

SUKCESJA PYŁKOWA Z PROFILU CZARNUCHA (RÓWNINA AUGUSTOWSKA) I JEJ ZNACZENIE DLA STRATYGRAFII DOLNEGO PLEJSTOCENU PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ POLSKI

A POLLEN SUCCESSION FROM THE CZARNUCHA SECTION (AUGUSTÓW PLAINE) AND ITS SIGNIFICANCE FOR THE LOWER PLEISTOCENE STRATIGRAPHY OF NORTHEASTERN POLAND

HANNA WINTER¹

Abstrakt. Metodą analizy pyłkowej zbadano serię osadów z głębokości 93,10–126,00 m z profilu wiertniczego Czarnucha. W sukcesji pyłkowej wyróżniono 26 lokalnych poziomów pyłkowych L PAZ, które stanowią podstawę do rozważań palinostratygraficznych oraz pozwalają na odtworzenie historii roślinności. Zapis sukcesji dokumentuje dwa ciepłe okresy – interglacjalny i poziomy z florą pyłkową reprezentującą zlodowacenie/ochłodzenie. Starszy interglacjał obrazuje schyłek sukcesji z dominacją borealnej flory pyłkowej i udziałem *Azolla filiculoides* Lam. foss. W młodszym pojawia się pyłek *Carpinus* i zarejestrowany jest rozwój lasów liściastych z udziałem *Ulmus*, *Acer*, *Fraxinus* i *Corylus*. W okresie chłodnym rozdzielającym interglacjalny wyraźnie zaznacza się flora pyłkowa charakteryzująca ciepły interstadiał. Sukcesja pyłkowa z Czarnuchy i jej charakterystyczne cechy pozwalają na jej korelację z sukcesją augustowską.

Słowa kluczowe: analiza pyłkowa, sukcesja augustowska, palinostratygrafia, Równina Augustowska.

Abstract. Palynological analysis was used to study deposits in the Czarnucha section at the depth of 93.10–126.00 m, where 26 Local Pollen Assemblage Zones (L PAZ) have been distinguished within the pollen succession. The zones are a basis for palynostratigraphic considerations and allow for a reconstruction of the vegetation history. The pollen succession recorded in this section provides an evidence of two warm interglacial periods and a number of horizons with pollen flora suggesting a glacial age. The older warm interglacial illustrates a decline of the succession with dominant boreal pollen flora and the presence of *Azolla filiculoides* Lam. foss. The younger warm period is characterized by the occurrence of *Carpinus* and the development of deciduous forests with abundant *Ulmus*, *Acer*, *Fraxinus* and *Corylus*. In the cool interval separating the interglacials, a pollen flora typical of a warm interstadial is observed. The Czarnucha pollen succession and its characteristics allow for a correlation with the Augustów succession.

Key words: pollen analysis, Augustów succession, palynostratigraphy, Augustów Plaine.

WSTĘP

Pierwsze badania metodą analizy pyłkowej osadów z wiercenia Czarnucha, położonego na Równinie Augustowskiej w odległości 5,3 km na północny zachód od Augustowa (fig. 1) zostały wykonane dla potrzeb Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Sztabin.

Uzyskane wyniki pozwoliły na stwierdzenie, że sedymentacja badanych osadów nastąpiła podczas interglacjalu

augustowskiego (Janczyk-Kopikowa, 1996; Winter, 1999). Z powodu opracowania niewielkiej ilości próbek nie było jednak możliwe odtworzenie pełnej sukcesji pyłkowej. Można było tego dokonać dopiero po przeprowadzeniu kolejnych badań palinologicznych, na większej liczbie próbek niż ta, która była pobrana do wcześniejszych badań. W tym celu, z serii osadów jeziorno-rzeczno-bagiennych (głęb.

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: hanna.winter@pgi.gov.pl

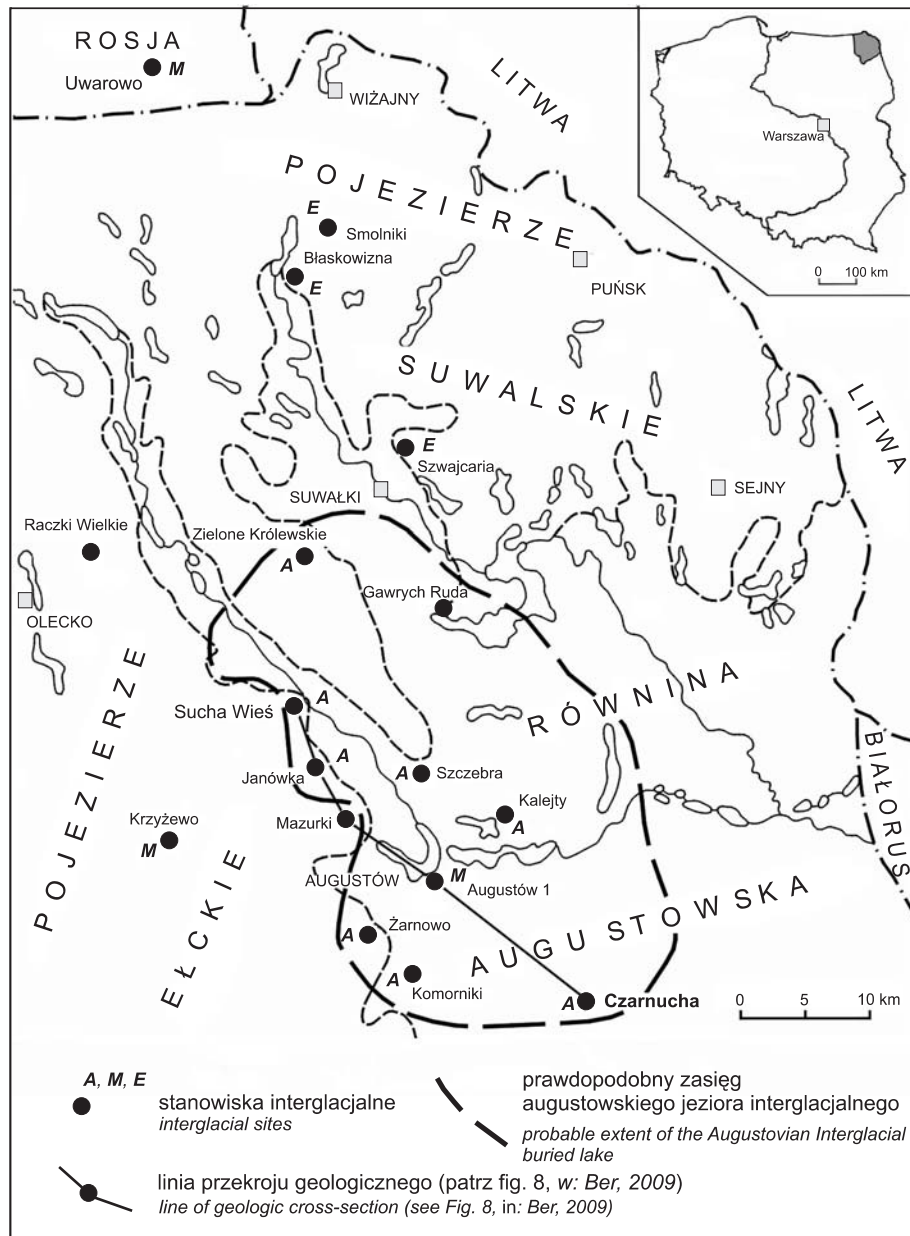


Fig. 1. Szkic sytuacyjny stanowisk interglacialnych w północno-wschodniej Polsce (Ber, 2009)

A – interglacjał augustowski, M – interglacjał mazowiecki, E – interglacjał eemski

Location of interglacial sites in northeastern Poland (Ber, 2009)

A – Augustovian Interglacial, M – Mazovian Interglacial, E – Eemian Interglacial

93,10–126,00 m), rozdzielonych gliną zwałową (głęb. 101,00–102,40 m, patrz str. 85), pobrano 135 próbek, dla których wykonano analizę pyłkową. Wyniki badań 116 próbek zostały zamieszczone na diagramie pyłkowym (fig. 2).

Sytuacja geologiczna badanego profilu i opis paleośrodowiska, w którym nastąpiła sedymentacja badanych osadów, są zawarte w artykułach Bera (2009) i Lisickiego (2009).

