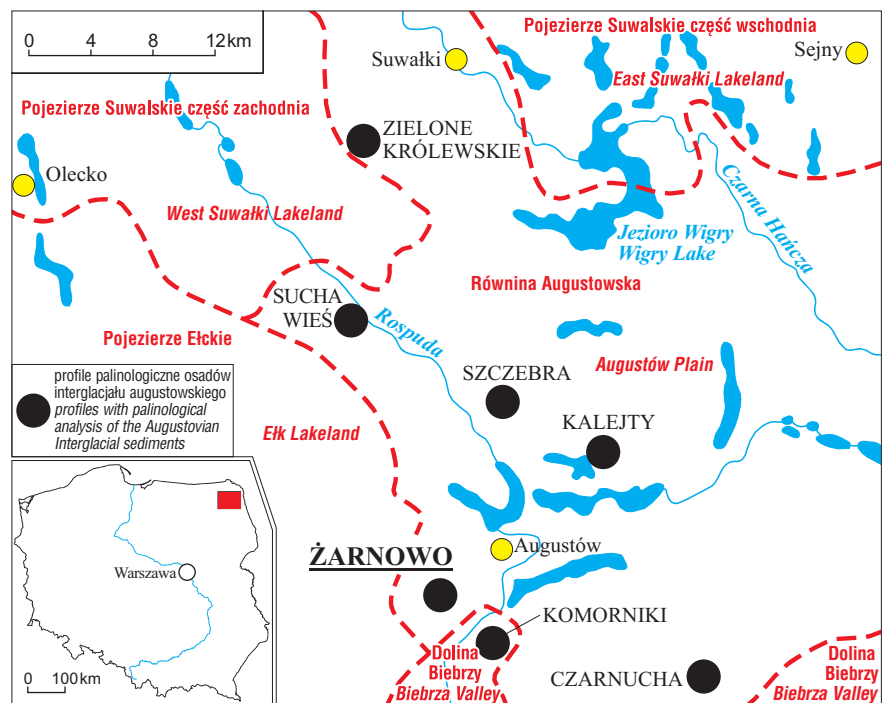
The interglacial part of the pollen succession is characterized by the presence of two warm stages (of interglacial rank) separated by a cold stage comprising stadial and interstadial intervals. This long pollen sequence was compared with other pollen sequences from the Augustów Plain, and with those of the Ferdynandovian age.

**Keywords:** pollen analysis, long pollen sequence, Augustovian Interglacial, NE Poland

Podczas prac geologicznych związanych z realizacją arkusza Woźna Wieś (185) *Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000* został wykonany otwór wiertniczy Żarnowo (53°49'N; 22°54'E) (Włodek i in., 2002). Otwór znajduje się na południowo-zachodnim krańcu Równiny Augustowskiej, zwanej również Równiną Studzienniczą (mezoregion Pojezierze Litewskie) (Kondracki, 1998), 6,6 km na południowy zachód od Augustowa, na falistej wysoczyźnie polodowcowej (ryc. 1).

Profil osadów z rdzenia wiertniczego rozpoczyna cienki poziom glin należących do zlodowacenia narwi (gł. 146,0–148,5 m) (ryc. 2), które podścielają osady jeziorno-bagiennicze leżące na głębokości 112,9–146,0 m. Powyżej (na gł. 108,1–112,9 m) występuje poziom gliny reprezentującej zlodowacenie nidy. Osady mułkowo-ilaste z głębokości 106,0–108,1 m zostały zliczone do interglacjału ferdynandowskiego. Zlodowacenie sanu 2 reprezentuje glina zwałowa z głębokości 101,0–106,0 m, powyżej której (na gł. 84,35–101,0 m) występują piaski rzeczne związane z interglacjałem mazowieckim. Sedymentacja gliny z głębokości 79,8–84,35 m nastąpiła podczas zlodowacenia liwca. Powyżej tych utworów występuje kompleks osadów składających się z mułków piaszczystych, piasków wodnolodowcowych, mułków i ilów zastoiskowych oraz glin zwałowych ze zlodowacenia odry i warty (gł. 38,8–79,8 m). Najmłodsze zlodowacenie — północnopolskie reprezentują gliny zwałowe oraz piaski i żwiry wodnolodowcowe (Gronkowska-Krystek, 2001; Włodek i in., 2002).

Seria osadów jeziorno-bagienniczych z głębokości 113,00–145,80 m została zbadana metodą analizy



**Ryc. 1.** Lokalizacja stanowiska Żarnowo

**Fig. 1.** Location of the Żarnowo site

pyłkowej. Wstępne wyniki badań palinologicznych pozwoliły na odniesienie badanych osadów do interglacjału augustowskiego (Winter, 2004). Osady interglacjału augustowskiego występują w wielu profilach z Równiny Augustowskiej (Ber, 2000), m.in. Szczebra (Janczyk-Kopikowa, 1996; Ber i in., 1998), Kalejty (Winter, 2001), Komorniki (Khursevich i in., 2005), Sucha Wieś (Janczyk-Kopikowa, w druku), Czarnucha (Winter, w druku) i Zielone Królewskie (Janczyk-Kopikowa, 1985). Wyniki badań palinologicznych próbek z serii międzymorenowych z tych otworów potwierdzały wiek datowanych osadów, natomiast brak było pełnego zapisu palinologicznego augustowskiej sukcesji pyłkowej. Dopiero szczegółowe opracowanie palinologiczne osadów z Żarnowa pozwoliło na udokumentowanie całej sukcesji interglacjału augustowskiego oraz odtworzenie różni rangi zmian klimatu na podstawie przemian roślinności.

<sup>1</sup>Państwowy Instytut Geologiczny, Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; hanna.winter@pgi.gov.pl

### Wyniki analizy pyłkowej

Metodą analizy pyłkowej zostały zbadane 172 próbki. Laboratoryjne przygotowanie próbek polegało na rozpuszczeniu węgla w HCl. Następnie osad był gotowany w 7% roztworze KOH, a frakcję mineralną od organicznej oddzielono, stosując wodny roztwór jodku kadmu i jodku potasu o gęstości ok. 2,1 g/cm<sup>3</sup>. Właściwą macerację przeprowadzono zmodyfikowaną metodą acetylizy wg G. Erdtmanna (1960).

W badanych próbkach frekwencja pyłku była różna, ale dla próbek umieszczonych na diagramie nie była niższa niż 250 ziaren pyłku na powierzchni 22 × 22 mm. Szczególnie niska była w próbkach z głębokości 144,85–145,65 m, pobranych z piasku ze żwirem, miejscami mułkowego z wtrąceniami humusu i detrytusem roślinnym oraz skorupkami mięczaków. Dla spektrow pyłkowych tych próbek charakterystyczny był wysoki udział pyłku sporomorf redeponowanych, zniszczonych i cyst fitoplanktonu morskiego należącego do Dinoflagellata.

Niską frekwencją cechują się spektra pyłkowe z głębokości 113,10–118,40 m z pyłkowym zapisem zmian roślinności zachodzących we wczesnym glacie. Spektra pochodzące z tej części profilu charakteryzuje bardzo duży udział pyłku o zdegradowanej powierzchni należącego do sosnowatych (Pinaceae), pyłku miocenijskiego, a także pyłku porożnianego, o zniszczonej i zatartej rzeźbie powierzchni oraz cyst Dinoflagellata.

