

Hanna WINTER<sup>1</sup>

## DYNAMIKA ZMIAN KLIMATYCZNYCH W PLIOCENIE I PLEJSTOCENIE DOLNYM ORAZ GRANICA NEOGEN/ CZWARTORZĘD W OSADACH Z POŁUDNIOWEGO MAZOWSZA (ŚRODKOWA POLSKA) NA PODSTAWIE DANYCH PALINOLOGICZNYCH

**Abstrakt.** Podczas prac kartograficznych prowadzonych w celu realizacji arkusza Nowe Miasto nad Pilicą *Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski (SMGP) 1:50 000* wykonano następujące otwory badawcze: Wólka Ligęzowska, Wysokin, Sacin, Ceteń 8 i Ceteń 9. Osady występujące w profilach Wysokin, Sacin, Ceteń 8 i Ceteń 9 reprezentowały formację preglacjałną z charakterystycznymi warstwami piaszczystymi, mułkowymi, piaszczysto-mułkowymi i ilastymi, często z humusem i przewarstwieniami torfu. Seria z Wólki Ligęzowskiej miała charakter jeziorno-bagienny. W celu rekonstrukcji zmian roślinności i klimatu posłużono się metodą analizy pyłkowej. Historię zmian roślinności odniesiono do wydzielonych poziomów pyłkowych, które pogrupowano w fazy rozwoju roślinności, a następnie okresy klimatyczno-stratygraficzne. Podstawę do wydzielenia tych faz i okresów stanowiły: podobieństwo florystyczne lokalnych zespołów poziomów pyłkowych (L PAZ), występowanie elementów flory subtropikalnej (P2), arktycznotrzeciorzędowej (A), procentowy udział poszczególnych taksonów w poziomach pyłkowych, procentowy udział taksonów ciepłoumiarkowanych (A1) i chłodnoumiarkowanych (A2), należących do geoflory arktycznotrzeciorzędowej (A). Ponadto wzięto pod uwagę stosunek wartości pyłku drzew i krzewów (AP) do pyłku krzewinek i roślin zielnych (NAP) jako wskaźnik odlesienia i otwartości krajobrazu, skład taksonomiczny oraz procentowy udział NAP, wskazujący na charakter zbiorowisk występujących na siedliskach otwartych. Okresy klimatyczno-stratygraficzne stanowią podstawę do podziału stratygraficznego badanych osadów i jednocześnie dokumentują wielkoskalowe zmiany klimatyczne, wyrażające globalne zmiany klimatu. Interpretacja danych palinologicznych pozwala na

określenie wieku osadów z Wólki Ligęzowskiej. Dane pyłkowe pozwalają na korelację fazy 1 WL z poziomem XIII *Sequoiapollenites* i odniesienie do piętra zankl. Następne fazy, 2 i 3 WL, odniesiono do poziomu XIV *Faguspollenites*. W związku z brakiem poziomu pyłkowego dla fazy 4 WL zaproponowano wydzielenie poziomu XV *Pinuspollenites*. Okres II skorelowano z piętrzem piacenz. Zapis silnego ochłodzenia klimatu, jaki występował między II i III okresem klimatyczno-stratygraficznym w Wólce Ligęzowskiej, można korelować z globalnymi zmianami klimatycznymi występującymi na granicy neogen/czwartorzęd, które są datowane astronomicznie na 2,588 Ma, a strop osadów okresu II należy korelować z morskim stadium izotopowym MIS 103. Sekwencja zmian roślinności i klimatu z Wólki Ligęzowskiej doskonale koreluje się z globalnymi zmianami klimatycznymi charakterystycznymi dla pliocenu (do 2,6 Ma) i plejstocenu dolnego. W profilach z Wysokina, Sacina, Cetenia 8 udokumentowano głównie zapis palinologiczny schyłku okresów ciepłych i okresy zimne zgodne z cyklem zmian klimatycznych w plejstocenie dolnym, w którym występują oziębienia i ocieplenia klimatu związane z rozwojem i zanikiem pokrywy lodowcowej na półkuli północnej. Facje rzeczne, z których w większości jest zbudowana formacja preglacjałna, powodują występowanie luk w zapisie palinologicznym, a stopień rozpoznania zmian roślinności w tym czasie jest bardzo ogólny. W miarę konsekwentny przebieg zmian roślinności i klimatu pozwala na wyróżnienie w obrębie plejstocenu dolnego nowej jednostki klimatyczno-stratygraficznej – ocieplenia ceteń. Na podstawie wyników analizy pyłkowej wiek osadów skorelowano z innymi stanowiskami z Polski i Europy.

**Słowa kluczowe:** analiza pyłkowa, pliocen, plejstocen dolny, granica neogen/ czwartorzęd, zmiany klimatu i roślinności, środkowa Polska.

<sup>1</sup> Emerytowany pracownik Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: hanna.winter@pgi.gov.pl.

## WSTĘP

Osady zaliczane do formacji preglacialnej, której nazwę nadano z powodu braku materiału ze Skandynawii obecnego w osadach plejstocenu glacialnego (Samsonowicz, 1927), stanowią ważny poziom litologiczny na obszarze środkowej Polski. Zarówno szerokie rozprzestrzenienie osadów tej formacji, geneza, jak i wiek sedymentacji były i są nadal dyskusyjne, lecz dane uzyskane różnorodnymi metodami badawczymi (analiza litopertograficzna, analiza pyłkowa, badania paleomagnetyczne poparte syntezą geologiczną) pozwalają na coraz bardziej szczegółowe określenie wieku oraz warunków geologicznych i klimatycznych w jakich nastąpiła ich depozycja.

Na terenie południowego Mazowsza formacja preglacialna jest wykształcona w postaci osadów rzecznych należących do facji korytowej – żwirów i piasków oraz pozakorytowej – mułków i ilów, warstwowanych cyklicznie (od jednego do pięciu cykli). W facji pozakorytowej warstwy ilaste, mułkowane i mułkowato-ilaste bywają poprzedzielane wkładkami ilu torfiastego i torfu oraz gytyi. Według Makowskiej (1973, 1976,

ten tom) były to facje rzek spływających z Wyżyn Środkowopolskich, na których przedpolu usypywały się rozległe delty i stożki napływowe. Na urozmaiconej, odsłoniętej powierzchni stożków występowały jeziora rozlewiskowe. Jeziora te zapełniały się osadami mułkowo-ilastymi i gytią lub ulegały zatorfieniu. Należy przyjąć, że podobnie jak na innych obszarach południowego Mazowsza osady mineralne były poddawane okresowej eolizacji (Balińska-Wuttke, 1964; Kosmowska-Ceranowicz, 1966; Makowska, 1976; Bujak, 2007, 2010; Woronko i in., 2007; Woronko, Bujak, 2008, 2010).

Podobnego typu osady stwierdzono również w innych miejscach środkowej Polski – okolice Otwocka, Grójca (Baraniecka, 1975, 1991; Stuchlik, 1975, 1987), Warszawy (Mirów i Opacz) (Morawski, Stuchlik, 1987) oraz Opaleńca na Równinie Kurpiowskiej (Bałuk, 1987).

Przez długi czas zagadnienie przynależności stratygraficznej osadów preglacialnych w środkowej Polsce było przedmiotem licznych dyskusji w literaturze geologicznej. Jedni autorzy umieszczali je w górnym pliocenie (Aren,

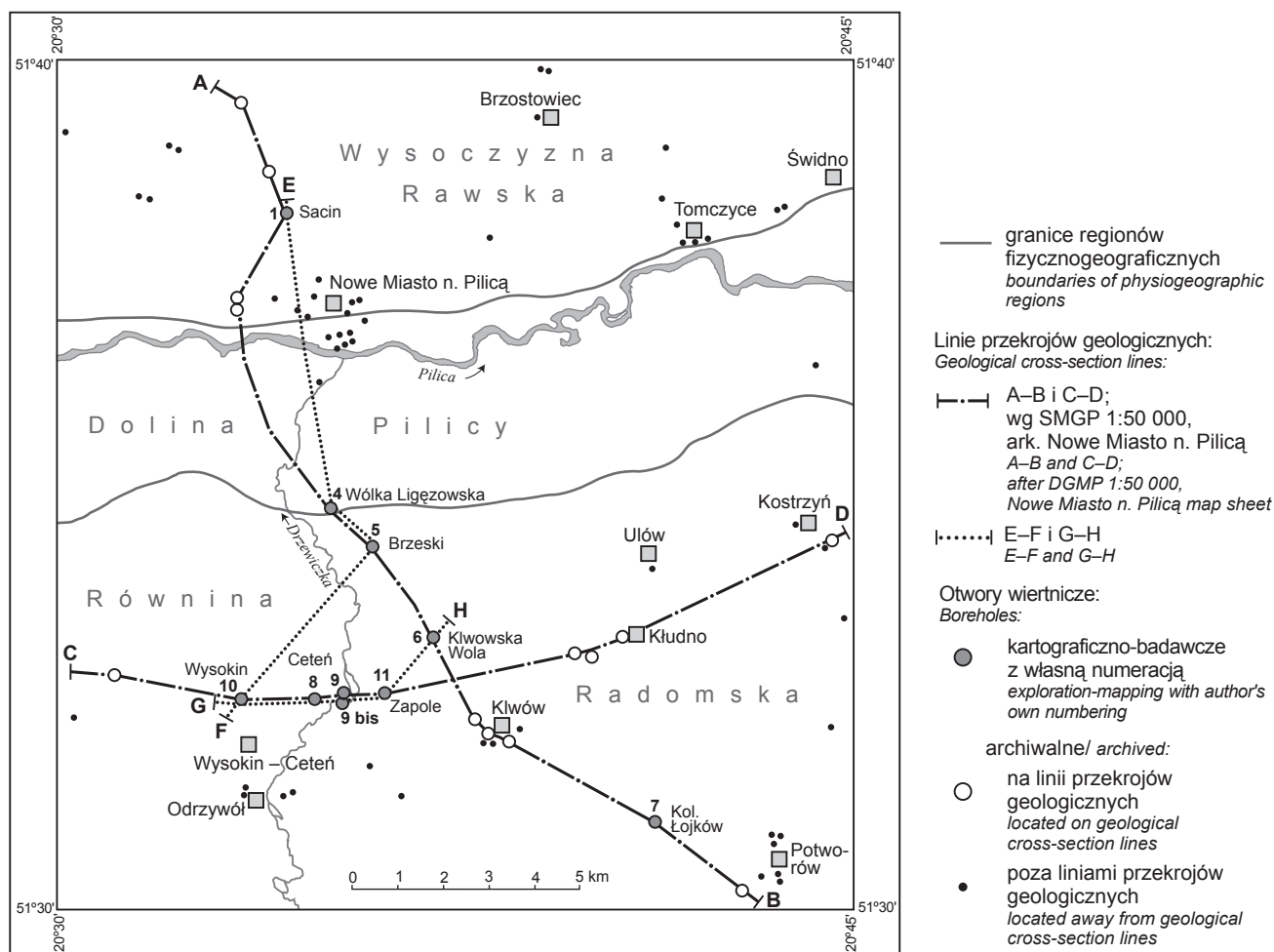


Fig. 1. Lokalizacja badanych stanowisk

Location of examined sections

1957; Klimaszewski, 1958), inni uznawali za odpowiednik Günzu (Ruhle, 1965). Początkowo Różycki (1961, 1967) umieszczał formację preglacjalną w najstarszym plejstocenie, następnie na podstawie udokumentowanego paleobotanicznie profilu z Ochoty usytuował ją w środkowym pliocenie z przejściem do górnego pliocenu (Różycki, 1972). Kosmowska-Ceranowicz (1979) na podstawie badań litologicznych początkowo zaliczała osady preglacjalne do górnego pliocenu, a później najwyższe serie preglacjalne włączyła do plejstocenu (Kosmowska-Ceranowicz, 1987).

Poglądy dotyczące przynależności stratygraficznej osadów preglacjalnych do czwartorzędu potwierdzono po opracowaniu paleobotanicznym osadów profilu z Ponurzyca (Stuchlik, 1975). Dalsze badania palinologiczne osadów preglacjalnych zmieniły nieco ten pogląd i dowiodły ich dwudzielności wiekowej i przynależności do górnego pliocenu i plejstocenu (Stuchlik, 1987, 1994).

W czasie prac kartograficznych prowadzonych w ramach realizacji arkusza Nowe Miasto nad Pilicą *Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski (SMGP) 1:50 000* wykonano otwory wiertnicze Wólka Ligęzowska, Wysokin, Sacin, Ceteń 8 i Ceteń 9 (fig. 1). Osady występujące w profilach Wysokin, Sacin, Ceteń 8 i Ceteń 9 reprezentowały formację preglacjalną z charakterystycznymi warstwami piaszczystymi, mułkowymi, piaszczysto-mułkowymi (Skompski i in., 2006). Wstępne wyniki badań palinologicznych próbek z profili Wy-

sokin, Sacin, Ceteń 8 i Ceteń 9 wskazywały na plioceńsko-plejstoceński wiek badanych osadów (Winter, 1994, 1995). Formacja preglacjalna z południowego Mazowsza praktycznie nie podlegała szczegółowym badaniom metodą analizy pyłkowej i prezentowała niski stopień rozpoznania z punktu widzenia wieku osadów i historii roślinności oraz zmian klimatycznych. Uzyskanie prawie pełnych serii osadów z rdzeni wiertniczych ze stanowisk Wysokin, Sacin, Ceteń 8 i Ceteń 9 oraz Wólka Ligęzowska stanowiło impuls do przeprowadzenia szczegółowych badań palinologicznych. Szczególnie osady z Wólki Ligęzowskiej, prezentujące serię jeziorno-bagienno-torfową z niewielkimi przewarstwieniami osadów rzecznych, nadawały się do tego typu badań. Dzięki nim wykazano, że zapis palinologiczny dokumentuje sekwencję znaczących zmian roślinności i klimatu (Winter, 1997).

Sytuacja geologiczna, geneza i warunki sedymentacji badanych osadów z wymienionych profili i innych profili otworów wykonanych w ramach realizacji arkusza Nowe Miasto nad Pilicą SMGP, a reprezentujących serie preglacjalne zostały szczegółowo przedstawione przez Makowską (ten tom). Uzyskane dane palinologiczne potwierdzają mozaikowość budowy geologicznej przedstawionej przez Makowską (ten tom), scharakteryzowanej jako występowanie zróżnicowanych zarówno pod względem litologicznym, jak i litogenetycznym ostańców erozyjnych uformowanych w różnym czasie i przy różnym stopniu subsydencji i erozji.

## PROFILE LITOLOGICZNE

Do badań palinologicznych wybrano profile charakteryzujące się dużym udziałem mułków, ilów i torfów oraz piasków mułkowatych i humusowych.

WÓLKA LIGĘZOWSKA – opis litologiczny osadów sporządzony przez Z. Janczyk-Kopikową i S. Skompskiego.

Głębokość [m]	Opis warstw		
5,70–6,70	mułek beżowoczekoladowy	19,90–21,00	mułek szary
6,70–7,80	brak rdzenia	21,00–21,45	mułek ilasty z detrytusem roślinnym
7,80–8,60	mułek gytiowaty	21,45–22,90	ił szary
8,60–9,25	mułek jasnoszary	22,90–23,50	mułek ilasty, jasnoszary
9,25–10,00	mułek pylasty, jasnoszary	23,50–23,92	ił szary, w spągu zatorfiony
10,00–11,20	mułek beżowy z humusem	23,92–24,28	torf zapiaszczony, ciemnobrunatny
11,20–11,80	brak rdzenia	24,28–24,45	gytia ilasta, brunatna
11,80–12,22	mułek brunatny z humusem	24,45–24,85	mułek piaszczysty, szarobeżowy, ze smugami torfu
12,22–12,37	torf czarny		
12,37–12,62	mułek torfiasty, czarny	24,85–25,15	piasek humusowy, ze smugami torfu
12,62–14,00	piasek, w stropie z humusem	25,15–26,00	piasek beżowy, ku spągowi biały
14,00–14,90	mułek pylasty, jasnoszary	26,00–27,00	ił ze szczątkami roślin, w stropie zatorfiony, czarny
14,90–15,80	pył jasnoszary	27,00–27,30	mułek ilasty, zapiaszczony, z detrytusem roślinnym, czarny
15,80–16,00	piasek pylasty, mułkowaty, szary	27,30–27,45	piasek mułkowaty, humusowy, ze szczątkami roślin
16,00–16,50	mułek piaszczysty, szary	27,45–27,70	ił szary ze smugami humusu, zatorfiony, z lignitem
16,50–16,90	brak rdzenia	27,70–27,80	mułek ilasty, siwy, z fragmentami drewna, zatorfiony
16,90–17,65	pył piaszczysty, szary	27,80–28,35	ił czarny, ze szczątkami roślin, w stropie zatorfiony
17,65–18,25	mułek ilasty, szary	28,35–28,90	mułek ze szczątkami roślin
18,25–18,90	ił ciemnoszary	28,90–29,00	piasek białawy
18,90–19,10	pył szary	29,00–30,10	brak rdzenia
19,10–19,50	mułek szary	30,10–30,35	piasek humusowy
19,50–19,90	mułek ilasty, ciemnoszary	30,35–30,42	mułek ilasty, brązowy
		30,42–30,98	gytia mułkowata, torfiasta, jasnobrunatna
		30,98–31,48	piasek pylasty, humusowy z detrytusem roślinnym

31,48–31,75	mulek brunatny, piaszczysty, ze szczątkami roślin	28,70–31,10	mulek piaszczysty z przewarstwieniami iłu z substancją organiczną oraz smugami humusu
31,75–32,24	mulek torfiasty, brunatny	31,10–32,20	piasek drobnoziarnisty, mułkowaty, szary
32,24–32,42	torf węglisty	32,20–33,70	brak rdzenia (piaski gruboziarniste)
32,42–32,48	ił	33,70–34,50	piasek drobno- i różnoziarnisty
32,48–32,90	mulek piaszczysty, brunatny	34,50–35,10	ił mułkowaty, zwięzły z nielicznymi szczątkami roślinnymi, szary
32,90–33,05	piasek brunatny	35,10–35,60	torf ilasty, sprasowany, czarny
33,05–33,30	mulek brunatny	35,60–36,10	ił szarobrunatny
33,30–34,70	mulek zapiaszczony, brunatny	36,10–38,20	mulek piaszczysty szarobrunatny i ciemnoszary
34,70–35,05	piasek mułkowato-humusowy	38,20–41,40	piasek i żwir oraz krzemienie ostrokrawędziste
35,05–35,15	mulek piaszczysty, zbity, zatorfiony		zlepione gliną zwietrzelistkową (zwietrzelina)
35,15–35,25	piasek humusowy		
35,25–35,45	mulek piaszczysty, zbity, brunatny		
35,45–36,00	piasek		

WYSOKIN – opis litologiczny osadów sporządzony przez A. Makowską.

Głębokość [m]	Opis warstw
22,45–25,10	ił mulasty, warstwowany poziomo, jasnoszary
25,10–25,80	mulek piaszczysty, humusowy, szary
25,80–26,80	piasek drobnoziarnisty, lekko mulasty
26,80–28,05	mulek ilasty, z domieszką humusu, miejscami przewarstwiony piaskiem drobnoziarnistym, szarobrunatny
28,05–28,40	piasek mułkowaty, humusowy, szarobrunatny
28,40–32,50	mulek piaszczysty, ze smugami humusu, miejscami przewarstwiony humusem
32,50–33,00	piasek drobno- i gruboziarnisty, kwarcowy, miejscami przewarstwiony humusem
33,00–34,60	mulek ilasty z gytia, w spągu pozbawiony gytii
34,60–36,70	ił mulasty z gytia i mułkiem w spągu
36,70–40,10	piasek drobnoziarnisty, w spągu różnoziarnisty
40,10–41,10	ity i mułki humusowe, czarne
41,10–45,50	piasek drobnoziarnisty ze smugami humusu oraz szczątkami drewna
45,50–47,40	mulek i ił przewarstwione piaskiem drobnoziarnistym
47,40–47,90	piasek drobnoziarnisty ze smugami substancji organicznej
47,90–49,70	gytia ilasto-torfowa, czarna
49,70–50,40	ił zwięzły, nieco torfiasty
50,40–63,90	piasek drobnoziarnisty z pojedynczymi smugami humusu

CETEN 8 – opis litologiczny osadów sporządzony przez A. Makowską.

Głębokość [m]	Opis warstw
13,40–13,58	ił torfiasty, szary
13,58–13,80	gytia torfiasta z warstwami iłu
13,80–15,20	piasek drobnoziarnisty z cienkimi warstewkami mułku
15,20–15,90	mulek ilasto-piaszczysty
15,90–18,90	brak rdzenia
18,90–19,10	mulek ilasto-piaszczysty, szary
19,10–20,60	brak rdzenia (koryto: piaski gruboziarniste)
20,60–26,80	mułki piaszczyste przewarstwione piaskami
26,80–28,70	piasek gruboziarnisty

CETEN 9 – opis litologiczny osadów sporządzony przez A. Makowską.

Głębokość [m]	Opis warstw
3,30–8,10	piasek drobno- i różnoziarnisty
8,10–12,60	mulek piaszczysty ze smugami humusu
12,60–16,60	brak rdzenia (koryto: piaski dronoziarniste z warstwą żwiru i mułki piaszczyste)
16,60–21,70	ił mulasty, szary z przewarstwieniami iłu czarnego oraz substancją organiczną w spągu
21,70–23,30	piasek drobnoziarnisty
23,30–24,60	brak rdzenia (koryto: piaski drobnoziarniste)
24,60–26,40	mulek z substancją organiczną, przewarstwiony drobnoziarnistym piaskiem
26,40–36,00	piasek drobno- i średnioziarnisty, kwarcowy z obfitą domieszką minerałów ciemnych, czarny, z pojedynczymi smugami mułku
36,00–38,90	rumosz skał krzemianowych – zwietrzelina

SACIN – opis litologiczny osadów wg S. Skompskiego (Skompski i in., 2006)

Głębokość [m]	Opis warstw
22,80–22,95	mulek ilasty warstwowany pyłem
22,95–23,03	mulek piaszczysty
23,03–23,65	mulek ilasty zapiaszczony, bywa żwir, z nieregularnymi laminami pyłu
23,65–24,80	piasek drobno- i średnioziarnisty
24,80–25,50	mulek piaszczysty laminowany pyłem
25,50–26,03	piasek średnio- i drobnoziarnisty
26,03–28,70	piasek średnio- i gruboziarnisty
28,70–29,00	piasek drobnoziarnisty, mułkowaty
29,00–31,03	piasek średnio- i gruboziarnisty ze żwirem
31,03–33,17	ity i mułki pylaste, warstwowane
33,17–33,33	piasek pylasty
33,33–37,00	mulek ilasty, miejscami przechodzący w mulek piaszczysty
37,00–40,10	piasek różnoziarnisty
40,10–42,50	mulek ilasty
42,50–42,75	ił torfiasty, złupkowacony
42,75–43,25	mulek ilasty przechodzący w piaszczysty
43,25–48,10	piasek różnoziarnisty
48,10–48,60	ił mułkowaty
48,60–49,50	mulek ilasty przechodzący w mulek
49,50–50,10	piasek pylasto-mułkowaty
50,10–50,50	mulek ilasty

## METODA PRACY

Próbki do analizy pyłkowej pobierano z wewnętrznej części rdzenia. W przypadku osadów piaszczystych i piaszczysto-mułkowych waga materiału przygotowywanego do maceracji wynosiła od 5 do 10 g, a dla osadów organicznych i z widoczną substancją humusową – od 200 do 500 mg.

Sposób laboratoryjnego przygotowania próbek do analizy pyłkowej również zależał od rodzaju osadu. Węgiel wapnia usunięto, stosując HCl, kwasy humusowe usunięto, gotując próbkę w 7% KOH. Dla wszystkich próbek z powodu dużej zawartości części mineralnych zastosowano metodę flotacji. Jako cieczy rozdzielającej frakcję organiczną od mineralnej użyto wodnego roztworu jodku kadmu (CdJ) i jodku potasu (KJ) o gęstości ok. 2,1 g/cm<sup>3</sup>. Uzyskany w ten sposób materiał organiczny zmacerowano, stosując zmodyfikowaną metodę acetolizy wg Erdtmanna (1960). Uzyskane go po acetolizie materiału nie barwiono.

Zmacerowane próbki przechowywano w czystej glicerynie. Z każdej próbki przygotowywano trzy preparaty pyłkowe. Próbki z otworu wiertniczego Ceteń 8 analizowano przy

pomocy mikroskopu typu Nf PK firmy Zeiss, a próbki z pozostałych otworów – przy użyciu mikroskopu Axioskop tej samej firmy. Podczas liczenia sporomorf rutynowo stosowano powiększenie 400 razy, a w trudniejszych przypadkach – 1000 razy. W zależności od frekwencji pyłki i spory liczono na całej powierzchni preparatu lub na co drugim, albo co trzecim pasie z uwzględnieniem całej powierzchni preparatu i z przeglądaniem pasów pośrednich.

Wyniki analizy pyłkowej przedstawiono w postaci procentowych diagramów pyłkowych, w których wykreślono krzywe dla większości taksonów drzew i lądowych roślin zielnych. Przy obliczeniach procentowych jako 100% przyjęto sumę pyłku drzew, krzewów i krzewinek (AP) oraz lądowych roślin zielnych (NAP). Wartości procentowe zarodników, pyłku roślin wodnych, pyłku i spor nieznanymi, nieoznaczalnymi z powodu zniszczenia lub zgniecenia, planktonu i sporomorf (prepliocenijskich) obcych obliczono w stosunku do sumy podstawowej AP + NAP = 100%. W nazewnictwie taksonów zastosowano systematykę botaniczną.

## FLORA

Lista florystyczna obejmuje taksony oznaczone na podstawie pyłku i spor (tab. 1). Do ich oznaczenia wykorzystano różne klucze i opracowania oraz posłużono się preparatami porównawczymi z kolekcji pyłkowo-sporowej Zakładu Paleobotaniki im. W. Szafera PAN w Krakowie i kolekcji pyłkowo-sporowej ówczesnej Pracowni Paleobotaniki Zakładu Geologii Czwartorzędu PIG. Do oznaczenia pyłku wykorzystano różne podstawowe klucze (Punt, 1976; Punt, Clarke, 1980, 1981, 1984; Punt i in., 1988; Faegri, Iversen, 1989; Moore i in., 1991) oraz atlasy pyłkowe (Reille, 1992, 1995).

Termin „typ” (t.) jest używany w przypadku, gdy więcej niż dwa gatunki lub rodzaje mają ten sam typ morfologiczny

sporomorfy. Oznaczenie gatunkowe jest podane zarówno w przypadku wyróżnienia gatunku na podstawie cech morfologicznych pyłku/ zarodników, jak również wtedy, gdy jest to rodzaj jednogatunkowy.

Lista florystyczna obejmuje wszystkie oznaczone taksony uznane za autochtoniczne. Oznaczone rośliny wymieniono w układzie alfabetycznym. Nazwy roślin naczyniowych podano głównie wg Mirka i in. (2002). Systematyka Pteridophyta jest oparta na systematyce Crabbego i in. (1975). W przypadku spor występujących w osadach pliocenijskich ich przynależność botaniczną określono wg Stuchlika i in. (2001).

## LOKALNE POZIOMY PYŁKOWE

Opracowanie osadów z otworów wiertniczych Wólka Ligęzowska, Wysokin, Sacin, Ceteń 8 i Ceteń 9 metodą analizy pyłkowej stanowi podstawę do ustalenia palinostratygrafii pliocenu i wczesnego plejstocenu dolnego oraz umożliwia wyznaczenie granicy neogen/czwartorzęd (GNCz) i tożsamej z nią – pliocen/plejstocen (GPP) na obszarze środkowej Polski.

W diagramach palinologicznych wyróżniono lokalne poziomy zespoły pyłkowych L PAZ, które są podstawową jednostką palinostratygraficzną (Wólka Ligęzowska – fig. 2, Wysokin – fig. 3, Ceteń 8 – fig. 4, Ceteń 9 – fig. 5, Sacin – fig. 6). W niektórych poziomach wyróżniono podpoziomy pyłkowe, będące jednostkami podporządkowanymi poziomowi zespołu pyłkowego. Część poziomów to poziomy niepowiązane, a więc takie, w których górna granica poprzedniego poziomu nie jest jednocześnie dolną granicą poziomu

następnego. Dzieje się tak np. w przypadku przerw sedymentacyjnych lub braku pyłku czy jego niskiej frekwencji. Poziomy oznaczono odpowiednią sygnaturą literową, pochodzącą od nazwy stanowiska, oraz ponumerowano cyframi arabskimi od spągu do stropu profilu, a podpoziomy oznaczono przy pomocy liter alfabetu łacińskiego. Opis lokalnych poziomów pyłkowych L PAZ dla poszczególnych profili zamieszczono w tabelach 2–6, a ich korelację – w tabeli 7.

Kryteria, jakimi się posługiwano przy kreowaniu omówionych jednostek, są zawarte w „Zasadach polskiej klasyfikacji, terminologii i nomenklatury stratygraficznej czwartorzędu” (Goździk i in., 1988) oraz w „Zasadach polskiej klasyfikacji, terminologii i nomenklatury stratygraficznej” (Aleksandrowicz i in., 1975).

Tabela 1

**Lista florystyczna**  
Flora list

Takson	Wólka Lig.	Wysokin	Ceteń 8	Ceteń 9	Sacin
1	2	3	4	5	6
<b>CHLOROPHYTA</b>					
<b>Botryococcaceae</b>					
<i>Botryococcus</i> Kütz.	+	+	+	+	
<b>Hydrodictyaceae</b>					
<i>Pediastrum</i> Meyen					
<b>MYCOTA</b>					
<i>Mycota</i>	+	+			+
<b>BRYOPHYTA</b>					
<b>Sphagnaceae</b>					
<i>Sphagnum</i> Ehrh.	+	+	+	+	+
<b>PTERIDOPHYTA</b>					
<b>Adiantaceae</b>					
<i>Adiantum</i> L.	+				
<i>Cheilanthes</i> Sw.	+	+			
<i>Pteridium</i> L.				+	+
<i>P. aquilinum</i> L. (Kuhn)				+	
<i>Pteris</i> L.	+				
<b>Aspleniaceae</b>					
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Berhn.	+				
<b>Azollaceae</b>					
<i>Azolla</i> Lam undiff.	+			+	
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	+		+		+
<b>Equisetaceae</b>					
<i>Equisetum</i> L.	+	+		+	+
<b>Gleicheniaceae</b>					
Gleicheniaceae (R. Br.) C. Presl.	+				
<b>Huperziaceae</b>					
<i>Huperzia selago</i> (L.) Bernh. ex Schrank et Mart. [= <i>Lycopodium selago</i> L.]	+		+	+	
<b>Isoëtaceae</b>					
<i>Isoëtes</i> L.	+				
<b>Lycopodiaceae</b>					
<i>Diphasiastrum complanatum</i> (L.) [= <i>Lycopodium complanatum</i> L.; <i>Diphasium complanatum</i> (L.) Rothm.]	+	+			+
<i>Lycopodiella inundata</i> (L.) Holub. [= <i>Lycopodium inundatum</i> ]	+	+	+	+	+
<i>Lycopodium annotinum</i> L.	+				+
<i>Lycopodium clavatum</i> L.	+	+	+	+	+
<i>Lycopodium complanatum</i> L.	+				
<b>Marsiliaceae</b>					
<i>Pilularia</i> L.	+	+	+		+
<b>Ophioglossaceae</b>					
<i>Botrychium</i> Sw.	+	+	+	+	+
<i>B. lunaria</i> (L.) Sw. t.	+	+	+	+	
<i>B. simplex</i> E. Hitchc.	+				

Tabela 1 cd.

1	2	3	4	5	6
<i>B. virginiatum</i> (L.) Swartz	+				
Ophioglossaceae Agardh undiff.	+				
<i>Ophioglossum</i> L.			+	+	
<b>Osmundaceae</b>					
<i>Osmunda</i> L.	+	+	+	+	
<i>O. cinnamomea</i> L. type	+	+	+	+	+
<i>O. claytoniana</i> L. t.	+	+	+	+	+
<b>Polypodiaceae</b>					
Polypodiaceae Bercht. & J. Presl	+	+	+	+	+
<i>Polypodium vulgare</i> L.	+				
<b>Salviniaceae</b>					
<i>Salvinia</i> Ség.	+				+
<b>Schizeaceae</b>					
<i>Lygodium</i> Sw.	+	+			
Schizeaceae Kaulf. undiff.	+				
<b>Selaginellaceae</b>					
<i>Selaginella denticulata</i> (L.) Beauv. ex Mart. et Schrank	+				
<i>S. helvetica</i> (L.) Spring.	+	+	+	+	
<i>S. selaginoides</i> (L.) Link	+		+	+	+
<i>S. sibirica</i> (J. Milde) Hieronymus	+				
<b>GYMNOSPERMAE</b>					
<b>Cupressaceae</b>					
<i>Juniperus</i> L.	+	+	+	+	+
Cupressaceae Bartlett undif.	+	+	+	+	
<b>Ephedraceae</b>					
<i>Ephedra</i> L.	+				
<i>E. distachya</i> L. t.	+	+	+	+	
<i>E. fragilis</i> Desf. t.			+		
<b>Pinaceae</b>					
<i>Abies</i> Mill.	+	+	+	+	+
<i>Cathaya</i> Chung et Kuang	+	+			
<i>Keteleeria</i> Carr	+				
<i>Larix</i> Mill.	+	+	+	+	
<i>Picea</i> Dietr.	+	+	+	+	+
<i>Pinus haploxyton</i> t.	+	+	+	+	
<i>Pinus sylvestris</i> L. t.	+	+	+	+	+
<i>Tsuga</i> Carr.	+	+	+		+
<i>Tsuga canadensis</i> (L.) Carr t.	+	+	+	+	+
<i>T. diversifolia</i> (Maxim) Mast. t.	+	+	+	+	+
<i>T. martensiana</i> (Bong.) Carriere [= <i>T. pattoniana</i> (A. Murray) Engelm.]	+			+	
<b>Taxaceae</b>					
<i>Taxus</i> L.				+	+
<b>Taxodiaceae</b>					
<i>Cryptomeria</i> D. Don		+			
<i>Sciadopitys</i> S. et Z.	+	+	+	+	+
<i>Sequoia</i> Endl.	+	+	+	+	+

Tabela 1 cd.