Opis profilu Czarnucha, z którego pobrano próbki do badań palinologicznych, został opisany przez autorkę i przedstawia się następująco:			
		103,40–103,60	dy błyszcząca
		103,60–104,30	mulek piaszczysty z drobnymi konkrecjami wiwianitu i detrytusem roślinnym
Głębokość [m]	Opis litologiczny	104,30–112,60	piasek drobno- i bardzo drobnoziarnisty, miejscami pylasty lub laminowany łem
93,10–94,20	mulek pylasto-piaszczysty, laminowany	112,60–112,80	piasek różnoziarnisty z przewarstwieniami mułku ze szczątkami roślinnymi
94,20–95,40	piasek drobnoziarnisty, miejscami mułkowaty z przemazami substancji humusowej	112,80–113,80	mulek ilasty z wiwianitem, lokalnie z nagromadzeniami substancji roślinnej
95,40–96,20	mulek pylasto-ilasty ze żwirem, gładzikami (śr. 1,5 cm) i detrytusem roślinnym	113,80–114,00	piasek pylasty
96,20–96,40	piasek drobnoziarnisty	114,00–114,40	piasek bardzo drobnoziarnisty z laminami substancji humusowej
96,40–96,70	mulek pylasty z przemazami substancji humusowej	114,40–114,80	mulek ilasty z domieszką substancji humusowej
96,70–96,90	mulek torfiasty przechodzący w torf	114,80–114,90	ił zatorfiony
96,90–97,10	mulek ilasty z przemazami substancji humusowej	114,90–115,00	mulek torfiasto-piaszczysty z pojedynczym detrytusem skorup
97,10–98,10	mulek piaszczysty		
98,10–98,30	piasek drobnoziarnisty, pylasty	115,00–115,20	mulek piaszczysty, brunatny z gniazdami mułku ilastego z substancją roślinną i skorupkami mięczaków
98,30–98,90	mulek piaszczysto-ilasty	115,20–116,10	mulek ilasto-piaszczysty z substancją roślinną
98,90–99,00	mulek ilasty z detrytusem roślinnym i szczątkami skorup	116,10–116,50	mulek ilasty z nagromadzeniami skorup
99,00–99,10	mulek pylasty z detrytusem roślinnym i nielicznymi szczątkami skorup	116,50–117,10	mulek ilasty z nagromadzeniami detrytusu roślinnego
99,10–99,30	mulek piaszczysty z detrytusem roślinnym i skorupkami	117,10–119,60	mulek ilasty, miejscami ilasto-piaszczysty, na gł. 117,70–117,90 m nagromadzenie okruchów skorupek mięczaków
99,30–99,70	piasek pylasty z pojedynczymi żwirkami	119,60–120,70	mulek piaszczysto-ilasty z detrytusem roślinnym
99,70–99,80	mulek ilasty z pojedynczymi muszelkami i rozproszonym detrytusem roślinnym	120,70–121,00	mulek torfiasty w części spagowej z muszlami mięczaków
99,80–100,10	mulek pylasty	121,00–123,30	piasek pylasty
100,10–100,40	mulek piaszczysty	123,30–124,00	mulek piaszczysto-ilasty
100,40–101,00	mulek ilasty	124,00–124,10	mulek piaszczysty z substancją roślinną i detrytusem muszli
101,00–102,40	glina zwałowa, piaszczysta, w części stropowej piaszczysto-ilasta	124,10–124,30	mulek torfiasty przechodzący w torf
102,40–102,80	mulek ilasty z pojedynczymi skorupkami	124,30–124,40	mulek z przewarstwieniami torfiastymi
102,80–102,90	torf	124,40–125,10	mulek piaszczysty
102,90–103,10	mulek piaszczysty przepelniony substancją roślinną z przewarstwieniami torfu	125,10–125,50	mulek piaszczysto-pylasty, zatorfiony, stopień zatorfienia spada ku stropowi warstwy
103,10–103,20	torf	125,50–126,10	torf zbity
103,20–103,40	mulek piaszczysty przepelniony substancją organiczną	126,10–126,80	piasek drobnoziarnisty

METODYKA BADAŃ

Laboratoryjne opracowanie próbek do badań metodą analizy pyłkowej polegało na rozpuszczeniu węgla wapnia w 10% HCl. Następnie gotowano osad w roztworze 7% KOH, a rozdzielenie frakcji mineralnej od organicznej nastąpiło z użyciem cieczy ciężkiej (wodny roztwór jodku kadmowego i jodku potasowego – gęstość ok. 2,1). Właściwą macerację przeprowadzono stosując zmodyfikowaną metodę acetolizy według Erdtmanna (1960).

Przy obliczeniach procentowych sumę podstawową wynoszącą 100% stanowił pyłek drzew, krzewów i krzewinek (AP) oraz roślin zielnych (NAP). Procentowy udział pyłku roślin wodnych, zarodników, planktonu i sporomorf redeponowanych był obliczony w stosunku do sumy podstawowej. W próbkach z osadem glacialnym pyłek taksonów ciepłolubnych występujących zarówno w neogenie jak w czwartorzędzie został włączony do sumy podstawowej.

Wyniki analizy pyłkowej zostały przedstawione w postaci procentowego diagramu pyłkowego (fig. 2). Na diagramie przedstawiono wybrane taksony z wydzielonych grup, które uporządkowano stratygraficznie. Podział roślin zielnych i krzewinek oparto na przynależności siedliskowej uwzględniając wymagania wilgotnościowe.

Spektra pyłkowe z Czarnuchy charakteryzuje obecność sporomorf neogeńskich oraz planktonu morskiego reprezentowanego przez algi morskie należące do Dinoflagellata. Palynomorfy redeponowane i Dinoflagellata uzyskują bardzo wysokie wartości w próbkach z głębokości 94,50–101,10 m (poziom osadów należących do zlodowacenia). Rozróżnienie pyłku redeponowanego nie nastęczało trudności z powodu zniszczenia, głównie zatarcia rzeźby powierzchni bądź rozdarcia. Szczególnie wysokie wartości cechował zdegradowany i skorodowany pyłek należący do Pinaceae.

PALINOSTRATYGRAFIA

Na diagramie pyłkowym z Czarnuchy wydzielono 26 lokalnych poziomów zespołów pyłkowych L PAZ. Poziomy numerowano od spągu do stropu i nadano im sygnaturę Cza 1–26 (fig. 2).

Poziom Cza 1 *Pinus sylvestris* typ–*Picea*–*Azolla* (głęb. 123,10–126,00 m). Poziom z przewagą AP (80,0–96,1%). Udział pyłku *Pinus sylvestris* typ (35,0–86,7%) i *Betula* (8,3–21,1%) jest zmienny. Wartości *Picea* rosna do 16,6%. Pyłek *Larix* i *Abies* tworzą krzywą ciągłą. Wartości *Alnus*, *Salix* i *Corylus* przekraczają 5,0%. Główne składniki NAP to Poaceae i Cyperaceae. *Artemisia* tworzy krzywą ciągłą. Znaczący udział mają Apiaceae, Caryophyllaceae, *Anthemis* typ, Brassicaceae, Chenopodiaceae, *Potentilla* typ, *Thalictrum*, *Aster* typ, Cichorioideae i inne. Taksonem charakterystycznym dla poziomu jest *Azolla filiculoides* Lam. foss.

Poziom Cza 2 *Betula*–*Picea*–*Juniperus* (głęb. 121,40–123,00 m). Poziom z maksymalnym udziałem dla całego profilu pyłku *Betula* (53,1%) i *Juniperus* (2,1%). Wartości *Pinus sylvestris* typ maleją poniżej 22,0%, później stopniowo rosna. Udział *Picea* spada poniżej 7,0%. Pojawia się pyłek *Betula nana* typ. Wartości NAP są niższe, ale pyłek roślin zielnych nadal cechuje różnorodność taksonomiczna. Występują mikrosporangia *Azolla filiculoides*.

Poziom Cza 3 *Betula*–NAP (głęb. 121,00 m). Poziom z dużym udziałem NAP, Poaceae – do 25,2% i Cyperaceae – 9,0%. Liczniej występuje pyłek Chenopodiaceae (1,2%) i *Artemisia*. Pyłek drzew reprezentowany jest przez *Pinus sylvestris* typ (16,5%) i *Betula* (36,8%).

Poziom Cza 4 *Betula*–*Picea*–*Pinus sylvestris* typ (głęb. 120,50–120,80 m). Rośnie udział pyłku *Picea* do 10,7%, *Betula* powyżej 27,0%, a *Pinus sylvestris* typ przekracza 50,0%.

Poziom Cza 5 Poaceae–Cyperaceae (głęb. 120,30 m). Poziom, w którym ponownie rośnie udział NAP (46,8%). Wyższe wartości pyłku roślin zielnych wynikają ze wzrostu wartości Poaceae (28,4%) i *Artemisia* (7,4%).