W obliczeniach procentowych sumę podstawową stanowił pyłek drzew, krzewów (AP) oraz krzewinek i łądowych roślin zielnych (NAP). Procentowy udział pyłku roślin wodnych, zarodników, planktonu i palinomorfa redeponowanych był obliczony w stosunku do sumy podstawowej.

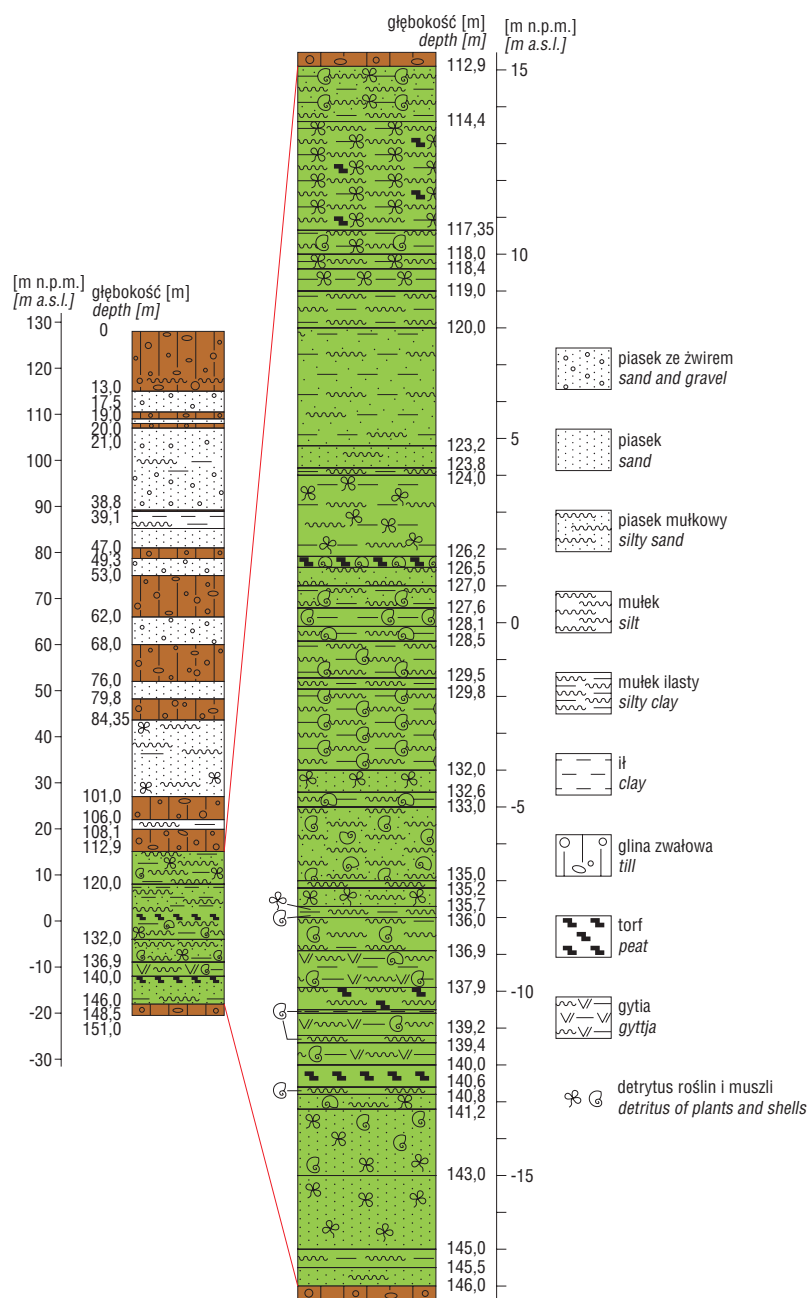
Diagram pyłkowy (ryc. 3), zawierający krzywe taksonów o wysokim udziale procentowym bądź szczególnie ważne stratygraficznie i klimatycznie, został podzielony na 23 lokalne zespoły poziomów pyłkowych L PAZ (tab. 1). Na podstawie opisu poziomów pyłkowych odtworzono zmiany roślinności łądowej zachodzące podczas schyłku zlodowacenia narwi, interglacjału augustowskiego i wczesnego zlodowacenia nidy.

### Zapis zmian roślinności łądowej i rekonstrukcja klimatu

Dane palinologiczne obrazowane diagramem palinologicznym z profilu Żarnowo (ryc. 3) dokumentują pięć wysokiej rangi przeobrażeń roślinności i środowisk uwarunkowanych istotnymi zmianami klimatycznymi i kilka mniejszych zmian spowodowanych oscylacjami klimatycznymi. Na podstawie przemian roślinności, ujętych w postaci lokalnych poziomów zespołów pyłkowych (tab. 1), w sukcesji pyłkowej z Żarnowa można wyróżnić dwie jednostki klimatostatygraficzne rangi interglacjału

i rozdzielający je okres chłodny/zlodowacenie oraz zaczynające i kończące sukcesję chłodne okresy przypisane do zlodowaceń.

Rozpoczynające sukcesję poziomy pyłkowe **Ża 1-2** odpowiadają roślinności otwartych siedlisk charakterystycznej dla warunków klimatycznych schyłku zlodowacenia narwi. W poziomie **Ża 1** udział pyłku roślin zielnych w spektrach pyłkowych tego wydzielenia jest mały, ale bardzo wysokie wartości sporomorf na wtórnym złożu i pyłku drzew ciepłolubnych wskazują na otwarcie krajobrazu i panowanie roślinności związanej z siedliskami otwartymi. Roślinność typu chłodnego stepu, z którą należy wiązać pyłek bylicy (*Artemisia*) i komosowatych (Chenopodiaceae) oraz *Ephedra*, tworzyła mozaikę ze zbiorowiskami trawiastymi i tundrą krzewinkową formowaną przez wrzosowate (Ericaceae). Luźno rosły brzozy (*Betula*), a osła (*Alnus*) mogła porastać brzegi cieków wod-



Ryc. 2. Profil litologiczny badanych osadów  
Fig. 2. Lithological profile of the deposits studied

nych. Zanik pyłku Ericaceae, spadek wartości *Artemisia* i wzrost wiechlinowatych (traw; Poaceae) oraz turzycowatych (Cyperaceae), notowane w poziomie **Ża 2**, dokumentują zanik chłodnego stepu i rozwój tundry zielnej. Rosnący udział pyłku brzozy, olszy, świerka i modrzewia może wskazywać na formowanie się rzadkich skupień drzew w lasotundrze.

W diagramie palinologicznym z Żarnowa granica pomiędzy zlodowaczeniem narwi a interglacją **AI** została wyznaczona na podstawie spadku wartości brzozy i olszy, wzrostu udziału sosny (*Pinus sylvestris* typ) i zaniku pyłku drzew o większych wymaganiach klimatycznych. Zmiana charakteru roślinności jest skorelowana ze zmianą osadu w profilu.