1	2	3	4	5	6
Taxodiaceae Rich. undiff.	+	+	+		
<i>Taxodium</i> Rich. t.	+				
<b>ANGIOPERMAE</b>					
<b>Aceraceae</b>					
<i>Acer</i> L.	+	+	+	+	+
<b>Adoxaceae</b>					
<i>Adoxa</i> L.			+		+
<b>Alismataceae</b>					
<i>Alisma</i> L.					+
<i>A. plantago-aquatica</i> L.	+				
<i>Sagittaria</i> L.	+				
<b>Anacardiaceae</b>					
<i>Rhus</i> (Tourn.) L. emend. Moench	+	+	+	+	
<b>Apiaceae</b>					
Apiaceae Lindl. undiff.	+	+	+	+	+
<i>Bupleurum falcatum</i> L. t.	+	+			+
<i>Carum carvi</i> L.					+
<i>Cicuta</i> L.					+
<i>Heracleum sphondylium</i> L. s.str.					+
<i>Hydrocotyle</i> L.	+				
<i>Levisticum officinale</i> W.D.J.Koch					+
<i>Peucedanum palustre</i> (L.) Moench. t.	+				
<i>Pleurospermum austriacum</i> (L) Hoff. t.	+	+	+	+	
<b>Apocynaceae</b>					
<i>Apocynum</i> L.	+		+	+	
<b>Aquifoliaceae</b>					
<i>Ilex</i> L.	+	+	+	+	+
<i>I. aquifolium</i> t. L.	+	+	+	+	
<i>I. verticillata</i> (L.) A. Grey t.		+		+	
<b>Araliaceae</b>					
Araliaceae Juss. undiff.	+	+			
<i>Hedera</i> L.	+	+	+	+	
<b>Asteraceae</b>					
<i>Achillea</i> L. t.	+				
<i>Ambrosia</i> L.	+	+		+	
<i>Anthemis</i> L. t.	+	+	+	+	+
<i>Arctium</i> L.	+	+		+	
<i>Aster</i> L. t.	+	+	+	+	+
Asteraceae Bercht. et J. Presl undiff.	+	+	+	+	+
<i>Carduus</i> L.	+	+		+	
<i>Centaurea cyanus</i> L.		+	+		
<i>Centaurea montana</i> L. t.					
<i>Cirsium</i> Mill. t.	+	+	+	+	+
<i>Helianthus</i> t.	+	+	+	+	
<i>Serratula</i> L.	+				+
<i>Saussurea</i> DC t.		+			



Tabela 1 cd.

1	2	3	4	5	6
<b>Betulaceae</b>					
<i>Alnus</i> L.	+	+	+	+	+
<i>Betula</i> L.	+	+	+	+	+
<i>Betula nana</i> L. t.	+	+		+	+
<i>Carpinus</i> L.	+	+	+	+	+
<i>Corylus</i> L.	+	+	+	+	+
<i>Ostrya</i> Scop.	+	+	+	+	+
<i>Ostrya</i> Scop./ <i>Carpinus</i> L.	+			+	
<b>Boraginaceae</b>					
Boraginaceae Juss.			+		+
<i>Echium</i> L.	+				
<i>Symphytum</i> L.	+	+	+		+
<b>Brassicaceae</b>					
Brassicaceae Juss.	+	+	+	+	+
<b>Butomaceae</b>					
<i>Butomus</i> L.	+	+			+
<b>Buxaceae</b>					
<i>Buxus</i> L.	+		+		+
<b>Campanulaceae</b>					
<i>Campanula</i> L.	+	+			+
<i>Jasione</i> L.	+		+		+
<i>Phyteuma</i> L. t.		+			
<b>Cannabaceae</b>					
<i>Humulus</i> L.	+	+			
<b>Caprifoliaceae</b>					
Caprifoliaceae undiff.	+	+			+
<i>Diervilla</i> Mill.		+	+	+	
<i>Lonicera</i> L.	+	+		+	
<i>Lonicera periclymenum</i> L.	+	+			
<i>Lonicera xylosteum</i> L.			+		
<i>Sambucus</i> L.	+	+	+	+	
<i>Sambucus ebulus</i> L. t.		+	+		
<i>Sambucus nigra</i> L. t.		+	+	+	+
<i>Viburnum</i> L. undiff.	+	+	+	+	
<i>Viburnum lantana</i> L. t.		+		+	
<b>Caryophyllaceae</b>					
Caryophyllaceae Juss. undiff.	+	+	+	+	+
<i>Cerastium</i> L. t.		+		+	
<i>Gypsophila</i> L.				+	+
<i>Lychnis</i> L. t.	+	+		+	+
<i>Sagina</i> L. t.				+	
<i>Scleranthus</i> L.				+	+
<i>Silene dioica</i> (L) Clairv			+		
<i>S. vulgaris</i> (Moench) Garcke [= <i>S. inflata</i> (Salisb.) Sm.]			+		
<i>Stellaria</i> t. Seguiet			+		
<i>S. holostea</i> L.			+		

Tabela 1 cd.

1	2	3	4	5	6
<i>S. nemorum</i> L.		+			
<b>Celestraceae</b>					
<i>Evonymus</i> L.	+	+			
<b>Chenopodiaceae</b>					
Chenopodiaceae Vent.	+	+	+	+	+
<b>Cichorioideae</b>					
Cichorioideae (Juss) Chev.	+	+	+	+	+
<b>Cistaceae</b>					
<i>Cistus</i> L.	+				
<i>Helianthemum</i> Mill.	+	+		+	
<i>H. canum</i> (L.) Baumg. t.	+				
<i>H. nummularium</i> (L.) Mill. t.	+				
<b>Convolvulaceae</b>					
<i>Calystegia</i> R. Br.	+	+			
<i>Convolvulus</i> L.		+			
<b>Cornaceae</b>					
<i>Cornus</i> L.	+	+			
<i>C. sanguinea</i> L.		+	+		
<i>C. stolonifera</i> Michx.	+				
<b>Crassulaceae</b>					
Crassulaceae D.C.	+	+			
<b>Cyperaceae</b>					
Cyperaceae Juss.	+	+	+	+	+
<b>Dipsacaceae</b>					
Dipsacaceae Juss. undiff.	+	+		+	
<i>Dipsacus fullonum</i> t.	+			+	
<i>Knautia arvensis</i> L. t.	+	+	+	+	
<i>Scabiosa columbaria</i> L. t.		+	+	+	
<i>Succisa</i> Haller			+		
<i>S. pratensis</i> Moench. t.	+			+	
<b>Droseraceae</b>					
<i>D. intermedia</i> Hayne			+		
<i>D. rotundifolia</i> L.	+				
<b>Eleagnaceae</b>					
<i>Elaeagnus</i> L.	+				
<i>Hippophae</i> L.			+		
<b>Empetraceae</b>					
<i>Empetrum</i> L.	+				
<b>Ericaceae</b>					
<i>Arbutus unedo</i> L.	+	+			
<i>Arctostaphylos</i> L.			+		
<i>A. uva-ursi</i> (L.) Spreng	+	+			
<i>Bruckenthalia spiculifolia</i> (Salisb.) Rchb.	+	+	+	+	+
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	+	+	+	+	+
<i>Erica</i> L.	+		+		+
Ericaceae Juss. undiff.	+	+	+	+	+
<i>Ledum</i> L.	+				+

Tabela 1 cd.

1	2	3	4	5	6
<i>Rhododendron</i> L.	+	+	+	+	
<i>Vaccinium</i> L. t.		+	+		+
<b>Eucommiaceae</b>					
<i>Eucommia</i> Oliv.	+	+	+	+	+
<b>Euphorbiaceae</b>					
<i>Euphorbia</i> L.	+			+	
<b>Fabaceae</b>					
Fabaceae L. undiff.	+	+	+	+	+
<i>Astragalus</i> L.	+				
<i>Coronilla</i> L.					
<i>Dorycnium</i> Mill.	+	+			
<i>Hedysarum</i> L.	+				
<i>Lathyrus</i> L. t.	+				
<i>Lotus</i> L.	+	+	+		
<i>Medicago</i> L.	+				
<i>Ononis</i> L. t.					
<i>Trifolium</i> L. t.	+	+			+
<i>Vicia</i> L. t.			+		
<b>Fagaceae</b>					
<i>Castanea</i> Mill.	+	+	+	+	+
<i>Fagus</i> L.	+	+	+	+	+
<i>Quercus</i> L.	+	+	+	+	+
<b>Gentianaceae</b>					
<i>Gentiana</i> L. undiff		+			
<i>G. pneumonanthe</i> L. t.			+		
<i>G. punctata</i>		+			
<i>Gentiana campestris</i> L. t. [= <i>Gentianella campestris</i> (L.) Börner t.			+		
<b>Geraniaceae</b>					
<i>Geranium</i> L.	+	+	+		
<b>Hallorhagidaceae</b>					
<i>Myriophyllum</i>	+	+	+	+	
<i>M. alterniflorum</i> DC. [= <i>M. alternifolium</i> DC]	+				+
<i>M. spicatum</i> L.	+	+	+	+	+
<i>M. verticillatum</i> L.	+	+	+	+	+
<b>Hamamelidaceae</b>					
<i>Parrotia</i>	+				
<i>Liquidambar</i> L.	+	+	+		
<b>Hippuridaceae</b>					
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	+				
<b>Hippocastanaceae</b>					
<i>Aesculus</i> L.	+	+	+		
<b>Hydrocharitaceae</b>					
<i>Hydrocharis</i>	+			+	
<i>Stratiotes</i> L.	+	+	+		+
<b>Juglandaceae</b>					
<i>Carya</i> Nutt.	+	+	+	+	+

Tabela 1 cd.

1	2	3	4	5	6
<i>Engelhardtia</i> Lesch.	+	+	+		
<i>Juglans</i> L.	+	+			+
<i>Pterocarya</i> Kunth.	+	+	+	+	+
<b>Lamiaceae</b>					
Lamiaceae Martynov undiff.	+	+	+	+	
<i>Lamium</i> L.	+				
<i>Mentha</i> L. t.	+	+	+	+	+
<i>Phlomis fruticosa</i> L.	+				
<i>Prunella</i> L. t.	+				
<i>Rosmarinus</i> L.	+				
<i>Stachys</i> L.	+				+
<i>Teucrium</i> L.					+
<b>Lemnaceae</b>					
<i>Lemna</i> L.	+	+			
<b>Lentibulariaceae</b>					
<i>Pinguicula</i> L.			+		
<i>Utricularia</i> L.	+	+	+		
<b>Liliaceae</b>					
<i>Allium</i> L.	+				
Liliaceae Juss. undiff.		+	+		+
<i>Lilium</i> L.			+		
Majanthemum			+		
<b>Linaceae</b>					
<i>Linum</i> L.		+			+
<b>Loranthaceae</b>					
<i>Arceuthobium</i> M. Bieb.	+			+	
<i>Viscum</i> L.		+			
<b>Lythraceae</b>					
<i>Decodon</i> (L.) Elliot		+		+	
<i>Lythrum</i> L.	+	+	+	+	+
<i>Peplis</i> L.				+	+
<b>Magnoliaceae</b>					
<i>Liriodendron</i> L.	+	+			
<i>Magnolia</i> L.					
<b>Malvaceae</b>					
<i>Hibiscus</i> L.	+				
<i>Malva</i> L.	+	+		+	
<i>M. altissima</i> t.	+				
<b>Menyanthaceae</b>					
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	+	+	+		
<i>Nymphoides peltata</i> (S. G.Gmel.) Kuntze					+
<b>Myricaceae</b>					
<i>Myrica</i> L.	+	+	+	+	+
<b>Nymphaeaceae</b>					
<i>Brasenia</i> Schreb.	+	+	+	+	
<i>Nuphar</i> Sm.	+	+	+	+	+
<i>Nymphaea</i> L. undiff.	+			+	

Tabela 1 cd.

1	2	3	4	5	6
<i>N. alba</i> L. t.	+				
<b>Nyssaceae</b>					
<i>Nyssa</i>	+	+	+	+	+
<b>Oleaceae</b>					
<i>Fraxinus</i> L.	+	+	+	+	
<i>Ligustrum</i> L.	+	+		+	
<i>Olea</i> L.	+				
<b>Onagraceae</b>					
<i>Epilobium</i> L.			+		
Onagraceae Juss. [= Oenotheraceae] undiff.	+	+		+	+
<b>Papaveraceae</b>					
<i>Hypocoum</i> L.	+				
<i>Papaver</i> L.					+
<b>Portulacaceae</b>					
<i>Claytonia perfoliata</i> Willd.	+				
<b>Periplocaceae</b>					
<i>Periploca</i> Tourn. ex L.	+				
<b>Plantaginaceae</b>					
<i>Plantago</i> L. undiff.	+	+	+	+	+
<i>Plantago coronopus</i> L.			+		
<i>P. lanceolata</i> L.	+	+			
<i>P. intermedia</i> DC		+			
<i>P. major</i> L.	+	+			
<i>P. maritima</i> L. s.l.	+				
<i>P. media</i> L.	+				
<b>Plumbaginaceae</b>					
<i>Armeria maritima</i> (Miller) Wild.			+		
<b>Polemoniaceae</b>					
<i>Polemonium</i> L.	+		+		
<b>Polygonaceae</b>					
<i>Polygonum amphibium</i> L. t.	+		+	+	
<i>P. aviculare</i> L. t.	+			+	
<i>P. bistorta</i> L. t.	+		+		
<i>P. cognatum</i> Meissner	+				
<i>P. bistorta</i> L. t.	+	+	+	+	
<i>P. persicaria</i> L. t.	+	+	+	+	+
<i>Rumex acetosa</i> L. t.	+	+	+	+	+
<i>Rumex acetosella</i> L.					+
<b>Poaceae</b>					
Poaceae	+	+	+	+	+
<b>Potamogetonaceae</b>					
<i>Potamogeton</i> L.	+	+	+	+	+
<b>Primulaceae</b>					
<i>Anagalis arvensis</i> L. t.	+	+	+	+	+
<i>Androsace</i> L.	+				
<i>Lysimachia</i> L. t. undiff.	+	+			
<i>L. nemorum</i> L.	+				

Tabela 1 cd.

1	2	3	4	5	6
<i>L. nummularia</i> L.	+			+	
<i>L. vulgaris</i> L.	+	+			+
<i>Primula farinosa</i> L. t.	+		+		
<i>P. hirsuta</i> L.	+				
<i>P. palustris</i>	+				+
<i>Samolus</i> L.	+				
<i>Trientalis</i> L.	+				
<b>Ranunculaceae</b>					
<i>Adonis annua</i> L. t.	+				
<i>Anemone</i> L.	+				+
<i>Aquilegia atrata</i> Koch.	+				
<i>Caltha</i> L. t.	+	+	+	+	+
Ranunculaceae Juss. undiff.	+	+	+	+	+
<i>Ranunculus</i> L. undiff.	+		+		
<i>Ranunculus acris</i> L. t.	+	+	+	+	+
<i>R. flammula</i> L. t.	+	+	+	+	
<i>Thalictrum</i> L.	+	+	+	+	+
<i>Trollius</i> L.	+				+
<b>Rhamnaceae</b>					
<i>Frangula</i> Mill. undiff.	+			+	
<i>F. alnus</i> Mill.	+	+			
Rhamnaceae Juss.	+	+		+	
<b>Rosaceae</b>					
<i>Amelanchier ovalis</i> Medicus	+				
<i>Comarum</i> L.	+	+		+	
<i>Dryas</i> L.					+
<i>Filipendula</i> L.	+	+	+	+	+
<i>Potentilla</i> L. t.			+		
<i>Prunus</i> L.	+		+		
<i>Ribes</i> L.					+
<i>Rosa</i> L.			+		
Rosaceae L.			+		+
<i>Rubus</i> L.	+				
<i>R. chamaemorus</i> L.	+	+			
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	+	+	+		
<i>Sorbus</i> L.			+		+
<b>Rubiaceae</b>					
<i>Galium</i> L. t.	+	+	+	+	+
Rubiaceae Juss. undiff.	+				
<b>Salicaceae</b>					
<i>Salix</i> L.	+	+	+	+	+
<b>Saxifragaceae</b>					
<i>Parnassia palustris</i> L.	+				
<i>Saxifraga cernua</i> L. t.	+				+
<i>S. granulata</i> L. t.	+			+	

Tabela 1 cd.

1	2	3	4	5	6
<i>S. oppositifolia</i> L. t.		+	+		+
<i>S. stellaris</i> L. t.		+	+	+	+
<b>Scrophulariaceae</b>					
<i>Melampyrum</i> L.		+			
<i>Pedicularis palustris</i> L. t.	+	+			
<i>Rhinanthus</i> L. t.					
<i>Scrophularia</i> L. t.	+				
Scrophulariaceae Juss. undiff.	+				+
<b>Solanaceae</b>					
<i>Datura</i> L.	+				
<i>Hyoscyamus</i> L.	+				
<i>Solanum dulcamara</i> L. t.	+			+	+
<i>S. nigrum</i> L. em. Mill.	+				
<b>Sparganiaceae</b>					
<i>Sparganium</i> L./ <i>Typha</i> L.	+	+	+		
<b>Symplocaceae</b>					
<i>Symplocos</i> Jacq.	+	+			
<b>Sterculiaceae</b>					
<i>Reevesia</i> L.	+				
<b>Thymelaeacea</b>					
<i>Daphne</i> L.	+				
<b>Tiliaceae</b>					
<i>Tilia</i> L. undiff.	+	+	+		+
<i>Tilia cordata</i> Mill. t.	+	+	+	+	
<i>T. platyphyllos</i> Scop. t.	+	+	+	+	
<i>T. tomentosa</i> Moench.				+	
Tiliaceae Juss. undiff.	+				
<b>Trapaceae</b>					
<i>Trapa</i> L.	+			+	+
<b>Typhaceae</b>					
<i>Typha latifolia</i> L. t.	+	+	+	+	+
<b>Ulmaceae</b>					
<i>Celtis</i> L.	+				
<i>Ulmus</i> L.	+	+	+	+	+
<i>Zelkova</i> Spach	+	+			
<b>Urticaceae</b>					
<i>Urtica</i> L.	+	+	+	+	
<b>Valerianaceae</b>					
<i>Valeriana</i> L.		+			
<i>V. dioica</i> L. t.		+	+	+	
<i>V. officinalis</i> L. t.	+		+	+	
<b>Vitaceae</b>					
<i>Parthenocissus</i> Planch.	+	+		+	
<i>Vitis</i> L.	+	+			

## PALINOSTRATYGRAFIA I HISTORIA ROŚLINNOŚCI

Wyróżnione w diagramach lokalne poziomy zespołów pyłkowych L PAZ służą do odtworzenia zmian roślinności i klimatu na badanym obszarze. Podstawą do ustalenia stratygraficznego następstwa sukcesji pyłkowych notowanych w poszczególnych diagramach są kryteria palinologiczne, do których zaliczamy:

- podobieństwo florystyczne lokalnych poziomów zespołów pyłkowych wyróżnionych w diagramach pyłkowych,
- występowanie elementów flory subtropikalnej P2 i arktycznotrzeciorzędowej A oraz ich udział w wydzielonych poziomach (Planderova i in., 1993a, b; Ziemińska-Tworzydło i in., 1994; Piwocki, Ziemińska-Tworzydło, 1995; Ziemińska-Tworzydło, 1998),
- udział procentowy poszczególnych taksonów w poziomach pyłkowych,
- zanikanie taksonów reprezentujących geoflorę paleotropikalną P2,
- procentowy udział taksonów ciepłumiarkowanych A1 i chłodnumiarkowanych A2, należących do geoflory arktycznotrzeciorzędowej A,
- udział procentowy i skład taksonomiczny pyłku drzew iglastych,
- udział procentowy i skład taksonomiczny pyłku drzew liściastych o różnych wymaganiach ekologicznych,
- stosunek wartości pyłku drzew i krzewów (AP) do pyłku krzewinek i roślin zielnych (NAP) jako wskaźnik odlesienia i otwartości krajobrazu,
- udział procentowy oraz skład taksonomiczny NAP, wskazujący na charakter zbiorowisk występujących na siedliskach otwartych.

Zmiany roślinności opisane na podstawie korelacji poszczególnych poziomów zespołów pyłkowych, tworzących sekwencje pyłkowe, charakteryzują zmiany zachodzące w obrębie zbiorowisk i formacji roślinnych. Jest to efektem zmian klimatycznych i uznaje się, że jedynie drastyczne zmiany klimatyczne mogą stymulować powstanie nowych formacji roślinnych (Kornaś, Medwecka-Kornaś, 1986, 2002). Historię roślinności opisano począwszy od zbiorowisk uznanych za najstarsze stratygraficznie. Zbiorowiska roślinne (Kornaś, Medwecka-Kornaś, 1986, 2002) wyróżnione na podstawie diagramów pyłkowych posłużyły do wydzielenia faz rozwoju roślinności, które mogą dać obraz roślinności typu regionalnego i być podstawą korelacji chronostratygraficznych.

Wyróżnione fazy otrzymały numerację arabską – od najstarszej do najmłodszej, i sygnaturę profilu, w którym zostały najpełniej scharakteryzowane (tab. 7). Te same fazy występują w różnych profilach, ale nie wszystkie pojawiły się w każdym profilu.

Dalszą wyróżnioną jednostką jest okres klimatyczno-stratygraficzny (tab. 7). Może on obejmować kilka faz rozwoju roślinności i służy do wyodrębniania występujących kolejno jednostek zimnych i ciepłych w obrębie sukcesji roślinnej. Okresy klimatyczno-stratygraficzne, podobnie jak

fazy rozwoju roślinności, stanowią podstawę do korelacji i wydzielenia chronostratygraficznych. Wyróżnione okresy klimatyczno-stratygraficzne otrzymały numerację rzymską.

Sukcesja pyłkowa z Wólki Ligęzowskiej (fig. 2) zawiera zapis sekwencji znaczących zmian roślinności, od lasów subtropikalnych do roślinności charakteryzującej otwarty krajobraz. Przeobrażenia zachodzące w zbiorowiskach roślinnych wskazują na zmiany klimatyczne różnorodnej rangi, począwszy od zlodowaceń i interglacjałów oraz oscylacji klimatycznych, aż do drastycznych zmian wskazujących na wielkoskalowe zmiany o charakterze globalnym.

W przypadku pozostałych profili zapis roślinności jest zawarty w krótkich sekwencjach pyłkowych lub nawet pojedynczych próbkach. Zjawisko to jest związane z charakterem osadów, które prezentują osady rzeczne formujące stożki napływowe o nieciągłości osadów lub nawet jednorazowy epizod sedymentacyjny. W wielu próbkach z warstw mułków, ilów mułkowatych i piasków mułkowatych z profili Wysokin (fig. 3), Ceteń 8 i Ceteń 9 (fig. 4, 5) oraz Sacin (fig. 6) nie stwierdzono pyłku, co utrudnia korelację poziomów pyłkowych z powodu braku ciągłości danych palinologicznych, a opisane na podstawie tych sekwencji zmiany roślinności i klimatu mają charakter przybliżony i są na pewno niepełne.

### I OKRES KLIMATYCZNO-STRATYGRAFICZNY

#### Faza rozwoju roślinności – 1 Wólka Ligęzowska (1 WL)

Poziomy WL 1 *Nyssa–Quercus–Ericaceae*,  
W 1 *Pinus sylvestris* t.–*Nyssa–Alnus*

Fazę 1 Wólka Ligęzowska (1 WL) (tab. 2) charakteryzuje panowanie różnego typów zbiorowisk leśnych. Niski udział roślin zielnych wskazuje na zwartość lasów. Panującymi zbiorowiskami leśnymi były lasy bagienne z *Alnus*, *Nyssa* i *Taxodiaceae*. Ze składu pyłku, który zaliczono do rodziny *Taxodiaceae* wykluczono *Sequoia* i *Sciadopitys*, natomiast może on reprezentować *Taxodium* lub *Glyptostrobus*. Współcześnie w lasach z *Taxodium*, porastających bagienne wybrzeża Ameryki Północnej (Floryda i delta Missisipi), występuje między innymi *Quercus*, różne gatunki *Ilex*, *Pinus*, *Magnolia* oraz *Acer* i prawdopodobnie drzewa te stanowiły również składniki lasu bagiennego (Roberts, 1986; Wilhite, Toliver, 2013).

Stanowiska wilgotne porastały lasy łąkowe z *Ulmus*, *Carya*, *Fraxinus*, *Pterocarya*, *Salix*, *Acer*, *Liquidambar* i *Alnus*. Z tych lasów pochodził pyłek *Humulus* i *Solanum dulcamara*. Na obszarach suchych panowały wielogatunkowe lasy mieszane sosnowo-dębowe z *Carpinus*, *Castanea*, *Betula*, różnymi gatunkami *Ilex* i *Fagus*, a domieszki stanowiły *Eucommia*, *Zelkova*, *Symplocos*, *Reevesia*, *Juglans* i *Aesculus*. Drzewa iglaste były reprezentowane przez *Picea*, *Cupressaceae*, *Sciadopitys*, *Tsuga* i *Sequoia*. Podszycie budowały *Corylus*, *Rhododendron*, *Diervilla*, *Buxus* i *Viburnum*, a *Vitis*



Tabela 2

## Wólka Ligzowska – opis poziomów pyłkowych

Wólka Ligzowska – description of Pollen Zones

Nazwa poziomu	Głębokość [m]	Opis poziomu
	2	3
WL 1 <i>Nyssa-Quercus-Ericaceae</i>	33,70–34,50	Taksonem charakterystycznym jest <i>Nyssa</i> (maks. występ. 15,9%). <i>Quercus</i> dochodzi do 20%. Udział <i>Alnus</i> , <i>Betula</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Fagus</i> , <i>Castanea</i> , <i>Ostrya</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Ilex</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Carya</i> , <i>Pterocarya</i> , <i>Tilia</i> , <i>Eucommia</i> nie przekracza 5%. Wśród drzew iglastych przeważa <i>Pinus sylvestris</i> t. (30,4–48,1%). Udział <i>Sequoia</i> , <i>Sciadopitys</i> , <i>Picea</i> , <i>Abies</i> , <i>Tsuga</i> i <i>Larix</i> dochodzi do 5%, a pyłek Taxodiaceae–Cupressaceae przekracza 5%. Obecny jest pyłek <i>Symplocos</i> , <i>Reevesia</i> i <i>Araliaceae</i> . Wartości Ericaceae wahają się między 8 a 10%. Pyłek roślin zielnych, z dominującymi Poaceae, przekracza 11%. Górna granica poziomu jest wyrażona przez spadek wartości <i>Nyssa</i> i Ericaceae oraz wzrost <i>Pinus sylvestris</i> t.
WL 2 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Quercus-Castanea</i>	31,83–33,70	Dominuje AP. Wartości <i>Castanea</i> dochodzą do 6,3%, <i>Quercus</i> – do 20%. Krzywe <i>Ulmus</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Carya</i> , <i>Pterocarya</i> i <i>Corylus</i> nie przekraczają 5%. Sporadycznie pojawia się pyłek <i>Symplocos</i> . Krzywa NAP nie przekracza 15%. Nadal dominują Poaceae z Cyperaceae, <i>Aster</i> t., Cichorioideae, <i>Thalictrum</i> , <i>Polygonum persicaria</i> t., <i>Artemisia</i> . Górna granicę poziomu wyznacza spadek wartości Taxodiaceae i Cupressaceae oraz spadek wartości <i>Pinus sylvestris</i> t.
WL 3 Taxodiaceae– Cupressaceae– <i>Quercus-Castanea</i>	30,45–31,83	Rośnie udział pyłku Taxodiaceae (maks. dla profilu – 16,4%), Cupressaceae (7,4%) i <i>Sequoia</i> (do 5%). Wartości <i>Castanea</i> wynoszą 1,5–4,5%, a <i>Quercus</i> – 11–14%. <i>Ulmus</i> zwiększa swój udział do 5%. Frekwencja <i>Carpinus</i> i <i>Carya</i> jest poniżej 2%. Ericaceae tworzą ciągłą krzywą (1,7–4,9%). Wartości NAP wynoszą 8,5–14,0%. Górna granicę poziomu wyznacza spadek wartości Taxodiaceae, Cupressaceae i <i>Castanea</i> .
WL 4 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Quercus-Nyssa</i>	30,20–30,45	Wzrastają wartości krzywej <i>Pinus sylvestris</i> t. do 36% i <i>Nyssa</i> do 4%. Frekwencja <i>Quercus</i> wynosi 7,6–17,9%. Obecny jest pyłek <i>Ulmus</i> (do 5%), <i>Carpinus</i> i <i>Carya</i> . Rosną wartości <i>Alnus</i> . Udział NAP z głównym przedstawicielem Poaceae nie ulega większym zmianom. Górna granicę poziomu wyznacza spadek wartości <i>Pinus sylvestris</i> t. i wzrost wartości Poaceae.
WL 5 <i>Quercus-Poaceae-Nyssa</i>	30,10–30,20	Poziom wyróżniony na podstawie jednej próbki charakteryzuje wysoka wartość Poaceae (23,5%) i <i>Quercus</i> (21,0%). Górna granicę poziomu wyznacza spadek wartości Poaceae i wzrost wartości <i>Liquidambar</i> oraz <i>Alnus</i> .
WL 6 <i>Liquidambar-Alnus</i>	28,50–30,10	Poziom z dominacją pyłku <i>Liquidambar</i> (maks. – 62,1%). Krzywa <i>Alnus</i> osiąga również wysokie wartości (18,0–35,5%). Wartości pyłku <i>Nyssa</i> nie przekraczają 4%. Udział NAP spada poniżej 7%. Górna granicę poziomu wyznacza drastyczny spadek wartości krzywej <i>Liquidambar</i> i <i>Alnus</i> , wzrost wartości krzywej <i>Pinus sylvestris</i> t. i Poaceae.
WL 7 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Quercus-Poaceae</i>	27,88–28,50	Poziom z wysokim udziałem <i>Pinus sylvestris</i> t., <i>Quercus</i> i Poaceae. Zaznacza się obecność <i>Ulmus</i> i <i>Carpinus</i> , z wartościami do 3%. Górna granica poziomu jest wyznaczona przez spadek wartości NAP i <i>Quercus</i> oraz wzrost wartości <i>Picea</i> i <i>Tsuga</i> .
WL 8 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Picea-Tsuga</i>	27,43–27,88	WL 7a <i>Bruckenhalthia</i> Takson charakterystyczny <i>Bruckenhalthia</i> osiąga maksimum występowania 2,7%. Wzrasta udział <i>Pinus sylvestris</i> t. powyżej 49% i Poaceae powyżej 24% oraz <i>Picea</i> , <i>Larix</i> , <i>Sciadopitys</i> , <i>Tsuga</i> . Ericaceae osiągają wartość 12%. WL 7b <i>Quercus</i> Podpoziom jest wyznaczony przez jedną próbkę z wysoką wartością <i>Quercus</i> (24,3%).
WL 9 <i>Sequoia-Taxodiaceae-Cupressaceae-Nyssa</i>	26,00–27,43	Taksony charakterystyczne dla poziomu <i>Picea</i> i <i>Tsuga canadensis</i> t. osiągają swoje maksymalne wartości 5,3 i 4,7%. Wzrastający udział <i>Pinus sylvestris</i> t., <i>Sequoia</i> , <i>Tsuga diversifolia</i> t. i <i>Sciadopitys</i> nie przekracza 3%. Rosną wartości <i>Ulmus</i> , <i>Carya</i> , <i>Carpinus</i> i <i>Castanea</i> do 4,5%. Pyłek NAP spada do 3,3%. Górna granicę poziomu wyznacza wzrost wartości <i>Sequoia</i> i spadek <i>Tsuga canadensis</i> t.
WL 10 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Alnus</i>	25,13–26,00	Poziom z wysokimi wartościami <i>Sequoia</i> (maks. wartość – 13,1%). Udział Taxodiaceae przekracza 7%, Cupressaceae sięga 3%, a <i>Nyssa</i> tworzy ciągłą krzywą z wartościami do 4%. Udział <i>Quercus</i> wynosi 9–19%. Wartości <i>Fagus</i> wzrastają do 2,9%. Rośnie udział NAP do 20% z Poaceae jako głównym taksonem (6–15%). Górna granica poziomu jest wyznaczona przez wzrost wartości <i>Alnus</i> oraz spadek <i>Sequoia</i> , Taxodiaceae, Cupressaceae, <i>Nyssa</i> i <i>Quercus</i> .
WL 11 <i>Betula-Nyssa-Sequoia</i>	24,42–25,13	Pyłek <i>Alnus</i> osiąga maks. wartość 45%, a <i>Pinus sylvestris</i> t. przekracza 50%. Spada frekwencja NAP. Górna granicę poziomu wyznacza spadek wartości <i>Alnus</i> i <i>Pinus sylvestris</i> t. przy jednoczesnym wzroście wartości krzywej <i>Betula</i> i <i>Nyssa</i> .
WL 12 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Betula-Quercus</i>	24,00–24,42	Poziom charakteryzuje się wysokimi wartościami <i>Betula</i> (powyżej 20%) i <i>Nyssa</i> (6–12%). Udział <i>Sequoia</i> waha się między 1 a 7%. Wzrasta frekwencja Taxodiaceae i Cupressaceae, <i>Quercus</i> (powyżej 11%) i minimalnie <i>Ulmus</i> (1–2%). Pyłek innych ciepłolubnych drzew liściastych nie przekracza 1%. Wartości NAP spadają poniżej 10%, co wiąże się z mniejszym udziałem Poaceae i Cyperaceae. Górna granicę poziomu wyznacza spadek wartości pyłku <i>Nyssa</i> i <i>Betula</i> . Wzrasta udział <i>Pinus sylvestris</i> t. powyżej 58% i w mniejszym stopniu <i>Quercus</i> . Maleje udział <i>Alnus</i> i zanika pyłek Cupressaceae i Taxodiaceae. Frekwencja Ericaceae nie przekracza 2%. Udział roślin zielnych spada do 6%, następuje spadek wartości Poaceae (1,5–2,5%). Górna granicę poziomu wyznacza malejąca udział <i>Betula</i> i wzrost wartości NAP.

Tabela 2 cd.