Poziom Cza 6 *Tilia cordata*–*Alnus*–*Picea* (głęb. 120,20 m). W poziomie pyłku *Tilia cordata* typ osiąga maksymalną wartość – 4,9%. Udział *Alnus* i *Picea* wzrasta odpowiednio do 10,7 i 18,7, a *Abies* dochodzi do 1,9%. Obecny jest pyłek *Salix* i *Juniperus*. Frekwencja NAP jest niska.

Poziom Cza 7 *Betula*–*Picea*–*Larix* (głęb. 119,50–120,10 m). Maleje udział *Pinus sylvestris* typ poniżej 30,0%, a udział *Picea* jest zmienny, w górnej części poziomu pyłek zanika. Pyłek *Larix* tworzy krzywą ciągłą. Systematycznie rosna wartości *Betula* i pyłku roślin zielnych, głównie Poaceae i Cyperaceae. Pojawia się pyłek *Betula nana* typ (1,5%).

Poziom Cza 8 *Artemisia*–Poaceae–*Betula* (głęb. 118,30–119,40 m). Wysokie wartości uzyskuje NAP (do 38,0%) z dominującym udziałem Poaceae i Cyperaceae. Pyłek drzew jest reprezentowany przez *Betula* – 31,0%, *Pinus sylvestris* typ i *Larix* (1,5%). Obecny jest pyłek: *Juniperus*, *Betula nana* typ i *Ephedra distachya*. *Artemisia* osiąga maksymalną wartości – 14,5%. Liczniej występuje pyłek: Chenopodiaceae, *Potentilla* typ, *Thalictrum*, *Anthemis* typ, *Aster* typ, Apiaceae, Brassicaceae i Cichorioideae.

Poziom Cza 9 *Betula*–*Pinus sylvestris* typ (głęb. 118,10–118,20 m). Poziom cechują wysokie wartości pyłku *Pinus sylvestris* typ (do 65,7%) i pyłku *Betula* (34,0%). Udział NAP spada do 7,6%.

Poziom Cza 10 *Quercus*–*Ulmus*–*Alnus* (głęb. 117,80–118,00 m). Poziom z dominacją AP. Następuje znaczący spadek udziału *Pinus sylvestris* typ i *Betula*. *Quercus* osiąga maksymalną wartości – 21,5%. Wzrasta udział

taksonów termofilnych *Ulmus* i *Corylus*. Pyłek *Alnus* osiąga wartość 23,8%. Występuje pyłek *Carpinus*, *Acer* i *Fraxinus* oraz *Ligustrum*, *Viburnum* i *Sambucus*. Pojawiają się mikrosporangia *Azolla filiculoides*.

Poziom Cza 11 *Carpinus–Alnus–Ulmus* (głęb. 116,50–117,60 m). W poziomie następuje spadek wartości pyłku *Quercus*. Maksymalne wartości dla profilu osiąga *Carpinus* (12,8%), *Ulmus* (21,1%) i *Corylus* (11,2%). Pyłek *Acer*, *Tilia cordata* typ i *Salix* tworzy krzywą ciągłą. Obecny jest pyłek taksonów ciepłolubnych *Celtis*, *Pterocarya*, *Carya* i *Buxus*. Krzywa *Alnus* osiąga maksymalną wartość dla profilu – 34,6%. W całym poziomie występują mikrosporangia *Azolla* i *Salvinia* oraz pyłek *Trapa*.

Poziom Cza 12 *Alnus–Picea–Carpinus* (głęb. 115,30–116,30 m). Spada udział pyłku: *Carpinus*, *Ulmus*, *Quercus* i *Corylus*. Krzywa *Alnus* wykazuje wahania. Do 3,8%, rosną wartości *Picea*, *Pinus sylvestris* typ do 53,9% i *Betula* do 15,2%. Wyraźny jest udział *Salix*. Stopniowo pojawia się pyłek *Abies* i *Larix*. Obecne są *Azolla filiculoides* i *Salvinia* oraz *Trapa*.

Poziom Cza 13 *Pinus sylvestris* typ–Poaceae–Cyperaceae (głęb. 114,90–115,10 m). W poziomie maleją wartości *Pinus sylvestris* typ i *Picea*. Wzrost udziału NAP (29,7%) zaznacza się rosnącymi wartościami Poaceae i Cyperaceae.

Poziom Cza 14 *Pinus sylvestris* typ–Picea–Larix (głęb. 114,50–114,70 m). Rośnie udział pyłku drzew iglastych: *Pinus sylvestris* typ, *Picea* do 17,9% i *Larix* (maksymalna wartość dla profilu – 5,9%). *Abies* tworzy krzywą ciągłą. Wartości pyłku taksonów o wyższych wymaganiach klimatycznych: *Quercus*, *Ulmus*, *Carpinus* i *Corylus* nie przekraczają wartości 2,0%.

Poziom Cza 15 *Pinus sylvestris* typ–Betula (głęb. 113,70–113,87 m). W poziomie maleje udział *Picea* i *Larix*, natomiast rosną wartości *Pinus sylvestris* typ i *Betula*.

Poziom Cza 16 *Betula–Poaceae* (głęb. 113,20–113,40 m). Udział pyłku roślin zielnych dochodzi do 45,5%. Maksymalną wartość osiąga pyłek Poaceae – 32,5%, rosną wartości *Artemisia* – 4,7%. Charakterystyczna jest różnorodność pyłku roślin zielnych: *Anthemis* typ, *Aster* typ, *Thalictrum*, Chenopodiaceae, Cichorioideae, Caryophyllaceae i Apiaceae. Pyłek drzew reprezentuje *Betula* 25,5%.

Poziom Cza 17 *Pinus sylvestris* typ–Filicales (głęb. 103,30–112,70 m). W poziomie przeważa pyłek *Pinus sylvestris* typ (56,2– 78,5%). Do 4,0% wzrasta ilość *Picea*, a *Betula* maleje. Najwyższe wartości w profilu osiągają spory *Filicales* – 82,2%. Bardzo wysoki udział pyłku redeponowanego przypada na zniszczony pyłek należący do Pinaceae.

Poziom Cza 18 *Betula–Larix* (głęb. 102,60–103,10 m). Wartości *Betula* rosną do 40,9%, a *Larix* do 3,2%. Udział NAP waha się od 11,8 do 19,8%. Główni przedstawiciele to: Poaceae, Cyperaceae i *Artemisia*.

Poziom Cza 19 *Pinus sylvestris* typ–Alnus (głęb. 102,41 m). Wartość *Pinus sylvestris* typ wynosi 31,2%, *Alnus* 10,8%, a NAP dochodzi do 19,8% i jest reprezentowany przez pyłek Poaceae i Cyperaceae.

Poziom Cza 20 NAP–*Pinus sylvestris* typ–Sphagnum (głęb. 100,40–100,99 m). W poziomie, do 62,0% wzrasta zawartość pyłku *Pinus sylvestris* typ. Udział NAP waha się od 15,9 do 36,4% z przewagą Cyperaceae – 28,7%. Maksymalną zawartość w profilu osiągają spory *Sphagnum* – 57,8%.

Poziom Cza 21 *Pinus sylvestris* typ (głęb. 99,20–99,80 m). Poziom charakteryzuje się maksymalnym udziałem pyłku *Pinus sylvestris* typ – 85,3%.

Poziom Cza 22 Cyperaceae–Poaceae–Artemisia (głęb. 97,80–99,50 m). Poziom z dominacją pyłku roślin zielnych (maks. – 71,7%). Bardzo wysokie wartości osiąga pyłek Cyperaceae – 50,7%, mniejszy udział mają Poaceae – 19,9% i *Artemisia* – 4,6%. Cichorioideae osiągają maksymalną wartość – 5,4%. Pyłek Ericaceae i *Salix* tworzy krzywą ciągłą. Obecne są spory *Selaginella selaginoides* (Linnaeus) Link.

Poziom Cza 23 *Pinus sylvestris* typ–Betula–Picea (głęb. 97,20 m). W poziomie wyznaczonym przez jedną próbkę udział pyłku *Pinus sylvestris* typ wynosi 43,8%, *Picea* – 2,7% i *Betula* – 11,2%. Występuje też pyłek *Larix*. Notowana jest obecność *Ephedra distachya* typ.

Poziom Cza 24 Cyperaceae (głęb. 97,00–97,10 m). Poziom ten charakteryzuje się maksymalnym udziałem pyłku roślin zielnych. Dominują Cyperaceae – 77,0%. Występuje pyłek *Salix* z maksymalnym udziałem 6,9% i *Betula* – 13,4%.