Poziomy **Ża 3-7** odzwierciedlają wyraźny, trójdzielny rozwój roślinności cechujący interglacjalny cykl zmian klimatyczno-roślinnych oraz ewolucję gleb (Tobolski, 1972; Mamakowa, 2003). Wyraźne ocieplenie na początku interglacjalu (poziomy **Ża 3-4**) spowodowało szybki rozwój pokrywy leśnej — lasów sosnowych z brzozą i modrzewiem. Zwartość roślinności powstrzymała proces erozji osadów i zanik pyłku drzew ciepłolubnych: dębu (*Quercus*), wiązu (*Ulmus*), leszczyny (*Corylus*) i innych pochodzących z redepozycji.

Gwałtownie malejące wartości pyłku sosny, spadający udział świerka i modrzewia skorelowane ze wzrostem udziału brzozy i olszy oraz pyłku traw i turzyc świadczą o rozprzestrzenianiu się brzozy i olszy w zbiorowiskach leśnych i większym otwarciu krajobrazu w poziomie **Ża 4**. W spektrach pyłkowych próbek z tego poziomu ponownie pojawiają się taksony redeponowane. Przyczyną szybkiej zmiany roślinności mógł być chłodny, ale krótkotrwały impuls klimatyczny wskazujący na niestabilność klimatu na początku interglacjalu lub lokalna zmiana warunków hydrologicznych powodująca podniesienie wód zbiornika i wkroczenie olszy oraz brzozy na tereny podmokłe. Ze względu na przemiany roślinności, klimat i gleby poziomy te w interglacjale reprezentują progresywną sukcesję w ewolucji szaty roślinnej, zaliczaną do stadium protokratycznego.

Następny etap zmian roślinności uwarunkowany szybkim ociepleniem wyraża się uformowaniem wielogatunkowych, mieszanych lasów klimaksowych (stadium mezokratyczne) z dużym udziałem sosny i mniejszym dębu, wiązu i lipy oraz olszy na terenach podmokłych (poziom **Ża 5**). Rozwój lasów klimaksowych należy wiązać z optimum klimatycznym.

Rozwój lasów świerkowo-sosnowych w poziomie **Ża 6** wskazuje na postępującą oceanizację i ochłodzenie klimatu, a wypieranie świerka przez sosnę i brzozę (poziom **Ża 7**) odzwierciedla spadek ilości opadów i, co ważniejsze, postępujące ochłodzenie klimatu, dokumentuje tym samym sukcesję regresyjną (stadium telokratyczne).

W poziomie **Ża 8** rosnący udział pyłku roślin zielnych, spadek udziału sosny i wzrost brzozy wskazują na obecność otwartych lasów brzozowych z domieszką sosny i świerka oraz leszczyny. Zjawisko to należy wiązać z krótką, chłodną oscylacją klimatyczną rozpoczynającą okres chłodny **A I/II**, po której następuje zdecydowana poprawa warunków klimatycznych pozwalająca na ekspansję leszczyny, a następnie dębu i wiązu (poziomy **Ża 9-10**). Wkraczanie w zbiorowiska leśne świerka i zanik pyłku taksonów ciepłolubnych w poziomie **Ża 11** świadczą o większej wilgotności klimatu i spadku temperatury. Wzrost kontynen-

talizmu i dalsze ochłodzenie jest dokumentowane postępującymi przeobrażeniami zbiorowisk leśnych, w które wkraczała brzoza, wypierając świerk. Następowoło rozluźnienie pokrywy roślinnej sprzyjające ekspansji roślin zielnych związanych z siedliskami otwartymi (poziom **Ża 12**). Charakter roślinności z poziomów **Ża 9-11** pozwala na określenie warunków klimatycznych jako interstadialne (Jessen & Milthers, 1928).

Warunki klimatyczne stadiału zostały zapisane w poziomach **Ża 8** i **Ża 12**. Zanik sosny i dynamiczna ekspansja brzozy wskazują na zdecydowany spadek temperatury. Wzrost kontynentalizmu klimatu jest wyrażony wzrostem wartości pyłku bylic i komosowatych. Zapis palinologiczny schyłku glacialu, dokumentujący rozwój lasów sosnowo-brzozowych o większym stopniu zwarcia (**Ża 13**), należy wiązać z krótkotrwałym ociepleniem klimatu. Spadek wartości pyłku sosny skorelowany ze wzrostem udziału pyłku brzozy i roślin zielnych, szczególnie *Artemisia* (**Ża 14**), jest skutkiem wzrostu kontynentalizmu i chłodnej oscylacji klimatycznej. Porównując biostratygrafię schyłku okresu chłodnego **A I/II** z profilu Żarnowo i późnego glacialu zlodowacenia wisły, możemy zauważyć podobieństwo w zmianach roślinności i klimatu. Schyłek zlodowacenia wisły charakteryzują ciepłe i chłodne oscylacje klimatyczne, takie jak alleroed i młodszy dryas, mające zasięg światowy (Goslar i in., 1999; Litt i in., 2001; Latałowa, 2003).