1	2	3
WL 13 <i>Quercus</i> – <i>Fagus</i> – <i>NAP</i>	22,63–24,00	Następuje wzrost wartości <i>Quercus</i> do 24% i <i>NAP</i> powyżej 28%. <i>Ulmus</i> tworzy ciągłą krzywą (1,5–4,0%). Taksonem charakterystycznym jest <i>Fagus</i> (maks. – 3,5%). Licznie występuje pyłek <i>Picea</i> (1,5–4,0%), a <i>Abies</i> osiąga maks. 4,3%. Wartości Ericaceae rosną powyżej 4%. Wśród <i>NAP</i> najwyższe wartości osiąga <i>Lythrum</i> (maks. – 9,5%), Poaceae, Cyperaceae, <i>Rumex acetosa</i> t. (maks. – 3,1%), <i>Thalictrum</i> i <i>Apiaceae</i> . Górną granicę poziomu wyznacza wzrost wartości krzywej <i>Ulmus</i> i Poaceae.
WL 14 <i>Quercus</i> – <i>Ulmus</i> – <i>Pterocarya</i>	21,43–22,63	<i>Quercus</i> i <i>Ulmus</i> osiągają najwyższe wartości dla całego profilu ( <i>Quercus</i> – 34,4%, <i>Ulmus</i> – 10,5%). Również <i>Carya</i> (2,8%) i <i>Pterocarya</i> (2,6%) osiągają maksimum. Pyłek <i>Fagus</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Acer</i> i <i>Castanea</i> tworzy ciągłe krzywe o wartościach powyżej 2%. Krzywa <i>Alnus</i> wynosi 4–9% (maks. – 17,9%). Wartości <i>NAP</i> są podobne do wartości z poprzedniego poziomu. Przeważają Poaceae (6–20%). Licznie pojawia się pyłek <i>Aster</i> t. (maks. – 5,8%). Górną granicę poziomu jest wyrażona przez spadek wartości <i>Quercus</i> oraz wzrost wartości Poaceae.
WL 15 Poaceae– <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Quercus</i>	19,53–21,43	Poziom z najwyższymi wartościami Poaceae (maks. – 29,3%) udział <i>Pinus sylvestris</i> t. przekracza 52%. Występuje pyłek <i>Sciadopitys</i> , <i>Abies</i> , <i>Tsuga</i> z wartościami poniżej 3%. Wśród <i>NAP</i> rośnie udział Cyperaceae, licznie pojawia się pyłek <i>Aster</i> t., <i>Thalictrum</i> , <i>Ranunculus flammula</i> t. i Brassicaceae. Górną granicę poziomu wyznacza wzrost wartości <i>Betula</i> i <i>Pinus sylvestris</i> t. oraz spadek wartości <i>Quercus</i> .
WL 16 <i>Pinus sylvestris</i> t.–Poaceae– <i>Betula</i>	18,43–19,53	Następuje stopniowy wzrost wartości <i>Pinus sylvestris</i> t. do 70% i <i>Betula</i> powyżej 10%. Krzywa Ericaceae ma monotony przebieg (2,4–3,6%). Frekwencja roślin zielnych wykazuje duże wahania – 15–41%. Dominują Poaceae z wartościami do 28%. Cyperaceae tworzą ciągłą krzywą o niskich wartościach. Do 3% wzrasta udział <i>Artemisia</i> . Pyłek <i>Thalictrum</i> i <i>Apiaceae</i> przekracza 1%. Górną granicę poziomu wyznacza spadek wartości <i>Betula</i> i wzrost wartości <i>Pinus sylvestris</i> t.
WL 17 <i>Pinus sylvestris</i> t.–Poaceae	17,65–18,43	<i>Pinus sylvestris</i> t. dominuje, wartości dochodzą do 76%. Powyżej 8% wzrasta udział Ericaceae. Wartości <i>NAP</i> nieco wzrastają (16–27%). Nadal Poaceae przeważają (do 22%). Górną granicę poziomu wyznacza wzrost wartości Ericaceae i <i>Artemisia</i> oraz spadek <i>Pinus sylvestris</i> t.
WL 18 Ericaceae–Poaceae– <i>Artemisia</i>	15,35–17,65	Cechą charakterystyczną poziomu są wysokie wartości Ericaceae (do 20%) i <i>Artemisia</i> (maks. – 15,37%). Krzywa Poaceae przekracza 22%. Udział <i>Betula</i> wzrasta do 13%. Licznie występuje pyłek <i>Alnus</i> , a <i>Myrica</i> zaczyna tworzyć ciągłą z wartościami do 2%. Rośnie udział pyłku na złożu wiotnym powyżej 12%. Sporadycznie występują cysty Dinoflagellata. Górną granicę poziomu wyznacza spadek wartości <i>Artemisia</i> i Ericaceae oraz wzrost wartości <i>Betula</i> .
WL 19 <i>Betula</i> –Poaceae–Ericaceae	14,80–15,35	Poziom z dominującym pyłkiem <i>Betula</i> (maks. wartość w całym profilu – 52%). Pyłek <i>Betula nana</i> t. i <i>Myrica</i> osiąga bezwzględnie maks. 2%. Spadają wartości Ericaceae i roślin zielnych. Wśród <i>NAP</i> przeważają Poaceae z wartościami do 17%. Po gwałtownym spadku w starszej części poziomu wartości <i>Artemisia</i> rosną do 10%. Górną granicę poziomu jest wyznaczona przez spadek wartości <i>Betula</i> oraz wzrost <i>Artemisia</i> i Poaceae.
WL 20 Poaceae– <i>Artemisia</i>	14,65–14,80	Wartości krzywej <i>Betula</i> spadają do 10%. Względnie wysokie wartości ma krzywa Ericaceae. Wzrastają wartości roślin zielnych do ponad 50%. Udział Poaceae dochodzi do 20%, a <i>Artemisia</i> przekracza 12%. Wartości Cyperaceae, <i>Thalictrum</i> , <i>Apiaceae</i> , <i>Aster</i> t., <i>Anthemis</i> t. i Chenopodiaceae nie przekraczają 5%. Rośnie udział sporomorf redeponowanych powyżej 5%.
WL 21 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Betula</i>	12,20–14,65	Poziom z dominacją pyłku <i>Pinus sylvestris</i> t. (maks. wartość w całym profilu – 77,7%). Udział <i>Betula</i> wynosi 7–11%. Pyłek Ericaceae występuje w granicach 0,7–6,5%. Wartości <i>NAP</i> nie przekraczają 15%. Udział Poaceae dochodzi do 7%, <i>Artemisia</i> do 2%, a Cyperaceae do 5,5%. Górną granicę poziomu wyznacza spadek wartości <i>Pinus sylvestris</i> t. oraz wzrost wartości Ericaceae i Poaceae.
WL 22 Ericaceae–Poaceae– <i>Ranunculus flammula</i> t.	11,95–12,20	Wartości <i>Pinus sylvestris</i> t. spadają poniżej 47%. Udział Ericaceae wzrasta do 25%. Wzrastają również wartości roślin zielnych z Poaceae i <i>Artemisia</i> jako głównymi przedstawicielami. Taksonem charakterystycznym dla poziomu jest <i>Ranunculus flammula</i> t. (maks. – 6,8%). Górną granicę poziomu wyznacza spadek wartości Ericaceae oraz wzrost wartości <i>Quercus</i> i Cyperaceae.
WL 23 Poaceae–Cyperaceae– <i>Quercus</i>	11,85–11,95	Poziom wyznaczony przez jedną próbkę charakteryzuje wzrost wartości <i>Quercus</i> do 6,5%. Udział Ericaceae spada do 1,4%. Pyłek <i>Bruckenthalia</i> osiąga 2,7% i <i>Juniperus</i> – 1,5%. Wśród <i>NAP</i> rosną wartości Cyperaceae do 13,9% (maks. wartość w profilu). Nadal wysokie wartości osiągnięty Poaceae (16,2%). Górną granicę poziomu wyznacza spadek wartości <i>Quercus</i> i Cyperaceae oraz wzrost Ericaceae.
WL 24 Ericaceae–Poaceae	11,80–11,85	Jedną próbką jest wyznacznikiem poziomu, w którym dominuje pyłek <i>Pinus sylvestris</i> t. (47,9%) i Ericaceae (21,9%). Następuje nieznaczny spadek wartości Poaceae.
WL 25 <i>Pinus sylvestris</i> t.–Poaceae	11,00–11,80	W poziomie wyznaczonym przez jedną próbkę przeważa pyłek <i>Pinus sylvestris</i> t. (60,3%). Wartość Ericaceae nie przekracza 5%, <i>Quercus</i> – 2%, a <i>Betula</i> – 7,7%. Wśród roślin zielnych najliczniej występuje pyłek Poaceae (12,3%), Cyperaceae (2,9%) i <i>Artemisia</i> (1,5%). Górną granicę poziomu wyznacza wzrost wartości Ericaceae i spadek wartości <i>Pinus sylvestris</i> t.
WL 26 Ericaceae	10,33–11,00	Cechą charakterystyczną poziomu jest wysoki udział Ericaceae (maks. udział – 38,7%). Wartości <i>Artemisia</i> wzrastają powyżej 7%, a Poaceae powyżej 10%. Górną granicę poziomu wyznacza wzrost wartości <i>Pinus sylvestris</i> t.
WL 27 <i>Pinus sylvestris</i> t.	10,15–10,33	W poziomie wyznaczonym przez jedną próbkę wartość <i>Pinus sylvestris</i> t. wynosi 72,7%. Poaceae z wartością 9,1% i <i>Artemisia</i> – 3% są głównymi przedstawicielami roślin zielnych.

Tabela 3

## Wysokim – opis poziomów pyłkowych

Wysokim – description of Pollen Zones

Nazwa poziomu	Głębokość [m]	Opis poziomu
W 1 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Nyssa–Alnus</i>	49,90–50,10	Poziom z wysokim udziałem <i>Nyssa</i> (maks. – 19,3%). Udział <i>Pinus sylvestris</i> t. nie przekracza 63%, a <i>Alnus</i> 2%. Nielicznie jest reprezentowany <i>Quercus</i> z wartością 1,64%. Występuje pyłek <i>Engelhardtia</i> z udziałem poniżej 1%. Krzywa <i>Picea</i> , <i>Tsuga</i> i <i>Abies</i> nie przekracza 2,5%. Frekwencja <i>Ericaceae</i> dochodzi do 2,5%. Wartości NAP wynoszą 1,2–1,5%. Górna granica poziomu jest wyznaczona przez spadek wartości <i>Nyssa</i> i wzrost wartości <i>Pinus sylvestris</i> t.
W 2 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Quercus–Castanea</i>	48,15–49,90	Przeważa pyłek <i>Pinus sylvestris</i> t., wzrastają wartości <i>Quercus</i> powyżej 18%. Obecny jest <i>Castanea</i> (do 3%). Udział <i>Alnus</i> stopniowo rośnie do 21,9%, a następnie spada poniżej 5%. Rozpoczynają się krzywe ciągłe <i>Ulmus</i> , <i>Pterocarya</i> i <i>Ilex aquifolium</i> t. Liczniej występuje pyłek <i>Carya</i> , <i>Eucommia</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Ostrya</i> i <i>Fagus</i> . Ponownie rozpoczyna się krzywa ciągła <i>Betula</i> z wartościami do 7,6%. Udział <i>Picea</i> nie przekracza 2%, a <i>Sciadopitys</i> – 1,3%. Krzywa <i>Ericaceae</i> jest monotonna (1,0–3,3%). Wzrasta udział NAP powyżej 15%, głównie <i>Poaceae</i> i <i>Cyperaceae</i> . Liczniej występuje pyłek <i>Aster</i> t., <i>Anthemis</i> t., <i>Thalictrum</i> , <i>Rumex acetosa</i> t. i <i>Artemisia</i> . Górna granicę poziomu wyznacza spadek wartości <i>Pinus sylvestris</i> t. i wzrost wartości <i>Alnus</i> .
W 3 <i>Alnus–Castanea–Poaceae</i>	47,95–48,15	Poziom z najwyższymi wartościami <i>Castanea</i> (maks. – 5,7%) cechuje wzrost <i>Alnus</i> do 34,2%. Udział NAP rośnie powyżej 20%. Górna granicę poziomu wyznaczają spadek wartości <i>Alnus</i> i wzrost wartości <i>Poaceae</i> .
W 4 NAP– <i>Betula</i>	47,85–47,95	Poziom wyznaczony przez jedną próbkę charakteryzuje wysoki udział NAP (47,3%), niska wartość <i>Pinus sylvestris</i> t. (12,2%), <i>Alnus</i> (12,8%) oraz <i>Quercus</i> (3,5%). Wzrasta wartość <i>Myrica</i> do 1,8%. Udział pyłku <i>Poaceae</i> sięga do 29,5%. Maksimum <i>Thalictrum</i> – 5,5% i <i>Apiaceae</i> powyżej 4%. Górna granicę poziomu wyznacza spadek pyłku <i>Poaceae</i> .
W 5 NAP– <i>Ericaceae–Myrica</i>	47,80–47,85	Poziom wyznaczony przez jedną próbkę charakteryzuje spadek wartości NAP do 25,2% i pyłku <i>Betula</i> (5,4%). <i>Ericaceae</i> osiąga maksymalną wartość 11,0%, również <i>Myrica</i> osiąga maksimum występowania – 2%. Wartości <i>Poaceae</i> spadają do 11%. Nadal obficie występuje pyłek <i>Thalictrum</i> i <i>Aster</i> t.
W 6 <i>Alnus</i>	47,20–47,30	Poziom z dominacją pyłku <i>Alnus</i> (maks. – 70,6%). Wartości NAP są niskie, ale pyłek <i>Aster</i> t. osiąga maksimum występowania 4,9%.
W 7 <i>Quercus–Sequoia</i> t.– <i>Poaceae</i>	44,40–44,60	Taksonem charakterystycznym jest <i>Sequoia</i> z bezwzględny maksimum 2,8%. Wzrastają wartości <i>Pinus sylvestris</i> t. do 28%, <i>Quercus</i> i <i>Betula</i> wynoszą powyżej 10%. Pojawia się pyłek <i>Castanea</i> , <i>Fagus</i> , <i>Carya</i> , <i>Pterocarya</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Carpinus</i> oraz <i>Nyssa</i> , ale nie przekracza wartości 2%. Frekwencja <i>Ericaceae</i> wynosi 4,9–5,2%. Rośnie udział pyłku roślin zielnych powyżej 20%, głównie <i>Poaceae</i> .
W 8 <i>Quercus–Betula–Bruckenthalia</i>	36,35–36,50	Poziom z wartościami pyłku <i>Quercus</i> powyżej 18% (maks. – 21,9%). Wzrasta udział <i>Betula</i> (maks. – 16,0%). Taksonem charakterystycznym jest <i>Bruckenthalia</i> (maks. – 2,4%). Rosną wartości NAP powyżej 43%. Dominują <i>Poaceae</i> i <i>Cyperaceae</i> wraz z <i>Apiaceae</i> (maks. – 10,3%) i <i>Artemisia</i> . Górna granicę poziomu wyznacza spadek <i>Quercus</i> i <i>Betula</i> oraz wzrost <i>Cyperaceae</i> .
W 9 <i>Pinus sylvestris</i> t.– NAP	36,30–36,35	Poziom wyznaczony przez jedną próbkę cechuje wzrost wartości <i>Pinus sylvestris</i> t. (52,4%) i pyłku roślin zielnych, głównie <i>Cyperaceae</i> (maks. – 22,6%).
W 10 <i>Picea</i>	35,18–35,30	Poziom wyróżniony na podstawie jednej próbki i cechuje bardzo wysoki udział <i>Picea</i> (74,7%). NAP wynosi 9,4%. Górna granica poziomu jest wyznaczona przez spadek wartości <i>Picea</i> i wzrost <i>Poaceae</i> .
W 11 <i>Poaceae–Artemisia</i>	35,00–35,18	W poziomie wyznaczonym przez jedną próbkę przeważa pyłek <i>Poaceae</i> (51%). Licznie występuje <i>Artemisia</i> (4,2%) i <i>Cyperaceae</i> . AP reprezentują głównie <i>Alnus</i> (11,7%), <i>Betula</i> (4,9%) i <i>Picea</i> (1,9%). Górna granicę poziomu wyznacza gwałtowny spadek wartości <i>Poaceae</i> i wzrost wartości <i>Pinus sylvestris</i> t.
W 12 <i>Pinus sylvestris</i> t.– NAP	34,65–35,00	Poziom z dużymi wahaniami wartości <i>Pinus sylvestris</i> t. (47,7–84,4%). Liczniej występuje pyłek <i>Quercus</i> , <i>Ulmus</i> i <i>Tiliacordata</i> t., ale tylko <i>Quercus</i> dochodzi do 2%. Stosunkowo obficie jest reprezentowany pyłek <i>Alnus</i> . Wśród NAP nadal najwyższe wartości osiąga <i>Poaceae</i> (maks. – 22%), a udział <i>Artemisia</i> wynosi 1,9–4,4%.
W 13 NAP– <i>Betula–Salix</i>	31,30–32,65	Poziom z najwyższymi wartościami NAP (maks. udziału – 72,9%) reprezentowanymi przez <i>Poaceae</i> (maks. wartość – 59,1%) i <i>Cyperaceae</i> . Pyłek <i>Cichorioideae</i> osiąga najwyższą wartość w profilu 4,9%, <i>Galium</i> t. z wartością 2,5% i <i>Thalictrum</i> (1,5–2,5%). Z drzew tylko pyłek <i>Alnus</i> i <i>Betula</i> występuje licznie. <i>Salix</i> osiąga maksymalną wartość pyłku dla całego profilu 3,2%.
W 14 <i>Pinus sylvestris</i> t.	26,75	Poziom wyróżniony na podstawie jednej próbki i cechuje wysoka wartość <i>Pinus sylvestris</i> t. (70,5%). NAP dochodzi do 16,9%, głównie z <i>Poaceae</i> , <i>Cyperaceae</i> i <i>Thalictrum</i> .
W 15 <i>Poaceae–Quercus–Ulmus</i>	25,50	Poziom wyznaczony przez jedną próbkę z bardzo wysoką wartością <i>Poaceae</i> (45,3%). Z innych roślin zielnych (59,8%) najwyższe wartości osiąga <i>Brassicaceae</i> (2,5%), <i>Thalictrum</i> (2,9%), <i>Urtica</i> (1,7%) i <i>Anthemis</i> t. (1,2%). Pyłek drzew liściastych jest reprezentowany głównie przez <i>Quercus</i> (12,5%) i <i>Ulmus</i> (3,3%).

Tabela 4

## Ceteń 8 – opis poziomów pyłkowych

Ceteń 8 – description of Pollen Zones

Nazwa poziomu	Głębokość [m]	Opis poziomu
C8 1 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Alnus</i>	35,60–35,70	Poziom jest wyznaczony przez jedną próbkę. Przeważa pyłek <i>Pinus sylvestris</i> t. (55%). Wartości <i>Alnus</i> są najwyższe dla całego profilu (27,5%). Pyłek <i>Quercus</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Fagus</i> , <i>Pterocarya</i> i <i>Carya</i> nie przekracza 1%. Udział <i>Betula</i> dochodzi do 8,3%, a Ericaceae – do 3,4%. Górną granicę poziomu wyznacza wzrost wartości <i>Quercus</i> i spadek <i>Alnus</i> .
C8 2 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Quercus</i> – <i>Castanea</i>	35,28–35,60	Nadal przeważa pyłek <i>Pinus sylvestris</i> t. Wartości pyłku <i>Quercus</i> rosną i wynoszą 5–22%, a <i>Ulmus</i> nie przekraczają 3%. Taksonem charakterystycznym jest <i>Castanea</i> , chociaż z niskimi wartościami (maks. – 1,2%). <i>Fagus</i> osiąga maksimum występowania dla całego profilu – 1,4%. <i>Carpinus</i> , <i>Pterocarya</i> , <i>Carya</i> , <i>Acer</i> i <i>Ilex</i> tworzą ciągłe krzywe nie przekraczające 1%. Wartości <i>Betula</i> wzrastają powyżej 5%. Licznie występuje pyłek <i>Sambucus</i> (maks. – 1,4%). Pyłek NAP nie przekracza 5%. Górną granicę poziomu jest wyznaczona przez spadek wartości <i>Pinus sylvestris</i> t. i wzrost wartości Poaceae.
C8 3 <i>Quercus</i> – <i>Ulmus</i> – <i>Pterocarya</i>	34,85–35,28	Poziom charakteryzują bardzo duże wahania wartości krzywej <i>Pinus sylvestris</i> t. (17–67%) i wysoka frekwencja pyłku <i>Quercus</i> (najwyższa wartość 23%). Kulminuje również <i>Ulmus</i> (maks. występ. – 5,6%) i <i>Pterocarya</i> (4,6%). <i>Corylus</i> osiąga najwyższą wartość 4,8%. Wartości <i>Betula</i> wzrastają. Następuje wzrost wartości pyłku Poaceae – 2–12%. Liczniej występuje pyłek Apiaceae, <i>Thalictrum</i> i <i>Artemisia</i> .
C8 4 <i>Picea</i> –NAP	26,45–26,65	Poziom wyróżniony przez jedną próbkę charakteryzuje dominacja pyłku <i>Picea</i> (maks. – 27,2%) i <i>Pinus sylvestris</i> t. (21,0%) oraz wysokie wartości NAP (39,0%) z przewagą pyłku Cyperaceae (21,0%) i Poaceae (13,1%). <i>Carya</i> osiąga maksymalną wartość 2,2%. Górną granicę poziomu jest wyznaczona przez spadek wartości <i>Picea</i> i wzrost wartości Poaceae.
C8 5 NAP– <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Betula</i>	26,25–26,45	Poziom jest reprezentowany przez pojedyncze spektrum. Wartość pyłku <i>Pinus sylvestris</i> t. wynosi 32%, <i>Betula</i> – 12%. Występują wysokie wartości NAP (51,14%) z przewagą Poaceae (maks. – 33%) i zróżnicowanie taksonomiczne NAP, pyłki <i>Thalictrum</i> , Apiaceae i <i>Artemisia</i> z wartościami powyżej 1%.
C8 6 <i>Ranunculus flammula</i> t.–Poaceae– <i>Artemisia</i>	23,15–23,25	Poziom z przewagą pyłku roślin zielnych z dominującym <i>Ranunculus flammula</i> t. (46,0%) z wysoką wartością Poaceae (20,4%). Cechą charakterystyczną jest maksymalny udział <i>Artemisia</i> 5,9% i <i>Thalictrum</i> – 4,8%. Udział pyłku <i>Betula</i> dochodzi do 8,8%.
C8 7 <i>Pinus sylvestris</i> t.–NAP	18,50–19,5	Poziom wyznaczony przez jedną próbkę charakteryzuje przewaga pyłku <i>Pinus sylvestris</i> t. (71,1%), któremu licznie towarzyszy pyłek Cyperaceae (15,8%) i Poaceae (11,0%).
C8 8 <i>Betula</i> –NAP– <i>Juniperus</i>	14,88–15,50	W starszej części poziomu wartość NAP przekracza 50% z dominującym pyłkiem Cyperaceae (maks. udział – 24,1%) i Poaceae (23,4%). Wyraźnie rosną wartości <i>Betula</i> i <i>Salix</i> . W młodszej części poziomu <i>Betula</i> osiąga najwyższą wartość w całym profilu 46,5%. Taksonem charakterystycznym jest <i>Juniperus</i> (maks. wartość – 6%). Górną granicę poziomu wyznacza wzrost wartości <i>Pinus sylvestris</i> t. oraz spadek wartości <i>Betula</i> i NAP.
C8 9 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Larix</i>	13,40–14,88	<i>Pinus sylvestris</i> t. jest dominującym taksonem z maksymalną wartością 78,7%. Pyłek <i>Larix</i> tworzy niskoprocentową krzywą ciągłą z maksimum występowania 1,9%. <i>Quercus</i> nie przekracza 1%. Wartości pyłku NAP, głównie Poaceae i Cyperaceae, wzrastają powyżej 16%.

Tabela 5

Ceteń 9 – opis poziomów pyłkowych  
Ceteń 9 – description of Pollen Zones

Nazwa poziomu	Głębokość [m]	Opis poziomu
C9 1 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Quercus-Fagus</i>	28,65	Poziom wyznaczony przez jedną próbkę charakteryzuje niski udział <i>Pinus sylvestris</i> t. (26,7%), <i>Quercus</i> – 14,7% oraz znacząca obecność <i>Fagus</i> (1,6%). <i>Ulmus</i> osiąga udział powyżej 4%. Wartość NAP dochodzi do 14%, a głównymi przedstawicielami są Poaceae, Cyperaceae i <i>Artemisia</i> .
C9 2 <i>Pinus sylvestris</i> t.–Ericaceae–Poaceae	25,65	W poziomie wyznaczonym przez jedną próbkę dominuje pyłek <i>Pinus sylvestris</i> t. z wartością 32,9%. Głównym przedstawicielem drzew liściastych jest <i>Betula</i> (7,7%). Licznie występują Ericaceae (10%) i <i>Myrica</i> (3,5%). Frekwencja NAP jest wysoka (37,1%). Najliczniej występuje pyłek Poaceae (16,4%), <i>Artemisia</i> , Cyperaceae, <i>Aster</i> t., Apiaceae i <i>Thalictrum</i> .
C9 3 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Quercus</i> –NAP	21,13–22,50	Poziom z najwyższymi wartościami <i>Pinus sylvestris</i> t. (maks. dla profilu – 45,2%). Udział <i>Quercus</i> wzrasta do 16%. Obficie występuje pyłek: <i>Ulmus</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Ostrya</i> , <i>Eucommia</i> , <i>Tilia</i> , <i>Acer</i> , <i>Castanea</i> <i>Fraxinus</i> oraz <i>Corylus</i> . W górnej części poziomu pojawia się pyłek <i>Ligustrum</i> . Udział Ericaceae i <i>Myrica</i> nie przekracza 1%. Wartości NAP nie spadają poniżej 18%. Przeważa pyłek Poaceae (8,8–15,7%), podczas gdy <i>Artemisia</i> i Cyperaceae tworzą krzywe ciągle z wartościami do 3%. Górna granica poziomu jest wyznaczona przez gwałtowny spadek wartości <i>Pinus sylvestris</i> t. i wzrost wartości <i>Quercus</i> , <i>Ostrya</i> i <i>Carpinus</i> .
C9 4 <i>Quercus</i> – <i>Ostrya</i> –Poaceae	21,02–21,13	W poziomie wyróżnionym na podstawie jednej próbki wzrasta wartość <i>Quercus</i> . Charakterystyczną cechą są maksymalne wartości <i>Ostrya</i> i <i>Carpinus</i> / <i>Ostrya</i> 7,8% oraz <i>Carpinus</i> – 3,6%. Powyżej 1% rośnie udział <i>Eucommia</i> . Pyłek roślin zielnych przekracza 20%, przeważa pyłek Poaceae (12,0%), Cyperaceae i <i>Artemisia</i> . Górna granica poziomu wyznacza wzrost wartości <i>Eucommia</i> .
C9 5 <i>Quercus</i> – <i>Eucommia</i> – Poaceae	20,92–21,02	Poziom wyznaczony przez jedną próbkę. Wzrasta udział pyłku <i>Quercus</i> i <i>Corylus</i> . Taksonem charakterystycznym jest <i>Eucommia</i> (maks. udział – 4,2%). Wzrost wartości NAP wiąże się ze wzrostem Poaceae do 22%. Górna granicę poziomu wyznacza wzrost wartości Poaceae i <i>Artemisia</i> .
C9 6 <i>Quercus</i> –Poaceae	20,78–20,92	W poziomie wyznaczonym przez jedną próbkę do 13% spada udział <i>Quercus</i> . Wartość <i>Betula</i> wynosi 12%. Rośliny zielne osiągają maksymalną wartość dla całego profilu 37,4% i są zdominowane przez Poaceae (maks. występ. – 22%). Pojawia się pyłek <i>Artemisia</i> (5%). Górna granicę poziomu wyznacza spadek wartości Poaceae.
C9 7 <i>Quercus</i> – <i>Corylus</i> –NAP	20,25–20,78	Poziom, w którym wartości <i>Quercus</i> , po uzyskaniu maksimum występowania 33,1%, stopniowo maleją poniżej 5%. <i>Corylus</i> osiąga najwyższą wartość 7,8%. Wartości <i>Ulmus</i> oscylują w granicach 2–3%. Licznie pojawia się <i>Castanea</i> (maks. wartość – 1%), Pyłek <i>Ostrya</i> / <i>Carpinus</i> , <i>Ostrya</i> , <i>Carpinus</i> i <i>Eucommia</i> tworzą krzywe ciągle do 3,2%. Następuje stopniowy wzrost <i>Pinus sylvestris</i> t. powyżej 26% oraz wyraźny wzrost wartości <i>Myrica</i> do 10% i <i>Picea</i> powyżej 4%.
C9 8 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Betula</i> – <i>Artemisia</i>	20,15–20,25	Wartości NAP rosną i przekraczają 28%. Poaceae są nadal taksonem dominującym. Zaznacza swoją obecność pyłek <i>Galium</i> t. z maksymalną wartością 4,7%. Górna granicę poziomu wyznacza spadek wartości Poaceae oraz wzrost wartości <i>Artemisia</i> i <i>Betula</i> .
C9 9 <i>Myrica</i> – <i>Alnus</i> – <i>Pinus</i> <i>sylvestris</i> t.	20,10–20,15	Poziom wyrażony jedną próbką z najwyższymi wartościami <i>Betula</i> – 17,5% i <i>Artemisia</i> – 8,7% i dominacją pyłku <i>Pinus sylvestris</i> t. Górna granicę poziomu wyznacza gwałtowny wzrost wartości <i>Myrica</i> i spadek wartości <i>Betula</i> oraz <i>Artemisia</i> .
C9 10 <i>Betula</i> –NAP–Ericaceae	10,25–11,30	Cechą charakterystyczną poziomu jest bardzo wysoka frekwencja pyłku <i>Myrica</i> (43,6%). Maksymalną wartość (17,6%) osiąga również <i>Alnus</i> . Udział NAP spada poniżej 10%. Stosunkowo licznie występuje pyłek <i>Thalictrum</i> z maksymalną wartością 2,8%. Wartości <i>Pinus sylvestris</i> t. są powyżej 33%, a <i>Betula</i> – powyżej 15%. Wzrasta udział Ericaceae do 6%. Pojawia się pyłek <i>Juniperus</i> (1,1%). Udział NAP rośnie powyżej 22%, przeważają Poaceae i Cyperaceae. Sporadycznie występuje pyłek <i>Betula nana</i> t. i licznie zarodniki <i>Selaginella selaginoides</i> . Pojawia się pyłek i zarodniki taksonów obcych dla czwartorzędu oraz cysty Dinoflagellata.

Tabela 6

## Sacin – opis poziomów pyłkowych

Sacin – description of Pollen Zones

Nazwa poziomu	Głębokość [m]	Opis poziomu
Sa 1 <i>Pinus</i> – <i>Betula</i> – <i>Quercus</i>	42,70–43,10	Wysokie wartości osiąga <i>Quercus</i> (19,3%). Znaczący udział przypada na pyłek <i>Pinus sylvestris</i> t. (29,8%), <i>Ulmus</i> (9,7%) i <i>Betula</i> (14,6%). <i>Alnus</i> osiąga 3,3%, <i>Pterocarya</i> – 1,4%, <i>Salix</i> – 1,2%, <i>Picea</i> – 2,1%, a <i>Corylus</i> – 1,2%. Obecny jest pyłek <i>Castanea</i> , <i>Eucommia</i> i <i>Aesculus</i> . Wartości Ericaceae dochodzą do 2,5%.
Sa 2 Poaceae– <i>Salix</i>	42,65–42,70	Następuje spadek udziału AP. Maleją wartości pyłku <i>Pinus</i> , <i>Quercus</i> , <i>Ulmus</i> i <i>Alnus</i> . Zanika pyłek innych drzew, ale rośnie <i>Salix</i> (7%). Maksymalny udział NAP przypada na Poaceae (48,5%).
Sa 3 <i>Alnus</i>	42,30–42,65	Nadal maleje udział pyłku <i>Quercus</i> , <i>Ulmus</i> i <i>Salix</i> . Dominuje <i>Alnus</i> (70%). Zanika pyłek <i>Fagus</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Castanea</i> i <i>Eucommia</i> . Po spadku rośnie udział <i>Pterocarya</i> . Spadają wartości NAP, a szczególnie Poaceae.
Sa 4 Poaceae– <i>Artemisia</i>	40,12	Poziom z przewagą NAP (65%). Występuje różnorodność pyłku roślin zielnych. Najwyższą wartość osiąga Poaceae (29,4%), Cyperaceae (29,4%), <i>Artemisia</i> (2,6%), <i>Anthemis</i> t. (0,9%) i <i>Galium</i> t. (0,6%). Ericaceae osiągają wartość 1,3%, a <i>Betula nana</i> t. – 0,9%.
Sa 5 NAP– <i>Artemisia</i> –Ericaceae	31,08–40,12	Przeważa pyłek drzew, ale wartości NAP dochodzą do 35%. Udział <i>Pinus sylvestris</i> t. waha się między 35 a 40%, <i>Picea</i> – 0,9 a 2,7%, <i>Betula</i> nie przekracza 13%. Wartości <i>Salix</i> wynoszą 0,4–1,2%, a <i>Alnus</i> dochodzą do 2,1%. Wśród NAP przeważa pyłek Poaceae, Cyperaceae i <i>Artemisia</i> (4,3%), a także Chenopodiaceae, Cichorioideae, <i>Thalictrum</i> t., Brassicaceae, <i>Galium</i> t. i <i>Ranunculus acris</i> t. Pojawia się pyłek <i>Ephedra distachya</i> t. Wartości Ericaceae sięgają 5%.
Sa 6 Poaceae– <i>Betula</i>	25,4	W poziomie dominuje pyłek NAP (69%) z wysokim udziałem Poaceae (32%) i Cyperaceae (31%). Rośliny zielne cechuje różnorodność taksonomiczna, pojawia się głównie pyłek <i>Artemisia</i> , <i>Thalictrum</i> , <i>Apiaceae</i> i <i>Ranunculus acris</i> t.

był przedstawicielem lian. *Bruckenthalia* i inne Ericaceae najprawdopodobniej stanowiły integralną część podszycia w zbiorowiskach leśnych z *Fagus* oraz *Picea*, *Abies* i prawdopodobnie *Tsuga* wraz z *Sciadopitys*.

Źródłem pyłku Poaceae oprócz zbiorowisk szuwarowych mogły być również mokre łąki, z którymi prawdopodobnie jest związana obecność pyłku *Polygonum persicaria* t., *Lythrum* i *Thalictrum*. Stosunkowo wysokie wartości Ericaceae i *Sphagnum* sygnalizują występowanie torfowisk. Bujnie występowała roślinność wodna i szuwarowa z *Brasenia*, *Nymphaea*, *Nuphar lutea* i *Typha latifolia*.

Poziomy WL 2 *Pinus sylvestris* t.–*Quercus*–*Castanea*,  
W 2 *Pinus sylvestris* t.–*Quercus*–*Castanea*

W zbiorowiskach leśnych nastąpiły zmiany. Zanik pyłku *Nyssa* i Taxodiaceae w poziomie WL 2 dowodzi, że lasy mieszane stopniowo objęły tereny zajmowane przez lasy bagienne. W lasach sosnowo-dębowych rósł udział *Castanea*, *Carpinus*, *Fagus*, *Eucommia*, *Rhus* i *Acer*. Niewielką domieszkę stanowiły *Tsuga*, *Picea* i *Abies*. W młodszej części poziomu pojawia się liczniej *Ilex* i *Tilia*, a sporadycznie *Liriodendron*, *Magnolia*, *Aesculus*, *Juglans*, *Symplocos* i *Reevesia*. W podszyści występowały *Corylus*, *Rhododendron*, *Sambucus ebulus*, *Diervilla* i *Buxus*. Zbiorowiska lasów mieszanych były prawdopodobnie luźne, o czym świadczy obecność *Castanea*, taksonu o dosyć wysokich wymaganiach świetlnych (Pyatt i in., 2001), obecność *Rhododendron* i rosnący udział pyłku roślin zielnych. W lasach występowały polany porośnięte przez *Bruckenthalia* i innych przedstawicieli Ericaceae. *Bruckenthalia* mogła również tworzyć zbiorowiska z *Arctostaphylos uva-ursi* i *Juniperus* (Granoszewski, 2003; Whittington, 1994).