Poziom Cza 25 *Pinus sylvestris* typ–Picea–NAP (głęb. 93,81–96,40 m). Rosną wartości AP. Wiąże się to ze zwiększonym udziałem pyłku *Pinus sylvestris* typ. Rośnie frekwencja pyłku *Picea*. *Betula* i *Alnus* tworzą krzywą ciągłą. Liczniej występuje pyłek Ericaceae. Notowana jest obecność *Selaginella selaginoides* (Linnaeus) Link. W poziomie maksymalny udział uzyskują cysty fitoplanktonu morskiego Dinoflagellata (22,0%) oraz sporomorfy neogeńskie (10,4%) i *varia* (74,9%).

Poziom Cza 26 NAP–*Betula nana* typ–Salix (głęb. 93,10 m). Poziom charakteryzuje wzrost udziału *Betula* 26,8% i NAP – 33,2%. Taksonami charakterystycznymi są *Salix* – 5,3% i *Betula nana* L. – 2,5%.

HISTORIA ROZWOJU ROŚLINNOŚCI

Podstawą do odtworzenia zmian roślinności są wydzielone w diagramie pyłkowym z Czarnuchy lokalne poziomy zespoły pyłkowe L PAZ (Cza 1–Cza 26).

Wysokie wartości pyłku drzew w poziomie **Cza 1** wskazują na panowanie różnorodnych zbiorowisk leśnych. Głównym

typem lasu był las sosnowy z domieszką brzozy (*Betula*), świerka (*Picea*) i modrzewia (*Larix*). Drzewa ciepłolubne miały niewielki udział, o czym świadczą bardzo niskie wartości dębu (*Quercus*), wiązu (*Ulmus*) i lipy (*Tilia cordata*). W podszyciu lasów rosła leszczyna (*Corylus*), li-

gustr (*Ligustrum*), a runo stanowiły paprocie, skrzypy (*Equisetum*), wrzosowate (Ericaceae), *Lycopodium clavatum* L. i *L. annotinum* L. Niskie wartości pyłku *Alnus* wskazują na nikłą rolę olszowych lasów bagiennych. O luźnym charakterze panujących lasów świadczy stosunkowo liczny udział pyłku roślin zielnych.

Bujnie rozwijała się roślinność wodna z grzybieniami reprezentowanymi przez pyłek *Nymphaea alba* typ, rdestnicami (*Potamogeton*), azollą (*Azolla*) i wywłócznikiem okółkowym (*Myriophyllum verticillatum* L.). Obecność pyłku *Typha latifolia* Linneaus i *Typha/Sparganium* wskazuje na rozwinięte zbiorowiska szuwarowe.

W poziomie **Cza 2** dochodzi do wyraźnych zmian w zbiorowiskach leśnych. Rosnący udział pyłku *Betula*, a spadający *Pinus sylvestris* typ i *Picea* dowodzi ekspansji brzozy, która wypiera sosnę i świerk. Obecność pyłku *Betula nana* typ i *Salix* może świadczyć o formowaniu się zbiorowisk tundry krzewiastej z jałowcem (*Juniperus*), brukentalią (*Bruckenthalia*) i innymi wrzosowatymi (Ericaceae). Do zbiorowisk tych można odnieść pyłek rutewki (*Thalictrum*) i spory widłaka jałowcowatego (*Lycopodium annotinum* L.). Stała obecność *Picea* (do 8,0%) dokumentuje obecność lasów brzożowych z wyraźnym udziałem świerka.

Zmiany w zbiorowiskach roślinnych zostały zapewne spowodowane zmianami klimatycznymi. Pojawienie się lasów z brzożami drzewiastymi i występującej płatowo tundry świadczą wprawdzie o ochłodzeniu klimatu, ale wody zbiornika pozostały nadal ciepłe, z czym należy wiązać obecność mikrosporangiów azoli i salwinii. Analiza makroszczątków z próbek z głęb. 122,35–122,45 m (Stachowicz-Rybka, 2009) wykazuje obecność: *Zanichellia palustris* subsp. *pedicellata*, *Potamogeton pectinatus* L., *Alisma plantago-aquatica* L. i *Sparganium* cf. *Emersum* – taksonów charakterystycznych dla wód umiarkowanie ciepłych i płytkich wód eutroficznych. Nie jest również wykluczone, że część z nich o wyższych wymaganiach klimatycznych może być redeponowana. Może o tym świadczyć charakter flory pyłkowej i osadu w jakim zostały znalezione. Sukcesja poziomu Cza 2 została zarejestrowana w piaskach z niewielkimi przemazami humusowymi. Tego typu osady należy wiązać z wpływem wód płynących i dostawą materiału allochtonicznego do zbiornika.

W poziomie **Cza 3**, wraz ze zmianą osadu piaszczystego na mułek piaszczysty obserwuje się zanik tundry krzewiastej, związanej ze spadkiem udziału pyłku *Betula nana* typ i *Juniperus*. Regresji uległy również lasy brzożowe, w których zmalał udział świerka. W zbiorowiska leśne wkroczyły sosna i modrzew. Nastąpiła ekspansja zbiorowisk charakterystycznych dla siedlisk otwartych, co przejawia się wzrostem wartości pyłku roślin zielnych, szczególnie wiechlinowatych (Poaceae) i turzycowatych (Cyperaceae).

Ponowny rozwój zbiorowisk leśnych z przewagą sosny, z brzożą i świerkiem występuje w poziomie **Cza 4**. Dla poziomu **Cza 5** charakterystyczna jest ekspansja roślin zielnych (46,8%). Wiechlinowate (Poaceae) stanowią główny składnik zbiorowisk roślinnych związanych otwartym krajobrazem. Cyperaceae zasiedlały tereny bardziej wilgotne. Na

miejscach suchych rosły bylice (*Artemisia*). O różnorodności siedlisk świadczy występowanie pyłku Chenopodiaceae, Brassicaceae, Cichorioideae, *Thalictrum* i *Aster* typ.

Poziom **Cza 6** charakteryzuje panowanie lasu z przewagą sosny i ze świerkiem. Wśród drzew liściastych, o wyższych wymaganiach klimatycznych, ważny składnik zbiorowisk leśnych stanowiła lipa reprezentowana przez pyłek *Tilia cordata* typ. W drzewostanach występował również dąb i wiąz, a w podszyciu leszczyna. Rowinęły się lasy olszowe, o czym świadczy wzrost udziału pyłku *Alnus*.

W poziomie **Cza 7** jest widoczna przebudowa zbiorowisk roślinnych. Wraz z ponownym ochłodzeniem klimatu wzrosła rola brzozy i nastąpił proces odlesienia dokumentowany wzrostem wartości NAP. Stopniowo las sosnowo-swierkowy ustępował zbiorowiskom z brzożą i modrzewiem oraz zbiorowiskom roślin zielnych, związanych z siedliskami otwartymi. Okresowa obecność pyłku *Betula nana* i *Bruckenthalia* oraz stała obecność pyłku *Salix* i *Juniperus*, wskazuje na rozwój zbiorowisk tundrowych o charakterze krzewiastym z wierzbą, jałowcem i brzożą karłowatą.

Rozwój zbiorowisk roślin zielnych na różnego typu siedliskach otwartych należy wiązać z postępującym ochłodzeniem klimatu i jego kontynentalizacją. Wzrost wartości *Artemisia*, Poaceae i Chenopodiaceae oraz pojawianie się pyłku przęśli (*Ephedra distachya* typ) w poziomie **Cza 8**, sygnalizuje, na suchych miejscach, występowanie zbiorowisk roślin charakterystycznych dla stepu. Stała obecność pyłku *Betula nana* typ, *Salix* i *Hippophae* wskazuje na znaczącą rolę zbiorowisk krzewiastych z brzożą karłowatą, wierzbą i rokitnikiem.

Znaczący udział pyłku *Betula* i *Larix* wskazuje na płatowe występowanie luźnych lasów brzożowych z domieszką sosny i modrzewia.

Zmiany roślinności w poziomach **Cza 3–8**, wyrażone zmianami wartości stosunku AP/NAP, składem taksonomicznym pyłku drzew, krzewów i roślin zielnych przypominają zmiany zachodzące w czasie wczesnego zlodowacenia wisły (Mamakowa, 1989; Janczyk-Kopikowa, 1991; Kuszell, 1997; Granoszewski, 2003) i mogą stanowić podstawę do wyróżnienia jednostki chłodnej w randze glaciału.