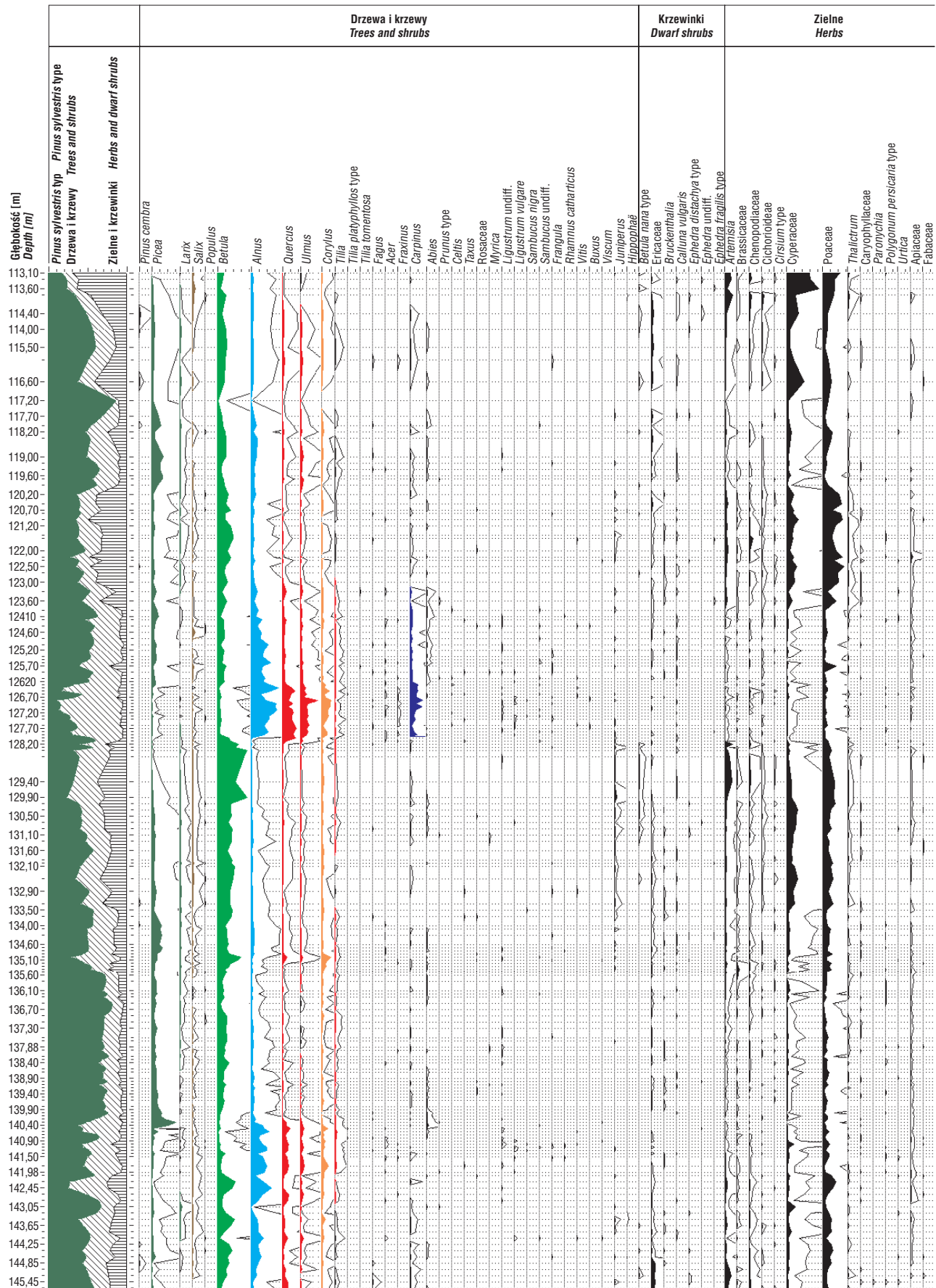
Poziom **Ża 13** reprezentuje roślinność, którą można porównać do interstadialnej roślinności alleroedu, reprezentowanej przez lasy sosnowo-brzozowe. Pogorszenie klimatu, wyrażone spadkiem udziału drzew i wzrostem wartości NAP, szczególnie *Artemisia*, związane z chłodną klimatyczną oscylacją młodszy dryas, może mieć odpowiednik w poziomie **Ża 14** z analogicznym zapisem pyłkowym.

Przejście pomiędzy okresem chłodnym **AI/II** i interglacją **A II** charakteryzuje spadek udziału pyłku brzozy i NAP, wzrost wartości sosny i dębu oraz wiązu (poziom **Ża 15**). W następnym poziomie **Ża 16**, reprezentującym optimum klimatyczne interglacjalu **A II**, jest zarejestrowany dynamiczny rozwój lasów szerokolistnych, z grabem jako jednym z głównych komponentów zbiorowisk leśnych. Szybkie wkraczanie drzew ciepłolubnych może świadczyć o dosyć gwałtownym ociepleniu klimatu i bliskości refugium, w których przetrwały taksony ciepłolubne. Zmiany w zbiorowiskach leśnych, dokumentowane spadkiem udziału drzew termofilnych i wzrostem udziału sosny, brzozy i świerka, wskazują na przebudowę lasów związaną z ochłodzeniem i większą wilgotnością klimatu (poziom **Ża 17**). Gdy porówna się stadia telokratyczne interglacjalu **A I** i interglacjalu **A II**, to wyraźnie widać, że roślinności schyłkowej części **A II** była bardziej ciepłolubna, o czym świadczy większy udział drzew termofilnych, takich jak dąb, wiąz, grab i leszczyna.

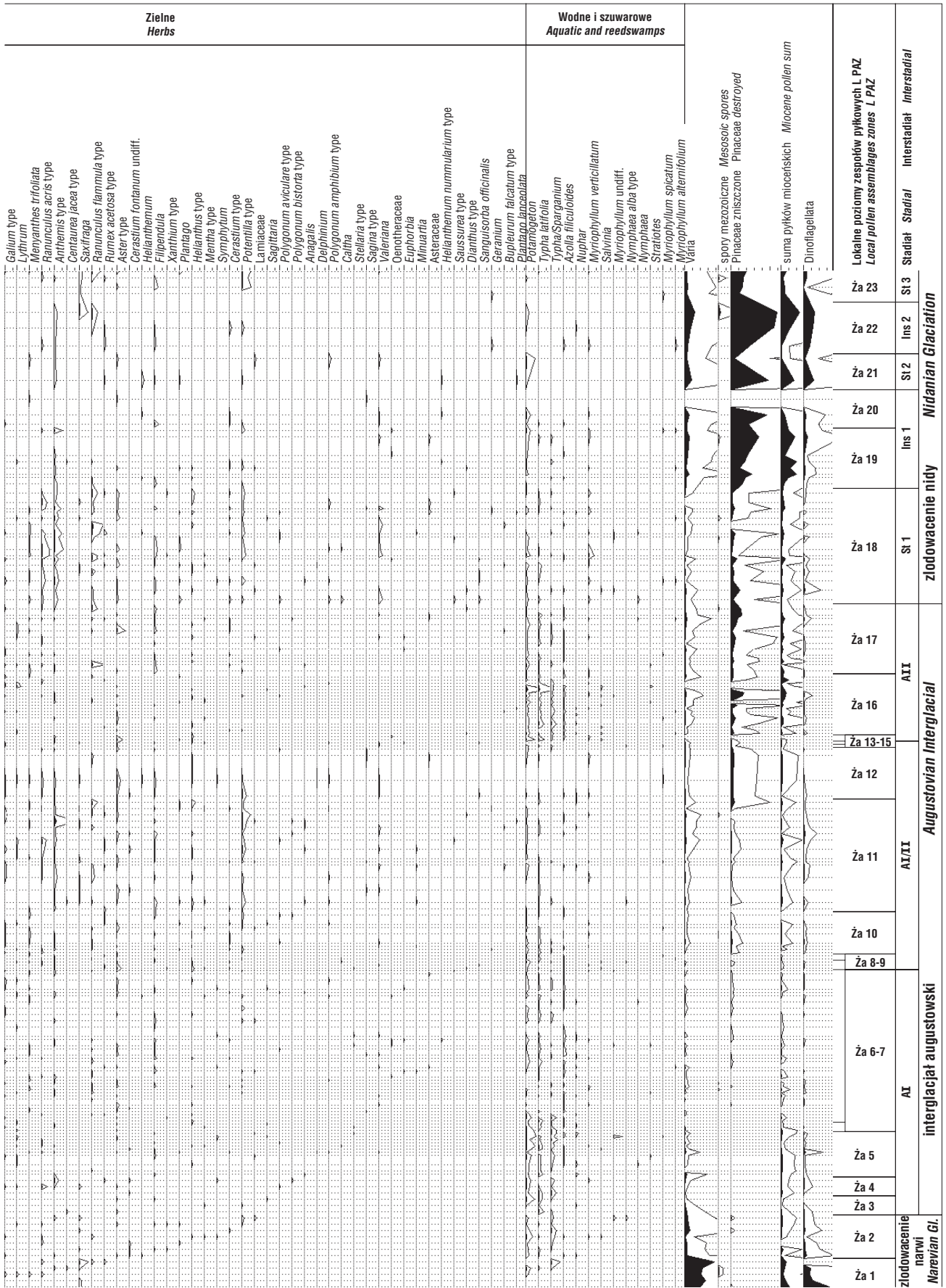
Granica między interglacją **A II** a glacialem wyrażona spadkiem udziału AP i wzrostem wartości pyłku roślin zielnych jest zdeterminowana silnym ochłodzeniem klimatu. We wczesnym glacialu są notowane oscylacje klimatyczne o małej skali, rejestrujące warunki stadialne (poziom **Ża 18**, **Ża 21** i **Ża 23**) i interstadialne **Ża 19-20** i **Ża 22**.