Rola bagiennych lasów olszowych była na tym obszarze zróżnicowana. W okolicach Wysokina odgrywały one lokalnie dużą rolę. W starszej części poziomu udział *Nyssa* był w nich dość znaczny, w młodszej – pojawiała się tylko sporadycznie. W runie obficie występowały paprocie z rodziny Polypodiaceae i *Osmunda*, obejmujące różne gatunki (*O. claytoniana/regalis*, *O. cinnamomea*). W najbliższym sąsiedztwie Wólki Ligęzowskiej udział lasów bagiennych był w tym czasie ograniczony do niewielkich powierzchni. Tereny wilgotne nadal porastał las łęgowy, który w niewielkim stopniu objęły zmiany, o czym świadczy stały udział pyłku *Ulmus*, *Pterocarya*, *Carya*, *Salix*, *Acer*, pojawiła się *Itea*, ale zmniejszył się udział *Liquidambar*.

Rola torfowisk była nadal znaczna, na co wskazują stosunkowo wysokie wartości Ericaceae i *Bruckenthalia* oraz spor *Sphagnum*. Torfowiska były źródłem pyłku *Drosera rotundifolia* i *Hydrocotyle*.

Rozmaitość taksonów NAP wskazuje, że zbiorowiska siedlisk otwartych były urozmaicone florystycznie. Dotyczy to zwłaszcza siedlisk wilgotnych i podmokłych, skąd pochodzi pyłek *Polygonum persicaria* t., *Decodon*, *Lythrum*, *Thalictrum*, *Epilobium*, *Rumex acetosa* t. Wzrost wartości Poaceae sugeruje, że ważnym typem zbiorowisk mogły również być murawy o charakterze stepowym. Do takiego wniosku prowadzi obecność pyłku *Ephedra* oraz *Helianthemum*. Zbiornik wodny w Wólce Ligęzowskiej zasiedlały

*Nuphar*, *Nymphaea* i *Potamogeton*. Szuwary były źródłem pyłku *Typha latifolia* t. oraz *Typha/Sparganium*.

Poziomy WL 3 Taxodiaceae–Cupressaceae–*Quercus*–*Castanea*, W 3 *Alnus*–*Castanea*–Poaceae

Wyraźny wzrost wartości pyłku Taxodiaceae i Cupressaceae w poziomie WL 3 i niewielki w poziomie W 3 wskazuje na ekspansję drzew należących do tej rodziny. Taxodiaceae wraz z *Alnus* tworzyły lasy bagienne, w których rósł *Ilex*, *Acer* i prawdopodobnie *Pinus*. Cupressaceae wypierały *Pinus* ze zbiorowisk leśnych. W okolicach Wysokina nastąpił rozwój lasów bagiennych z olszą, a w lasach mieszanych pojawiła się liczniej *Castanea*. Nadal w lasach bagiennych runo budowały Polypodiaceae i różne gatunki *Osmunda*.

Panującym zbiorowiskiem były wielogatunkowe lasy mieszane z sosną i dębem, *Castanea*, *Carpinus* oraz różnymi gatunkami *Ilex*, *Fagus*, *Parrotia*, *Liriodendron*. Pojawiający się pyłek *Symplocos*, *Itea* i *Reevesia* może wskazywać na obecność tych taksonów w zbiorowiskach roślinnych.

Udział innych drzew liściastych i ich skład taksonomiczny jest podobny jak w poprzednich poziomach, ale wyraźny wzrost udziału pyłku *Sequoia* należy wiązać z rosnącą rolą tego drzewa. Pojawiający się liczniej pyłek *Ostrya/Carpinus* może wskazywać na obecność *Ostrya* w zbiorowiskach leśnych. Runo mogły budować Ericaceae, wśród których liczny udział przypadał na *Bruckenthalia*, i Polypodiaceae.

Lasy łąkowe budowały *Alnus*, *Ulmus*, *Carya*, *Pterocarya*, *Acer*, *Aesculus* i *Liquidambar*. Stąd prawdopodobnie pochodzi pyłek *Frangula alnus*, *Solanum dulcamara*, *Sambucus nigra* t., *Vitis* i *Humulus*.

Na obecność siedlisk otwartych wskazuje udział Poaceae, dochodzący do 10%. Wraz z Cyperaceae mogły tworzyć pas szuwarów, ale mogły też wchodzić w skład zbiorowisk łąkowych z Apiaceae, *Filipendula*, *Lythrum*, *Ranunculus acris* t. i innymi roślinami zielnymi. Wysokie wartości *Sphagnum* dowodzą występowania torfowisk, o czym świadczy także warstwa torfu w profilu litologicznym.

Poziomy WL 4 *Pinus sylvestris* t.–*Quercus*–*Nyssa*,  
WL 5 *Quercus*–Poaceae–*Nyssa*, W 4 NAP–*Betula*,  
W 5 NAP–Ericaceae–*Myrica*

W zbiorowiskach leśnych reprezentowanych przez poziomy WL 4–5 i W 4–5 zaznaczyły się wyraźne zmiany. Spadek udziału *Pinus sylvestris* t., *Quercus* i zanik *Castanea* wskazują na malejącą rolę tych drzew w zbiorowiskach lasu mieszanego. Występujący w poziomie WL 4 spadek wartości pyłku Taxodiaceae i wzrost wartości pyłku *Nyssa* należy wiązać z przeobrażeniem lasów bagiennych, w których pojawiła się *Nyssa*. W zbiorowiskach łąkowych wzrosło znacznie *Liquidambar* i z tych siedlisk pochodzi pyłek *Humulus* i *Calystegia*.

Wzrost wartości NAP w poziomie WL 5 i W 4 świadczy o ekspansji zbiorowisk siedlisk otwartych. Prawdopodobnie były to zbiorowiska łąkowe będące źródłem pyłku Poaceae, *Thalictrum*, Apiaceae, *Sanguisorba officinalis* i *Pedicularis*. Występowanie pyłku Chenopodiaceae, *Artemisia* i *Ambrosia*

oraz *Helianthemum*, *Ephedra distachya* t. i *Dorycnium* wskazuje na istnienie zbiorowisk stepopodobnych i murawowych. Z nich również pochodzi część pyłku Poaceae.

Stosunkowo wysoki udział Ericaceae i *Sphagnum* w poziomie W 5 świadczy o występowaniu torfowisk z *Myrica* w okolicy Wysokina.

Poziomy WL 6 *Liquidambar*–*Alnus*, W 6 *Alnus*

Poziomy z bardzo wysokim udziałem *Alnus* i *Liquidambar* wskazują na ekspansję lasów łąkowych z dominacją tych drzew. Wysokie wartości *Alnus* (91%) w Wysokinie i *Liquidambar* (60%) w Wólce Ligęzowskiej należy w dużym stopniu wiązać z lokalną nadreprezentacją pyłku tych drzew. O istnieniu lasów bagiennych świadczy udział pyłku *Nyssa*, dochodzący do 3,3% w Wólce Ligęzowskiej. Lasy te bezsprzecznie tworzyła *Alnus*. Prawdopodobnie udział mezofilnego lasu liściastego był znacznie większy niż wskazują na to spektra pyłkowe obu poziomów. Obfitość zarodników Polypodiaceae w poziomie WL 6 wskazuje na ważną rolę paproci w podszyciu lasów łąkowych. Wysoki udział spor *Neogenisporis*, paproci należących do rodziny Gleicheniaceae i *Lygodium* – paproci z rodziny Schizeaceae dowodzi ich znaczącej roli w runie leśnym.

Poziom WL 7 *Pinus sylvestris* t.–*Quercus*–Poaceae

Regresja zbiorowisk lasów łąkowych, wyrażona spadkiem wartości *Alnus* i niemal prawie całkowitym zanikiem *Liquidambar*, wskazuje na wygasanie procesów fluwialnych. Wzrastające wartości *Quercus*, *Carpinus*, *Castanea*, *Ilex* i *Eucommia* świadczą o urozmaiconym składzie lasu mieszanego, w którym oprócz *Pinus* pojawiły się *Picea*, *Tsuga*, *Sciadopitys*, *Sequoia* i *Abies*. W podszyciu występowała głównie *Corylus*. W podpoziomie WL 7a w runie zwiększył się udział *Bruckenthalia* i Ericaceae. W podpoziomie WL 7b nastąpiła ekspansja *Quercus* i ponownie uformowały się zbiorowiska łąkowe z *Alnus*, *Ulmus* i *Carya* oraz krzewami reprezentowanymi przez *Frangula alnus* i *Sambucus nigra*. Obecność Ericaceae skorelowana z wysokim udziałem spor *Sphagnum* może świadczyć o występowaniu torfowisk.

Wzrósł udział zbiorowisk siedlisk otwartych. Prawdopodobnie na świeżych glebach wykształciły się zbiorowiska mokrych łąk z Poaceae, Apiaceae, *Thalictrum* i *Filipendula*. Zbiorowiska te były źródłem pyłku *Polygonum persicaria* t. i *Galium* t.

Poziom WL 8 *Pinus sylvestris* t.–*Picea*–*Tsuga*

Zmiany w zbiorowiskach leśnych wyrażają się wzrostem udziału *Picea*, *Tsuga*, *Sequoia* i *Abies*. Rozprzestrzeniły się lasy mieszane, w których *Tsuga*, *Picea* i *Abies* tworzyły przypuszczalnie samodzielne drzewostany, porastając chłodne i wilgotne stanowiska. Na terenach wilgotnych i aluwialnych nadrzecznych rosły łągi olszowo-wiązowe z *Fraxinus*, w których występował *Parthenocissus*. Zmniejszający się udział Ericaceae i *Sphagnum* świadczy o stopniowym zaniku torfowisk.

Poziomy WL 9 *Sequoia*–Taxodiaceae–Cupressaceae–  
*Nyssa*, W 7 *Quercus*–*Sequoia*–Poaceae

Pyłek *Sequoia* t. osiąga maksymalne wartości, z uwagi na wartości dochodzące do 13% *Sequoia* mogła tworzyć drzewostany z udziałem *Pinus*, *Sciadopitys*, *Picea* i Cupressaceae, w których podszyciu rósł *Rhododendron*, a runo stanowiły Ericaceae i *Bruckenthalia*. Występowały lasy mieszane, które zapewne miały mozaikowy charakter. Na siedliskach ubogich i suchych występowały zbiorowiska sosnowe z dębem, na glebach świeżych i żyznych – wielogatunkowe szerokolistne lasy z *Fagus*, *Carpinus*, *Castanea*, *Ilex*, *Eucommia*, *Tilia*, *Liriodendron*, *Parrotia* i *Aesculus*, w których domieszkę stanowiły *Picea* i *Sciadopitys*. Na wilgotnych glebach rosły lasy łęgowe z *Alnus*, *Ulmus*, *Pterocarya*, *Carya*, *Acer*, *Liquidambar*, *Fraxinus* i *Zelkova*, a w skład warstwy krzewów wchodziła *Corylus*. Wzrost wartości pyłku *Nyssa* i Taxodiaceae wskazuje na ponowne rozprzestrzenienie się lasów bagiennych z *Ilex*, *Itea* i *Magnolia*. Rosnący udział Cyperaceae i Poaceae prawdopodobnie wiąże się z rozwojem ubogich florystycznie zbiorowisk turzycowotrawiastych.

Poziomy WL 10 *Pinus sylvestris* t.–*Alnus*,  
C8 1 *Pinus sylvestris* t.–*Alnus*

Wzrost wartości *Alnus* i *Pinus sylvestris* t. oraz zanik pyłku *Sequoia*, *Quercus*, Taxodiaceae, Cupressaceae i *Nyssa* wskazują na drastyczne przeobrażenia w zbiorowiskach leśnych spowodowane okresowym silnym wzrostem wilgotności klimatu. Na skutek tych zmian nastąpiła akumulacja osadów rzecznych w postaci piasków występujących na głębokości 24,95–26,00 m. Tak istotna zmiana klimatyczna i edaficzna była przyczyną przeobrażeń lasów. Z siedlisk bagiennych zostały wyparte *Nyssa* i drzewa z rodziny Taxodiaceae, a główną rolę zaczęła odgrywać *Alnus* i zapewne *Pinus* wraz z *Betula*. Na obszarach bardziej zasobnych w składniki mineralne ciągle utrzymywały się lasy olszowe z domieszką *Nyssa*, natomiast bagienne bory sosnowe stanowiły główne zbiorowisko na glebach ubogich, lecz mniej podmokłych. Brak pyłku ciepłolubnych drzew liściastych wskazuje niemal na całkowitą recesję lasu mieszanego. Ekspansja lasu bagiennego z olszą spowodowała zanik zbiorowisk siedlisk otwartych. Pyłek Poaceae pochodził z szuwarów, a Apiaceae i *Thalictrum* z wilgotnych łąk.

Poziomy WL 11 *Betula*–*Nyssa*–*Sequoia*

Zanik grubszych frakcji piasku, stopniowe przechodzenie piasku w mułki, pojawienie się humusu oraz zatorfienie osadu świadczy o stopniowym wygasaniu procesów fluwialnych. Zjawisku temu towarzyszyła zmiana w zbiorowiskach leśnych wyrażona spadkiem wartości *Alnus*, wysokim wzrostem *Betula* i *Nyssa* oraz niewielkim Taxodiaceae i *Sequoia*. Zmiany te wskazują na regresję zbiorowisk olszowych i prawdopodobne rozprzestrzenienie się brzeziny bagiennej, która zajmowała siedliska zajęte dotychczas przez bagienne olszyny. Na możliwość wykształcenia tego typu zbiorowisk może wskazywać wzrost wartości *Sphagnum* i Polypodiaceae

oraz obecność spor *Lycopodium annotinum*. Występujące ówczesznie zbiorowiska lasów bagiennych występowały w układzie mozaikowym brzezin bagiennych, lasów bagiennych z *Nyssa* i drzew z grupy Taxodiaceae oraz *Ilex* i *Magnolia*, i być może borów bagiennych. Miejsca wilgotne, tarasy nadzalewowe porastały lasy łęgowe z *Alnus*, *Ulmus*, *Pterocarya*, *Acer* i *Liquidambar*. Podszycie tych lasów stanowiły *Corylus*, *Viburnum* i *Sambucus* oraz pnącze *Humulus*.

Istotne zmiany zaszły w lasach mieszanych, o czym świadczy wzrastający udział *Quercus*, *Carpinus*, *Fagus*, *Eucommia* i *Ilex*. Suche siedliska były objęte przez lasy mieszane z *Pinus*, *Quercus*, *Carpinus*, *Fagus*, *Ilex*, *Castanea*, *Liriodendron*, *Eucommia*, *Aesculus*, *Rhus* z *Corylus*, *Sambucus*, *Buxus* i *Rhododendron* w podszyciu. *Sequoia* mogła tworzyć samodzielne zbiorowiska z domieszką *Picea* i Cupressaceae. Runo budowały Ericaceae i Polypodiaceae. Wzrost udziału spor *Sphagnum* skorelowany z przewarstwieniami torfu świadczy o uformowaniu się torfowisk.

Zbiorowiska roślin zielnych nadal miały niewielki udział. Rosnącą rolę szuwarów mogą dokumentować zwiększające się wartości pyłku Poaceae i Cyperaceae. Występowanie pyłku *Thalictrum*, Apiaceae, *Cirsium* t., *Mentha* t., *Ranunculus acris* t., *R. flammula* t. i innych należy wiązać z istnieniem wilgotnych łąk. Źródłem pyłku *Aster* t. i *Bupleurum falcatum* t. są siedliska suche.

U schyłku poziomy WL 11 *Betula*–*Nyssa*–*Sequoia* t. następuje zanik pyłku *Nyssa*, *Sequoia*, Cupressaceae i Taxodiaceae. W diagramie pyłkowym z Wólki Ligęzowskiej powyżej tego poziomu nie zarejestrowano już wysokich wartości pyłku tych taksonów ani pyłku taksonów reprezentujących florę subtropikalną P2 – *Symplocos*, *Engelhardtia*, *Reevesia*, *Itea*. Rośnie udział pyłku roślin zielnych przy jednoczesnym wzbogaceniu taksonomicznym.

## II OKRES KLIMATYCZNO-STRATYGRAFICZNY

### Faza rozwoju roślinności – 2 Wólka Ligęzowska (2 WL)

Poziomy WL 12 *Pinus sylvestris* t.–*Betula*–*Quercus*,  
C8 2 *Pinus sylvestris* t.–*Quercus*–*Castanea*

Poziomy WL 12 stanowi granicę między I i II okresem klimatyczno-stratygraficznym, która jest wyrażona przez zanik Taxodiaceae, Cupressaceae, *Nyssa* i *Sequoia* w zbiorowiskach leśnych.

Na początku fazy 2 WL (tab. 2) nastąpiła radykalna przebudowa lasów, w których ważnym składnikiem była *Pinus*. Wzrost wartości *Quercus* wyraża ekspansję tego drzewa, wypierającego *Betula*. Stopniowo lasy sosnowe przeobrażały się w lasy sosnowo-dębowe ze wzrastającą domieszką bardziej ciepłolubnych drzew liściastych *Fagus*, *Carpinus*, *Castanea*, *Ilex* i innych. W podszyciu rosły *Corylus*, *Ligustrum*, *Cornus sanguinea*. Obecność pyłku *Ulmus* i *Alnus* wskazuje na formowanie się lasu łęgowego na glebach wilgotnych. Z lasów łęgowych pochodził zapewne pyłek *Pterocarya*, *Acer* i *Liquidambar* oraz *Humulus* i *Frangula alnus*. W runie rosły paprocie z rodzaju *Osmunda* reprezento-



wane głównie przez spory *Osmunda claytoniana*/*O. regalis* i *O. cinnamomea*. Lasy były zwarte, a siedliska otwarte porastały Poaceae, tworząc wraz z *Lythrum*, Apiaceae i *Thalictrum* wilgotne łąki.

#### Poziom WL 13 *Quercus*–*Fagus*–NAP

Dalszy wzrost wartości *Quercus* i malejące wartości *Pinus sylvestris* t. świadczą o powstawaniu mieszanych lasów dębowych. Rosnący udział *Fagus*, *Castanea*, *Carya* i *Carpinus* wskazuje na coraz większą rolę drzew liściastych w lasach, które stopniowo wzbogacały się o *Eucommia*, *Ostrya*, *Carpinus*, *Juglans*, *Ilex* i *Tilia*. Od początku poziomu rósł udział *Picea*, *Sequoia*, *Tsuga* i *Sciadopitys*. W starszej części poziomu pojawiła się *Abies*, która później wycofowała się ze zbiorowisk leśnych. Prawdopodobnie na *Picea* i *Abies* pasżytowało *Arceuthobium*. *Hibiscus* i *Asphodelus* mogły rosnąć w zbiorowiskach krzewiastych. W podszyciu rosły *Corylus* i *Evonymus*, a w runie Ericaceae i Polypodiaceae. Wyraźnie zaznacza się obecność zbiorowisk łąkowych z *Alnus*, *Ulmus*, *Pterocarya*, *Fraxinus* i *Acer*. Podszycie stanowiły *Corylus*, *Sambucus*, *Viburnum* oraz pnącza *Humulus* i *Calystegia*. Obficie występujący pyłek NAP wskazuje na wzrost znaczenia zbiorowisk siedlisk mokrych, skąd głównie pochodził pyłek Poaceae, Cyperaceae, *Lythrum*, *Rumex acetosa* t., *Thalictrum*, Apiaceae, Oenotheraceae i *Menyanthes trifoliata*. Sporadyczna obecność pyłku *Helianthemum*, *Malva*, *Campanula* i *Phlomis* cf. *fruticosa* może wskazywać na istnienie suchych siedlisk otwartych.

W zbiorniku rozwijała się roślinność wodna reprezentowana przez *Nuphar*, *Nymphaea*, *Hydrocharis* i *Potamogeton*.

#### Poziomy WL 14 *Quercus*–*Ulmus*–*Pterocarya*, C8 3 *Quercus*–*Ulmus*–*Pterocarya*, Sa 1 *Pinus*–*Betula*–*Quercus*

Nastąpiła maksymalna ekspansja *Quercus* w zbiorowiskach lasu mieszanego. Drzewostany dębowe z sosną, *Castanea*, *Fagus*, *Carpinus*, *Picea*, *Sequoia* i *Abies* oraz z niewielką domieszką *Tilia*, *Ilex*, *Juglans*, *Ostrya*, *Eucommia*, *Aesculus* i *Liriodendron* były dominującymi zbiorowiskami leśnymi. Podszycie stanowiły *Corylus*, *Juniperus*, *Buxus* i *Prunus*. Na wilgotnych siedliskach łąg wiązowy z *Alnus*, *Pterocarya*, *Carya*, *Salix*, *Acer* i *Fraxinus* zwiększał swój udział. Warstwę krzewów tworzyła *Corylus* z lianami reprezentowanymi przez *Humulus*, *Hedera* i *Calystegia*. W runie rosły paprocie z rodziny Polypodiaceae i rodzaju *Osmunda* (*O. claytoniana*/*O. regalis* i *O. cinnamomea*). Rosnący udział pyłku Poaceae może świadczyć o występowaniu zbiorowisk kserotermicznych muraw stepowych, a zmienny udział pyłku *Aster* t. (rosnący i malejący) i pojawiający się pyłek *Malva* mogą wskazywać na ich cykliczne rozprzestrzenianie i zanikanie. Obecność *Rhus*, *Olea* i *Elaeagnus* należy wiązać z siedliskami suchymi i nasłonecznionymi. Innym typem zbiorowisk otwartych pozostają wilgotne łąki. Z roślin związanych z tym zbiorowiskiem, oprócz Poaceae, licznie występuje pyłek *Lythrum*, Apiaceae, *Thalictrum*, *Polygonum persicaria* t., *Filipendula*, *Cirsium* t. i Brassicaceae.

Wzrost wartości *Sphagnum* jest wyrazem tworzenia się torfowisk. Bujnie rozwijała się roślinność wodna i szuwarowa. W dolnej części poziomu do jej głównych przedstawicieli należały *Myriophyllum spicatum* i *M. verticillatum* oraz *Typha latifolia*. W górnej części poziomu tworzyły się zbiorowiska z *Potamogeton* i *Sparganium*/*Typha angustifolia*.

#### Faza rozwoju roślinności – 3 Wólka Ligęzowska (3 WL)

##### Poziomy WL 15 Poaceae–*Pinus sylvestris* t.–*Quercus*, W 8 *Quercus*–*Betula*–*Bruckenthalia*, Sa 2 Poaceae–*Salix*, Sa 3 *Alnus*

W zbiorowiskach leśnych nastąpiły istotne zmiany. Stopniowo wzrastające wartości *Pinus sylvestris* t. oraz malejący udział *Quercus* i innych ciepłolubnych drzew liściastych wskazuje na rozprzestrzenianie się *Pinus* kosztem drzew liściastych. Nadal jednak występowały *Fagus* i *Ilex*. Powróciły widne lasy sosnowo-dębowe ze wzrastającym udziałem *Picea*, *Abies*, *Tsuga* i *Sciadopitys*. W podszyciu rosły *Corylus*, *Sambucus*, a liany reprezentowała *Hedera*. Drzewa porastało *Arceuthobium*.

Spadek wartości *Ulmus* i *Alnus* świadczy o regresji lasów łąkowych, w których nadal występowała *Salix*. W okolicach Wysokina prawdopodobnie doszło do rozwoju zbiorowisk z *Bruckenthalia*, *Juniperus* i Ericaceae. Osuszenie wielu siedlisk spowodowało ekspansję nie tylko zbiorowisk łąkowych. Wzrost wartości Poaceae, *Filipendula*, *Ranunculus acris* t., *Rumex acetosa* t., *Sanguisorba officinalis*, *Thalictrum* i *Lythrum* wskazuje na dużą rolę mokrych łąk. O zbiorowiskach łąkowych występujących na bardziej suchych stanowiskach świadczy pyłek *Plantago major*. Jednocześnie na suchych siedliskach w starszej części poziomu tworzyły się zapewne zbiorowiska stepopodobne, skąd również pochodził pyłek Poaceae, *Helianthemum*, *Ephedra*, *Ambrosia*, *Aster* t., Cichorioideae i Brassicaceae.

Poziom Sa 3 *Alnus* odzwierciedla lokalne i krótkotrwałe rozprzestrzenienie się lasu bagiennego z *Alnus* w okolicach Sacina.

#### Faza rozwoju roślinności – 4 Wólka Ligęzowska (4WL)

##### Poziom WL 16 *Pinus sylvestris* t.–Poaceae–*Betula*

Zmiany roślinności wyrażają się dalszą ekspansją lasów sosnowych z domieszką *Betula*. Początkowo niewielką domieszkę stanowiły *Castanea*, *Fagus*, *Ilex* i *Eucommia*. *Corylus* i *Juniperus* były głównymi składnikami podszycia. Występowanie pyłku *Cistus* na początku poziomu może wskazywać na jego obecność w podszyciu lasów sosnowo-dębowych. Zbiorowiska z *Picea*, *Abies* i *Larix* porastały tereny bardziej wilgotne, które zajmowały lasy łąkowe z *Ulmus*, *Alnus* i *Carya*.

Rosnące wartości NAP wiążą się z rosącym udziałem Poaceae. Liczniej pojawia się pyłek *Artemisia*, a zanika pyłek roślin związanych z siedliskami podmokłymi. Prawdopodobnie nadal występowały wilgotne łąki porośnięte głównie przez Poaceae z *Thalictrum*, *Rumex acetosa* (*R. acetosa* t.), *Filipendula*, *Pedicularis*, *Caltha*, *Sanguisorba officinalis*

i *Symphytum*. Rosnące stopniowo wartości Ericaceae i liczne spory *Sphagnum* świadczą o ekspansji torfowisk. Obecność pyłku *Helianthemum* wskazuje na otwarte zbiorowiska o charakterze stepopodobnym.

Poziomy WL 17 *Pinus sylvestris* t.–Poaceae,  
W 9 *Pinus sylvestris* t.–NAP

Bardzo wysokie wartości pyłku *Pinus sylvestris* t. wskazują na ekspansję *Pinus*, tworzącej luźne świetliste bory sosnowe z rosnącym udziałem *Betula*, z runem utworzonym przez Ericaceae, *Lycopodium annotinum* i *Pteridium*. Na podsychających, błotnistych miejscach nadal występowały mokre łąki, będące źródłem pyłku *Filipendula*, *Thalictrum*, *Sanguisorba officinalis*, *Rumex acetosa* t. i *Symphytum*. Istnienie zbiorowisk stepopodobnych bądź murawowych może potwierdzać obecność pyłku *Artemisia* i z nich pochodził również pyłek Poaceae oraz część pyłku Cyperaceae.

Problemem pozostaje źródło pyłku *Cistus*, rodzaju występującego powszechnie w rejonie Morza Śródziemnego (Guzman, Vargas, 2005). Ze względu na owadopylność (Tallera i in., 1993) należy raczej wykluczyć możliwość dalekiego transportu z obszaru śródziemnomorskiego, a jego obecność można wiązać ze zbiorowiskami stepopodobnymi.

### III OKRES KLIMATYCZNO-STRATYGRAFICZNY

#### Faza rozwoju roślinności – 5 Wólka Ligęzowska (5 WL)

Poziom WL 18 Ericaceae–Poaceae–*Artemisia*

Granica między II i III okresem klimatyczno-stratygraficznym jest wyrażona przez zanik zbiorowisk leśnych i ekspansję różnorodnych zbiorowisk związanych z siedliskami otwartymi. Wartości *Pinus sylvestris* t., dochodzące do 30%, świadczą o istnieniu płatów lasu sosnowego, z domieszką brzozy. Z innych drzew w niewielkiej ilości przetrwały *Alnus* i *Picea*. Gwałtowny wzrost wartości Ericaceae i *Sphagnum* wskazuje na formowanie się zbiorowisk krzewinkowych budowanych głównie przez krzewinki z rodziny Ericaceae i torfowisk z udziałem Ericaceae i Cyperaceae na terenach zabagnionych. Z tymi zbiorowiskami należy łączyć pyłek *Comarum*. Ciągłe występowanie *Calluna vulgaris* i spor *Lycopodium clavatum* oraz *Botrychium* może świadczyć o powstawaniu płatów wrzosowisk w otwartych zbiorowiskach sosnowych. Stopniowy wzrost wartości pyłku *Salix* i *Betula nana* t. dowodzi wzrastającej roli tych roślin w zbiorowiskach krzewiastych. Mozaikowy charakter roślinności zaznacza się występowaniem na terenach suchych płatów roślinności zielnej, w której skład wchodziły Poaceae, *Artemisia*, *Helianthemum* i *Cistus*, mających charakter muraw stepowych trawiasto-bylicowych. Stąd prawdopodobnie pochodzi pyłek *Scabiosa columbaria* t., *Cerastium* i *Pleurospermum austriacum*.

Poziom WL 19 *Betula*–Poaceae–Ericaceae

Wyrazem zmian w zbiorowisku leśnym jest spadek udziału *Pinus sylvestris* t. i wzrost udziału *Betula*, tworzącej

lasu brzozowe z domieszką *Pinus* i *Picea*. Spadek wartości NAP oraz Ericaceae dowodzi rozprzestrzeniania się tych lasów na zajęte uprzednio przez zbiorowiska roślin zielnych siedliska suche i zbiorowiska tundry krzewinkowej. Utrzymywanie się pyłku *Betula nana* t. może być wyrazem stabilności torfowiska. Ekspansja *Betula*, która tworzyła zbiorowiska leśne oraz tundry krzewinkowej z *Betula nana* nastąpiła prawdopodobnie pod wpływem postępującego zakwaszenia gleby i ochłodzenia klimatu.

Poziom WL 20 Poaceae–*Artemisia*

O ekspansji zbiorowisk trawiastych z *Artemisia*, spowodowanej kontynentalizacją klimatu, świadczą zachodzące w spektrach pyłkowych zmiany wyrażające się spadkiem wartości *Betula* i zanikiem pyłku *Betula nana* t. oraz wzrostem wartości Poaceae i *Artemisia*. O występowaniu mokrych łąk świadczy obecność pyłku Apiaceae i *Thalictrum*. Tundrę krzewinkową formowały Ericaceae, a krzewiastą – *Salix* i *Juniperus*.

Poziom WL 21 *Pinus sylvestris* t.–*Betula*

Wzrost wartości pyłku *Pinus sylvestris* t. i *Picea* połączony ze spadkiem wartości NAP dowodzi ekspansji lasów sosnowo-brzozowych z domieszką *Picea* na siedliska zbiorowisk terenów otwartych. Nastąpił krótkotrwały zanik tundry krzewinkowej wyrażony bardzo silnym spadkiem pyłku Ericaceae, ale jednocześnie rozprzestrzenienia się *Bruckenthalia*. Wokół zbiornika uformował się pas szuwarów z różnymi gatunkami, z którym należy wiązać obecność pyłku *Typha latifolia* t.

Poziom WL 22 Ericaceae–Poaceae–*Ranunculus flammula* t.

Regres lasów sosnowych spowodowany ochłodzeniem klimatu pozwolił na ekspansję zbiorowisk siedlisk otwartych krzewinkowych z Ericaceae i nielicznie utrzymującą się brzozą karłowatą i wierzbami oraz zbiorowisk suchych muraw z Poaceae, *Artemisia* i *Ephedra*. Podobnie jak w poprzednich poziomach roślinność miała charakter mozaikowy, płaty zbiorowisk krzewinkowych na miejscach wilgotnych sąsiadowały z roślinnością murawową siedlisk suchych.

Poziom WL 23 Poaceae–Cyperaceae–*Quercus*

Gwałtowne obniżenie się frekwencji Ericaceae, spadek wartości *Artemisia* oraz wyraźny, chociaż niewielki, wzrost wartości pyłku drzew liściastych: *Quercus Ulmus* i *Carpinus*, a także pyłku *Corylus* i *Juniperus* wskazują na istotne przeobrażenia zbiorowisk roślinnych. Zanikły zbiorowiska krzewinkowe z Ericaceae, ponownie wzrosła rola *Bruckenthalia*. W zbiorowiskach krzewiastych występowała wraz z *Juniperus*. Zmalała rola chłodnego stepu. W zbiorowiskach sosnowych nastąpiły przemiany. Sosna została wyparta przez dąb, brzozę i inne drzewa liściaste.

Wzrost wartości Cyperaceae może wskazywać na tworzenie się szuwarów turzycowych, z których może pochodzić pyłek *Typha latifolia* t. i *Sparganium/Typha angustifolia*.

Poziomy WL 24 Ericaceae–Poaceae,  
 WL 25 *Pinus sylvestris* t.–Poaceae,  
 Sa 4 Poaceae–Cyperaceae–*Artemisia*

W poziomie WL 24 zdecydowanie spada udział *Quercus*, *Carpinus*, *Ulmus* i *Corylus* przy jednoczesnym wzroście Ericaceae. Taka zmiana świadczy o ekspansji zbiorowisk siedlisk otwartych, mających charakter zbiorowisk krzewinkowych. Do zbiorowisk tych można odnieść *Lycopodium annotinum* i *Thalictrum*. Na suchszych siedliskach panowały nadal zbiorowiska trawiaste z *Helianthemum*.

W poziomie WL 25 w profilu Wólka Ligęzowska wyraźnie zaznaczyła się zmiana w zbiorowiskach roślinnych. Spadek udziału Ericaceae świadczy o ograniczeniu zbiorowisk krzewinkowych, które mogły występować płatowo. Wartości *Pinus sylvestris* t. powyżej 40% potwierdzają występowanie lasów sosnowych. Podobny charakter z wysokim udziałem *Pinus*, miały zbiorowiska w okolicy Sacina.

Poziom WL 26 Ericaceae

Poziom ten reprezentuje roślinność z maksymalnym udziałem Ericaceae, które tworzyły rozległe zbiorowiska krzewinkowe z domieszką *Betula nana*, *Salix* i *Sphagnum*. Między zbiorowiskami z Ericacea występowały płaty roślinności zielnej, w której skład wchodziły Poaceae, *Artemisia*, a także *Ephedra*.