W poziomie **Cza 9** obraz roślinności ulega zmianie. Wzrost wartości AP wskazuje na rozwój zbiorowisk leśnych, początkowo brzożowo-sosnowych, później z sosnowych z brzożą, dębem, wiązem i leszczyną. W podszyciu bujnie rósł *Pteridium aquilinum* L. Wzrost wartości pyłku *Quercus* i *Ulmus* jest dowodem na rozprzestrzenianie się lasu liściastego z dębem i wiązem na stanowiska z zasobniejszymi glebami w poziomie **Cza 10**. Stopniowo w zbiorowiska leśne wkraczały pozostałe drzewa o wyższych wymaganiach klimatycznych: klon (*Acer*), jesion (*Fraxinus*) oraz lipa reprezentowana przez pyłek *Tilia cordata* typ i *T. platyphyllos* typ. Warstwę krzewów stanowiły: leszczyna (*Corylus*), ligustr (*Ligustrum*), kalina (*Viburnum*), bukszpan (*Buxus*) i różne gatunki bzu (*Sambucus*).

Rozprzestrzeniały się bagienne lasy olszowe, z których mógł pochodzić również pyłek klonu, jesionu i wiazu. Stała obecność pyłku wierzby może świadczyć o występowaniu

nadrzecznych zarośli łożowych (Tomanek, 1994). W zbiorniku wodnym ponownie obecna były *Azolla* i *Salvinia*, wkroczyła *Trapa*.

Ekspansja graba, wyrażona wzrostem wartości pyłku *Carpinus* w poziomie **Cza 11**, wskazuje na formowanie się szerokolistnych lasów z grabem, dębem, wiązem, lipą drobnolistną i szerokolistną, z krzewami reprezentowanymi przez leszczynę, ligustr, kalinę, bukszpan i bzy. Sporadycznie pojawia się pyłek: wiązowca (*Celtis*), skrzydłorzecha (*Pterocarya*), orzesznika (*Carya*) i cisa (*Taxus*). Na terenach podmokłych bądź okresowo zalewanych przez wodę rosły lasy z olszą, wiązem, wierzbą, jesionem i klonem.

Znaczący spadek wartości pyłku *Quercus*, *Ulmus*, *Corylus* i *Carpinus* wskazuje na zmiany zachodzące w zbiorowiskach leśnych w poziomie **Cza 12**. Taksony ciepłolubne były wypierane przez sosnę, brzozę i świerk. *Abies* tworzy krzywą ciągłą z niskimi wartościami. Świadczy to o pojawieniu się jodły w drzewostanach.

Poziom **Cza 13** charakteryzują dalsze przekształcenia zachodzące w zbiorowiskach roślinnych. Wzrastający udział pyłku roślin zielnych do 29,7% dowodzi coraz mniejszego zwarcia zbiorowisk leśnych z sosną i brzozą. Nastąpiło rozprzestrzenienie się zbiorowisk z turzycowatymi i wiechlinowatymi. W poziomie **Cza 14** zbiorowiska charakterystyczne dla siedlisk otwartych ustąpiły miejsca lasom, w których wzrastała rola sosny, brzozy i świerka, a także modrzewia i jodły. Taki skład taksonomiczny wskazuje na uformowanie się lasów w typie tajgi.

W poziomie **Cza 15** malejący udział pyłku świerka, modrzewia i jodły na korzyść sosny i brzozy świadczy o zmianach zachodzących w zbiorowiskach leśnych. Dominowały lasy sosnowo-brzozowe, z olszą na obszarach bardziej podmokłych.

W poziomie **Cza 16** zaobserwowano dalsze przeobrażenia zbiorowisk roślinnych. Spadający udział pyłku *Pinus sylvestris* typ dowodzi zaniku lasów sosnowych, a wzrost wartości pyłku *Betula* i roślin zielnych do 45,5% świadczy o rozwoju luźnych zbiorowisk leśnych z brzozą. Na siedliskach otwartych następowało formowanie się zbiorowisk z bardzo wysokim, dochodzącym do 32,0% udziałem wiechlinowatych (*Poaceae*). Z tych zbiorowisk pochodzi pyłek *Artemisia*, *Cheno-*

podiceae, *Cichoriodeae*, *Aster* typ, *Thalictrum* i *Ranunculus flammula* typ.

Górna granica poziomu Cza 15 została równocześnie uznana za granicę interglacjału i zlodowacenia. Wyznaczenie tej granicy jest oparte na spadku wartości pyłku drzew (z wyjątkiem brzozy) i wzroście wartości pyłku roślin zielnych. Taki charakter zmian roślinności wskazuje na zanik lasów i formowanie się zbiorowisk siedlisk otwartych. Jest to ogólnie przyjęte kryterium wyznaczania granic pomiędzy jednostkami klimatostratygraficznymi w ujęciu palinostratygraficznym (Mamakowa, 1989).

Poziomy Cza 16–26 należą do zlodowacenia i są zapisane w osadach o charakterze mineralnym. Są to mułki, mułki piaszczyste i piaski.

Poziom **Cza 17** charakteryzuje powrót lasów sosnowych. Sytuacja ulega zmianie w poziomie **Cza 18**, w którym odnotowano ekspansję brzozy (*Betula*) i modrzewia (*Larix*). Niskie wartości pyłku *Pinus sylvestris* typ mogą świadczyć o jego dalekim transporcie. W poziomie **Cza 19** powracają zbiorowiska luźnego lasu sosnowego.

Charakter panującej roślinności pozwala zaliczyć poziomy Cza 17–19 do interstadiału.

Poziom **Cza 20**, podobnie jak poziom **Cza 21**, reprezentują interstadialny charakter roślinności z panującymi luźnymi lasami sosnowo-brzozowymi. W poziomie **Cza 22** dominują zbiorowiska roślin zielnych, głównie z *Cyperaceae*. W dolnej części poziomu wyższe wartości pyłku *Poaceae* i *Artemisia* oraz obecność *Juniperus* i *Ephedra distachya* typ świadczą o rozprzestrzenianiu się zbiorowisk stepowych. W poziomie **Cza 23** rejestruje się powrót lasów sosnowych z domieszką brzozy. Poziom **Cza 24** cechuje powrót zbiorowisk roślinności zielnej z przewagą *Cyperaceae*, związanej z siedliskami otwartymi. Następująca ponownie ekspansja lasów sosnowych z udziałem świerka i modrzewia charakteryzuje poziom **Cza 25**, a zbiorowiska roślinne wskazują na jej interstadialny charakter. Poziom **Cza 26**, kończący sukcesję pyłkową z Czarnuchy, prezentuje rozwój tundry krzewiastej, o czym świadczy obecność pyłku *Betula nana* typ i *Salix*. Wzrost wartości pyłku roślin zielnych i spadek udziału *Pinus sylvestris* typ świadczy o ekspansji zbiorowisk zielnych związanych z przestrzeniami otwartymi.

WIEK OSADÓW

Charakter sukcesji pyłkowej z Czarnuchy, z głębokości 113,10–126,10 m, pozwala na jej korelowanie z augustowską sukcesją pyłkową (Janczyk-Kopikowa, 1996; Ber i in., 1998; Winter, 2001, 2008; Lisicki, Winter, 2004; Winter, Janczyk-Kopikowa, 2006).

W profilu z Czarnuchy nie ma zapisu poziomów dokumentujących optimum klimatyczne pierwszego interglacjału, które zostało zarejestrowane w Kalejtach (Winter, 2001) i w Żarnowie (Winter, 2008). Niemniej, sukcesja pyłkowa z Czarnuchy swoim charakterem jest bardzo zbliżona do sukcesji z Żarnowa. Szczególnie podobieństwo między suk-

cesjami występuje w zapisie sekwencji zmian w poziomach pyłkowych reprezentujących zlodowacenie/ochłodzenie.

W diagramie pyłkowym z Czarnuchy zostały wydzielone dwa okresy ciepłe o randze interglacjału. Poziomy **Cza 1–2** prezentują schyłek interglacjalnej sukcesji pyłkowej **A I**, wyrażony niskim udziałem pyłku drzew termofilnych i wysokim udziałem pyłku *Pinus* oraz stopniowym wzrostem wartości pyłku *Betula*. Taki przebieg sukcesji jest charakterystyczny również dla Szczebry (Janczyk-Kopikowa, 1996) i Suchej Wsi (Janczyk-Kopikowa, 2009). Poziomy **Cza 3–8** zostały włączone do zlodowacenia/ochłodzenia **A I/II**. Gra-

nica pomiędzy interglacjałem a zlodowaczeniem została wyznaczona na podstawie kryteriów palinologicznych i jest związana ze wzrostem wartości pyłku roślin zielnych, wskazującym na otwarcie krajobrazu i przeredzenie zwartych lasów. Przyjęcie tak określonej granicy między interglacjałem a wczesnym zlodowaczeniem zostało oparte na kryterium wydzielenia granicy pomiędzy interglacjałem eemskim a wczesnym zlodowaczeniem wisły (Andersen, 1961; Zagwijn, 1961; Mamakowa, 1989; Granoszewski, 2003).