W poziomie **Ża 18** nastąpił rozwój tundrowych zbiorowisk roślinnych z dominacją traw i turzyc oraz płatami tundry krzewiastej. Wyraźna obecność doskonale zach-





Ryc. 3. Żarnowo — diagram palinologiczny  
Fig. 3. Żarnowo — palinological diagram



**Tab. 1. Opis lokalnych poziomów pyłkowych**  
 Table 1. Description of local pollen assemblages zones

Lokalne poziomy zespołów pyłkowych L PAZ Local Pollen Assemblages Zones L PAZ	Głębokość Depth [m]	Opis poziomów Description of zones
<b>Ża 1</b> <i>Artemisia-Ericaceae-Poaceae</i>	144,85–145,65	Frekwencja pyłku niska, poziom z maksymalnym udziałem Ericaceae (5,4%). Krzewinki i łądowe rośliny zielne (NAP), z udziałem do 28%, cechuje zróżnicowanie taksonomiczne. Najwyższe wartości przypadają na pyłek Poaceae, Cyperaceae, <i>Artemisia</i> i Chenopodiaceae. Drzewa i krzewy (AP) są reprezentowane przez <i>Betula</i> i <i>Alnus</i> . Na diagramie wartości <i>Picea</i> odzwierciedla ciągła krzywa. Wysoka frekwencja pyłku zniszczonego ( <i>varia</i> ), pyłków mioceńskich i Dinoflagellata <i>Frequencies of pollen are low, a zone with max. of Ericaceae (5.4%). NAP with a frequency of up to 28% is dominated by Poaceae, Cyperaceae, Artemisia and Chenopodiaceae pollen. AP is represented by Betula and Alnus pollen. The continuous curves of Picea begins. High frequencies of destroyed pollen (varia), Miocene pollen and Dinoflagellata</i>
<b>Ża 2</b> <i>Betula-Picea-NAP</i>	143,45–144,65	Wartości pyłku <i>Pinus</i> wahają się od 38,8 do 54,3%, <i>Betula</i> rosną do 21,5%, a <i>Alnus</i> i <i>Picea</i> do 4,6%. Rosną również wartości: <i>Quercus</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Tilia</i> i <i>Corylus</i> . Frekwencja NAP nie jest wysoka, ale cechuje go różnorodność taksonomiczna. Wzrasta udział Poaceae, maleje <i>Artemisia</i> i Chenopodiaceae. Pojedynczo występuje pyłek <i>Ephedra</i> . Zdecydowanie maleje udział <i>varia</i> , sporomorf przedczwartorzędowych i cyst Dinoflagellata <i>Values of Pinus pollen fluctuated from 38.8% to 54.3%, Betula rise to 21.5%, Alnus and Picea to 4.6%. Values of Quercus, Ulmus, Tilia and Corylus increase. Ephedra pollen is present. The proportions of Poaceae rise, and Artemisia and Chenopodiaceae decrease. Varia, pre-Quaternary sporomorphs and Dinoflagellata values fall rapidly</i>
<b>Ża 3</b> <i>Pinus-Larix</i>	142,65–143,65	Rośnie udział <i>Pinus</i> (68,4%) i <i>Larix</i> (2,7%). Maleją wartości NAP <i>Increase of the Pinus (68.4%) and Larix (2.7%) pollen. NAP percentages fall</i>
<b>Ża 4</b> <i>Betula-Alnus-NAP</i>	142,25–142,45	Maleją wartości pyłku <i>Pinus</i> , a rosną <i>Betula</i> (21,8%) i <i>Alnus</i> (26,2%). Wzrost wartości NAP jest nieduży i przypada głównie na Poaceae i <i>Artemisia</i> <i>Decreasing of Pinus pollen, Betula exceed 21.8%, Alnus 26.2%. Proportion of NAP is slightly higher and values of Poaceae and Artemisia rise</i>
<b>Ża 5</b> <i>Quercus-Ulmus-Corylus</i>	140,70–142,05	Maleje udział <i>Betula</i> , rośnie <i>Pinus</i> . Wartości <i>Alnus</i> dochodzą do 22,8%. Wzrasta udział pyłku <i>Quercus</i> (10,2%), <i>Ulmus</i> (4,6%), <i>Tilia</i> (2,6%) i <i>Corylus</i> (7,7%) oraz pojawia się <i>Acer</i> i <i>Fraxinus</i> . Występuje pyłek <i>Ligustrum</i> , <i>Frangula</i> , <i>Rhamnus cathartica</i> i <i>Vitis</i> <i>Proportions of the Betula pollen fall, Pinus rise. Alnus exceed 22.8%. Increase in Quercus (10.2%), Ulmus (4.6%), Tilia (2.6%) and Corylus (7.7%), Ligustrum, Frangula, Rhamnus cathartica and Vitis occur</i>
<b>Ża 6</b> <i>Picea-Quercus-Ulmus</i>	140,20–140,70	Rośnie udział <i>Picea</i> (maks. dla profilu 30,9%) i <i>Abies</i> (maks. 2,7%), spadają wartości pyłku <i>Pinus</i> , <i>Alnus</i> i innych drzew liściastych oraz <i>Corylus</i> <i>Increase in pollen of Picea (30.9% max.) and Abies (2.7% max.), decreasing percentages of Pinus, Alnus and other trees as well as Corylus</i>
<b>Ża 7</b> <i>Pinus-Picea-Betula</i>	135,50–140,10	Poziom z przewagą pyłku <i>Pinus</i> (59,6–82,0%). Krzywą ciągłą występuje pyłek <i>Larix</i> . Stopniowo maleją wartości pyłku <i>Alnus</i> . Wartości <i>Quercus</i> , <i>Ulmus</i> i <i>Tilia</i> są bardzo niskie. Wartości <i>Corylus</i> dochodzą do 2,7%. Pojawia się pyłek <i>Ligustrum</i> i <i>Bruckenthalia</i> <i>A zone with the dominant Pinus pollen (59.6–82.0%). Larix pollen forms a continuous curve. Proportions of Alnus pollen gradually decrease, Quercus, Ulmus and Tilia percentages are low. Corylus values reach 2.7%. Ligustrum and Bruckenthalia pollen is noted</i>
<b>Ża 8</b> <i>Betula-Corylus-NAP</i>	135,30–135,40	Spadają wartości <i>Pinus</i> , a rosną <i>Betula</i> i <i>Larix</i> oraz pyłku <i>Corylus</i> . Do 20% rosną wartości NAP, szczególnie Poaceae, Brassicaceae (3,5%) i <i>Artemisia</i> <i>Decrease in values of Pinus, increase in Betula and Larix pollen also values of Corylus rise. NAP exceed 20%, mainly Poaceae, Brassicaceae (3.5%) and Artemisia</i>
<b>Ża 9</b> <i>Betula-Corylus-Quercus</i>	134,90–135,20	Rośnie udział drzew i krzewów (AP), <i>Betula</i> (29,6%), <i>Corylus</i> (12,3%), <i>Quercus</i> (5,9%) i <i>Ulmus</i> (2,9%). Obecny jest pyłek <i>Acer</i> oraz <i>Ligustrum</i> i <i>Viscum</i> <i>Increase in AP values, mainly Betula (29.6%), Corylus (12.3%), Quercus (5.9%) and Ulmus (2.9%). Characteristic occurrence of the Acer, Ligustrum and Viscum pollen</i>
<b>Ża 10</b> <i>Picea-Betula-NAP</i>	133,70–134,80	Udział <i>Pinus</i> i <i>Picea</i> rośnie (14,2%), obniżają się wartości <i>Betula</i> , <i>Quercus</i> , <i>Ulmus</i> i <i>Corylus</i> . Udział <i>Larix</i> dochodzi do 2%. Wartości NAP sięgają do 20%. Różnorodność pyłku roślin zielnych jest duża <i>Proportions of Pinus and Picea (14.2%) rise. The percentages of Betula, Quercus, Ulmus and Corylus pollen fall. Larix pollen up to 2%. NAP values reach 20%. Herb taxa are highly varied</i>
<b>Ża 11</b> <i>Betula-NAP-Pinus</i>	130,0–133,50	Wartości <i>Betula</i> wahają się od 13,2% do 22,10%, maleje udział <i>Picea</i> . Na diagramie wartościom pyłku <i>Larix</i> i <i>Salix</i> odpowiada ciągła krzywa. Wzrasta do 30% udział pyłku roślin zielnych, przeważa pyłek Poaceae i Cyperaceae, rosną wartości Cichorioideae, <i>Anthemis</i> typ, <i>Thalictrum</i> , Brassicaceae i Chenopodiaceae <i>Frequency of the Betula pollen increase (up 22%), values of Picea pollen fall. Values of Larix and Salix pollen are characterized by the continuous curves. Rising of NAP to 30%, predomination of Poaceae and Cyperaceae, values of Cichorioideae, Anthemis type, Thalictrum, Brassicaceae and Chenopodiaceae pollen increase</i>
<b>Ża 12</b> <i>Betula-Artemisia-Juniperus</i>	128,40–129,90	<i>Betula</i> osiąga maksimum występowania (38,4%). Pyłek <i>Juniperus</i> osiąga 3,2%, <i>Betula nana</i> typ 1%. Rośnie udział <i>Artemisia</i> (9,8%), a maleje Cyperaceae <i>Betula pollen prevails (38.4%). Juniperus pollen exceeds 3.2%, Betula nana type up to 1%. Artemisia values up to 9.8%, Cyperaceae proportions fall</i>
<b>Ża 13</b> <i>Pinus-Betula</i>	128,30	Rosną wartości <i>Pinus</i> (58,1%), maleją <i>Betula</i> i NAP <i>Values of Pinus pollen rise (58.1%), Betula and NAP decrease</i>