#### IV OKRES KLIMATYCZNO-STRATYGRAFICZNY

##### Faza rozwoju roślinności – 6 Wysokin (6 W)

Poziom WL 27 *Pinus sylvestris* t.

Poziom ten stanowi granicę między III a IV okresem klimatyczno-stratygraficznym, wyrażoną wzrostem wartości *Pinus sylvestris* t. powyżej 70% i spadkiem wartości Ericaceae poniżej 2%. Ekspansja sosny świadczy o zaniku tundry, jednak dosyć liczny udział pyłku Poaceae i *Artemisia* dowodzi jeszcze pewnej roli zbiorowisk suchych siedlisk otwartych.

Poziom C9 1 *Pinus sylvestris* t.–*Quercus*–*Fagus*

Panujące zbiorowiska leśne miały charakter lasów mieszanych z *Pinus* i *Quercus* oraz domieszką *Fagus*, *Carpinus* i *Eucommia* w podszyciu z *Corylus*. Znaczący udział pyłku *Betula* wskazuje na występowanie tego drzewa na siedliskach piaszczystych. Tereny wilgotne porastały lasy lęgowe z *Alnus*, *Ulmus*, *Salix*, *Pterocarya* i *Carya*. Zbiorowiska siedlisk otwartych tworzyły Poaceae i Cyperaceae.

Poziomy W 10 *Picea*, C8 4 *Picea*–NAP

Bardzo wysokie wartości *Picea* w poziomie W 10 w profilu z Wysokina wskazują na panowanie lasów świerkowych – tajgi, które wyparły inne zbiorowiska leśne. W poziomie C8 4 w Ceteniu 8 wysoki udział *Picea* i stosunkowo wysokie wartości pyłku roślin zielnych świadczą o wycofywaniu się zbiorowisk leśnych i ekspansji zbiorowisk siedlisk otwar-

tych. Lasy świerkowe, w porównaniu z tymi jakie prezentuje poziom W 10 z Wysokina, zmieniły się w lasy świerkowo-sosnowe z udziałem brzozy, a wysoki udział NAP świadczy o ich małej zwartości.

#### V OKRES KLIMATYCZNO-STRATYGRAFICZNY

##### Faza rozwoju roślinności – 7 Ceteń 8 (7 C8)

Poziomy C8 5 NAP–*Pinus sylvestris* t.–*Betula*,  
 C8 6 *Ranunculus flammula* t.–Poaceae–*Artemisia*,  
 W 11 Poaceae–*Artemisia*

Poziomy W 11 w profilu z Wysokina i C8 5 w profilu z Cetenia 8 uznano za poziomy graniczne między IV ciepłym okresem klimatyczno-stratygraficznym a V chłodnym. Wyrazem zmian sukcesji roślinności między ciepłym a chłodnym okresem jest zanik pyłku *Picea* i wzrost wartości pyłku roślin zielnych.

Faza rozwoju roślinności 6 C8 w Wysokinie i Ceteniu 8 obejmuje osady mułkowato-piaszczyste charakteryzujące się wzrostem grubszej frakcji. Zjawisko to świadczy o występowaniu procesów erozyjnych i soliflukcji, sprzyjających pojawianiu się taksonów złoża wtórnego i należy wiązać z brakiem pełnej pokrywy leśnej. Wysokie wartości NAP, przekraczające 62%, świadczą o drastycznych zmianach w zbiorowiskach roślinnych. Kompletnie zanikają zbiorowiska leśne, wyparte przez zbiorowiska siedlisk otwartych, które miały rozmaity charakter. Na miejscach suchych formowały się zbiorowiska o charakterze chłodnego stepu z dominacją Poaceae i domieszką *Artemisia*.

Wysokie wartości Cyperaceae w poziomie C8 5 świadczą o istnieniu łąk bagiennych lub torfowisk niskich. Zbiorowiska bagienne mogły przechodzić w wilgotne łąki, skąd pochodził pyłek *Ranunculus flammula* t., *R. acris* t., *Thalictrum*, *Polygonum bistorta* t. i *Filipendula*. Bardzo wysokie wartości pyłku *Ranunculus flammula* t. w poziomie C8 6 w profilu z Cetenia 8 mogą dowodzić istnienia moczarów w okolicach Cetenia.

Poziomy C8 7 *Pinus sylvestris* t.–NAP,  
 W 12 *Pinus sylvestris* t.–NAP,  
 C9 2 *Pinus sylvestris* t.–Ericaceae–Poaceae

Gwałtowny wzrost wartości pyłku *Pinus sylvestris* t. i spadek NAP wskazują na powrót zbiorowisk leśnych o charakterze lasów sosnowych z brzozą uwarunkowany ociepleniem klimatu.

Poziomy C8 8 *Betula*–NAP–*Juniperus*,  
 W 13 NAP–*Betula*–*Salix*

Obydwa poziomy reprezentują ponowne rozprzestrzenienie się zbiorowisk roślin zielnych na siedliskach otwartych, czego wyrazem są wzrastające wartości NAP. Były to zbiorowiska trawiasto-turzycowe. Na suchych miejscach tworzyły się zbiorowiska trawiaste z *Artemisia*, Chenopodiaceae, Lactuceae, *Ephedra fragilis* t. i *E. distachya* t. Stosunkowo wysoki udział *Betula* w obu poziomach świadczy

o istnieniu zwartych drzewostanów brzożowych, a względnie wysokie wartości *Alnus* w Wysokinie – o utrzymywaniu się nadal płatów lasów bagiennych.

W młodszej części poziomu C8 8 NAP–*Betula*–*Juniperus* udział *Betula* wzrasta powyżej 45%, wysoką wartość osiąga również pyłek *Juniperus*, a malejący jest udział NAP. Świadczy to o zanikaniu zbiorowisk trawiasto-turzycowych i dalszej ekspansji brzozy oraz jałowca.

## VI OKRES KLIMATYCZNO-STRATYGRAFICZNY

### Faza rozwoju roślinności – 8 Ceteń 9 (8 C9)

Poziomy W 14 *Pinus sylvestris* t.,  
C8 9 *Pinus sylvestris* t.–*Larix*

Poziomy W 14 i C8 9 zaliczono do ciepłego VI okresu klimatyczno-stratygraficznego. Granica między roślinnością V a VI okresu klimatyczno-stratygraficznego jest wyrażona spadkiem wartości pyłku NAP, *Betula* i *Juniperus* oraz wzrostem *Pinus sylvestris* t. Niskie wartości roślin zielnych i wzrost wartości pyłku *P. sylvestris* t. do ponad 70% w obu poziomach wskazują na wykształcenie się zwartych zbiorowisk leśnych z dominującą sosną. Lasy miały charakter borów sosnowych, w których znaczną rolę odgrywała brzoza, a niewielki udział miały *Picea* i *Larix*. Roślinność poziomu C8 9 i W 14 stanowi konsekwentne przejście od roślinności okresu zimnego do roślinności okresu ciepłego, do którego zaliczono ją ze względu na pełną zwartość lasów.

Poziomy C9 3 *Pinus sylvestris* t.–*Quercus*–NAP,  
W 15 Poaceae–*Quercus*–*Ulmus*

Korelacja spadku udziału *Pinus sylvestris* t. ze wzrostem wartości *Quercus* wskazuje na zwiększony udział tego drzewa w drzewostanach kosztem *Pinus*. Na suchych, żyznych glebach mogły przeważać drzewostany dębowe ze świerkiem. Pojawiający się pyłek *Eucommia*, *Ostrya*, *Carpinus*, *Tilia cordata* t., *Tilia platyphyllos* t. i *Castanea* świadczy o wzbogacaniu się lasów w ciepłolubne drzewa liściaste. W podszyciu rosła *Corylus*. Miejsca suche o ubogich glebach były prawdopodobnie porośnięte przez suche bory sosnowe. Z tymi zbiorowiskami wiąże się występowanie sporomorf *Calluna vulgaris*, *Lycopodium clavatum*, *Lycopodium annotinum*, *Pteridium* i częściowo Poaceae. Obecność pyłku *Ligustrum* może sygnalizować rozwój ciepłolubnych zbiorowisk kserotermicznych, skąd może pochodzić pyłek *Artemisia* i Chenopodiaceae (Mamakowa, 1989).

Siedliska wilgotne porastały lasy łęgowe z *Ulmus*, *Acer* i *Alnus*. Z tego typu zbiorowiskami można wiązać występowanie pyłku *Viburnum*, *Frangula* oraz spory *Osmunda regalis*/ *O. claytoniana* i Polypodiaceae. Wilgotne łąki były źródłem pyłku *Thalictrum*, *Valeriana*, *Lysimachia nummularia* t., *Saxifraga stellaris*, *Polygonum bistorta* t., *Decodon* i *Symphytum*. Na zatorfionych brzegach zbiornika wodnego lub na torfowiskach rosła *Myrica*. Stosunkowo licznie występujący pyłek *Typha latifolia* t., *Sparganium*/ *Typha angustifolia*, *Nuphar lutea* t., *Potamogeton* i *Brasenia* wskazuje na rozwój

roślinności wodnej i szuwarowej. Obecne są mikrosporangia *Azolla*, świadczące o występowaniu tej rośliny.

Poziom C9 4 *Quercus*–*Ostrya*–Poaceae

Maksymalne wartości pyłku *Ostrya*, *Carpinus* i *Ostrya*/ *Carpinus* oraz wzrost wartości *Quercus* i spadek *Pinus sylvestris* t. wskazują na rozwój lasów mieszanych z dębem jako drzewem dominującym. Lasy łęgowe z *Ulmus*, *Alnus* i *Acer* nadal występowały na terenach wilgotnych. Z tych lasów pochodzą spory *Osmunda regalis*/ *O. claytoniana* i częściowo Polypodiaceae. Stosunkowo wysokie wartości Poaceae, pojawianie się pyłku *Helianthemum*, *Knautia arvensis* t. i *Prunus* sugerują istnienie siedlisk otwartych porośniętych przez roślinność stepopodobną.

Poziom C9 5 *Quercus*–*Eucommia*–Poaceae

Nastąpiła maksymalna ekspansja *Quercus*, który wyparł *Pinus*, tworząc świetliste dąbrowy z niewielkim udziałem sosny. Wzrost wartości *Betula* dowodzi liczniejszego wkraczania brzozy w zbiorowiska sosnowe. Duży udział w formujących się lasach liściastych miała *Eucommia*. Spadek wartości *Ostrya*, *Ostrya*/ *Carpinus* i *Carpinus* oraz *Picea* wskazuje na malejący udział tych drzew w lasach. W podszyciu ciepłolubnych lasów z dębem liczniej występuje *Corylus*. W łęgach wiązowych jako domieszki rosły *Acer*, *Fraxinus* i *Alnus*. Wzrost wartości Poaceae dowodzi zwiększania siedlisk zajętych przez zbiorowiska trawiaste.

Poziom C9 6 *Quercus*–Poaceae

Wysokie wartości Poaceae dochodzące do 29% świadczą o rozluźnieniu lasów i ekspansji trawiastych zbiorowisk z *Artemisia*. Wiąże się to z malejącym udziałem pyłku *Quercus*, *Eucommia*, *Ostrya* i *Corylus*. Jest to zapewne rezultatem ochłodzenia się klimatu, na co wskazuje rosnący udział pyłku *Artemisia* i wzrost znaczenia stepopodobnych muraw. W lasach łęgowych nie zachodzą istotne zmiany. Nadal występują lasy sosnowo-brzożowe.

Poziom C9 7 *Quercus*–*Corylus*–NAP

Starszą część poziomu charakteryzuje malejący udział NAP, co wskazuje na większe zwarcie lasów. Maksymalny udział dębu dowodzi ekspansji lasów dębowych z sosną i brzożą oraz leszczyną w podszyciu. Występujący liczniej pyłek *Castanea* wskazuje na zwiększony udział tego drzewa. W młodszej części poziomu następowała wyraźna zmiana w zbiorowiskach leśnych wyrażona malejącym udziałem *Quercus*, *Ostrya*, *Carpinus*, *Castanea* i *Corylus* oraz ekspansją *Pinus*. Lasy dębowe przeobraziły się w lasy sosnowo-dębowe z domieszką brzoż.

Stopniowo rosnąca frekwencja NAP dowodzi rozluźniania się zbiorowisk leśnych, wywołanego przez ekspansję różnych zbiorowisk otwartych z dominującymi trawami. Wilgotne łąki były prawdopodobnie źródłem pyłku Poaceae, *Thalictrum*, *Valeriana*, *Symphytum*, *Rumex acetosa* t., *Filipendula* i *Symphytum*. Stąd mógł częściowo pochodzić pyłek *Galium* t. Suche, otwarte tereny były objęte przez murawy z *Artemisia*, *Anchusa officinalis* i *Malva*. Pod koniec po-

ziomu stopniowo wzrasta udział *Myrica*, która zaczęła zasiedlać brzegi zbiornika i taksonów reprezentujących zbiorowiska szuwarowe *Typha latifolia* i *Sparganium/Typha angustifolia*.

#### Poziom C9 8 *Pinus sylvestris* t.–*Betula–Artemisia*

Roślinność uległa wyraźnej zmianie, na co wskazuje dalszy spadek wartości *Quercus* i malejący udział *Pinus* i *Poaceae*. W zbiorowiskach leśnych istotną rolę odgrywała *Betula*. Prawdopodobnie tworzyła ona brzezinę bagienną z domieszką *Picea*, w której podszyciu wyjątkowo bujnie rosły paprocie. Brzegi zbiornika wodnego były porośnięte przez *Myrica*. Nadal istniały lasy mieszane na stanowiskach suchych i żyznych, o czym świadczy pyłek *Quercus*, *Eucomia*, *Carpinus*, *Tilia cordata* t. i *Tilia platyphyllos* t. Traciły na znaczeniu zbiorowiska siedlisk suchych z *Poaceae* i *Artemisia*. Siedliska mokre były opanowane przez *Lythrum* oraz gatunki reprezentowane przez *Ranunculus acris* t., *Ranunculus flammula* i *Caltha* t. Na wilgotnych wrzosowiskach rosła *Myrica*.

#### Poziom C9 9 *Myrica–Alnus–Pinus sylvestris* t.

Bardzo wysoka frekwencja pyłku *Myrica* wskazuje na jej obecność w bezpośrednim sąsiedztwie zbiornika. Zwiększenie wilgotności spowodowało powstanie siedlisk dogodnych dla rozwoju lasów olszowych. W zbiorowiskach olszowych, a przypuszczalnie również w zbiorowiskach opanowanych przez *Myrica*, występowały wyjątkowo obficie paprocie. W miejscach suchych rosły lasy sosnowe z niewielką domieszką *Betula* i innych drzew liściastych. Suche

zbiorowiska siedlisk otwartych całkowicie zanikły. Występujący pyłek *Poaceae*, *Thalictrum*, *Lythrum*, *Filipendula* i *Ranunculus acris* t. należy wiązać ze zbiorowiskami siedlisk mokrych.

### VII OKRES KLIMATYCZNO-STRATYGRAFICZNY

#### Faza rozwoju roślinności – 9 Ceteń 9 (9 C9)

Poziomy C9 10 *Betula–NAP–Ericaceae*,  
Sa 5 *NAP–Artemisia–Ericaceae*,  
Sa 6 *Poaceae–Cyperaceae–Betula*

Spąg poziomy C9 10 uznano za granicę między VI a VII okresem klimatyczno-stratygraficznym. Granica ta jest wyrażona ponownym wzrostem wartości *Pinus sylvestris* t., *Betula* i pojawieniem się pyłku *Betula nana* t. oraz spor *Selaginella selaginoides*, *S. helvetica* i *Sphagnum*. Zmianom tym towarzyszy pojawianie się pyłku sporomorf obcych i cyst Dinoflagellata. Obecność pyłku taksonów o wysokich wymaganiach klimatycznych *Quercus*, *Ulmus*, *Ilex*, *Ilex aquifolium*, *Pterocarya*, *Carya*, *Sciadopitys* i *Tsuga* uznano za występujące na złożu wtórnym. Ówczesnie panująca roślinność tworzyła zapewne zbiorowiska krzewinkowe z dominującymi *Ericaceae* z *Betula nana* oraz *Juniperus* i brzożami krzewiastymi. Do zbiorowisk tego typu można odnieść pyłek *Thalictrum* i spory *Selaginella selaginoides* oraz *Lycopodium annotinum*. Stosunkowo wysokie wartości *Pinus sylvestris* t. prawdopodobnie należy wiązać z dalekim transportem pyłku.

## ZMIANY KLIMATYCZNE

W celu odtworzenia paleozbiorowisk i paleoklimatu oraz rekonstrukcji parametrów paleoklimatycznych, szczególnie w kenozoiku, powszechnie używa się metody *nearest-living-relative* (NLR). Bazuje ona na założeniu, że klimatyczne lub ekologiczne wymagania kopalnego taksonu lub kopalnego zbiorowiska są zbliżone do tych, które pozostają w najbliższym pokrewieństwie do współczesnego taksonu lub zbiorowiska (Mosbrugger, Utescher, 1997, Mosbrugger i in., 2005). Do odtworzenia warunków klimatycznych posłużono się tzw. „środkowoeuropejskim modelem”, w którym wykorzystano koncepcję paleogeoflory (Mai, 1991). Według założeń tego modelu zmiany klimatu są związane z ilością i stosunkiem pyłku taksonów arktycznotrzeciorzędowych i paleotropikalnych w zapisie pyłkowym (Zagwijn, Hager, 1987).

Do estymacji paleoklimatycznych wykorzystano także metody, które stanowią rozwinięcie metody NLR.

Przyjęto zasadę, że paleoekologiczne i paleoklimatyczne wymagania kopalnych zbiorowisk i taksonów były zbliżone do współczesnych i na tej podstawie odtworzono warunki paleoklimatyczne, charakteryzujące fazy rozwoju roślinności i okresy klimatyczno-stratygraficzne. Rekonstrukcja klimatu i jego zmian na tej podstawie stanowi jednak problem związany z obecnością taksonów, które nie występują współ-

nie we współczesnych zbiorowiskach leśnych na badanym obszarze (w tym przypadku w środkowej Europie) albo ich występowanie nie jest ciągłe. Do takich taksonów należą m.in. *Taxodium*, *Sequoia*, *Sciadopitys* i wiele innych, co utrudnia rekonstrukcję warunków paleoklimatycznych i paleoekologicznych.

W określeniu rodzaju klimatu posłużono się podziałem klimatycznym – zmodyfikowanym systemem Köppena-Thornthwaite’a (Köppen, 1900; Thornthwaite, 1948). W podziale klimatycznym Köppena wyróżnione klimaty powiązane numerycznie z rozmieszczeniem roślinności na kuli ziemskiej. Klimatyczny podział Thornthwaite’a bazował na dwóch dodatkowych czynnikach – stosunku wilgotność/ciepło i sezonowości klimatu.

Przy określeniu typu klimatu na podstawie charakterystyki roślinności posłużono się podziałem FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations Globalne Ekologiczne Zony (FAO’s Ecological Zone), który odnosi się do kombinacji klimatu i (potencjalnie) roślinności ([www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp](http://www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp)). W przyjętym podziale kryterium klasyfikacji i podstawą jest podział klimatu na grupy i typy klimatyczne w ramach systemu Köppena-Thornthwaite’a. W ogólnym pojęciu ekwiwalentem grup klimatycznych

Tabela 7

**Korelacja lokalnych poziomów pyłkowych L PAZ, faz rozwoju roślinności i okresów klimatyczno-stratygraficznych wyróżnionych w profilach Wólka Ligzowska, Wysokim, Ceteń 8, Ceteń 9, Sacin**

Correlation of local pollen assemblages zones L PAZ, phases of vegetation development and climato-stratigraphical periods distinguished in Wólka Ligzowska, Wysokim, Ceteń 8, Ceteń 9, Sacin sections

Wólka Ligzowska	Wysokim	Ceteń 8	Ceteń 9	Sacin	Fazy rozwoju roślinności	Okresy klimatyczno-stratygraficzne
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
			C9 10 <i>Betula</i> –NAP–Ericaceae	Sa 6 Poaceae–Cyperaceae– <i>Betula</i> Sa 5 NAP– <i>Artemisia</i> –Ericaceae	9 C9	VII
			C9 9 <i>Myrica</i> – <i>Alnus</i> – <i>Pinus sylvestris</i> t. C9 8 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Betula</i> – <i>Artemisia</i> C9 7 <i>Quercus</i> – <i>Corylus</i> –NAP C9 6 <i>Quercus</i> –Poaceae C9 5 <i>Quercus</i> – <i>Eucommia</i> –Poaceae C9 4 <i>Quercus</i> – <i>Ostrya</i> –Poaceae		8 C9	VI
	W 15 Poaceae– <i>Quercus</i> – <i>Ulmus</i> W 14 <i>Pinus sylvestris</i> t.	C8 9 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Larix</i>	C9 3 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Quercus</i> –NAP			
	W 13 NAP– <i>Betula</i> – <i>Salix</i> W 12 <i>Pinus sylvestris</i> t.–NAP W 11 Poaceae– <i>Artemisia</i>	C8 8 <i>Betula</i> –NAP– <i>Juniperus</i> C8 7 <i>Pinus sylvestris</i> t.–NAP C8 6 <i>Ranunculus flammula</i> t.–Poaceae– <i>Artemisia</i> C8 5 NAP– <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Betula</i>	C9 2 <i>Pinus sylvestris</i> t.–Ericaceae–Poaceae		7 C8	V

Tabela 7 cd.

1	2	3	4	5	6	7
WL 27 <i>Pinus sylvestris</i> t.	W 10 <i>Picea</i>	C8 4 <i>Picea</i> -NAP	C9 1 <i>Pinus sylvestris</i> t.- <i>Quercus</i> - <i>Fagus</i>		6 W	IV
WL 26 Ericaceae WL 25 <i>Pinus sylvestris</i> t.- Poaceae WL 24 Ericaceae-Poaceae WL 23 Poaceae-Cyperaceae- <i>Quercus</i> WL 22 Ericaceae-Poaceae- <i>Ranunculus flammula</i> t. WL 21 <i>Pinus sylvestris</i> t.- <i>Betula</i> WL 20 Poaceae- <i>Artemisia</i> WL 19 <i>Betula</i> -Poaceae- Ericaceae WL 18 Ericaceae-Poaceae- <i>Artemisia</i>				Sa 4 Poaceae-Cy- peraceae- <i>Artemisia</i>	5 WL	III
WL 17 <i>Pinus sylvestris</i> t.-Poaceae WL 16 <i>Pinus sylvestris</i> t.- Poaceae- <i>Betula</i>	W 9 <i>Pinus sylvestris</i> t.-NAP				4 WL	II
WL 15 Poaceae- <i>Pinus sylvestris</i> t.- <i>Quercus</i>	W 8 <i>Quercus</i> - <i>Betula</i> - <i>Bruckent-</i> <i>halia</i>			Sa 3 <i>Alnus</i> Sa 2 Poaceae- <i>Salix</i>	3 WL	
WL 14 <i>Quercus</i> - <i>Ulmus</i> - <i>Pterocarya</i> WL 13 <i>Quercus</i> - <i>Fagus</i> -NAP WL 12 <i>Pinus sylvestris</i> t.- <i>Betula</i> - <i>Quercus</i>		C8 3 <i>Quercus</i> - <i>Ulmus</i> - <i>Pterocarya</i> C8 2 <i>Pinus sylvestris</i> t.- <i>Quercus</i> - <i>Castanea</i>		Sa 1 <i>Pinus</i> - <i>Betula</i> - <i>Quercus</i>	2 WL	

Tabela 7 cd.

1	2	3	4	5	6	7
WL 11 <i>Betula</i> – <i>Nyssa</i> – <i>Sequoia</i>						
WL 10 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Alnus</i>		C8 1 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Alnus</i>			1 WL	I
WL 9 <i>Sequoia</i> – <i>Taxodiaceae</i> – <i>Cupressaceae</i> – <i>Nyssa</i>	W 7 <i>Quercus</i> – <i>Sequoia</i> – <i>Poaceae</i>					
WL 8 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Picea</i> – <i>Tsuga</i> t.						
WL 7 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Quercus</i> – <i>Poaceae</i>						
WL 6 <i>Liquidambar</i> – <i>Alnus</i>	W 6 <i>Alnus</i>					
WL 5 <i>Quercus</i> – <i>Poaceae</i> – <i>Nyssa</i>	W 5 NAP– <i>Ericaceae</i> – <i>Myrica</i>					
WL 4 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Quercus</i> – <i>Nyssa</i>	W 4 NAP– <i>Betula</i>					
WL 3 <i>Taxodiaceae</i> – <i>Cupressaceae</i> – <i>Quercus</i> – <i>Castanea</i>	W 3 <i>Alnus</i> – <i>Castanea</i> – <i>Poaceae</i>					
WL 2 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Quercus</i> – <i>Castanea</i>	W 2 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Quercus</i> – <i>Castanea</i>					
WL 1 <i>Nyssa</i> – <i>Quercus</i> – <i>Ericaceae</i>	W 1 <i>Pinus sylvestris</i> t.– <i>Nyssa</i> – <i>Alnus</i>					



Köppena-Thornthwaite'a jest pięć domen klimatycznych – tropikalna, subtropikalna, umiarkowana, borealna i polarna.

Inną metodą wykorzystaną do rekonstrukcji warunków klimatycznych jest metoda paleoklimatycznej rekonstrukcji opartej na ilościowych danych pyłkowych (*quantitative pollen-derived paleoclimatic reconstruction*) (Fauquette i in., 1998), pozwalająca na określenie warunków klimatycznych dla spektrów plioceńskich.

W przypadku zbiorowisk, które mogą mieć odniesienie do zbiorowisk współczesnych z taksonami, występujących w ściśle określonych warunkach klimatycznych interpretacja klimatyczna jest łatwiejsza, chociaż także obciążona dużym błędem z powodu ograniczonej możliwości oznaczenia taksonu do gatunku na podstawie cech morfologicznych ziaren pyłku. Niemniej we florze pyłkowej występują taksony, które pozwalają na wykorzystanie metody roślinnych indykatorów klimatycznych. Metoda ta, często stosowana do rekonstrukcji warunków klimatycznych w czwartorzędzie (Iversen, 1944; Wasylkowa, 1964; Zagwijn, 1994, 1996; Litt i in., 1996; Isarin, Bohncke, 1999; Granoszewski, 2003; Kuryjanowicz, 2008), opiera się na znajomości współczesnych wymagań klimatycznych roślin wskaźnikowych i na założeniu o ich niezmienności w czasie. Północna granica lasów także służy jako wskaźnik klimatyczny.

## I OKRES KLIMATYCZNO-STRATYGRAFICZNY

### Faza rozwoju roślinności – 1 Wólka Ligęzowska (1 WL)

Obecność zbiorowisk leśnych z wysokim udziałem *Quercus*, *Castanea* i zmiennym udziałem *Fagus*, *Carpinus*, *Ostrya*, *Eucommia*, *Magnolia*, *Liliodendron* i różnymi gatunkami *Ilex* świadczy o panowaniu klimatu ciepłego z bardzo łagodnymi zimami, ciepłymi latami i długim sezonem wegetacji. Na podstawie charakteru zbiorowisk roślinnych fazy 1 WL można przypisać je do domeny umiarkowanych lasów kontynentalnych (TeDc), występujących w Ameryce Północnej. Średnie roczne temperatury dla tej zony wynoszą 2–10°C, dla lata 16–18°C, a dla zimy –7–2,5°C. Wartość średnich rocznych opadów mogła wynosić 720–1000 mm. Wysoki udział pyłku *Castanea* wskazuje na znaczący udział tego drzewa w zbiorowiskach szerokolistnych, mezofilnych lasów. Współcześnie jedynym gatunkiem z rodzaju *Castanea* rosnącym na terenie Europy jest *Castanea sativa* Mill. Sądzi się, że rodzaj *Castanea* wywodzi się z Azji skąd w czasie eocenu nastąpiła migracja na wschód i dała początek amerykańskiemu gatunkowi *C. dentate* (Marsch) Borkh, podczas gdy emigracja zachodnia przyczyniła się do wyodrębnienia *C. sativa* (Zohary, Hoph, 1988).

*Castanea sativa* występuje na obszarach z opadami rocznymi powyżej 600 mm, bez suchej pory lub z suchą porą poniżej trzech miesięcy i unika obszarów z wiosennymi przymrozkami. Preferuje lekko kwaśne gleby, z niezbyt wysokim poziomem wód gruntowych (Ketenoglu i in., 2010).

Stała obecność pyłku *Ulmus*, *Pterocarya*, *Carya* i *Liquidambar*, pochodzącego z lasu łęgowego, i *Alnus*, z lasu ba-

giennego, świadczą o silnej wilgotności podłoża i występowaniu obszarów podmokłych. Z wysoką wilgotnością powietrza należy wiązać występowanie pyłku *Fagus*, *Juglans* i *Aesculus*. *Liquidambar*, który częściowo może należeć do *L. orientalisformis*, może wskazywać na wilgotno-ciepłą bioklimatyczną strefę ze średnimi opadami rocznymi 1000–1200 mm i temperaturą najzimniejszego miesiąca wynoszącą 4–7°C (Akman, 1982).

Pojawianie się elementów flory subtropikalnej reprezentowanych przez *Symplocos*, *Itea* i *Reevesia* może jednak wskazywać na cieplejsze warunki klimatyczne, które mogły panować w fazie 1 WL. Współczesne występowanie tych taksonów pokrywa się z warunkami charakteryzującymi co najmniej klimat subtropikalny (Ivanov, 2004). Może to sugerować niską sezonowość klimatu, ze średnią temperaturą zimy powyżej 0°C i temperaturą lata przekraczającą 18°C.

W I okresie klimatyczno-stratygraficznym, w fazie 1 WL, trzykrotnie dochodziło do uformowania się lasów bagiennych z *Nyssa* i *Taxodiaceae* oraz pojawiła się *Sequoia* w lasach mieszanych. Zbiorowiska roślinne z *Nyssa* i *Taxodiaceae* można odnieść do domeny subtropikalnej (SCf) z wilgotnymi lasami subtropikalnymi, charakterystycznej dla Ameryki Północnej, rejonu Morza Czarnego i częściowo Azji Wschodniej.

Zarówno *Nyssa*, jak i *Sequoia* wymagają bardzo wysokiej wilgotności powietrza i opadów. Dla *Nyssa* ilość opadów potrzebna do wegetacji powinna przekraczać 1020 mm rocznie (Johnson, 2013). Współczesny gatunek *Nyssa aquatica* występuje na terenach, gdzie średnie roczne opady dochodzą do 1320 mm, średnia temperatura najcieplejszego miesiąca wynosi 27°C, a najzimniejszego 7°C (Johnson, 2013). *Nyssa sylvatica* Marsh. var. *sylvatica* ma mniej restrykcyjne warunki temperaturowe zasięgu, ale opady nie mogą być niższe niż 1270 mm (McGee, 2013). *Nyssa sylvatica* var. *biflora* (Walt.) Sara jest natomiast bardziej wymagająca. Drzewo to wymaga długiego i gorącego lata, krótkiej i łagodnej zimy. Średnia temperatura najcieplejszego miesiąca powinna wynosić 26°C, a stycznia 2–18°C. Średnie opady powinny zawierać się w przedziale 1020–1650 mm (Outcalt, 2013).

Przy rozważaniach na temat współczesnych wymagań *Nyssa* i *Taxodiaceae* należy brać pod uwagę zarówno wzrost temperatury powietrza latem i zimą, jak również rosnącą oceanizację, wyrażoną m.in. wzrostem wartości średnich opadów rocznych.

O łagodnym klimacie i oceanizacji świadczy także pojawianie się pyłku *Sequoia*, który może należeć do *Sequoia sempervirens*. Ten współczesny gatunek nie toleruje ekstremalnych warunków klimatycznych, wymaga niewielkiej amplitudy temperatury między latem a zimą. Średnia temperatura dla sekwojowych lasów wynosi między 8,3°C w styczniu a 18°C w lipcu (McBride, Jacobs, 1977). *Sequoia* ma wysokie wymagania wilgotnościowe, szczególnie *Sequoia sempervirens*, która występuje na obszarze z rocznymi opadami wynoszącymi 640–3100 mm i z wysoką wilgotnością powietrza, gdzie panuje klimat określany jako super wilgotny/ wilgotny (Olson i in., 2012).

## II OKRES KLIMATYCZNO-STRATYGRAFICZNY

**Faza rozwoju roślinności – 2 i 3 Wólka Ligęzowska (2 WL) (3 WL)**

Ochłodzenie i zmniejszenie się ilości opadów wyrażone jest drastycznym spadkiem udziału *Taxodiaceae*, *Cupressaceae*, *Nyssa*, *Sequoia* t. i zanikiem pyłku taksonów o wysokich wymaganiach klimatycznych – *Symplocos*, *Itea* i *Reevesia*. Nastąpił wyraźny spadek temperatury zarówno lata, jak i zimy, skrócił się okres wegetacyjny, wyraźnie zaznaczyła się sezonowość klimatu, ale wilgotność powietrza nadal była wysoka z uwagi na występowanie *Fagus*. Do rozwoju lasów łągowych z *Pterocarya* i *Carya* oraz *Ulmus* i *Quercus* w środkowej części fazy, a także pojawienie się *Cupressaceae* w zbiorowiskach leśnych, przyczynił się wzrost opadów, świadczący o oceanicznym charakterze klimatu.

Zmienny udział pyłku *Aster* i skorelowane z nim spadki i wzrosty wartości *Ulmus* i *Fagus* oraz *Cupressaceae* mogą świadczyć o zmiennej wilgotności klimatu i jego zwiększonej kontynentalizacji. Średnia temperatura najzimniejszego miesiąca nadal była wysoka i oscylowała wokół 0°C, o czym świadczy występowanie pyłku *Ilex aquifolium* (Iversen, 1944) i *Buxus* (Aalbersberg, Litt, 1998), a obecności *Carya* i *Pterocarya* wskazują na bardzo ciepłe lata. Klimat miał charakter umiarkowany ciepły, typu śródziemnomorskiego z opadami przypadającymi na okres zimowy.

U schyłku fazy 3 WL zanika pyłek termofilnych drzew – *Pterocarya*, *Carya* i *Castanea* oraz *Quercus* i *Ulmus*, spowodowany postępującym ochłodzeniem, co wyraża się spadkiem temperatury najcieplejszego miesiąca i zmniejszeniem rocznych opadów. Regularnie występujący pyłek *Ilex* i krzywa ciągła *Fagus* mogą sugerować niezbyt niską temperaturę najzimniejszego miesiąca. Ciepłe oscylacje klimatyczne są wyrażone wzrostem wartości pyłku *Castanea*, *Ilex* i *Fagus*, rodzajów o wyższych wymaganiach klimatycznych, które potwierdzają jeszcze ciepłe zimy. Występowanie buka wskazuje na silne wpływy klimatu oceanicznego.