Charakter zmian zachodzących w sukcesji pyłkowej w poziomach **Cza 3–8**, przypisanych do zlodowaczenia/ochłodzenia dokumentuje oscylacje klimatyczne cechujące stadiały i interstadiały. Poziomy **Cza 3**, **Cza 5** i **Cza 8** z wysokim udziałem NAP, pyłkiem heliofitów, takich jak: *Artemisia*, *Ephedra distachya* typ, *Helianthemum*, *Scleranthus annus* L., *S. perennis* L. oraz występowaniem pyłku *Betula nana* typ i *Salix* należy wiązać ze stadiałami.

Florę pyłkową z poziomu **Cza 4** cechuje panowanie zbiorowisk leśnych z sosną i brzozą związanych z interstadialnym ociepleniem klimatu. Zdecydowanie cieplejszy interstadial reprezentują poziomy pyłkowe **Cza 6–7** z udziałem taksonów termofilnych: *Tilia cordata* typ (4,5%), *Quercus* i *Corylus*, a następnie z rosnącymi wartościami świerka, modrzewia i brzozy.

Analizując sukcesje z zapisem interglacjału augustowskiego ze Szczebry (Janczyk-Kopikowa, 1996), Komornik (Khursevich i in., 2004) oraz z Żarnowa (Winter, 2006), wyraźnie widać podobieństwo między poziomem Cza 6 a poziomem Ża 9 z profilu Żarnowo, wyróżnionym w zlodowaczeniu/ochłodzeniu **A I/II** (Winter, 2008). W poziomie Ża 9 rośnie udział pyłku taksonów o wyższych wymaganiach klimatycznych (*Quercus*, *Ulmus* i *Corylus*, a następnie *Picea*). Zbliżony charakter mają spektra (z głęb. 184,80–184,90 m) z profilu Zielone Królewskie (Janczyk-Kopikowa, 1985;

Ber, 2000), w których pyłek *Quercus* i *Ulmus* dochodzi do 4,0%, a nieco niższe wartości osiąga *Tilia* i *Corylus*. Istnieje prawdopodobieństwo, że również spektra pyłkowe poziomu S.W.2 (a), wyróżnionym w profilu z Suchej Wsi (Janczyk-Kopikowa, 2009) mogą być korelowane z omówionymi poziomami.

Osady z głębokości 179,00–189,00 m ze stanowiska Zielone Królewskie zostały w całości przypisane przez Bera (1996) do interglacjału augustowskiego. Korelując diagram pyłkowy z profilu Zielone Królewskie z profilem z Kalejt (Winter, 2004), autorka zaliczyła sukcesję z Zielonych Królewskich do sukcesji augustowskiej, a wyróżnione ocieplenie skorelowała z I ciepłym okresem klimatycznym (interglacjałem). Jednak na podstawie wyników badań profili z Żarnowa i Czarnuchy (Winter, 2003, 2004, 2008; Winter, Janczyk-Kopikowa, 2006) przyjmuje się, że omawiany fragment sukcesji pyłkowej z Zielonych Królewskich, z głębokości 184,80–184,90 m, reprezentuje florę interstadialną i należy do zlodowaczenia **AI/II**.

Przebieg sukcesji pyłkowej zapisany w poziomach **Cza 9–12** jest charakterystyczny dla sukcesji interglacialnej **A II**, z jej czterodzielnym podziałem (Szafer, 1953; Tobolski, 1976; Janczyk-Kopikowa, 1987; Janczyk-Kopikowa, 1991). Cechą charakterystyczną tej sukcesji są wysokie wartości pyłku *Carpinus* (13,4%) i *Ulmus* (21,6%) oraz wyraźny udział *Quercus* (21,6%) i *Corylus* (11,3%). Wysokie wartości *Ulmus* i jeszcze wyższe wartości pyłku *Corylus* (22,0%) notowane są w profilu z Komornik (Khursevich i in. 2005). Obraz interglacjału **A II** w profilu Czarnucha jest zgodny z obrazem ciepłego okresu klimatycznego, charakteryzującego się obecnością graba, zapisanego w diagramach z sukcesją augustowską: ze stanowisk Szczebra, Sucha Wieś, Komorniki i Żarnowo (Janczyk-Kopikowa, 1996, 2009; Winter, 2003, 2004, 2008; Khursevich i in., 2004;).

KORELACJA STRATYGRAFICZNA

Na terenie Europy początek środkowego plejstocenu według stratygrafii holenderskiej (Zagwijn, 1985, 1996) jest określany mianem piętra kromerskiego (*Cromerian Stage*). Badania palinologiczne pozwoliły na wyróżnienie czterech interglacjałów w obrębie piętra kromerskiego (Zagwijn i in., 1971). Najstarszy interglacjał – Interglacjał I (*Waardenburg*) cechuje charakterystyczny wysoki udział pyłku *Carpinus* i znaczący udział pyłku *Eucommia*. W sukcesji augustowskiej, w profilach Szczebra (Janczyk-Kopikowa, 1996) i Czarnucha, notowane były pojedyncze ziarna *Eucommia*, jednak pozycja stratygraficzna tego interglacjału jest wyznaczona sytuacją geologiczną i charakterystyką sukcesji pyłkowej.

Diagramy pyłkowe z Litwy dokumentujące dolny plejstocen są korelowane przez Kondratienę (1996) z interglacjałem turgeliajskim, będącym odpowiednikiem interglacjału ferdy-

nandowskiego z terenu Polski (Janczyk-Kopikowa, 1996; Pidek, 2003). Na terenie Białorusi odpowiednik interglacjału ferdynandowskiego został podzielony na dwa odrębne interglacjały i zlodowaczenie, którym nadano rangę chronostratygraficzną (Goretsky i in., 1987). Najstarszym dyskusyjnym interglacjałem jest interglacjał korczewski (Wieliczkiewicz, 1986; Wieliczkiewicz i in., 1997; Jełowiczowa, 2001).

Porównując sukcesję pyłkową z Korczewa należy stwierdzić, że flora pyłkowa ma charakter chłodniejszy niż flora pyłkowa interglacjału augustowskiego.

Według najnowszych badań sukcesji pyłkowej z Korczewa (Mamakowa, Rylova, 2007), osady zawierające zapis sukcesji pyłkowej mogą reprezentować interglacjał mogilewski *sensu* Velichkevich i in. (1997). Niewykluczone jest również korelacja wiekowa z interglacjałem augustowskim.

WNIOSKI

Wykonane z dużą rozdzielczością badania metodą analizy pyłkowej osadów z profili Czarnucha i Żarnowo, pozwoliły na precyzyjne odtworzenie zmian sukcesji pyłkowej i roślinności w odcinku chłodnym, dzielącym starszy i młodszy interglacjał AI/II. W profilu Czarnucha uzyskano potwierdzenie występowania ciepłej oscylacji klimatycznej – interstadiału w czasie ochłodzenia/zlodowacenia AI/II, w czasie której nastąpił rozwój lasów mieszanych z dębem, lipą, wiązem i leszczyną. Tak precyzyjne badania pozwoliły na uchwycenie tego zjawiska w innych diagramach z profili położonych na obszarze Równiny Augustowskiej. Jest to szczególnie ważne w przypadku stanowisk, w których zapis sukcesji pyłkowej jest fragmentaryczny, a które zostały odniesione wiekowo do interglacjału augustowskiego na podstawie sytuacji geologicznej.

Ważnym aspektem wydzielenia ciepłego interstadiału w obrębie zlodowacenia/ochłodzenia AI/II sukcesji augustowskiej jest jego znaczenie chronostratygraficzne. Porównując sukcesje augustowską i ferdynandowską widoczne są

różnice klimatyczne, dokumentowane przez zmiany roślinności występujące w obrębie zlodowacenia/ochłodzenia w sukcesji augustowskiej AI/II i ferdynandowskiej FI/II. W przypadku tych bimodalnych sukcesji pyłkowych, w których grab pojawia się dopiero w młodszym interglacjale, stają się również ważne różnice w przebiegu sukcesji roślinności w okresie rozdzielałym interglacjały (AI/II i FI/II).