Lokalne poziomy zespołów pyłkowych L.PAZ <i>Local Pollen Assemblages Zones L.PAZ</i>	Głębokość <i>Depth</i> [m]	Opis poziomów <i>Description of zones</i>
<b>Ża 14</b> <i>Artemisia-Betula</i>	128,20	Spada udział pyłku <i>Pinus</i> i rosną wartości <i>Betula</i> . Udział NAP rośnie do 29%, głównie <i>Artemisia</i> (9,8), Poaceae, Chenopodiaceae (1,7%) <i>Frequency of Pinus fall and Betula rise. NAP reach up to 29%, mainly by increasing values of Artemisia (9.8), Poaceae and Chenopodiaceae (1.7%)</i>
<b>Ża 15</b> <i>Pinus-Betula-Quercus</i>	128,0–128,10	Wzrastają wartości <i>Pinus</i> , a spadają <i>Betula</i> , rośnie frekwencja pyłku <i>Quercus</i> (5,8%) i <i>Ulmus</i> (2,5%) <i>Values of Pinus rise, and percentages of Betula fall, frequency of Quercus (5,8%) and Ulmus (2.5%) increase</i>
<b>Ża 16</b> <i>Carpinus-Quercus-Ulmus</i>	126,40–127,90	Przeważa pyłek taksonów termofilnych: <i>Quercus</i> (17,8%), <i>Ulmus</i> (23,2%), <i>Carpinus</i> (15,6%) i <i>Corylus</i> (12,1%). Rośnie udział pyłku <i>Alnus</i> , a <i>Picea</i> pojawia się regularnie (do 1,7%). Pyłek <i>Tilia cordata</i> typ, <i>Fraxinus</i> i <i>Acer</i> na wykresie reprezentują ciągłe krzywe. Częściej występuje pyłek <i>Ligustrum</i> , <i>L. vulgare</i> , <i>Frangula</i> , <i>Sambucus</i> , <i>Buxus</i> i <i>Vitis</i> <i>Dominant pollen of thermophilous taxa: Quercus (17.8%), Ulmus (23.2%), Carpinus (15.6%) and Corylus (12.1%). Proportions of Alnus pollen rise, and Picea pollen occurs regularly. Tilia cordata type, Fraxinus and Acer are represented by continuous curves. Ligustrum, L. vulgare, Frangula, Sambucus, Buxus and Vitis are more frequent</i>
<b>Ża 17</b> <i>Alnus-Pinus-Picea</i>	123,90–126,30	Spada udział <i>Quercus</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Carpinus</i> i <i>Corylus</i> , sporadycznie pojawia się <i>Acer</i> i <i>Fraxinus</i> . Wartości <i>Alnus</i> maleją (6,3–24,6%). Liczniej występuje <i>Picea</i> , osiągając 9%, a udział <i>Betula</i> waha się (3,8–11,8%). <i>Salix</i> osiąga maksymalną wartość 3,9% <i>Increase of Quercus, Ulmus, Carpinus and Corylus, Acer and Fraxinus pollen occur sporadically. Values of Alnus fall (6.3–24.6%). Picea pollen is more frequent reaching value of 9%, but percentages of Betula is changing (3.8–11.8%). Salix reaches the maximum value (3.9%)</i>
<b>Ża 18</b> <i>Poaceae-Cyperaceae-Betula</i>	120,20–123,60	Spada udział AP, ale rosną wartości <i>Betula</i> (8,6–19,8%), wartości <i>Larix</i> odwzorowuje ciągła krzywa. Występuje pyłek Ericaceae, <i>Calluna vulgaris</i> i <i>Bruckenthalia</i> . Do 49% rosną wartości NAP, z maksymalnym udziałem Poaceae (27,2%) i Chenopodiaceae (4%), rosną wartości Cyperaceae, <i>Artemisia</i> , <i>Thalictrum</i> , <i>Anthemis</i> typ, Apiaceae, Cichorioideae, <i>Potentilla</i> typ i <i>Aster</i> typ <i>Frequency of AP fall, but Betula rise (8.6–19.8%), Larix pollen is characterized by the continuous curve. Ericaceae, Calluna vulgaris and Bruckenthalia pollen occur. NAP values reach 49% with the max. percentages of Poaceae (27.2%) and Chenopodiaceae (4%), increasing values of Cyperaceae, Artemisia, Thalictrum, Anthemis type, Apiaceae, Cichorioideae, Potentilla type and Aster type</i>
<b>Ża 19</b> <i>Pinus-Alnus-Picea</i>	118,20–119,90	Pyłek <i>Pinus</i> dominuje, wartości <i>Picea</i> dochodzą do 12,4%, a <i>Alnus</i> do 11,3%. Obecny jest pyłek <i>Larix</i> (1,7%) <i>Dominant Pinus, Picea values exceed 12.4%, and Alnus 11.3%. Larix pollen is present (1.7%)</i>
<b>Za 20</b> <i>Pinus</i>	117,20–117,70	Poziom z maksymalnym udziałem <i>Pinus</i> — 86,6% <i>Maximum values of Pinus pollen (86.6%)</i>
<b>Ża 21</b> <i>Cyperaceae-Poaceae-Ericaceae</i>	115,90–116,6	Rosną wartości pyłku roślin zielnych, wśród których przeważają Cyperaceae i Poaceae. Liczniej pojawia się pyłek Ericaceae <i>NAP values rise, with prevailing Cyperaceae and Poaceae. Ericaceae pollen occur more frequently</i>
<b>Ża 22</b> <i>Pinus-Betula</i>	114,40–115,50	Rośnie udział <i>Pinus</i> . Udział pyłku Ericaceae osiąga 3% <i>Proportions of Pinus pollen increase, Ericaceae up to 3%</i>
<b>Ża 23</b> <i>NAP-Cyperaceae-Salix</i>	113,10–113,80	Dominuje NAP (60%) z przewagą Cyperaceae (maks. 40,9%), licznie występuje pyłek Poaceae, <i>Artemisia</i> (10,2%) i Chenopodiaceae (3,2%). Wartości <i>Salix</i> rosną do 3,6% <i>Dominant NAP (60%) with predomination of Cyperaceae (max. 40.9%), high values of Poaceae, Artemisia (10.2%) and Chenopodiaceae (3.2%) pollen. Proportion of Salix pollen increases to 3.6%</i>