**Faza rozwoju roślinności – 4 Wólka Ligęzowska (4 WL)**

Postępujący rozwój zbiorowisk leśnych z dominującą sosną, współcześnie charakterystycznych dla domeny borealnej, i postępujące rozluźnienie lasów dokumentuje silny spadek wartości średniej temperatury lata i zimy skorelowany ze wzrostem kontynentalizmu klimatu. U schyłku tej fazy pojawia się pyłek *Cistus*, taksonu związanego z regionem śródziemnomorskim (Fernandes-Mazeucos, Vargas, 2010).

Klimat domeny borealnej z lasami iglastymi z brzozą ma charakter chłodno-umiarkowany, raczej subkontynentalny z niską średnią roczną temperaturą – 1–8°C i opadami – 400–900 mm. Okres wegetacyjny był krótki, poniżej 120 dni z temperaturą powyżej 10°C. Pokrywa śnieżna występowała przez kilka miesięcy.

## III OKRES KLIMATYCZNO-STRATYGRAFICZNY

**Faza rozwoju roślinności – 5 Wólka Ligęzowska (5 WL)**

W fazie 5 WL zaznaczyły się drastyczne zmiany w zbiorowiskach roślinnych wyrażone cyklicznym zanikiem zbiorowisk leśnych i rozprzestrzenieniem się roślinności związanej z siedliskami otwartymi oraz powrotem lasów sosnowych lub brzozowych. Z panowaniem klimatu subarktycznego należy wiązać obecność roślinności terenów otwartych. W czasie zimnych oscylacji klimatycznych prawdopodobnie badany obszar był poza zasięgiem północnej granicy występowania lasów, co sugerowałoby średnią temperaturę lata ok. 12–13°C (Wasylikowa, 1964). Wysoki udział pyłku *Ericaceae*, sięgający 30%, sygnalizuje wahania rocznej temperatury od –12 do 20°C (Fauquette i in., 1998), najzimniejszego miesiąca od –33 do 12°C, a najcieplejszego od 5 do 24°C (Fauquette i in., 1998).

Ekspansja *Betula* w poziomie WL 19 sygnalizuje ocieplenie klimatu, średnia temperatura najcieplejszego miesiąca mogła wynosić 12–13°C. Na silniejsze ocieplenia wskazuje rosnący wzrost wartości pyłku *Pinus* i pojawiający się pyłek *Typha latifolia*. Obecność *Typha latifolia* należy wiązać z temperaturą 14°C dla najcieplejszego miesiąca (Tobolski, 1991), jedynie w przypadku silnych wpływów klimatu kontynentalnego mogła dochodzić do 18°C (Isarin, Bohncke, 1999). Rozwój lasów sosnowych w tym poziomie wskazuje na cieplejszą oscylację klimatyczną wyrażoną przejściem klimatu subarktycznego w borealny.

## IV OKRES KLIMATYCZNO-STRATYGRAFICZNY

**Faza rozwoju roślinności – 6 Wysokin (6 W)**

Zapis zmian roślinności i klimatu w tej fazie jest udokumentowany niewielką ilością spektrów pyłkowych z profili Wólka Ligęzowska, Wysokin, Sacin, Ceteń 8, Ceteń 9. Poziom WL 27 *Pinus sylvestris* t., wyróżniony w jednej próbce, z bardzo wysokim udziałem sosny odzwierciedla panowanie klimatu borealnego.

W poziomie Sa 1 panują lasy z *Quercus*. Udział pyłku tego drzewa, dochodzący do 20%, świadczy, że średnia temperatura najzimniejszego miesiąca zawierała się w przedziale między –14°C a 2°C, a najcieplejszego wynosiła 13–30°C (Fauquette in., 1998). Wartość 9,7% osiągnięta przez *Ulmus* wskazuje, że najniższa temperatura lata nie spadała poniżej 15°C (Granoszewski, 2003). O ciepłych zimach może świadczyć występowanie pyłku *Eucommia*, *Castanea* i *Ilex*.

Zbiorowiska leśne z dominacją świerka w poziomie W10 *Picea* sugerują panowanie klimatu borealnego i wilgotnego. W tym czasie średnia temperatura roczna mogła wynosić –10–10°C, zimy –35–3°C, lata 10–23°C, a opady mogły wahać się między 600 a 1600 mm (Fauquette i in., 1998).

Na chłodniejsze warunki klimatyczne wskazuje niższy udział pyłku drzew, w tym świerka w poziomie C8 4 *Picea*-NAP.

#### V OKRES KLIMATYCZNO-STRATYGRAFICZNY

##### Faza rozwoju roślinności – 7 Ceteń 8 (7 C8)

V okres klimatyczno-stratygraficzny, podobnie jak IV, wyróżniono na podstawie niewielkiej liczby spektrów pyłkowych, jednak zapis zmian roślinności wskazuje na silną dynamikę zmian warunków klimatycznych. Poziomy z wysokim udziałem NAP, przypadającego przede wszystkim na Poaceae, odzwierciedlają zimne oscylacje charakterystyczne dla klimatu subarktycznego, a nawet arktycznego w przypadku dominacji NAP. Ciepłe okresy są wyrażone w dwojaki sposób – przez wysoki udział *Betula* z *Juniperus* lub panowanie *Pinus*. Obecność *Juniperus* wskazuje na średnią temperaturę lipca na poziomie 8°C (Isarin, Bohncke, 1999). W przypadku zbiorowisk z *Pinus* klimat miał charakter kontynentalny, a obecność *Typha latifolia* może wskazywać na co najmniej 14°C. Taką temperaturę potwierdza pojawianie się spor *Pteridium aquilinum* (Tobolski, 1991).

#### VI OKRES KLIMATYCZNO-STRATYGRAFICZNY

##### Faza rozwoju roślinności – 8 Ceteń 9 (8 C9)

Początek fazy 8 C9 rozpoczęło panowanie borów mieszanych z udziałem *Betula* i *Picea*, co wskazuje na klimat borealny. Ocieplenie klimatu zaznaczyło się ekspansją *Quercus* i *Corylus*. Wzrosła wilgotność klimatu, o czym świadczy rosnący udział *Picea*. Pojawienie się *Eucommia* i *Ostrya* wskazuje na rosnącą temperaturę zarówno lata, jak i zimy. Oznaczone ziarna pyłku *Eucommia* mogą należeć do gatun-

ku *E. ulmoides* Oliv. Współcześnie *E. ulmoides* jest gatunkiem endemicznym występującym na ograniczonym obszarze Chin (102–118° długości wschodniej i 25–35° szerokości północnej) i rosnącym na wysokości 200–1700 m n.p.m. (Wang i in., 2003). Jak wykazały badania (Wang i in., 2003) ważnym parametrem klimatycznym, który musi być spełniony, żeby doszło do kiełkowania nasion, jest to, że temperatura miesięcy wiosennych nie może spaść poniżej 13°C oraz nie może przekroczyć 20°C. Zatem klimat panujący w tej części 8 fazy rozwoju roślinności na badanym terenie musiał być łagodny z ciepłymi latami i niezbyt mroźnymi zimami.

Ekspansja zbiorowisk trawiastych i zmiany w zbiorowiskach leśnych wyrażone zanikiem *Eucommia*, spadkiem udziału *Ostrya*, *Carpinus*, *Quercus* i *Corylus* mogą wskazywać na spadek temperatury wiosną i latem i być może na rosnący wpływ klimatu kontynentalnego, o czym może świadczyć wzrost wartości *Artemisia*.

Ze wzrostem temperatury zimą i łagodnymi wiosnami, a także wzrostem opadów, należy wiązać powrót do zbiorowisk leśnych *Eucommia* i pojawienie się *Castanea*. Zanik *Quercus*, *Ostrya*, *Corylus* i rosnący udział *Pinus*, *Betula* i *Picea* wskazują na ochłodzenie klimatu. O wilgotności klimatu świadczy wzrost udziału *Alnus* i *Myrica*.

#### VII OKRES KLIMATYCZNO-STRATYGRAFICZNY

##### Faza rozwoju roślinności – 9 Ceteń 9 (9 C9)

Rozwój roślinności kojarzonej z pograniczem strefy borealnej i subarktycznej jest związany z panowaniem klimatu surowego, o ostrych zimach i chłodnych latach. Stwierdzono obecność spor *Selaginella selaginoides*, taksonu występującego w tundrze. Obszar występowania *S. selaginoides* pokrywa się z zasięgiem średniej temperatury lipca 10–14°C (Mamakowa, 1970), ale nie przekracza 17°C (Tobolski, 1991).

## WIEK BADANYCH OSADÓW I KORELACJE STRATYGRAFICZNE

Wydzielone w diagramach pyłkowych z Wólki Ligęzowskiej, Wysokina, Sacina, Cetenia 8 i Cetenia 9 lokalne poziomy zespoły pyłkowych połączone w fazy rozwoju roślinności i okresy klimatyczno-stratygraficzne (tab. 7, 8) stanowią podstawę do określenia wieku badanych osadów. Uwzględniono stosunek elementów subtropikalnych flory paleotropikalnej do arktycznotrzeciorzędowej (P2/A1), zróżnicowanie taksonomiczne flory arktycznotrzeciorzędowej (A), stosunek flory ciepłomiarkowanej do chłodnomiarkowanej (A1/A2), a także stosunek AP/NAP. Szczególnie istotne jest zdefiniowanie granicy między wysokiej rangi jednostkami klimatycznymi, które mogą stanowić jednostki chronostratygraficzne, a do takich należy wyznaczenie granicy między neogenem a czwartorzędem. W tym opracowa-

niu granica ta jest wyznaczona na podstawie stosunku wartości pyłku drzew i krzewów do wartości pyłku krzewinek i roślin zielnych (AP/NAP) i wyznaczona na podstawie takich samych kryteriów, jak granice między okresami ciepłymi i zimnymi oraz zlodowaceniami i interglacjami w czwartorzędzie (Andersen, 1961; Mamakowa, 1986).

W profilu z Wólki Ligęzowskiej zapis palinologiczny ma miejsce w osadach jeziorno-bagienny-rzecznych (Skompski i in., 2006; Makowska, ten tom), a sukcesja pyłkowa ma charakter długiej sekwencji pyłkowej z zapisem globalnych zmian roślinności i klimatu. W pozostałych stanowiskach rzeczny i deltowy charakter środowiska sedymentacji osadów (Makowska, ten tom) nie sprzyjał, a nawet – w przypadku facji powodziowej – uniemożliwiał depozycję pyłku,

Tabela 8

**Korelacja palino-stratygraficzna i klimatyczno-stratygraficzna jednostek z Polski z podziałem stratygraficznym i klimatyczno-stratygraficznym dla pliocenu i plejstocenu dolnego Europy**

Correlation of palino-stratigraphical and climato-stratigraphical units from Poland with stratigraphic and climato-stratigraphical subdivision of the Pliocene and Lower Pleistocene of Europe

System/ okres	Oddział/ epoka	Pododdział/ podepoka <sup>1</sup>	Piętro/ wiek <sup>1</sup>	Okresy klimatyczno- stratygraficzne	Fazy rozwoju roślinności	Okresy roślinno-klimatyczne (Stuchlik, 1995)	Podział klimatyczno- stratygraficzny pliocenu i plejstocenu dolnego NE Europy (Zagwijn, 1989)	Podział klimatyczno- stratygraficzny pliocenu i plejstocenu dolnego Polski (Baranińska, 1991)	Podział klimatyczno- stratygraficzny pliocenu i plejstocenu dolnego Polski
Czwartorzęd	plejstocen	dolny		VII	9 C9	V	menap		
				VI	8 C9	IV	waal	celestynów	ceteń
				V	7 C8	III	eburon	otwock	otwock
				IV	6 W	II	tegele	ponurzyca	ponurzyca
				III	5 WL		pretegele	różce	wólka ligęzowska
				II	4 WL	I	reuver	brunssum	
					3 WL				
					2 WL				
					1 WL				
				Neogen	pliocen		piacenz	I	
zankl	zankl								

<sup>1</sup> Według Marksa, 2010/ after Marks, 2010

co stanowiło przyczynę fragmentarycznego zapisu palinologicznego. Brak ciągłych sukcesji pyłkowych uniemożliwia jednoznaczne korelacje palinostratygraficzne osadów z profili Wysokin, Sacin i Ceteń 8, a ich precyzyjna przynależność wiekowa jest dyskusyjna. Pomimo że dane palinologiczne zapisane w osadach rzecznych oraz w starorzeczach mogą odzwierciedlać lokalny charakter roślinności, to podobieństwo środowisk depozycji i spektrów pyłkowych oraz ich powtarzalność pozwalają w pewnym stopniu na palinostratygraficzne korelacje wiekowe osadów z omawianych profili. Mogą z pewnym prawdopodobieństwem stanowić podstawę do określenia wieku depozycji analizowanych serii. Sekwencja pyłkowa z Cetenia 9, również zapisana w pozakorytowych osadach rzecznych, dokumentuje charakterystyczne zmiany roślinności i klimatu, jakie zachodziły w czasie ciepłego okresu klimatycznego, których nie można odnieść do innych profili.

## PLIOCEN

### Dolny pliocen

**I okres klimatyczno-stratygraficzny.** Fazę 1 WL wyróżnioną w profilu Wólka Ligęzowska, Wysokin i Ceteń 8 charakteryzuje:

- występowanie elementów geoflory paleotropikalnej (P2) – *Reevesia*, *Symplocos*, *Itea* oraz *Araliaceae* i *Ilex*;
- duże zróżnicowanie taksonomiczne ciepłumiarkowanych (A1) taksonów z zespołu arktycznotrzeciorzędowego (*Sequoia*, *Castanea*, *Pterocarya*, *Carya*, *Eucommia*, *Ostrya*, *Zelkova*, *Liriodendron*, *Magnolia*, *Aesculus*, *Ilex*, *Juglans*) (Planderova i in., 1993a, b), przy zróżnicowanych wartościach pyłku;
- wysoki udział pyłku reprezentującego chłodnumiarkowane (A2) taksony z geoflory arktycznotrzeciorzędowej (*Alnus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Fagus*, *Carpinus*, *Corylus* i *Betula*);
- występująca cyklicznie stosunkowo wysoka frekwencja pyłku taksonów ciepłumiarkowanych z zespołu arktycznotrzeciorzędowego, jak również Cupressaceae oraz relatywnie wysoki udział pyłku *Pinus sylvestris* t.;
- niskie wartości pyłku *Pinus haploxylon* t. i stosunkowo niski udział pyłku innych drzew iglastych;
- wyraźny udział pyłku roślin zielnych, szczególnie Poaceae i ich bogactwo taksonomiczne.

Na podstawie podziału paleoflorystycznego neogenu wschodniej i centralnej Europy (Planderova i in., 1993a) oraz podziału litostratygraficznego neogenu i sporowo-pyłkowych poziomów wyróżnionych dla neogenu Niżu Polskiego przez Piwockiego i Ziemińską (1997) ze względu na charakter flory pyłkowej zaliczono ten okres do dolnego pliocenu. Dane palinologiczne pozwalają na korelację tej fazy z poziomem XIII *Sequoiapollenites* (Piwocki, Ziemińska-Tworzydło, 1995, 1997) i odniesienie do piętra zankl.

Dane palinologiczne z południowego Mazowsza wyraźnie świadczą o występowaniu granicy między I a II okresem klimatyczno-stratygraficznym. Granica ta jest wyrażona całkowitym zanikiem pyłku taksonów paleotropikalnych P1 –

*Symplocos*, *Itea*, *Reevesia* oraz zdecydowanym spadkiem udziału elementów z P 2 *Nyssa*, Taxodiaceae i Cupressaceae. Zmiany roślinności wskazują na ochłodzenie klimatu, zmniejszającą się wilgotność oraz wzrost sezonowości z wyraźnie zaznaczonymi porami roku. Zmiany te odzwierciedlają globalne oziębienie klimatu rozpoczynające rozwój zlodowaceń na półkuli północnej. Pierwsze symptomy formowania się czapy lodowej wyrażone wzrostem wartości delta  $\delta^{18}\text{O}$  w osadach głębokomorskich (Mudelsee, Ramo, 2005) i wzrostem wartości IRD w Morzu Norweskim oraz w północnym Atlantyku (Kleiven i in., 2002) miały miejsce ok. 3,6 Ma. Zanik roślinności należącej do elementu florystycznego P2 (utożsamianej z wysoką temperaturą i wilgotnością klimatu) można wiązać z pierwszymi symptomami zlodowacenia półkuli północnej i globalnego ochłodzenia.

### Górny pliocen

**II okres klimatyczno-stratygraficzny** reprezentują trzy fazy rozwoju roślinności – 2 WL, 3 WL i 4 WL. Fazy 2 i 3 WL cechuje dominacja pyłku taksonów reprezentujących chłodnوميarkowaną florę arktycznotrzeciorzędową typu A2, takich jak: *Quercus*, *Ulmus*, *Fagus*, *Carpinus*, *Betula*, które tracą na znaczeniu u schyłku tej fazy na korzyść pyłku *Pinus*. Fazy tę można korelować z XIV poziomem sporowo-pyłkowym/ faza *Faguspollenites* (Piwocki, Ziemińska, 1995, 1997) wiązany z pięciem piacenz. Pyłek *Pinus* dominuje w fazie 4 WL, w której występują tylko przedstawiciele chłodnوميarkowanej flory arktycznotrzeciorzędowej. W wydzielonych dla neogenu poziomach pyłkowych brakuje poziomu charakteryzującego najwyższy górny pliocen. Dlatego zaproponowano wydzielenie dodatkowego **XVI poziomu o nazwie *Pinus***, odpowiadającemu fazie 4 WL, w którym dominuje pyłek *Pinus* i *Betula* oraz ze znaczącym udziałem i różnorodnością pyłek roślin zielnych związanych z różnorodnymi siedliskami otwartymi.

### GRANICA NEOGEN/ CZWARTORZĘD

Od 1984 r. granicę neogen/czwartorzęd (GNCz) (pliocen/plejstocen (GPPI)), początkowo między trzeciorzędem a czwartorzędem, a następnie między neogenem a plejstoceniem wyznaczono w globalnym stratotypie Vrica (Aquirre, Pasini, 1985) i datowano astronomicznie na 1,806 Ma. Długotrwała debata dotycząca pozycji GPPI, 1,8 Ma *versus* 2,6 Ma (Partridge, 1997; Suc i in., 1997; Pillans, Naish, 2004; Prat, 2007) zakończyła się obniżeniem tej granicy do dolnej granicy piętra gelas usytuowanego w pliocenie, którą wyznacza w osadach głębokomorskich spąg stadium izotopowego 103 datowanego astronomicznie na 2,588 Ma (Gibbard i in., 2009; Marks, 2010). Jednocześnie jest to granica wyznaczająca dolną granicę czwartorzędu i jest zgodna z granicą epok paleomagnetycznych Gauss/Matuyama. Usytuowanie GPPI, lub szerzej GNCz, jest zgodne z globalnymi zmianami klimatu wyrażonymi rozwojem zlodowaceń na półkuli północnej ok. 2,72 Ma (Bartoli i in., 2005), rozwojem pokrywy lessowej w Chinach ok. 2,6 Ma (Shiling, Zhongli, 2010), wystąpieniem materiału eratycznego z lo-

dowców górskich w głębokomorskich osadach północnego Atlantyku i północno-zachodniego Pacyfiku. Konwencjonalna GNCz została ustanowiona w osadach morskich – Monte San Nicola na Sycylii, jednak powinna wyrażać się w dobrze zachowanych i ciągłych osadach lądowych. Tak więc GNCz powinna być wyraźnie identyfikowana w stosunkowo ciągłym zapisie kontynentalnym.

Tak znaczne zmiany klimatu odpowiadające rozwojowi lodolodów na półkuli północnej, a wyrażone globalnym spadkiem średniej temperatury i silną dynamiką zmienności klimatu, musiały odzwierciedlić się w zmianach roślinności lądowej (Kukla, Cilek, 1996). Zapis tych zmian jest zarejestrowany w wielu profilach na kuli ziemskiej, m.in. w osadach z Kolumbii ze stanowiska Funza I i Funza II (Hooghiemstra, Ran, 1994), gdzie odnotowano epizod z gwałtownym spadkiem udziału pyłku drzew, wskazujący na spadek temperatury ok. 2,7 Ma, w osadach z terenu Holandii (Zagwijn, 1963), z rejonu śródziemnomorskiego (Suc, Cravatte, 1982; Suc, 1984), Niemiec (Heumann, Litt, 2002) i Chin (Wu i in., 2007).

Wyznaczenie granicy GPPI opartej na danych palinologicznych zostało jednoznacznie określone przez Zagwijn (1960, 1975, 1985, 1992, 1998) jako zanik zbiorowisk leśnych i pojawienie się zbiorowisk roślinnych związanych z siedliskami otwartymi, dokumentującymi znaczące ochłodzenie klimatu, co definiowały początek czwartorzędu. Zagwijn (1974, 1992, 1998, 2004) konsekwentnie wiązał silne ochłodzenie klimatyczne zapisane w pretegelenu z początkiem czwartorzędu/ plejstocenu. GPPI lokował pomiędzy reuverem a pretegelem, powyżej granicy Gauss/Matuyama między 2,5 a 2,6 Ma. Uważał, że silny impuls glacialny zwiastujący zlodowacenia na półkuli północnej mógł mieć wyraz ogólnosiwiatowy i uwidaczniał się w zapisach paleobotanicznych w Europie, zapisie izotopów tlenu w głębokomorskich wierceniach, pojawieniu się gór lodowych, depozycją materiału erratycznego na północnym Atlantyku oraz utworzeniem się formacji lessowych w Chinach.

Sukcesja pyłkowa z Wólki Ligęzowskiej zawiera zapis zmian roślinności w II okresie klimatyczno-stratygraficznym, prowadzących do całkowitego odlesienia i otwarcia krajobrazu, dokumentowanych wzrostem wartości pyłku roślin zielnych oraz Ericaceae, co wskazuje na drastyczną zmianę klimatu. Zanik zbiorowisk leśnych i uformowanie się roślinności o charakterze laso-stepo-tundry i stepotundry wyraża panowanie klimatu subarktycznego, charakterystycznego dla początku zlodowaceń. Pomimo ogólnego trendu zmian klimatycznych w pliocenie, wskazującego na ochładzanie się klimatu wyrażonego stopniowym zanikiem taksonów flory paleotropikalnej i inwazji elementów flory arktycznotrzeciorzędowej, dominującymi zbiorowiskami były różnorodne zbiorowiska leśne. Dopiero drastyczna zmiana klimatu przyczyniła się do pojawienia się zbiorowisk roślinnych nie notowanych w neogenie, która jest wiązana z przejściem do czwartorzędu cechującego się zmianami klimatu powodującymi zanik jednych i rozwój innych różnorodnych zbiorowisk leśnych.

Sukcesja pyłkowa z Wólki Ligęzowskiej zawiera zapis zmian roślinności w II okresie klimatyczno-stratygraficznym

prowadzących do całkowitego odlesienia i otwarcia krajobrazu, dokumentowanych wzrostem wartości pyłku roślin zielnych i Ericaceae wiążących się z drastyczną zmianą klimatu. Zanik zbiorowisk leśnych i uformowanie się roślinności o charakterze laso-stepo-tundry i stepotundry wyraża panowanie klimatu subarktycznego charakterystycznego dla początku zlodowaceń występujących w plejstocenie glacialnym. Znajdującą się na głębokości 17,60 m granicę między II a III okresem klimatyczno-stratygraficznym uznano za granicę między neogenem a czwartorzędem (GNCz) i można ją datować na ok. 2,6 Ma, a spąg osadów I okresu należy korelować ze 103 stadium izotopowym wyróżnionym w rdzeniach głębokomorskich (Gibbard i in., 2009; Marks, 2010).

### PLEJSTOCEN DOLNY

**III okres klimatyczno-stratygraficzny** obejmuje fazę rozwoju roślinności 5 WL, którą cechują wysokie wartości NAP i bardzo niski udział pyłku drzew liściastych. Z punktu widzenia palinologicznego faza ta charakteryzuje się panowaniem zbiorowisk siedlisk otwartych z dużym udziałem Ericaceae, Poaceae, Cyperaceae i *Artemisia*, które miały charakter stepotundry oraz luźnych lasów sosnowo-brzozowych. Ówczesnie panujący klimat miał charakter zbliżony do subarktycznego. Charakter roślinności i wynikający z niej klimat reprezentuje warunki przynależne już do plejstocenu, a III okres klimatyczny należy do czwartorzędu. W nawiązaniu do schematu stratygraficznego plejstocenu Polski (Ber i in., 2007) okres ten można korelować z ochłodzeniem różce (Baraniecka, 1991).

III okres klimatyczno-stratygraficzny reprezentuje okres zimny, dokumentujący rozwój i ekspansję zbiorowisk roślinnych charakterystycznych dla otwartego krajobrazu i związanych z klimatem subarktycznym/borealnym i zawiera zapis oscylacji klimatycznych rangi stadial/interstadial charakterystycznych dla czwartorzędu. Jako pierwszy zimny okres należący do plejstocenu tylko w profilu z Wólki Ligęzowskiej opracowano go z wysoką rozdzielczością. Pozostaje on w ciągłości z osadami pliocenu, stanowiąc integralne przejście do czwartorzędu. Ciągłość sekwencji zmian roślinności i klimatu daje podstawę do wyróżnienia, w ujęciu klimatyczno-stratygraficznym, pierwszego zimnego okresu w czwartorzędzie o nazwie **wółka ligęzowska** (tab. 8). Za czas rozpoczęcia depozycji osadów można przyjąć położenie GNCz przypadającej na 2,58 Ma.

Zapis palinostratygraficzny **IV–VI okresów klimatyczno-stratygraficznych** jest fragmentaryczny, a charakter roślin-

ności wskazuje na przemienne panowanie warunków klimatycznych cechujących ciepłe i zimne okresy związane z wielkoskalowymi zmianami klimatycznymi. W okresach ciepłych występują już nieliczne taksony przynależne do ciepłego elementu arktycznotrzeciorzędowego A1 – *Pterocarya*, *Carya*, *Eucommia*, *Castanea*, *Ostrya* i *Ilex*. Spośród tych taksonów *Eucommia*, *Castanea* i *Ostrya* wyginęły całkowicie z plejstocenijskich zbiorowisk roślinnych z obszaru środkowej i północnej Europy. Zanik pozostałych nie jest linearny i wszystkie pojawiają się w plejstocenie glacialnym, chociaż ich udział, z wyjątkiem *Pterocarya*, jest sporadyczny. W przypadku zimnych okresów V i VII, tak jak już stwierdził Zagwijn (1960), brak jest roślinnych markerów wiekowych, umożliwiających określenie wieku osadów, jednak zapis klimatyczny jest jednoznaczny i wynika z wysokich wartości NAP i różnorodności roślin zielnych.

Chociaż w większości fragmentaryczny cykliczny zapis zmian roślinności i klimatu w okresach klimatycznych III, V i VII wyrażający się następstwem okresów bardzo zimnych i ciepłych, jest zgodny z czwartorzędowym rytmem zmian klimatycznych związanych z formowaniem się pokrywy lodowej na obszarze półkuli północnej.

Wydzielenie IV ciepłego okresu, dla którego brak jest jednoznacznego rekordu palinologicznego, a które oparto na nielicznych spektrach, w tym z wysokim udziałem *Picea* (do 30% w Ceteniu 8 i 70% w Wysokinie) oraz bardzo niskim udziałem drzew ciepłolubnych, może być dyskusyjne. Tak wysoki udział *Picea* w obu profilach poprzedza wzrost wartości NAP i wskazuje na schyłek okresu ciepłego o nieokreślonej randze klimatyczno-stratygraficznej.

Zapis palinologiczny ciepłego VI okresu klimatyczno-stratygraficznego fazy C9 ma wyraźnie ciągły charakter, a udział *Castanea*, *Eucommia* i *Ostrya* – drzew o wysokich wymaganiach termicznych, jest znaczący. Pomimo braku ciągłości sekwencja pyłkowa zapisana w osadach z Cetenia 9 nie ma odpowiednika w sukcesjach z Polski. Do charakterystycznych cech należy wysoki udział pyłku *Quercus* i znaczący *Betula* oraz roślin zielnych w optimum klimatycznym. Gwałtowny wzrost wartości Poaceae i zanik *Eucommia* i *Ostrya*, jak również *Carpinus* i *Corylus* wyrażają ochłodzenie i kontynentalizację klimatu, a powrót *Quercus*, *Ostrya*, *Carpinus* i pojawienie się *Castanea* wskazują na ponowne panowanie ciepłych warunków klimatycznych. W miarę konsekwentny przebieg zmian roślinności klimatu pozwala na wyróżnienie nowej jednostki klimatyczno-stratygraficznej w obrębie plejstocenu dolnego – **ocieplenia ceteń** (tab. 8).

## KORELACJE STRATYGRAFICZNE ZE STANOWISKAMI Z OBSZARU POLSKI I EUROPY

Ze względu na kontrowersje dotyczące wieku i przynależności stratygraficznej formacji preglacialnej wykonano w rejonie Otwocka pięć profili wiertniczych. Badaniami palinologicznymi objęto osady z otworów Ponurzyca, Lasek, Rycice, Jędrzejnik i Wrzosa (Baraniecka, 1975; Stuchlik, 1975), ale tylko w trzech pierwszych profilach stwierdzono

wystarczającą frekwencję i dobry stan zachowania sporomorf, pozwalający na palinologiczną dokumentację zmian roślinności i klimatu.

W efekcie tych badań profil z Ponurzyca uznano za stratotyp osadów preglacialnych z wydzieleniem ciepłych okresów – ponurzyca i celestynów oraz zimnego – otwock (Ba-

raniecka, 1975; Stuchlik, 1975). Po wykonaniu badań palinologicznych osadów preglacjalnych ze stanowiska Różce, w których, oprócz osadów preglacjalnych, udokumentowano osady plioceńskie, profil ten uznano za stratotypowy dla górnego pliocenu i plejstocenu dolnego (Stuchlik, 1987, 1994; Baraniecka, 1991), z wydzieleniem najstarszego chłodnego okresu w plejstocenie – różce (tab. 8).

Opracowane palinologicznie osady preglacjalne wykształcone w postaci piasków, mułków piaszczystych i mułków z Ponurzyca, Rózców, Kaczorówka i Laska (Stuchlik, 1994) charakteryzują bardzo duże miąższości. Z uwagi na rzeczłą genezę osadów stopień rozdzielczości badań palinologicznych jest niski i wiąże się często z dużymi odstępami między miejscami poboru próbek oraz niską frekwencją lub brakiem pyłku, co utrudnia interpretację zmian roślinności i klimatu zapisanych w tych osadach, a tym samym ich precyzyjny podział klimatyczno-stratygraficzny.

Korelacja wiekowa osadów z Ponurzyca, Rózców i innych profili z osadami z Wólki Ligęzowskiej, Wysokina, Cetenia 8, Cetenia 9 i Sacina nastęrcza trudności, które wynikają z różnic metodycznych. Analiza pyłkowa jako metoda statystyczna wymaga odpowiedniej wartości sumy ziarn w celu uzyskania wiarygodnych wyników statystycznych. Dla omawianych profili otworów wiertniczych najniższa wartość, względem której liczono udział procentowy, wynosiła 250 ziarn pyłku. W przypadku profili opracowanych przez Stuchlika wartości pyłku często były dużo niższe. Inny był również sposób liczenia sumy podstawowej. Wartości procentowe poszczególnych taksonów, reprezentujących AP i NAP, liczono od ich sumy. Udział pyłku roślin wodnych i spor liczono w stosunku do sumy AP + NAP i sumy pozostałych sporomorfi.

W przypadku profili z północnego Mazowsza wartość procentowa AP i NAP liczono od łącznej sumy AP, NAP, spor i roślin wodnych. W ten sposób uzyskane wartości procentowe wykazują duże różnice, które mogą powodować nieprawidłowe korelacje wiekowe, szczególnie w przypadku okresów chłodnych, które cechuje duże wzajemne podobieństwo florystyczne. Dodatkowymi utrudnieniami są brak ciągłych sekwencji pyłkowych, duże odległości między miejscami poboru próbek oraz występowanie nieciągłości w profilach osadów.

Stuchlik (1994) na podstawie zapisu palinologicznego wydzielił pięć okresów rozwoju roślinności zapisanych w formacji preglacjalnej (tab. 8). Najstarszy I okres, udokumentowany jedynie w stanowisku Różce, charakteryzuje przewaga pyłku drzew reprezentowanych m.in. przez *Pinus*, *Quercus*, *Carpinus*, *Fagus*, *Tilia*, *Tsuga*, *Nyssa*, *Castanea*, *Taxodiaceae*–*Cupressaceae*, *Carya* i *Pterocarya*. Na podstawie ogólnego charakteru flory pyłkowej, roślinności i klimatu za czas sedimentacji uznano pliocen, reuver (Stuchlik, 1987; Zagwijn, 1960). Taki charakter spektrów pyłkowych pozwala na korelację tego okresu z I okresem klimatyczno-stratygraficznym sytuowanym w pliocenie (tab. 8), pomimo braku pyłku *Sequoia* t., bardzo wysokich wartości *Fagus* i ubóstwa flory pyłkowej w stosunku do flory z Wólki Ligęzowskiej.

Roślinność okresów II i IV wyróżnionych przez Stuchlika (1994) charakteryzuje zmienny udział NAP, którego wysokie wartości wskazują na otwarty krajobraz, a spadek wartości wiąże się ze zwiększoną frekwencją pyłku brzozy i sosny. Taki zmienny charakter roślinności jest związany z oscylacjami klimatycznymi o charakterze stadiałów i interstadiałów, charakteryzujących początek zlodowaceń. Podobieństwo flory pyłkowej i zbiorowisk roślinnych między okresami II i IV, wyróżnionymi przez Stuchlika (1994), a zimnym III i IV okresem klimatyczno-stratygraficznym, wyróżnionym w profilach z Wólki Ligęzowskiej, Wysokina, Sacina, Cetenia 8 i Cetenia 9, pozwala na równowiekowe korelacje klimatyczno-stratygraficzne. Chociaż na południowym Mazowszu w czasie III okresu klimatyczno-stratygraficznego Wólka Ligęzowska, którego ekwiwalentem jest okres II wyróżniony przez Stuchlika (tab. 8) i Różce (Baraniecka, 1995), bardzo licznie występował pyłek *Ericaceae*, który miał nikły udział w profilach z rejonu Otwocka.