Dotychczas sądzono, że analiza pyłkowa nie dostarcza dowodów na rozróżnianie wiekowe osadów ze zlodowaceń obejmujących interstadiały, stadiały i fazy. Porównanie podziału stratygraficznego ochłodzenia/zlodowacenia (AI/II i FI/II) augustowskiej i ferdynandowskiej sukcesji pyłkowej wskazuje jednak na oczywiste różnice w składzie flory interstadialnych, odrębną historię rozwoju roślinności i inny charakter ich optimum klimatycznego. W tym przypadku, również okresy chłodne zawarte pomiędzy interglacjałami mogą stanowić podstawę do definiowania jednostek chronostratygraficznych na podstawie kryteriów paleobotanicznych.

LITERATURA

- ANDERSEN S.TH., 1961 — Vegetation and its environment in Denmark in the Early Wieschelian Glacial (last Glacial). *Dann. Geol. Unders.*, 2 ser., **75**: 1–175.
- BER A., 2000 — Plejstocen Polski północno-wschodniej w nawiązaniu do głębszego podłoża i obszarów sąsiednich. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **170**.
- BER A., 2009 — Litologia i sytuacja geologiczna osadów interglacjału augustowskiego z profilu Sucha Wieś (Pojezierze Elckie) i Czarnucha (Równina Augustowska). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **345**: 3–22.
- 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.*, **17**: 761–773.
- ERDTMAN G., 1960 — The acetolysis method. *Svensk Botan. Tidskr.*, **54**, 4: 561–564.
- GORETSKY G.I., GURSKIJ B.N., JELOWICZEWA YA. K., WIELICZKIEWICZ F.YU., DROMASHKO C.G., NAZAROV V.I., ZUBOVICH S.H., 1987 — Nizhninsky Rov, stratotipicheskii razrez shlovsk vo mezhlednikovya. Belarus. Nauka i Technika, Mińsk.
- GRANOSZEWSKI W., 2003 — Late Pleistocene vegetation history and climatic changes at Horoszki Duże, Eastern Poland: a palaeobotanical study. *Acta Palaeobot.*, Suppl., **4**: 1–96.
- IVERSEN J., 1954 — The late glacial flora of Denmark and its relation to climate and soil. *Dann. Geol. Unders.*, **2**, 80: 87–119.
- JANCZYK-KOPIKOWA Z., 1985 — Orzeczenie dotyczące próbek z miejscowości Gawrych Ruda i Zielone Królewskie, ark. Suwałki. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- JANCZYK-KOPIKOWA Z., 1987 — Uwagi na temat palinostratygrafii czwartorzędu. *Kwart. Geol.*, **31**: 155–162.
- JANCZYK-KOPIKOWA Z., 1991 — Problemy palinostratygrafii glacialnego plejstocenu Polski z uwzględnieniem wyników analizy pyłkowej osadów interglacialnych z Besiekierza (środkowa Polska). *Ann. Univ. M C-S.*, sect. B, **46**: 111–128, suppl. I.
- JANCZYK-KOPIKOWA Z., 1996 — Ciepłe okresy w mezoplejstocenie północno-wschodniej Polski. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **373**: 49–66.
- JANCZYK-KOPIKOWA Z., 2009 — Analiza pyłkowa międzymorenowych osadów z profilu Sucha Wieś (Pojezierze Elckie, północno-wschodnia Polska). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **435**: 37–46.
- JELOWICZEWA J.K., 2001 — Ewolucja prirodnoy sredy antropogena Belarusi. Mińsk.
- KHURSEVICH G., NITA M., BER A., SANKO A., FEDENYA S., 2004 — Palaeoenvironmental and climatic changes during the Early Pleistocene recorded in the lacustrine-boggy-fluvial sediments at Komorniki, NE Poland. *W: Reconstruction of Quaternary palaeoclimate and palaeoenvironments and their abrupt changes* (red. H. Winter, J. Przasnyska). Abstracts and field trip guide-book: 11–13. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KONDRATIENE O., 1996 — Stratigrafija i paleografija kwartera Litwy po paleobotaniczeskim dannym. Academia, Wilno.
- KUSZELL T., 1997 — Palinostratygrafia osadów interglacjału eemskiego i wczesnego vistulianu w południowej Wielkopolsce i na Dolnym Śląsku. *Acta Univ. Wratisl. Pr. Geol. Miner.*, **60**: 1–70.

- LISICKI S., 2009 — Paleosrodowisko sedymentacji osadów między-morenowych z profili Sucha Wieś (Pojezierze Elckie) i Czarnucha (Równina Augustowska), północno-wschodnia Polska. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **435**: 47–56.
- LISICKI S., WINTER H., 1994 — Rewizja pozycji stratygraficznej osadów dolnego i środkowego plejstocenu północno-wschodniej Polski. Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych. T. 4, Ser. Geogr., **68**: 259–283.
- 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 of Poland. *Acta Palaeobot.*, **29**, 1: 11–176.
- MAMAKOWA K., RYLOVA T.B., 2007 — The interglacial from Korchevo in Belarus in the light of new paleobotanical studies. *Acta Paleobot.*, **47**, 2: 245–453.
- 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 Univ. Press., Lublin.
- STACHOWICZ-RYBKA R., 2009 — Stratygrafia makroszczątków roślin ze stanowiska Czarnucha (Równina Augustowska, północno-wschodnia Polska). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **435**: 97–108.
- SZAFER W., 1953 — Stratygrafia plejstocenu w Polsce na podstawie florystycznej. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **22**, 1: 1–99.
- TOBOLSKI K., 1976 — Przemiany klimatyczno-ekologiczne w okresie czwartorzędu a problem zmian we florze. *Phytocenosis*, **5**, 3/4: 187–197.
- TOMANEK J., 1994 — Botanika leśna. PWRiL, Warszawa.
- WIELICZKIEWICZ F.Ju., 1986 — O rannieplejstocenowej między-liednikowej florze rzadza Korczewo na nowogrudzkiej woz-wyszennosti. *Doklady Akademii Nauk*, **30**, 3: 255–258.
- VELICHKEVICH [WIELICZKIEWICZ] F.Yu KHURSEVICH G.K., RYLOVA T.B., LITVINYUK G.I., 1997 — K stratigrafii srednevo pleystosena Belarusi. *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya*, **5**, 4: 68–84.
- WINTER H., 1999 — Opracowanie dotyczące wyników analizy palinologicznej próbek z wiercenia Czarnucha, Domuraty i Cisów – ark. Sztabin. Arch. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- WINTER H., 2001 — Nowe stanowisko interglacjału augustowskiego w północno-wschodniej Polsce. UAM, Ser. Geogr., **64**: 439–450.
- WINTER H., 2003 — Analiza palinologiczna jako podstawa do odtworzenia roślinności i klimatu interglacjału augustowskiego i interstadiału z Domurat. *W: I Polska Konferencja Paleobotaniki Czwartorzędu, Białowieża 22–24 maja*: 60–61. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- WINTER H., 2004 — Climatic variability and reconstruction of palaeoenvironments inferred from early Pleistocene long pollen sequences (north-eastern Poland). *W: Reconstruction of Quaternary palaeoclimate and palaeoenvironments and their abrupt changes* (red. H. Winter, J. Przasnyska). 29 september–2 october, Białowieża. Abstracts and field trip guide-book: 44–45. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- WINTER H., 2008 — Zapis palinologiczny zmian roślinności i klimatu interglacjału augustowskiego w profilu Żarnowo (Równina Augustowska, północno-wschodnia Polska). *Prz. Geol.*, **56**, 11: 1011–1018.
- WINTER H., JANCZYK-KOPIKOWA Z., 2006 — Zapis palinologiczny sukcesji augustowskiej w profilach Polski północno-wschodniej. *Pr. Komisji Paleogeografii PAU*, **4**: 103–109.
- ZAGWIJN W., 1961 — Vegetation, climate and radiocarbon datings in the Late Pleistocene of the Netherlands. Eemian and Early Wischelian. *Mem. Geol. Found. Netherl. N.S.*, **14**: 15–45.
- ZAGWIJN W.H., 1985 — An outline of the Quaternary stratigraphy of the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw*, **64**: 17–24.
- ZAGWIJN W.H., 1996 — The Cromerian Complex Stage of the Netherlands and correlation with other areas in Europe. *W: The Early Middle Pleistocene in Europe* (red. C. Turner): 145–180. Balkema, Rotterdam.
- ZAGWIJN W.H., VAN MONTFRANS H.M., ZANDSTRA J.G., 1971 — Subdivision of the Cromerian in the Netherlands, pollen analysis, palaeomagnetism and sedimentary petrology. *Geologie en Mijnbouw*, **50**: 41–58.