wanego pyłku świerka może wskazywać na występowanie pojedynczych drzew tego gatunku. Pyłek może pochodzić również z nalotu, stanowiłby wtedy wskaźnik bliskości występowania świerka. W poziomie Ża 19 pyłek świerka pojawia się bardzo licznie (powyżej 15%), ale wzrasta także udział pyłku redeponowanego, niemniej można przyjąć, że wchodził on w skład roślinności jako komponent luźnych lasów sosnowo-świerkowych z brzozą i modrzewiem. Charakter roślinności wskazuje na panowanie klimatu wilgotnego potęgującego zjawisko erozji. Zmianę klimatu w kierunku zwiększonej kontynentalizacji i spadku temperatury dokumentuje poziom Ża 20 z borami sosnowymi dominującymi w szacie roślinnej.

Poziomy Ża 21-23 wskazują na przemienne występowanie warunków klimatycznych charakterystycznych dla stadiałów — udokumentowanych rozwojem roślinności zielnej i wrzosowatych — oraz interstadiałów, w których występują skupiska sosny i brzozy.

## Korelacje i uwagi końcowe

Sukcesja pyłkowa z Żarnowa należy do tzw. długich sekwencji pyłkowych, rejestrujących zmiany roślinności i klimatu w obrębie kilku jednostek klimatycznych. Z terenu Polski są znane dwie sukcesje pyłkowe o charakterze bimodalnym (dwuoptymalnym): starsza, augustowska (Janczyk-Kopikowa, 1996; Winter, 2001) i młodsza, ferdynandowska (Janczyk-Kopikowa, 1975; Pidek, 2003).

Porównując skład flory pyłkowej, cykliczność występowania zbiorowisk leśnych związanych z klimatem umiarkowanym, obecność lub brak określonych taksonów, można stwierdzić następujące, wyraźne różnice między obiema sukcesjami:

□ wyraźnie chłodniejsze optimum klimatyczne starszego interglacjału **AI** (mniejszy udział taksonów ciepłolubnych, obecność świerka od początku sukcesji) i cieplejsze optimum młodszego interglacjału **AII** — pojawianie

się pyłku wiązowca (*Celtis*), ostrokrzewu (*Ilex*), bukszpanu (*Buxus*), ligustru (*Ligustrum*), winorośli (*Vitis*) — w sukcesji augustowskiej w stosunku do optimumów **FI** i **FII** sukcesji ferdynandowskiej;

□ wyraźnie większy udział świerka i olszy w całej sukcesji augustowskiej, wskazujący na ważniejszą rolę tych drzew w zbiorowiskach leśnych i różnice klimatyczne między interglacjałem augustowskim a ferdynandowskim.

□ ocieplenie w okresie chłodnym/zlodowaceniu **AI/II**, dokumentowane obecnością pyłku dęba, wiązu, lipy i leszczyny, o randze ciepłego interstadiału w sukcesji augustowskiej.

□ W sukcesji augustowskiej występowanie pyłku wierzby (*Salix*) odzwierciedla ciągła krzywa, a wartości tego taksonu są wyraźnie wyższe.

Charakterystyka palinologiczna sukcesji z Żarnowa pozwala na jej korelację z augustowską sukcesją pyłkową, której najpełniejszy zapis miały osady z profilu wiertniczego Kalejty (Winter, 2001). Na diagramie palinologicznym z Żarnowa są zarejestrowane podobne zmiany do tych, które charakteryzują augustowską sukcesję pyłkową zapisaną w profilu Kalejty, widać także bimodalny typ sukcesji interglacjału augustowskiego. W profilu z Żarnowa jest zachowany początek sukcesji interglacjalnej i pełny obraz starszego interglacjału z optimum klimatycznym i ochłodzeniem wyrażonym wycofywaniem się taksonów ciepłolubnych. Sukcesję z Kalejty cechuje brak schyłkowej części interglacjału **A I** oraz dużej części okresu chłodnego/głacjalu z zapisem pyłkowym **St 1** pierwszego stadiału oraz całego interstadiału **In 2**.

Porównując zmiany sukcesji w diagramach pyłkowych z zapisem pyłkowym interglacjału augustowskiego, można dostrzec różnice pomiędzy przebiegiem krzywych roślin zielnych, brzozy, dębu, wiązu i leszczyny. W sukcesji interglacjału augustowskiego w Żarnowie brak jest wyraźnie zaznaczonego początku stadiału **St 1**, którego zapis występuje w diagramie z Czarnuchy (Winter & Stachowicz-Rybka, 2002; Winter & Janczyk-Kopikowa, 2006) i Zielonych Królewskich (Winter & Janczyk-Kopikowa, 2006).