W III i V ciepłych okresach przynależnych do plejstocenu w podziale Stuchlika (1994) oprócz przedstawicieli flory arktycznotrzeciorzędowej *Quercus*, *Ulmus*, *Carpinus*, *Fagus*, *Pterocarya*, *Carya* i *Castanea* stosunkowo licznie i regularnie występuje pyłek przedstawicieli flory paleotropikalnej P2, reprezentowanych przez *Nyssa* i *Engelhardtia* oraz *Taxodiaceae*. Powszechnie jest uznawane, że taksony te nie przechodzą do plejstocenu na terenie północno-zachodniej i środkowej Europy, a zasięg ich występowania kończy się w pliocenie (Zagwijn, 1960; de Jong, 1988). Obecność tych taksonów wynika z redepozycji, jako że zapis palinologiczny występuje w osadach piaszczystych i piaszczysto-mułkowych. O obecności tych taksonów na wtórnym złożu może świadczyć również ich występowanie w okresach chłodnych.

Z porównania III okresu ciepłego, wyróżnionego przez Stuchlika, z IV ciepłym okresem klimatyczno-stratygraficznym, opisanym w tej pracy, widać wyraźne różnice w spektrach pyłkowych. W lokalnych poziomach wyróżnionych na podstawie nielicznych próbek w profilach z rejonu południowego Mazowsza brak jest zapisu z wyraźnym udziałem *Quercus*, *Pterocarya*, *Carya*, *Ulmus* i *Carpinus*. Spektra te cechuje wysoki udział pyłku *Picea*. Stuchlik (1987, 1994) koreluje III okres z tegelenem wyróżnionym w profilach z Holandii i Niemiec (Zagwijn, 1963). Dla obu okresów charakterystyczne jest występowanie wysokich wartości *Alnus*, *Pterocarya*, stała obecność *Cupressaceae* i znaczący udział *Picea*. Zagwijn (1963) podzielił tegelen na trzy jednostki – TA – ciepłą, TB – chłodną i TC – z ciepłymi i chłodnymi oscylacjami klimatycznymi TC1, TC2/3, TC 4, TC 5 i TC 6. W poziomie TC 6 jest już znaczący udział NAP z przewagą pyłku *Pinus* i *Picea* oraz śladowym udziałem *Quercus*, *Carpinus*, *Ulmus* i *Corylus*. Być może próbki z głębokości 53,3–57,1 m w profilu Ponurzyca zaliczone już do eburonu, z wartościami NAP dochodzącymi do 20%, wysokim udziałem *Pinus* i *Picea*, z niskim udziałem drzew o wyższych wymaganiach klimatycznych można korelować wiekowo jeszcze z TC 6. Przy takiej interpretacji tej części diagramu z Ponurzyca może odpowiadać IV ciepły okres klimatyczno-stratygraficzny.

Kosmowska-Ceranowicz (1987) na podstawie analizy litologicznej i przynależności do kompleksu granatowo-chlorytowego zalicza natomiast osady z Ponurzyca z głębokości 51,4–78,5 m (okres I i II) do ostatniego cyklu sedimentacji związanej z górnym pliocenem.

Wprawdzie IV okres wyróżniony przez Stuchlika może odpowiadać początkowi VI ciepłego okresu klimatyczno-stratygraficznemu wyróżnionemu w Ceteniu 9 (tab. 8), jednak brak jest odpowiednika dla całej sekwencji z tego stanowiska, a tym samym zapisu ocieplenia ceteń.

Z porównania diagramów pyłkowych z Wólki Ligęzowskiej, Wysokina, Cetenia 8 i Cetenia 9 z profilem z Ochoty wynika, że istnieją bardzo duże różnice florystyczne między omawianymi diagramami. Wprawdzie Różycki (1972) zaliczył ten profil do środkowego pliocenu, jednak opinia Stuchlika (1975, 1987) o górnomiocenijskim wieku flory z Ochoty jest zgodna z palinoflorą charakterystyczną dla górnego miocenu. Również Kosmowska-Ceranowicz (1987) na podstawie badań mineralogiczno-petrograficznych zalicza osady z serii Ochoty do miocenu.

Datowane palinologicznie osady zaliczone do pliocenu i najstarszego pliocenu udokumentowano w profilu z Mizernej (Szafer, 1954). W diagramie pyłkowym z Mizernej wydzielono wiele faz, z których najstarszą przypisano do górnego pliocenu. Powyżej wydzielone fazy miałyby odpowiadać najstarszemu plejstocenowi, w tym zlodowaceni Günst. Według interpretacji Stuchlika (1994) sedimentacja osadów rozpoczyna się już w dolnym pliocenie, a fazy, które wydzielił – I i II – są prawdopodobnie analogiem I i II okresu klimatyczno-stratygraficznego wydzielonego w Wólce Ligęzowskiej. Ocenę wiekową osadów z faz II/III, III, III/IV i IV oparto na wątplych przesłankach palinologicznych i raczej niemożliwa jest korelacja faz z Mizernej z fazami wydzielnymi dla środkowej Polski.

Odwiercenie profilu w Mizernej – stanowisko Mizerna-Nowa (Podhale), pozwoliło na wykonanie badań palinologicznych z 38-metrowej serii osadów jeziorno-rzecznych (Birkenmajer, Worobiec, 2012). Problemem w korelacji wiekowej osadów z Mizernej-Nowej na podstawie danych palinologicznych z danymi palinologicznymi uzyskanymi z osadów ze stanowisk z południowego Mazowsza jest włączenie spor do sumy podstawowej, od której są liczone wartości procentowe. Przy takim obliczaniu wartości procentowej pyłku następuje zafałszowanie udziału takich komponentów zbiorowisk roślinnych jak drzewa, krzewy, krzewinki i rośliny zielne, a szczególnie bardzo istotnego w osadach plioceńskich stosunku AP/NAP, stanowiącego podstawę do wyznaczania granic florystycznych pomiędzy piętrami (Zagwijn, 1960; Mamakowa, 1989).

W profilu Mizerna-Nowa przeważa pyłek drzew iglastych: *Pinus*, *Picea*, *Abies*, *Tsuga*, *Sciadopitys* i *Sequoia*, a drzewa liściaste są reprezentowane przez *Fagus*, *Quercus*, *Carpinus*, *Juglans*, *Castanea*, *Ilex* i *Tilia*. Udział taksonów związanych z wilgotnymi i podmokłymi warunkami edaficznymi jest znaczący. Wyższe wartości osiąga pyłek *Alnus*, *Taxodium/Glyptostrobus*, którym towarzyszy *Carya*, *Pterocarya*,

*Ulmus*, *Acer* i *Salix*. Znaczące są wartości pyłku *Betula* i Cyperaceae, Poaceae, Asteraceae, Ranunculaceae, *Theligonum* i innych roślin zielnych. Cykliczne pojawianie się pyłku *Taxodium/Glyptostrobus* i *Fagus* wskazuje na silny wpływ klimatu oceanicznego. Podobne oscylacje klimatyczne są zapisane w profilu z Wólki Ligęzowskiej w I okresie klimatyczno-stratygraficznym, ale w stanowisku Mizerna-Nowa brak jest prawdopodobnie zapisu II, a na pewno III chłodnego okresu klimatyczno-stratygraficznego, reprezentującego już plejstocen. Różnice wynikające między florą pyłkową z Wólki Ligęzowskiej a z Mizernej-Nowej wynikają z górskiego położenia drugiego stanowiska i są wyrażone wyższym udziałem zarówno pyłku drzew iglastych, jak i *Fagus*. Wysoki udział pyłku roślin zielnych, szczególnie Poaceae i Cyperaceae, oraz charakter zmian roślinności udokumentowany w stanowisku z Mizernej-Nowej są bardzo podobne do zmian zachodzących w profilu z Hambach w Niemczech (Heumann, Litt, 2002), w którym zapis palinologiczny wskazuje na zbliżone oscylacje wilgotności klimatu.

Osady górnego pliocenu stwierdzono w stanowisku Kłodzka (Jahn i in., 1984). Jednak korelacja diagramów pyłkowych z Kłodzka i diagramów pyłkowych z Wólki Ligęzowskiej, Wysokina i Cetenia 8 jest bardzo utrudniona, ponieważ diagramy z Kłodzka mogą reprezentować roślinność górskiej prowincji geograficzno-roślinnej o odmiennym lokalnym klimacie. Bardzo wysokie wartości pyłku *Picea*, *Sciadopitys*, *Abies* i *Tsuga* mogą świadczyć o istnieniu piętra lasów świerkowych w Sudetach. Na uwagę zasługują wysokie wartości *Aesculus*, sięgające 12,3%, niespotykane w profilach z formacji preglacjalnej, w której pyłek pojawia się pojedynczo w osadach zaliczanych do dolnego pliocenu. We florze pyłkowej z Kłodzka licznie występuje pyłek *Parrotia*. Istniejące różnice wskazują na starszy wiek osadów z Kłodzka, których sedimentacja nastąpiła najpóźniej we wczesnym dolnym pliocenie, a może jeszcze w najwyższym miocenie.

Badania palinologiczne osadów z formacji z Gozdniczy (Badura i in., 2006), występujących w Tułowicach na Równinie Niemodlińskiej, rejestrują florę pyłkową z przewagą drzew iglastych (*Pinus*, *Picea*, *Abies*, *Tsuga*) i niższym udziałem *Carpinus*, *Quercus*, *Corylus*, *Alnus* i *Ulmus*. Pyłek *Carya*, *Pterocarya* i *Liquidambar* ma zmienny udział i licznie pojawia się w profilu Tułowice IIb. Spektra z tego stanowiska można korelować ze spektrami z II okresu klimatyczno-stratygraficznego, reprezentującego górny pliocen.

Do nielicznych stanowisk z osadami uznanymi za plioceńskie należą profile Ławki 17C i Ławki 18F z kopalni Bełchatów (Krzyszowski, Szuchnik, 1995). W diagramach pyłkowych z obu profili wyróżniono wspólny poziom pyłkowy F1, charakteryzujący się wysokimi wartościami drzew iglastych (*Pinus*, *Tsuga* (8%) i *Abies* (6%)). Wartości *Taxodiaceae-Cupressaceae* i *Sequoia* są stosunkowo niskie. Bardzo wysokie wartości osiąga *Fagus* (do 20%), *Ulmus* (do 19%) i *Carpinus* (do 9%). Licznie występuje *Reevesia* – do 2%. Poziom ten cechuje się stosunkowo niskimi wartościami pyłku *Quercus* i roślin zielnych. Taka charakterystyka poziomu pyłkowego F1 wskazuje, że nie może on być kore-



lowany z I okresem pyłkowym wyróżnionym w diagramach pyłkowych z Wólki Ligęzowskiej, Wysokina i Cetenia 8. Podobne spektra pyłkowe występują w osadach najwyższej serii fluwialnej w sekwencji osadów neogeńskich rowu Kleszczowa, a ich wiek określono na górny–środkowy miocen (Krzyszowski, Winter, 1996).

Spektra pyłkowe poziomu F2 wyróżnionego w diagramie Ławki 18F i spektra pyłkowe diagramu Ławki 18A charakteryzują się dominacją elementów florystycznych właściwych dla strefy borealnej i należą już do plejstocenu. Ze względu na podobieństwo różnowiekowej flory chłodnej występującej w plejstocenie nie można jednak bliżej określić wieku badanych osadów.

Diagram pyłkowy z Kaznowa (Janczyk-Kopikowa, 1981) prezentuje również spektra pyłkowe z florą chłodną charakterystyczne dla wczesnego plejstocenu. Ze względu na obecność pyłku Taxodiaceae–Cupressaceae florę tę należałoby raczej korelować z praetegelenem niż eburonem. Z kopalni Bełchatów również pochodzi paleobotaniczny profil VI (Stuchlik i in., 1990). Ze względu na stosunkowo chłodny charakter flory profil ten skorelowano z profilami z Ruszowa (Stachurska i in., 1967) i Sośnicy (Stachurska i in., 1973; Sadowska, 1992). Jednak występowanie w profilu szczątków kostnych ssaków prezentujących typowo pannońską faunę sugeruje nieco starszy niż dolnoplioceński wiek badanych osadów.

Badania osadów formacji preglacjalnej okolic Cetenia metodą analizy pyłkowej są kontynuacją badań zapoczątkowanych przez Borówko-Dłużakową (1968, 1977). Autorka ta określiła wiek osadów z profilu Ceteń na schyłek interglacjału kromerskiego. Na podstawie badań petrograficznych Kosmowska-Ceranowicz (1976) skorelowała osady z Cetenia z warstwą profilu z Ponurzyca, reprezentowaną przez osady zaliczone przez Baraniecką (1975) do zlodowacenia otwockiego i interglacjału celestynowskiego. Makowska (1977) ze względu na wykształcenie, litologię i położenie geomorfologiczne osadów z Cetenia zaliczała je do formacji preglacjalnej i korelowała z waalem.

Opracowanie serii osadów z Cetenia 9 wykazało odrębność wiekową osadów z obu stanowisk. Sekwencja z Cetenia 9 prezentuje zupełnie inny charakter zmian roślinności, wskazujący na zdecydowanie cieplejsze warunki klimatyczne i inny wiek osadów. Po analizie sytuacji geologicznej osadów z otworu Ceteń 9 i z odkrywki Ceteń nad Drzewiczką i wyników analizy pyłkowej Cetenia 9 Makowska (ten tom) zaliczyła osady z Cetenia do interglacjału augustowskiego. Charakter zmian roślinności w stanowisku Ceteń nad Drzewiczką nie wyklucza takiej korelacji stratygraficznej i sekwencja może prezentować schyłek okresu ciepłego A I interglacjału augustowskiego (Winter, 2008, 2009)

Dane palinologiczne z osadów jeziorno-rzecznych z południowo-wschodniej Holandii i zachodnich Niemiec (Zagwijn, 1957, 1960, 1963) służyły do ustalenia stratygrafii osadów lądowych dla górnego miocenu, pliocenu i plejstocenu dolnego w północno-zachodniej Europie i rekonstrukcji zmian paleoklimatu zachodzących w tym czasie. Zagwijn

(1960, 1992, 1998) na podstawie flory pyłkowej podzielił pliocen na dwa podpiętra – starsze brunssum i młodsze reuver. Taksonem charakterystycznym dla brunssum jest *Sequoia*, której pyłek osiąga bardzo wysokie wartości – przekraczają 70%. Bardzo licznie występuje również pyłek *Taxodium* t. W reuverze wartości *Sequoia* spadają, a taksonami charakterystycznymi są *Taxodium* t., *Sciadopitys*, *Nyssa*, *Liquidambar*, *Aesculus*, *Carya*, *Pterocarya*, *Tsuga* i *Fagus*. Z porównania składu flory pyłkowej z I okresu klimatyczno-stratygraficznego (faza 1 WL) stwierdza się duże podobieństwo wyrażające się obecnością pyłku *Sequoia*, *Nyssa*, Taxodiaceae, Cupressaceae, *Liquidambar*, *Carya*, *Pterocarya*, *Tsuga* i *Fagus*. Takie podobieństwo flory pyłkowej pozwala na korelację tego okresu z brunssumem (Popescu i in., 2010). Ostrożnie należy podejść do korelacji zapisanych zmian w Wólce Ligęzowskiej z zonami a, b, c wydzielonymi w obrębie brunssumu (Popescu i in., 2010) z uwagi na nieprawdopodobnie długi czas sedymentacji osadów, który obejmowałby ponad 2 miliony lat. Wprawdzie zmiany klimatyczne zapisane w fazie 1 WL są wyraźne, ale mogą być krótkotrwałe i zgodnie ze stratygrafią z rdzeni głębokomorskich faza ta może liczyć ok. 40 tys. lat.

Silne podobieństwa we florze pyłkowej charakteryzują II okres klimatyczno-stratygraficzny i reuverian, w których następuje zanik taksonów związanych ze strefą klimatu subtropikalnego i umiarkowanie ciepłego i postępuje dominacja pyłku roślin borealnych. Zmiany we florze pyłkowej dokumentujące zmiany klimatyczne zapisane w II okresie klimatyczno-stratygraficznym (fazy 2 WL, 3 WL i 4WL), mogą odpowiadać podziałowi reuveru na zony a, b i c (Zagwijn, 1960).

Wczesnoplejstocieńskie zony pyłkowe zdefiniowane przez Zagwijn (1963, 1992) zostały uznane stopniowo za okresy oraz podokresy chronostratygraficzne i stały się podstawą do standardowego podziału tego odcinka plejstocenu nie tylko w Holandii, lecz także uzyskały ponadregionalne znaczenie. Najstarszy okres przynależny do plejstocenu wydzielony przez Zagwijn (1963) – pretegel – wyraża panowanie klimatu zimnego, który był przyczyną ostatecznego wyginięcia tzw. „taksonów trzeciorzędowych”, jak: Taxodiaceae, *Sequoia*, *Liquidambar* i innych z obszaru Europy. Z porównania III okresu stratygraficzno-klimatycznego, który odzwierciedla panowanie zimnego klimatu z cieplejszymi oscylacjami, wynika, że istnieje silne podobieństwo między tym okresem a pretegelem wyrażone rosnącym udziałem pyłku NAP, zarówno roślin zielnych, jak i krzewinek z rodziny Ericaceae. Podobieństwo flory pyłkowej jest uderzające i wskazuje na pierwsze tak silne oziębienie klimatu. Bez wątpliwości III okres klimatyczno-stratygraficzny stanowi odpowiednik klimatyczno-stratygraficzny pretegelenu.

Odniesienie do młodszych, ciepłych jednostek wyróżnionych przez Zagwijn (1963) jest problematyczne. Jak już rozważano wcześniej, zapisowi palinologicznemu w osadach rzecznych brakuje ciągłości, występują luki sedymentacyjne i erozyjne. Brak ciągłych sukcesji w profilach z Wysokina, Cetenia 8 uniemożliwia precyzyjne odniesienia wie-

kowe, niemniej wysokie wartości pyłku *Picea* w IV okresie klimatyczno-stratygraficznym mogą pozwalać na korelacje ze schyłkiem tegelenu C6 (Zagwijn, 1960).

Sukcesja pyłkowa ze stanowiska Ceteń 9 nie ma odpowiednika w danych palinologicznych z terenu Polski. Z elementów egzotycznych występują *Eucommia*, *Castanea*, *Ostrya* i *Ilex*, a sukcesja, wprawdzie niepełna, ma trójdzielny charakter związany z silnym wpływem klimatu kontynentalnego w środkowej części diagramu, co wyraża zanik *Eucommia*, *Ostrya* i *Ostrya/Carpinus* oraz *Corylus* i ekspansja roślin zielnych, a szczególnie Poaceae.

Zbliżone zmiany roślinności są zarejestrowane w diagramie z Leerdam, który uznano za stratotyp ciepłego okresu waalu usytuowanego w obrębie plejstocenu dolnego (Zagwijn, 1963; Zagwijn, de Jong, 1984). Bardzo zbliżoną sukcesję pyłkową również wyróżniono w diagramie w górnej części profilu z Eindhoven I i skorelowano z waalem (Zagwijn, 1963). Waal podzielono na trzy poziomy pyłkowe – WA, WB i WC. W najstarszym poziomie WA dominuje pyłek drzew z *Pinus*, *Quercus*, *Carpinus*, *Ostrya*, *Picea*, *Tsuga* i *Eucommia* z udziałem *Corylus* oraz *Alnus*, *Ulmus* i *Pterocarya*. Sukcesja pyłkowa z poziomu WB dokumentuje silną zmianę klimatu związaną z kontynentalizacją i obniżeniem temperatury lata i zimy zaznaczoną spadkiem udziału pyłku *Alnus*, *Ostrya*, *Eucommia*, *Ulmus*, *Corylus* skorelowanym ze wzrostem wartości *Pinus* i Ericaceae. Ponowny powrót *Quercus*, *Ostrya*, *Carpinus*, *Corylus*, *Tsuga* oraz *Alnus*, *Ulmus* i *Pterocarya* wskazuje na wzrost wpływów klimatu morskiego i ocieplenie.

Podobieństwo we florze pyłkowej między stanowiskiem Ceteń 9 a Leerdam i Eindhoven I wyraża się obecnością tych samych komponentów roślinności leśnej, *Pinus* i *Betula* na początku i u schyłku sukcesji, a *Quercus*, *Carpinus*, *Ostrya*, *Ulmus* i *Corylus* w ciepłych poziomach. Wyższy udział *Alnus*, *Pterocarya*, *Tsuga* i Cupressaceae wynika najprawdopodobniej z silniejszych wpływów klimatu morskiego. W obu profilach zmiany roślinności, wskazujące na silną oscylację klimatyczną, są bardzo zbliżone. Rosnący udział pyłku *Alnus* i *Myrica* w profilu z Cetenia 9 świadczy nie tylko o rosnącym wpływie klimatu morskiego, ale także o ujednoliceniu zbiorowisk roślinnych na obszarze zachodniej i środkowej Europy.

W odniesieniu do podobieństw między sukcesjami reprezentującymi omawiany okres należy wspomnieć o stanowisku Heidelberg UniNord z Badonii-Wirtembergii (Hahne i in., 2008). Podobną sekwencją jest udokumentowana także w serii z Lieth (Schleswig-Holstein) i została odniesiona do waalu (Menke, 1975).

W stanowiskach ze środkowej Europy – Leerdam, Eindhoven I i II oraz Heilderberg, *Tsuga* stanowi bardzo istotny składnik zbiorowisk leśnych (Zagwijn 1960, 1963; Hahne i in., 2008), jednak w profilu z Lieth jest nieobecna, podobnie jak w Ceteniu 9, w którym pojawia się sporadycznie. Podobieństwo taksonomiczne i przebieg zmian w poziomach pyłkowych we wszystkich stanowiskach jest bardzo zbieżny i wskazuje na chłodną oscylację klimatyczną w obrębie okresu ciepłego. Wyższe wartości *Tsuga*, jak i Ericaceae w profilach z Holandii i Niemiec świadczą o większej wil-

gotności klimatu wynikającej z położenia geograficznego i silniejszych wpływów klimatu morskiego (Hahne i in., 2008).

Obecnie kwestionowany jest podział pliocenu i wczesnego plejstocenu w schemacie klimatyczno-stratygraficznym Holandii (Westerhoff i in., 1998; Dress, 2005; Donders i in., 2007; Kemna, Westerhoff, 2007; Westerhoff, 2009), który oparto na lokalnych palinozonach z zapisem charakterystycznych zmian roślinności i klimatu (Van der Vlerk, Florschütz, 1953; Zagwijn, 1957, 1960, 1963). Oczywiście podział osadów rzecznych i deltowych oparty tylko na zonach pyłkowych, nawet wsparty badaniami mineralogicznymi i paleomagnetycznymi, jest ułomny ze względu na luki sedymentacyjne i erozję osadów oraz fragmentaryczność zapisu palinologicznego.

Dress (2005) przeciwstawia się wydzieleniu pretegelenu jako pierwszego ochłodzenia w obrębie plejstocenu dolnego z uwagi na brak precyzyjnie wyrażonej górnej granicy między pretegelem a tegelem. W Wólce Ligęzowskiej, Hambach (Heumann, Litt, 2002) i innych profilach ze środkowej Europy zapis pyłkowy dokumentuje bardzo silne ochłodzenie wyrażone w taki sam sposób jak granica interglacjal/glacjal w profilach z osadami czwartorzędowymi (Andersen, 1961; Zagwijn, 1963; Mamakowa, 1989). Granicę pomiędzy pliocenem i plejstocenem wyznacza dominacja pyłku roślin zbiorowisk otwartych lasostepu, chłodnego stepu, stepotundry i tundry, pojawiających się w wyniku ochłodzenia klimatu. Podobnie wyznacza granicę pliocen/plejstocen Menke (1975) w profilu Oldenswort, korelując najwyższą część diagramu pyłkowego z holenderskim praetiglianem. Również Kondratiene (1996) zalicza pierwsze chłodne flory pyłkowe do plejstocenu, a ściślej – do eoplejstocenu.

Dolna granica tego oziębienia pozostaje w ciągłości ze zmianami charakterystycznymi dla górnego pliocenu i pozycja tego okresu jest jednoznacznie wyznaczona. Problemem pozostaje wyznaczenie granicy między pretegelem a tegelem, jak również między okresami zimnymi w Wólce Ligęzowskiej i Hambach z powodu braku pełnych sukcesji, które wyznaczyłyby okresy ciepłe.

Daleko idące podobieństwa występują również pomiędzy florą należącą do górnego pliocenu z Niemiec (Menke, 1975) i ze środkowej Polski. W diagramie pyłkowym z Oldenswort w poziomie należącym do reuverianu stwierdza się występowanie taksonów charakterystycznych dla pliocenu *Sequoia*, Taxodiaceae-Cupressaceae, *Nyssa* i *Sciadopitys*. Podobnego typu flora charakteryzuje pliocen na terenie Litwy (Kondratiene, 1996) i Białorusi (Ryłowa, 1980).

Porównanie sekwencji pyłkowych i ich korelacja z sekwencjami pyłkowymi ze środkowej Europy nie nastęrczają większych problemów z uwagi na położenie w tej samej strefie klimatycznej i stosunkowo małe odległości między porównywanymi profilami. Trudniejsza jest korelacja wiekowa profili ze strefy śródziemnomorskiej i środkowej Europy w przypadku braku badań paleomagnetycznych lub oznaczeń wieku bezwzględne. Pierwsze próby porównania odległej flory pyłkowej, a tym samym korelacji wiekowych dla obu tych regionów przeprowadzili Suc i Zagwijn (1983), opierając się na założeniu, że zmiany w zbiorowiskach roślinnych wynikające ze zmian klimatu są paralelne

dla północnej i południowej Europy. Historia zmian roślinności w północno-zachodniej części rejonu śródziemnomorskiego jest zapisana m.in. w osadach z wierceń morskich – Garraf I i i Autan (Suc, Cravatte, 1982). Osady są datowane na podstawie podziału otwornic (Foraminifera), stratygrafii opartej na małych ssakach i pomiarach paleomagnetycznych. Na podstawie danych palinologicznych i poziomów otwornicowych wyróżnionych w profilu Garraf I jest rejestrowane silne oziębienie klimatu wyrażone zanikiem zbiorowisk leśnych i w konsekwencji rozwojem stepów (Suc, Popescu, 2005). Regresja zbiorowisk roślinnych w całej Europie i rozwój stepów na południu oraz stepotundry na północy Europy pozwalają na ponadregionalne korelacje z pretegelemem.

## DATOWANIA

Wyznaczanie wieku bezwzględnego osadów z Wólki Ligęzowskiej, Wysokina, Cetenia 8, Cetenia 9 i Sacina wyłącznie na podstawie badań palinologicznych jest dyskusyjne. Problemy z datowaniem osadów fluwialnych i starorzeczy utrudniają usytuowanie wiekowe serii z Wysokina i Cetenia 8 i 9. Inaczej można oceniać sekwencję z Wólki Ligęzowskiej. Mimo braków w sukcesji pyłkowej, wynikających z nieciągłości osadów i przewarstwień piaszczystych, stopniowe zmiany roślinności, a przez to i klimatu, wyraźnie wpisują się w charakter globalnych zmian klimatycznych charakterystycznych dla dolnego i górnego pliocenu (do ok. 2,6 Ma) i plejstocenu dolnego. Według Popescu i in. (2010) sedymentacja osadów z Wólki Ligęzowskiej rozpoczęła się ok. 5,4 Ma (tab. 9). Brak szczegółowych danych palinologicznych z ciągłych profili obejmujących górny miocen i dolny pliocen w obszarze Polski uniemożliwia określenie dolnej granicy wiekowej depozycji osadów I okresu klimatyczno-stratygraficznego. Pomijając nieprawdopodobnie długi czas sedymentacji osadów (ok. 2,4 Ma), trzykrotna silna oceanizacja i ocieplenie klimatu nie muszą koniecznie odpowiadać trójdzielnemu podziałowi brunsumianu (Zagwijn, 1960; Popescu i in., 2010). Niewykluczone, że podobne zmiany mogły powtarzać się wielokrotnie w czasie dolnego pliocenu i bez dodatkowych badań paleomagnetycznych nie jest możliwe określenie wieku rozpoczęcia sedymentacji.

Pierwsze symptomy formowania się czapy lodowej wyrażone wzrostem wartości delta  $\delta^{18}\text{O}$  w osadach głębokomorskich i wzrostem udziału materiału eratycznego pochodzącego z gór lodowych w Morzu Norweskim, a także w północnym Atlantyku (Mudelsee, Ramo, 2005) miały miejsce ok. 3,6 Ma. Prawdopodobnie zanik roślinności należącej do elementu paleotropikalnego można wiązać z pierwszymi symptomami zlodowacenia półkuli północnej i jest on efektem globalnego ochłodzenia. W takim kontekście granica między I a II okresem stratygraficzno-klimatycznym mogłaby przypadać w przybliżeniu na 3,6 Ma i być o 200 ka starsza niż wyznaczona w pracy Popescu i in. (2010) datowana na 3,37 Ma, a ekstrapolowana z klimatyczno-stratygraficznej interpretacji palinologicznych danych z morskiego wiercenia z Morza Czarnego – stanowisko 380.

Sekwencja pyłkowa z Wólki Ligęzowskiej obejmująca dolny pliocen wskazuje na silne podobieństwo między zbiorowiskami z południowej Europy i wpisuje się doskonale w proces przeobrażeń roślinności i zmian klimatu zachodzących na obszarze środkowej i południowej oraz południowo-wschodniej Europy (Suc, Cravatte 1982; Bertini, 1994; Popescu, 2001; Popescu i in., 2010). Cykliczne zmiany wyrażające się pojawianiem i zanikiem zbiorowisk leśnych z Taxodiaceae, *Nyssa* i *Sequoia* mają odpowiedniki w profilach z południowej Europy – Lupoia w Rumunii (Popescu, 2001), DSDP Site 380 na Morzu Czarnym (Popescu i in., 2010), Gaaraf w północno-zachodniej części Morza Śródziemnego (Suc, 1984), Po Valley we Włoszech (Bertini, 1994) i profil Rio Maior F 16 z Portugalii (Diniz, 1984).

Wiek granicy między neogenem a czwartorzędem przyjęmowany na 2,59 Ma jest bezsporny, ale zmiany roślinności mogły już rozpocząć się wcześniej – ok. 2,62 Ma, jak przyjęto w pracy Popescu i in. (2010) i być może tak należy stawiać granicę między II a III okresem klimatyczno-stratygraficznym w ujęciu klimatyczno-stratygraficznym (tab. 9).

Zmiany klimatyczne w okresie II można wiązać z postępującym ochłodzeniem klimatu. W czasie piacenzu, ok. 2,93–2,81 Ma, postępowało dalsze globalne ochłodzenie klimatu wyrażone globalnym eustatycznym obniżeniem poziomu morza na szelfach kontynentalnych o 45 m (Marks, 2010), które prawdopodobnie było przyczyną zaniku elementów flory A1, reprezentowanej przez *Carya*, *Pterocarya*, *Juglans*, *Ilex*, *Castanea* i *Eucommia*. Następny silny, chłodny impuls klimatyczny nastąpił ok. 2,72 Ma (MIS 110) i wyraził się dalszym spadkiem poziomu morza o kolejne 45 m oraz początkiem zlodowacenia kontynentalnego półkuli północnej (Bartoli i in., 2005). Tak znaczące ochłodzenie klimatu mogło być przyczyną całkowitego zaniku *Quercus*, *Ulmus*, *Fagus* i *Carpinus* w zbiorowiskach roślinnych i uformowania się lasów zdominowanych przez sosnę, a następnie zbiorowisk otwartych. Silny impuls klimatyczny wyrażony globalnym ochłodzeniem rozpoczął się 2,58 Ma (Marks, 2010) i objął MIS 100-96 (Leroy, 2007).

Określenie wieku sedymentacji osadów z Wysokina i Cetenia 8 powyżej osadów zaliczonych do brunsumu jest bardzo utrudnione z powodu braku poziomów z ciepłą florą pyłkową. Odnosząc się do ponadregionalnych podziałów Europy, dane z III i IV okresem można korelować ze schyłkiem tegelenu i początkiem eburonu. Granicę między tymi jednostkami stawiano w różnej pozycji czasowej – od 1,56 Ma przez 1,7 Ma do 1,76 Ma (Popescu i in., 2010). Przy korelacji ocieplenia ceteń z holenderskim waalem ustalenie chronostratygraficzne osadów z Cetenia 9 jest już bardziej prawdopodobne (tab. 9). Według powszechnie panującego poglądu ten ciepły okres trwał ok. 200 ka (Zagwijn, 1989; Leroy, 2007; Ogg i in., 2008) lub 250 ka (Zagwijn, 1998), a nawet 275 ka (Popescu i in. 2010). Usytuowanie w skali wieku bezwzględnego wynosi 0,95–1,25 Ma.

Tabela 9

**Estymacja wieku w Ma dla faz rozwoju roślinności i okresów klimatyczno-stratygraficznych (Zagwijn, 1973, 1998; Suc, Zagwijn, 1983; Kukla, Cilek, 1996; Leroy, 2007) i wybranych granic podziału klimatyczno-stratygraficznego NW Europy (Popescu i in., 2010)**

Estimation ages in Ma for phases of vegetation development and climato-stratigraphical periods (Zagwijn, 1973, 1998; Suc, Zagwijn, 1983; Kukla, Cilek, 1996; Leroy, 2007) and some limit boundaries of the NW Europe climatostratigraphic subdivision (Popescu *et al.*, 2010)

Okresy klimatyczno-stratygraficzne i fazy rozwoju roślinności		Klimatostratygrafia NE Europy	Zagwijn (1973)	Suc i Zagwijn (1983)	Kukla i Cilek (1996)	Zagwijn (1998)	Leroy (2007)	Popescu i in. (2010)
		BAVELIAN						
VII	9 C9	MENAPIAN III	~0,72	~1,0		~1,07	~1,05	0,85
		II						1,14
		I						1,18
VI	8 C9	WALLIAN c	0,9	1,2	~1,12	~1,25	~1,25	1,22
		b						1,28
		a						1,42
V	7 C9	EBURONIAN VII	1,7	1,6	~1,56	1,75	1,7	1,49
		VI						1,59
		I-V						1,63
IV	6 W	TIGLIAN C	~2,2	~1,8		~2,0	~2,25	1,76
		B						2,14
		A						2,18
III	5 WL	PRAETIGLIAN	2,6	~2,1	~2,19	~2,25	~2,25	2,43
II	4 WL	REUVERIAN C	~2,6	2,3		~2,6	2,45	2,62
	3 WL	B						~2,45
	2 WL	A						~2,7
I	1 WL	BRUNSSUMIAN C		~3,2				3,37
?	?	SSUMIAN B		~3,75				3,94
		A		~4,05				5,08
		SUSTERIAN		~5,2				5,45

Stanowisko Sacin jest jednym z nielicznych stanowisk datowanych paleomagnetycznie (Nawrocki, 1994). Uzyskany zapis paleomagnetyczny ma charakter złożony i zarazem nieciągły. Sedymantacja osadów górnej części badanego profilu do 17,7 m nastąpiła zapewne w epoce normalnego namagnesowania Bruhnes, czyli w czasie 0,78 Ma (Bassinot i in., 1994; Shackleton i in., 1995). Obraz paleomagnetyczny w części profilu poniżej 19,9 m jest zmienny i nie jest moż-

liwe określenie czy depozycja osadów nastąpiła w osadach starszych od plejstocenu. Niemniej sugeruje się, że wiek epizodów z namagnesowaniem normalnym wynosi ok. 1 i 2 Ma (Nawrocki, 1994). Spekttra pyłkowe z głębokości 42,3–43,1 m mogą wskazywać zarówno na późnoplejstocenijski, jak i wczesnoplejstocenijski wiek osadów, ale zostały one zaliczone do plejstocenu dolnego na podstawie badań paleomagnetycznych.