SUMMARY

The palynological analysis was used to study lacustrine-fluvial-marsh deposits of the Czarnucha section from the depth of 93.10–129.00 m. The analysis was based on a reconstruction of the pollen succession recorded in this section. The pollen succession includes 26 local pollen assemblage zones L PAZ. Cza 1–14 zones document continuous vegetation changes characteristic of the Augustovian Interglacial, while Cza 15–26 zones should be related to an early glacial period of the Nidanian Glaciation.

Pollen flora of Cza 1 zone indicates the predominance of forest communities with prevailing coniferous trees of pine (*Pinus*), spruce (*Picea*) and larch (*Larix*), with a distinct contribution of birch (*Betula*). Pollen of thermophilous trees is rare. Zone Cza 2 illustrates an expansion of birch (*Betula*) into habitats occupied by pine. The changes in plant communities in Cza 3–8 zones are related to the expansion of non-

arboreal plants and development of steppe-tundra and forest-tundra communities. These vegetation changes are indicative of stadial and interstadial climate conditions. A warm climate oscillation of interstadial rank, marked by development of pine forests with lime (*Tilia*), oak (*Quercus*), elm (*Ulmus*) and hazel (*Corylus*), is recorded in Zone Cza 7.

A return to a birch-pine and pine-birch forest, development of deciduous forest initially with oak (*Quercus*) and elm (*Ulmus*) and subsequently with an expansion of alder (*Alnus*) and hornbeam (*Carpinus*), and the appearance of ash (*Fraxinus*), maple (*Acer*) and nettle (*Celtis*) are evidence of climate changes characteristic of the interglacial (Cza 9–11). Decline of the interglacial succession is associated with a retreat of warm-loving trees, hazel and other shrubs, and with development of coniferous forests with pine, spruce and larch recorded in Cza 12 zone.

Zones Cza 13, 16, 20, 22, 24 and 26 represent stadial phases with an open type vegetation characteristic of an early glacial period. The development of forest communities with pine, spruce, larch and birch of zones Cza 14, 15, 17–19, 21, 23 and 25 indicates interstadial climatic conditions.

The characteristics of the Czarnucha pollen succession from the depth of 113.10–126.10 m allow correlating it with the Augustovian pollen succession. The Czarnucha section contains no zones documenting the first warming recorded at the Kalejty and Żarnowo sections. Nevertheless, its characteristics very much resemble those of the Żarnowo succession. Correspondences between those pollen successions could be related mainly to the occurrence of warm pollen spectra within a cool (glacial) period, allowing for distinguishing a warm interstadial in both the sections characterized by the presence of forest with oak (*Quercus*), elm (*Ulmus*), lime (*Tilia*) and hazel (*Corylus*). Similar spectra are observed in the Zielone Królewskie section considered to be of Augustovian Interglacial age.

When comparing the characteristics of the Czarnucha pollen sequence with the Ferdynandów Interglacial sections, clear differences are observed in the shape and values of curves of spruce (*Picea*), alder (*Alnus*), elm (*Ulmus*), willow (*Salix*) and non-arboreal plants (NAP). The characteristic feature of the Augustów succession is the permanent presence of *Azolla filiculoides* Lam. foss.

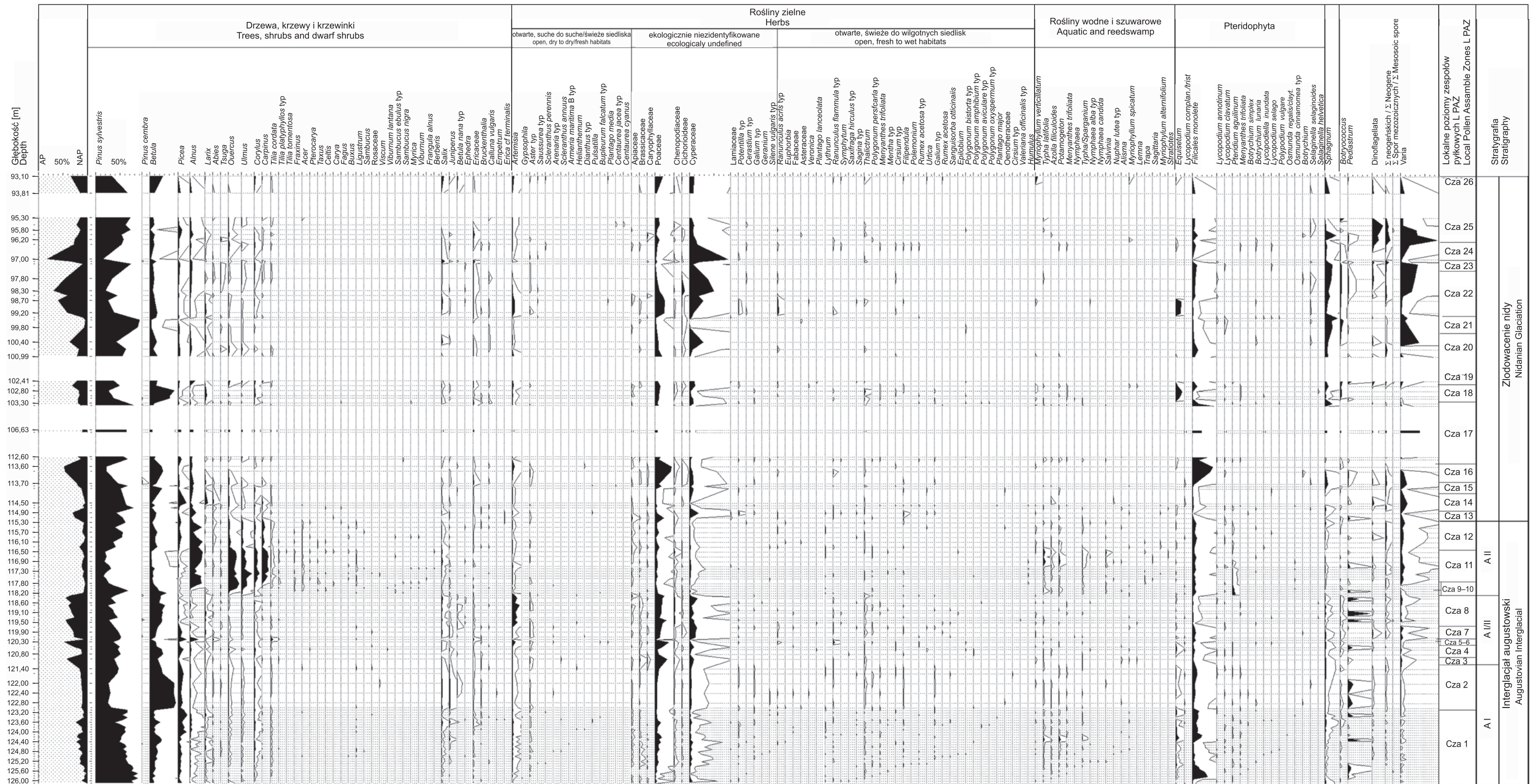
Two warm periods of interglacial rank are distinguished in the Czarnucha pollen diagram. Zones Cza 1–2 represent the decline of the interglacial pollen succession A I marked by a low contribution of thermophilous trees with a high

contribution of *Pinus*, and a gradual increase in *Betula* content. This type of succession is also characteristic of the Szczebra and Sucha Wieś sections. Zones Cza 3–8 have been included in the Glacial A I/II. The glacial/interglacial boundary is determined by palynological methods and it corresponds to the increase in non-arboreal pollen concentrations, indicating an opening of the landscape and a thinning of the dense forest.

A palynological correlation of the Czarnucha pollen succession with other successions of Europe is difficult. In Europe, the beginning of the Middle Pleistocene is referred to as the Cromerian Stage according to the Dutch stratigraphy (Zagwijn 1985; Zagwijn, 1996). Palynological research enabled distinguishing four interglacial periods within the Cromerian Stage (Zagwijn et al., 1971). The oldest one, Interglacial I (Waardenburg), is characterized by a high contribution of *Carpinus* pollen grains and significant content of *Eucommia*.

Rare *Eucommia* pollen grains were present in the Augustovian succession of the Szczebra (Janczyk-Kopikowa, 1996) and Czarnucha sections. However, the stratigraphic position of this interglacial is defined by both a general geological setting and the characteristics of pollen succession.

Pollen diagrams from Lithuania, indicating Early Pleistocene age, are correlated by Kondratiene (1996) with the Turgeliai Interglacial that is equivalent to the Ferdynandów Interglacial of Poland. In Belarus, the oldest – however problematic – interglacial is the Korchevian Interglacial.



Analizowała H. Winter

Fig. 2. Diagram palinologiczny profilu z Czarnuchy

Pollen diagram of the Czarnucha section