Zestawienie sukcesji pyłkowej z Żarnowa z sukcesją ferdynandowską (Janczyk-Kopikowa, 1975; Pidek, 2003) potwierdza występowanie opisywanych przez autorkę różnic pomiędzy obu sukcesjami, które wyrażają się zdecydowanie chłodniejszym charakterem starszego interglacjału i cieplejszym młodszego, zdecydowanie cieplejszymi warunkami klimatycznymi podczas okresu chłodnego. Świadczy o tym między innymi występowanie ciepłolubnych drzew oraz duża rola świerka w zbiorowiskach leśnych, zarówno w interglacjałach, jak i w okresie chłodnym (Winter & Janczyk-Kopikowa, 2006; Winter, 2006, 2007).

Artykuł został napisany w ramach realizacji grantu naukowego finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (projekt nr 2 PO4D 05427).

## Literatura

- BER A. 2000 — Plejstocen Polski północno-wschodniej w nawiązaniu do głębszego podłoża i obszarów sąsiednich. Pr. Państw. Inst. Geol., 170.
- BER A., JANCZYK-KOPIKOWA Z. & KRZYSZKOWSKI D. 1998 — A new interglacial stage in Poland (Augustovian) and the problem of the age of the oldest Pleistocene till. Quatern. Sc. Rev., 1717: 761–773.
- ERDTMAN G. 1960 — The acetolysis method. Svensk. Botan. Tidskr., 54, 4: 561–564.
- GOSLAR T., BAŁAGA K., ARNOLD M., TISNERAT N., STARNAWSKA E., KUŹNIARSKI M., CHRÓST L., WALANUS A. & WIĘCKOWSKI K. 1999 — Climate-related variations in the composition of the Late Glacial and early Holocene sediments of Lake Perespilno (eastern Poland). Quatern. Sc. Rev., 18: 899–911.
- GRONKOWSKA-KRYSTEK B. 2001 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000. Arkusz Woźna Wieś. Badania petrograficzno-litologiczne osadów czwartorzędowych. Centralne Archiwum Geologiczne PIG, Warszawa.
- JANCZYK-KOPIKOWA Z. 1975 — Flora interglacjału mazowieckiego w Ferdynandowie. Biul. Inst. Geol., 290: 5–94.
- JANCZYK-KOPIKOWA Z. 1985 — Orzeczenie dotyczące próbek z miejscowości Gawrych Ruda i Zielone Królewskie. Arkusz Suwałki. Centralne Archiwum Geologiczne PIG, Warszawa.
- JANCZYK-KOPIKOWA Z. 1996 — Ciepłe okresy w mezoplejstocenie północno-wschodniej Polski. Biul. Inst. Geol., 373.
- JANCZYK-KOPIKOWA Z. (w druku) — Analiza pyłkowa międzymorowych osadów z profilu Sucha Wieś (Równina Augustowska). Pr. Państw. Inst. Geol.
- JESSEN K. & MILTHERS V. 1928 — Stratigraphical and palaeontological studies of interglacial fresh-water deposits in Jutland and north-west Germany. Danmarks Geologiske Undersøgelser II rk., vol. 48.
- KHURSEVICH G., NITA M., BER A., SANKO A. & FEDENYA S. 2005 — Palaeoenvironmental and climatic changes during the early Pleistocene recorded in the lacustrine-boggy-fluvial sediments at Komorniki, NE Poland. Pol. Geol. Inst. Special Pap., 16: 35–44.
- KONDRACKI J. 1998 — Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- LATAŁOWA M. 2003 — Późny Vistulian. [W:] Dybowa-Jachowicz S. & Sadowska A. (red.) Palinologia. Instytut Botaniki PAN, Kraków: 266–273.
- LITT T., BRAUER A., GOSLAR T., MERKT J., BAŁAGA K., MÜLLER H., RALSKA-JASIEWICZOWA M., STEBICH M. & NEGENDANK J.F.W. 2001 — Correlation and synchronisation of Lateglacial continental sequences in northern and central Europe based on annually laminated lacustrine sediments. Quatern. Sc. Rev., 20: 1233–1249.
- MAMAKOWA K. 2003 — Plejstocen. [W:] Dybowa-Jachowicz S. & Sadowska A. (red.) Palinologia. Instytut Botaniki PAN, Kraków: 235–266.
- PIDEK I.A. 2003 — Mesopleistocene vegetation history in the northern foreland of the Lublin Upland based on palaeobotanical studies of the profiles from Zdany and Brus sites. Maria Curie-Skłodowska University Press, Lublin: 1–96.
- TOBOLSKI K. 1972 — Przemiany klimatyczno-ekologiczne w okresie czwartorzędu a problem zmian we florze. Phytocenosis, 5 (3/4): 187–197.
- WINTER H. 2001 — Nowe stanowisko interglacjału augustowskiego w północno-wschodniej Polsce. [W:] Kostrzewski A. (red.) Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych. T.3. Wyd. Nauk. UAM, Poznań: 439–449.
- WINTER H. 2004 — Long pollen records from North-eastern Poland — vegetation and climatic changes. [In:] Winter H. & Przasnyska J. (eds.) Reconstruction of Quaternary palaeoclimate and palaeoenvironments and their abrupt changes. 29 September–2 October 2004, Białowieża, Poland. Abstracts and field trip guide-book. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa: 44–45.
- WINTER H. 2006 — Interglacjał augustowski: dane palinologiczne jako podstawa wyróżnienia nowej jednostki chronostratygraficznej w plejstocenie Polski północno-wschodniej. [W:] IV Seminarium Polsko-Białoruskie. Warszawa, 12–13.12.2006. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa: 37–39.
- WINTER H. 2007 — Palinostratygrafia i zmiany roślinności oraz klimatu w Polsce wschodniej w dolnym i środkowym plejstocenie. [W:] V Seminarium Polsko-Białoruskie. Warszawa, 3.07.2007. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa: 36–39.
- WINTER H. (w druku) — Sukcesja pyłkowa z profilu Czarnucha i jej znaczenie dla stratygrafii dolnego plejstocenu północno-wschodniej Polski. Pr. Państw. Inst. Geol.
- WINTER H. & JANCZYK-KOPIKOWA Z. 2006 — Zapis palinologiczny sukcesji augustowskiej w profilach Polski północno-wschodniej. Pr. Komis. Paleogeogr. Czwartorzędu PAU, 4: 103–109.
- WINTER H. & STACHOWICZ-RYBKA R. 2002 — Changes of environment recorded in the Lower Pleistocene sediments from the Czarnucha section (NE Poland) based on palaeobotanical data. [In:] 6<sup>th</sup> European Paleobotany-Palynology Conference. 29 August–2 September 2002, Athens, Greece: 251–252.
- WŁÓDEK M., ADAMSKI M. & BER A. 2002 — Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000. Arkusz Woźna Wieś (185). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.

Praca wpłynęła do redakcji 31.01.2008 r.  
Po recenzji akceptowano do druku 13.10.2008 r.