## WNIOSKI

Badania osadów formacji preglacjalnej z rejonu południowego Mazowsza były sporadyczne i wiek tych osadów nie był określony. Dopiero zastosowanie metodyki badań wykorzystywanej do analiz osadów czwartorzędowych pozwoliło uzyskać wysokorozdzielczy zapis palinologiczny zawarty w sekwencji pyłkowej ze stanowiska Wólka Ligęzowska. Korelacja wyników badań ze stanowisk Wysokin, Sacin, Ceteń 8 i Ceteń 9 z zapisem palinologicznym z Wólki Ligęzowskiej umożliwiła rekonstrukcję długotrwałej historii rozwoju roślinności i zmian klimatycznych zapisanych w formacji preglacjalnej.

Z profili zawierających zapis długich sekwencji pyłkowych, do których należy Wólka Ligęzowska, a w których są udokumentowane dużej rangi zmiany klimatyczne, możliwe jest uzyskanie danych palinologicznych pozwalających na ich odniesienie do określonych jednostek chronostratygraficznych, a tym samym sprecyzować wiek badanych osadów.

W profilu z Wólki Ligęzowskiej występuje ciągłość sekwencji zmian roślinności od zbiorowisk lasu bagiennego, związanego z klimatem subtropikalnym, przez zbiorowiska lasu mezofilnego, charakterystycznego dla umiarkowanej strefy klimatycznej, zbiorowiska roślinności, które można odnieść do strefy borealnej, a ostatecznie do strefy o klimacie subarktycznym. Rodzaje zbiorowisk roślinnych i charakter zmian roślinności pozwala na ich korelację z innymi profilami o znanym wieku, których depozycja nastąpiła w czasie pliocenu i plejstocenu dolnego.

Dane palinologiczne z sekwencji pyłkowej z Wólki Ligęzowskiej wpisują się w globalne trendy klimatyczne, występujące w pliocenie i plejstocenie oraz są analogiczne do zmian klimatu, które zachodziły w obrębie plioceńskich i plejstoceńskich cykli klimatycznych zanotowanych w wielu stanowiskach na świecie. Pomimo braku badań izotopu tlenu wydzielone okresy klimatyczno-stratygraficzne odzwierciedlają długotrwałe trendy klimatyczne, które są analogiczne do zmian zachodzących w dolnym i górnym pliocenie oraz stanowią bazę do wyznaczenia granicy neogen/czwartorzęd (GNCz). Fazy rozwoju roślinności stanowią podstawy do szczegółowego odtworzenia fluktuacji i oscylacji w obrębie cyklu klimatycznego oraz wyznaczenia różnej rangi granic stratygraficznych.

Na Niżu Polskim dokumentacja palinologiczna tego odcinka czasu była sporadyczna, a dane palinologiczne bardzo fragmentaryczne i dyskusyjne. Brak ciągłych sekwencji pyłkowych reprezentujących górny pliocen uniemożliwił odtworzenie historii roślinności i klimatu u jego schyłku. Dane palinologiczne uzyskane ze stanowiska Wólka Ligęzowska dokumentują zmiany roślinności analogiczne do zmian roślinności znanych ze schyłkowej części interglacjalów w plejstocenie glacialnym, a wyrażone zanikiem ciepłolubnych taksonów i rozwojem zbiorowisk leśnych z sosną i brzozą, a następnie z rosnącym udziałem roślin zielnych. Cha-

rakter zmian klimatycznych, wnioskowanych ze zmian roślinności, wpisuje się w cykl zmian klimatycznych o znaczeniu ogólnoświatowym, ze szczególnym odniesieniem do granicy neogen/ czwartorzęd.

I i II okresy klimatyczno-stratygraficzne reprezentują pliocen, pierwszy z nich należy do dolnego pliocenu. Czas sedymentacji osadów z zapisem tego okresu może kończyć się na 3,6 Ma, ale nie jest wykluczone, że dopiero na 3,37 Ma. Problemem pozostaje określenie początku sedymentacji badanych osadów. Na podstawie standardowego podziału pliocenu i wyznaczenia czasowej GNCz, czas trwania II okresu można zamknąć między 3,6–2,58 Ma, ale nie wykluczony jest czas 3,12–2,62 Ma. Oczywiście takie różnice mogą wynikać z diachroniczności procesów i nieciągłości badanych osadów.

Osady lądowe z pliocenu i granicy z czwartorzędem występują w nielicznych stanowiskach na terenie środkowej Europy. Wyróżnienie różnorodnych zbiorowisk roślinnych w stanowisku Wólka Ligęzowska pozwala na odtworzenie warunków klimatycznych i ponadregionalne korelacje roślinno-klimatyczne środkowej Europy ze względu na podobieństwo zbiorowisk roślinnych i podobny rytm zmian klimatycznych występujących w pliocenie oraz na początku plejstocenu w środkowej Europie.

Dominującym trendem zmian klimatu w czasie pliocenu, oprócz spadku temperatury w zimie i zwiększenia sezonowości pór roku, był silny spadek wilgotności klimatu wyrażony obniżeniem ilości opadów i zmniejszeniem wilgotności powietrza, wyraźnie udokumentowany w diagramie z Wólki Ligęzowskiej. Zmiany te objęły całą środkową, zachodnią i południową Europę, co umożliwiło transgraniczne korelacje wiekowe osadów z Wólki Ligęzowskiej z profilami z południowo-wschodniej i południowej Europy.

Z kolei podobieństwa flory pyłkowej i zbiorowisk roślinnych z okresów zimnych plejstocenu wraz z fragmentarycznym zapisem chłodnych sekwencji pyłkowych ze stanowisk Wysokin i Ceteń 8 utrudnia identyfikację wiekową osadów. Wyrażona wysokim udziałem Ericaceae, a bardzo niskim w Wysokinie i brakiem w Ceteniu 8, różnica w zbiorowiskach roślinnych okresu zimnego w Wólce Ligęzowskiej, może wiązać się z różnym wiekiem badanych osadów w obrębie plejstocenu dolnego. Jednocześnie bez względu na korelacje wiekowe należy stwierdzić, że występują już wyraźne różnice w zbiorowiskach roślinnych okresów chłodnych między Holandią i Niemcami a Polską, wyrażone minimalnym udziałem Ericaceae w profilach z Polski. Zjawisko to może wskazywać na spadek wilgotności w okresach zimnych, związany ze spadkiem poziomu mórz i malejącym wpływem klimatu oceanicznego na terenie Polski.

Wiek rozpoczęcia depozycji osadów formacji preglacjalnej po uwzględnieniu wyników badań z Wólki Ligęzowskiej i innych profili przesunięto na dolny pliocen i częściowo objął plejstocen dolny. Wprawdzie dane palinologiczne z bada-

nych profili nie wskazują na czas zakończenia sedymentacji formacji preglacjalnej, ale uwzględniając sytuację geologiczną osadów z Cetenia nad Drzewiczką i wyniki badań paleomagnetycznych, można sądzić, że objął on nawet wczesny plejstocen środkowy.

**Podziękowania.** Serdecznie dziękuję doc. dr hab. Aureli Makowskiej za ogromny trud i pracę włożoną w opracowanie geologiczne formacji preglacjalnej i za współpracę przy opracowaniu tej monografii. Podziękowania składam również recenzentom dr. Wojciechowi Granoszewskiemu i prof. Barbarze Woronko.

## LITERATURA

- AALBERSBERG G., LITT T., 1998 — Multiproxy climate reconstructions for the Eemian and Early Weichselian. *J. Quatern. Sci.*, **13**, 5: 367–390.
- AKMAN Y., 1982 — Climats et bioclimats méditerranéens en Turquie. *Ecol. Mediterranea*, **8**: 1–2.
- ALEKSANDROWICZ S., BIRKENMAJER K., BURCHART J., CIEŚLIŃSKI S., DADLEZ R., KUTEK J., NOWAK W., ORŁOWSKI S., SZULCZEWSKI M., TELLER L., 1975 — Zasady polskiej klasyfikacji i nomenklatury stratygraficznej. Wydaw. Geol., Warszawa.
- ANDERSEN S.Th., 1961 — Vegetation and its environment in Denmark in the Early Weichselian Glacial (Last Glacial). *Danm. Geol. Unders.*, **2**: 75.
- AQUIRRE E., PASINI G., 1985 — The Pliocene-Pleistocene boundary. *Episodes*, **8**, 2: 116–120.
- AREŃ B., 1957 — Atlas geologiczny Polski. Zagadnienia stratygraficzno-facjalne. Z. 11. Trzeciorzęd. Wydaw. Geol., Warszawa.
- BADURA J., PRZYBYLSKI K., SALOMON T., WINTER H., 2006 — Sedymentologiczny i paleobotaniczny zapis zmian klimatu w pliocenich osadach rzecznych południowo-wschodniej części Niziny Śląskiej. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **421**: 1–14.
- BALIŃSKA-WUTTKE K., 1964 — Badania morfometryczne ziarn piasków plejstocenich w dorzeczu Rawki. *Biul. Geol. Wyzd. Geol. UW*, **3**.
- BAŁUK A., 1987 — Osady preglacjalne z Opaleńca koło Chorzeli (Równina Kurpiowska). *W: Problemy młodszego neogenu i eoplejstocenu w Polsce* (red. A. Jahn, S. Dyjor): 67–76. Ossolineum, Wrocław.
- BARANIECKA M.D., 1975 — Znaczenie profilu z Ponurzyca dla badań genezy i wieku preglacjalnego Mazowsza. *Kwart. Geol.*, **19**, 3: 651–662.
- BARANIECKA M.D., 1991 — Profil Różce na tle podstawowych profili osadów preglacjalnych na południowym Mazowszu. *Prz. Geol.*, **39**, 5/6: 254–257.
- BARTOLI G., SARNTHEIN M., WEINELT M., ERLKENKUSER H., GARBE-SCHÖNBERG D., LEA D.W., 2005 — Final closure of Panama and the onset of northern hemisphere glaciation. *Earth and Planetary Science Letters*, **237**: 33–44.
- BASSINOT F.C., LABEYRIE L.D., VINCENT E., GUIDELLEUR X., SHACKLETON N.J., LANCELOT Y., 1994 — The astronomical theory of climate and the age of Bruhnes-Matuyama magnetic reversal. *Earth and Planetary Science Letters*, **126**: 91–108.
- BER A., LINDNER L., MARKS L., 2007 — Propozycja podziału stratygraficznego czwartorzędu Polski. *Prz. Geol.*, **55**, 2: 115–118.
- BERTINI A., 1994 — Messinian-Zanclean vegetation and climate in North-Central Italy. *Hist. Biol.*, **9**: 3–10.
- BIRKENMAJER K., WOROBIEC E., 2013 — Pliocene freshwater pollen-bearing deposits in the Mizerna-Nowa borehole, West Carpathians, Poland. *Geol. Quart.*, **57**, 1: 73–88.
- BORÓWKO-DŁUŻAKOWA Z., 1968 — Palinologiczne opracowania osadów z Cetenia. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- BORÓWKO-DŁUŻAKOWA Z., 1977 — Diagram palinologiczny z profilu Ceteń nad Drzewiczką. *W: Przewodnik Sympozjum Terenowego pt. „Czwartorzęd zachodniej części regionu świętokrzyskiego”* (red. L. Lindner, Z. Michalska). Kielce, 6–10 czerwca 1977 r.: 126–127. Wydaw. Geol., Warszawa.
- BUJAK Ł., 2007 — Środowisko preglacjalne południowej części Niziny Mazowieckiej – zapis w cechach teksturalnych i strukturalnych [pr. doktor.]. Arch. WGiSR UW, Warszawa.
- BUJAK Ł., 2010 — Osady preglacjalne południowej części Niziny Mazowieckiej w świetle wyników analizy minerałów ciężkich. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **438**: 19–32.
- CRABBE J.A., JEREMY A.C., MICKEL J.T., 1975 — New generic sequence for the Pteridophyte herbarium. *Fern Gaz.*, **11**, 2/3: 141–162.
- DINIZ F., 1984 — Etude palynologique du bassin pliocène de Rio Maior. *Paléobiologie Continentale*, **14**: 259–267.
- DONDERS T.H., KLOOSTERBOER-VAN HOEVE M.L., WESTERHOFF W., VERREUSSEL R.M.C.H., LOTTER A.F., 2007 — Late Neogene continental stages in NW Europe revisited. *Earth Sci. Rev.*, **85**: 161–186.
- DRESS M., 2005 — An evaluation of the Early Pleistocene chronology of The Netherlands [www.PalArch.nl]. *Vertebrate palaeontology*, **1**, 1: 1–46.
- ERDTMAN G., 1960 — The acetolysis method. *Svensk. Botan. Tidskr.*, **54**, 4.
- FAEGRI K., IVERSEN J., 1989 — Identification keys for the Northwest European pollen flora. *W: Textbook of pollen analysis*, 4th edn (revised by K. Faegri et al.): 237–320. John Wiley & Sons, Chichester.
- FAUQUETTE S., GUIOT J., SUC J-P., 1998 — A method for climatic reconstruction of the Mediterranean Pliocene using pollen data. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **144**: 183–201.
- FERNÁNDEZ-MAZUECOS M., VARGAS P., 2010 — Ecological rather than geographical isolation dominates Quaternary formation of Mediterranean *Cistus* species. *Molecular Ecology*, **19**, 7: 1381–1395.
- GIBBARD P.L., HEAD M.J., MICHAEL J.C. WALKER. J.C. and THE SUBCOMMISSION ON QUATERNARY STRATIGRAPHY, 2009 — Formal ratification of the Quaternary System/

- Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. *J. Quatern. Sci.*, **25**: 96–102.
- GOŹDZIK J., JANCZYK-KOPIKOWA Z., KONECKA-BETLEY K., LINDNER L., MADEYSKA T., MAKOWSKA A., MOJSKI J.E., RZECZOWSKI J., 1988 — Zasady polskiej klasyfikacji terminologii i nomenklatury stratygraficznej czwartorzędu. *Instr. Met. Bad. Geol.*, **47**.
- GRANOSZEWSKI W., 2003 — Late Pleistocene vegetation history and climatic changes at Horoski Duże, eastern Poland: a paleobotanical study. *Acta Palaeobot.*, Supp., **4**.
- GUZMÁN B., VARGAS P., 2005 — Systematics, character evolution, and biogeography of *Cistus* L. (Cistaceae) based on ITS, trnL-trnF, and matK sequences. *Mol. Phylogenet. Evol.*, **37**: 644–660.
- HAHNE J., ELLWANGER D., STRITZKE R., 2008 — Evidence for a Waalian thermomere pollen record from the research borehole Heidelberg UniNord, Upper Rhine Graben, Baden-Württemberg. *E & G Quatern. Sci. J.*, **57**, 3/4: 403–410.
- HEUMANN G., LITT Th., 2002 — Stratigraphy and paleoecology of the Late Pliocene and Early Pleistocene in the open-cast mine Hambach (Lower Rhine Basin). *Netherlands Journal of Geosciences/ Geologie en Mijnbouw*, **81**, 2: 193–199.
- HOOGHMISTRA H., RAN E.T.H., 1994 — Upper and Middle Pleistocene climatic change and forest development in Colombia: pollen record Funza II (2–158 m core interval). *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **109**, 211–246.
- 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 species. *Quaternary Research*, **51**: 158–173.
- IVANOV D., 2004 — Pollen of some exotic plants in the Neogene of Bulgaria. *Acta Palaeobot.*, **44**, 1: 69–77.
- IVERSEN J., 1944 — *Viscum*, *Hedera* and *Ilex* as climate indicators. *Geol. För. Stockh. Förh.*, **66**: 463–483.
- JAHN A., ŁAŃCUCKA-ŚRODONIOWA M., SADOWSKA A., 1984 — Stanowisko tworów plioceńskich w Kotlinie Kłodzkiej. *Geol. Sudet.*, **18**, 2.
- JANCZYK-KOPIKOWA Z., 1981 — Analiza pyłkowa plejstocenijskich osadów z Kaznowa i Krępcza. *Biul. Inst. Geol.*, **23**: 249–257.
- JOHNSON R.L., 2013 — *Nyssa aquatica* L. Water Tupelo Cornaceae Dogwood family [www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics\_manual/volume\_2/nyssa/aquatica.htm].
- JONG J. de, 1988 — Climatic variability during the past three million years, as indicated by vegetational evolution in northwest Europe and with emphasis on data from The Netherlands. *Philosophical Transactions Royal Society London*, **318B**: 603–607.
- KEMNA H.A., WESTERHOFF W.E., 2007 — Remarks on the palynology-based chronostratigraphical subdivision of Pliocene terrestrial deposits in NW-Europe. *Quatern. Internat.*, **164/165**: 184–196.
- KETENOGLU O., TUG G.N., KURT L., 2010 — An ecological and syntaxonomical overviews of *Castanea sativa* and a new association in Turkey. *J. Environ. Biol.*, **31**: 81–86.
- KLEIVEN H. F., JANSEN E., FRONVAL T., SMITH T. M., 2002 — Intensification of Northern Hemisphere glaciations in the circum Atlantic region (3.5–2.4 Ma) – ice rafted detritus evidence. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **184**: 213–223.
- KLIMASZEWSKI M., 1958 — Rozwój geomorfologiczny terytorium Polski w okresie przedczwartorzędowym. *Prz. Geogr.*, **30**, 1: 5–33.
- KONDRATIENE O., 1996 — Stratigrafija i palieogeografija kwartera Litwy po paleobotaniczeskim danym. Academia, Vilnius.
- KÖPPEN W., 1900 — Versuch einer Klassifikation der Klimate, Vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt (Attempted climate classification in relation to plant distributions). *Geographische Zeitschrift*, **6**, 593–611: 657–679.
- KORNAŚ J., MEDWECKA-KORNAŚ A., 1986 — Geografia roślin. PWN, Warszawa.
- KORNAŚ J., MEDWECKA-KORNAŚ A., 2002 — Geografia roślin. Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa.
- KOSMOWSKA-CERANOWICZ B., 1966 — Budowa geologiczna i stratygrafia formacji preglacjalnej południowego Mazowsza nad dolną Pilicą. *Pr. Muz. Ziemi*, **9**: 223–296.
- KOSMOWSKA-CERANOWICZ B., 1976 — Wiek osadów z Cetenia i Ponurzyce. *Kwart. Geol.*, **20**, 3: 627–641.
- KOSMOWSKA-CERANOWICZ B., 1979 — Charakterystyka litologiczna osadów trzeciorzędowych i preglacjalnych wybranych rejonów północnej i środkowej Polski. *Pr. Muz. Ziemi*, **30**.
- KOSMOWSKA-CERANOWICZ B., 1987 — Porównanie serii Ochoty z osadami preglacjalnymi (plioceńskimi) centralnej Polski. *W: Problemy młodszego neogenu i eoplejstocenu w Polsce* (red. A. Jahn, S. Dyjor): 247–254. Ossolineum, Wrocław.
- KRZYSZKOWSKI D., SZUCHNIK A., 1995 — Pliocene-Pleistocene boundary in the Kleszczów Graben at Bełchatów, central Poland. *J. Quatern. Sci.*, **10**, 1: 45–58.
- KRZYSZKOWSKI D., WINTER H., 1996 — Stratigraphic position and sedimentary features of the Tertiary uppermost fluvial member in the Kleszczów Graben, Central Poland. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, **66**: 17–33.
- KUKLA G., CILEK V., 1996 — Plio-Pleistocene megacycles: record of climate and tectonics. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **120**: 171–194.
- KUPRYJANOWICZ M., 2008 — Vegetation and climate of the Eemian and Early Vistulian Lakeland in northern Podlasie. *Acta Palaeobot.*, **48**, 1: 3–103.
- LEROY S., 2007 — Progress in palynology of the Gelasiane Calabrian stages in Europe: ten messages. *Rev. Micropaleontol.*, **50**: 293–308.
- LITT T., JUNGE W.F., BÖTTGER T., 1996 — Climate during the Eemian in north-central Europe – a critical review of the paleobotanical and stable isotope data from Central Germany. *Veget. Hist. Archaeobot.*, **5**: 247–256.
- MAI D.H., 1991 — Palaeofloristic changes in Europe and the confirmation of the Arctotertiary-Palaeotropical geofloral concept. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **68**: 29–36.
- MAKOWSKA A., 1973 — Objaśnienia do Mapy Geologicznej Polski, ark. Skierniewice. Inst. Geol., Warszawa.
- MAKOWSKA A., 1976 — Staroplejstocenijskie osady organogeniczne w Ceteniu i ich związek z serią preglacjalną południowego Mazowsza. *Kwart. Geol.*, **3**: 597–623.
- MAKOWSKA A., 1977 — Staroplejstocenijskie osady organiczne w Ceteniu nad Drzewiczką. *W: Przewodnik Sympozjum Tere-*

- nowego pt. „Czwartorzęd zachodniej części regionu świętokrzyskiego”: 118–126. Wydaw. Geol., Warszawa.
- MAKOWSKA A., 2015 — Budowa geologiczna i stratygrafia formacji preglacjalnej południowego Mazowsza nad dolną Pilicą. *Pr. Państw. Instytut. Geol.*, **202**: 7–52.
- MAMAKOWA K., 1970 — Late-Glacial and Early Holocene vegetation from the territory of Kraków (Poland). *Acta Palaeobot.*, **10**, 1: 29–44.
- MAMAKOWA K., 1986 — Lower boundary of the Vistulian and the Early Vistulian pollen stratigraphy in continuous Eemian–Early Vistulian pollen sequences in Poland. *Quatern. Studies in Poland*, **7**: 51–63.
- MAMAKOWA K., 1989 — Late Middle Polish Glaciation, Eemian and Early Vistulian vegetation at Imbramowice near Wrocław and the pollen stratigraphy of this part of Pleistocene in Poland. *Acta Palaeobot.*, **29**, 1: 11–176.
- MARKS L., 2010 — Pozycja chronostratygraficzna granicy neogen/czwartorzęd. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **438**: 93–98.
- McBRIDE J., JACOBS D., 1977 — Ecology of Redwood and the impacts of man’s use of the redwood forest as a site for recreational activities – A Literature Review. Muir Woods Research Project, Technical Report No. 1. Department of Forestry and Conservation, University of California, Berkeley. Prepared for USNPS. Contract No. CX 8000-6-0035.
- McGEE C.E., 2013 — Black tupelo Cornaceae Dogwood family *N. sylvatica* Marsh. var. *sylvatica* Black Tupelo (typical). [www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics\_manual/volume\_2/nyssa/silvatica.htm].
- MENKE B., 1975 — Vegetationsgeschichte und Florenstratigraphie Nordwestdeutschlands im Pliozan und Fruhquartar Mit einem Beitrag zur Biostratigraphie des Wieschel-Fruhglazials. *Geol. Jahrb.*, **A**, 26.
- MIREK Z., PIĘKOŚ-MIRKOWA H., ZAJĄC A., ZAJĄC M., 2002 — Flowering plants and pteridophytes of Poland. A checklist. Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków.
- MOORE P.D., WEBB J.A., COLLINSON M.E., 1991 — Illustrated pollen and spore key with glossary. *W: Pollen analysis*: 83–166. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- MORAWSKI W., STUCHLIK L., 1987 — Preglacjał Mirowa i Opaczy w Warszawie. *W: Problemy młodszego neogenu i eoplejstocenu w Polsce* (red. A. Jahn, S. Dyjor): 137–146. Ossolineum, Wrocław.
- MOSBRUGGER V., UTESCHER T., 1997 — The coexistence approach – a method for quantitative reconstructions of Tertiary terrestrial palaeoclimate data using plant fossils. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **134**: 61–86.
- MOSBRUGGER V., UTESCHER T., DILCHER D., 2005 — Cenozoic continental climatic evolution of Central Europe. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **102**: 14964–14969.
- MUDELSEE M., RAYMO M.E., 2005 — Slow dynamics of the Northern Hemisphere glaciation. *Paleoceanography*, **20**. Doi: 10.1029/2005PA001153.
- NAWROCKI J., 1994 — Wyniki badań paleomagnetycznych utworów plejstocenu (?) z otworu Sacin (arkusz Nowe Miasto n. Pilicą SMGP 1:50 000). Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- OGG J., OGG G., GRADSTEIN F., 2008 — The Concise Geologic Time Scale. Cambridge University Press, Cambridge.
- OLSON D.F. Jr., ROY D.F., WALTERS G.A., 2012 — *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. Redwood. Taxodiaceae–Redwood family [http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics\_manual/Volume\_1/sequoia/sempervirens.htm].
- OUTCALT K.W., 2013 — Black tupelo Cornaceae Dogwood family *N. sylvatica* Marsh. var. *biflora* (Walt.) Sara. Swamp Tupelo [www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics\_manual/volume\_2/nyssa/silvatica.htm].
- PARTRIDGE T.C., 1997 — Reassessment of the position of the Plio-Pleistocene boundary: is there a case for lowering it to the Gauss-Matuyama palaeomagnetic reversal?. *Quatern. Internat.*, **40**: 5–10.
- PILLANS B., NAISH T., 2004 — Defining the Quaternary. *Quatern. Science Rev.*, **23**: 2271–2282.
- PIWOCKI M., ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M., 1995 — Litostratygrafia i poziomy sporowo-pyłkowe neogenu na Niżu Polskim. *Prz. Geol.*, **43**, 11: 916–927.
- PIWOCKI M., ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M., 1997 — Neogene of the Polish Lowlands – lithostratigraphy and pollen-spore zones. *Geol. Quart.*, **41**, 1: 21–40.
- PLANDEROVA E., ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M., GRABOWSKA I., KOHLMAN-ADAMSKA A., SADOWSKA A., SŁODKOWSKA B., STUCHLIK L., WAŻYŃSKA H., 1993b — Wahań klimatyczne w neogenu Europy Środkowej na podstawie zmiennego udziału w palinoflorze składników paleotropikalnych i arktycznotrzeciorzędowych. *Prz. Geol.*, **12**: 829–834.
- PLANDEROVA E., ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M., GRABOWSKA I., KOHLMAN-ADAMSKA A., KONZALOVA M., NAGY E., PANTIĆ N., RYLOVA T., SADOWSKA A., SŁODKOWSKA B., STUCHLIK L., WAŻYŃSKA H., ZDRAŽILKOVÁ N., 1993b — On paleofloristic and paleoclimatic changes during the Neogene of Eastern and Central Europe on the basis of palynological research. *W: Proceed. Internat. Symp. “Paleofloristic and paleoclimatic changes during Cretaceous and Tertiary”*. Bratislava, September 14–20: 119–129.
- POPESCU S.M., 2001 — Repetitive changes in Early Pliocene vegetation revealed by high-resolution pollen analysis: revised cyclostratigraphy of southwestern Romania. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **120**: 181–202.
- POPESCU S.M., BILTEKIN D., WINTER H., SUC J-P., MELINTE-DOBRINESCU M.C., KLOTZ S., RABINEAU M., COMBOURIEU-NEBOUT N., CLAUZON G., DEACONU F., 2010 — Pliocene and Lower Pleistocene vegetation and climate changes at the European scale: Long pollen records and climatostratigraphy. *Quatern. Internat.*, **219**: 152–167.
- PRAT S., 2007 — The Quaternary boundary: 1.8 or 2.6 millions years old? Contribution of early Homo. *Quaternaire*, **18**: 99–107.
- PUNT W. (red.), 1976 — The northwest European pollen flora. 1. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- PUNT W., CLARKE G.C.S. (red.), 1980 — The northwest European pollen flora. 2. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- PUNT W., CLARKE G.C.S., 1981 — The northwest European pollen flora. 3. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- PUNT W., CLARKE G.C.S., 1984 — The northwest European pollen flora. 4. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- PUNT W., BLACKMORE S., CLARKE G.C.S. (red.), 1988 — The northwest European pollen flora. 5. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.



- PYATT D.G., RAY D., FLETCHER, J., 2001 — An Ecological Site Classification for forestry in Great Britain. The Forestry Commission, Edinburgh.
- REILLE M., 1992 — Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Marseille.
- REILLE M., 1995 — Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Suplement 1. Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Marseille.
- ROBERTS H.H., 1986 — Selected depositional environments of the Mississippi River deltaic plain. *Geol. Soc. of America Centennial Field Guide, Southeastern Sect.*: 435–440.
- RÓŻYCKI S.Z., 1961 — Wiek preglacjału niżowego w świetle wstępnego opracowania palinologicznego profilu z Ochoty w Warszawie. *W: Prace o plejstocenie Polski środkowej*. T. 1: 35–39. Wydaw. Geol., Warszawa.
- RÓŻYCKI S.Z., 1967 — Plejstocen Polski środkowej, na tle przeszłości w górnym trzeciorzędzie. Wyd. 1. PWN, Warszawa.
- RÓŻYCKI S.Z., 1972 — Plejstocen Polski środkowej, na tle przeszłości w górnym trzeciorzędzie. Wyd. 2. PWN, Warszawa.
- RÜHLE E., 1965 — Czwartorzęd Polski. *W: Zarys geologii Polski*. Wydaw. Geol., Warszawa.
- RYŁOWA T., 1980 — Palinologiczeskaja charakteristika neogenowych otłozhenij belorusskowo poniemania. Nauka i Technika, Mińsk.
- SADOWSKA A., 1992 — Palynological study of the profiles from Gozdnica i Gozdnica-Stanisław localities. *W: The Younger Tertiary deposits in the Gozdnica region (SW Poland) (red. E. Zastawniak)*. *Polish. Bot. Stud.*, **3**: 11–16.
- SAMSONOWICZ J., 1927 — Sprawozdanie z badań geologicznych w rogu północno-wschodnim arkusza Opatów. *Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol.*, **12**: 31–35.
- SHACKLETON N.J., HALL M.A., PATE D., 1995 — Pliocene stable isotope stratigraphy of site 846. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **138**: 338–355.
- SHILING Y., ZHONGLI D., 2010 — Plio-Quaternary stepwise drying of Asia. Evidence from a 3-Ma pollen record from the Chinese Loess Plateau. *Quatern. Internat.*, **219**, 1/2 : 37–44
- SKOMPSKI S., MAKOWSKA A., JAKUBICZ B., 2006 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Nowe Miasto n. Pilicą. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- STACHURSKA A., SADOWSKA A., DYJOR S., 1967 — Plioceniński profil z Ruszowa w świetle analizy botanicznej. *Kwart. Geol.*, **11**, 1: 353–371.
- STACHURSKA A., SADOWSKA A., DYJOR S. 1973 — The Neogene flora at Sośnica near Wrocław in the light of geological and palynological investigations. *Acta Palaeobot.*, **15**, 3: 147–176.
- STUCHLIK L., 1975 — Charakterystyka palinologiczna osadów preglacjalnych z Ponurzyca (rejon Otwocka). *Kwart. Geol.*, **19**, 3: 667–676.
- STUCHLIK L., 1987 — Przegląd badań paleobotanicznych osadów pliocenijskich i wczesnoplejstocenijskich Polski środkowej i południowej. *W: Problemy młodszego neogenu i plejstocenu w Polsce (red. A. Jahn, S. Dyjor)*: 53–66. Ossolineum, Wrocław.
- STUCHLIK L., 1994 — Some Late Pliocene and Early Pleistocene pollen profiles from Poland. *W: Cenozoic plants and climates of the Arctic (red. M.C. Boulter, H.C. Fisher)*. NATO ASI Series, **I**, 27: 371–382.
- STUCHLIK L., SZYNKIEWICZ A., ŁAŃCUCKA-ŚRODONIOWA M., ZASTAWNIAK E. 1990 — Wyniki dotychczasowych badań paleobotanicznych trzeciorzędowych węgla brunatnych złożeń „Bełchatów”. *Acta Palaeobot.*, **30**, 1/2: 259–305.
- STUCHLIK L., ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M., KOHLMAN-ADAMSKA A., GRABOWSKA I., GRABOWSKA I., WAŻYŃSKA H., SŁODKOWSKA B., SADOWSKA B., 2001 — Atlas of pollen and spores of the Polish Neogene. Vol. 1. Spores. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Science, Kraków.
- SUC J.-P., 1984 — Origin and evolution of the Mediterranean vegetation and climate in Europe. *Nature*, **307**: 429–432.
- SUC J.-P., CRAVATTE J., 1982 — Etude palynologique du Pliocène de Catalogne (nord-est de l'Espagne). *Paléobiologie continentale*, **13**, 1: 1–31.
- SUC J.-P., POPESCU S.-M., 2005 — Pollen records and climatic cycles in the North Mediterranean region since 2.7 Ma. *Geol. Soc. Sp. Publ.*, London, **247**: 147–158.
- SUC J.-P., ZAGWIJN W.H., 1983 — Plio-Pleistocene correlations between northwestern Mediterranean region and northwestern Europe according to recent biostratigraphic and palaeoclimatic data. *Boreas*, **12**, 3: 153–166.
- SUC J.-P., BERTINI A., LEROY S.A.G., SUBALLYOVA D., 1997 — Towards the lowering of the Pliocene/Pleistocene boundary to the Gauss-Matuyama reversal. *Quatern. Internat.*, **40**: 37–42.
- SZAFER W., 1954 — Pliocenijska flora okolic Czorsztyna i jej stosunek do plejstocenu. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **11**: 3–328.
- TALAVERA S, GIBBS PE, HERRERA J., 1993 — Reproductive biology of *Cistus ladanifer* (Cistaceae). *Plant Systematics and Evolution*, **186**: 123–134.
- THORNTHWAITE C.W., 1948 — An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, **38**, 1: 55–94.
- TOBOLSKI K., 1991 — Paleoeologia eemu i vistulianu. *W: Przemiany środowiska geograficznego obszaru Konin-Turek (red. W. Stankowski)*: 77–85. Wydaw. Nauk. UAM, Poznań.
- van der VLERK J.M., FLORSCHÜTZ F., 1953 — The palaeobotanical base of the subdivision of the Pleistocene in the Netherlands. *Proc. Kon. Akad. Wetensch.*, **20**, 2: 1–41.
- WANG Y.-F., LI C.-S., COLLINSON M.E., LIN J., SUN Q.-G., 2003 — *Eucommia* (Eucommiaceae), a potential biothermometer for reconstruction of paleoenvironments. *Amer. J. Botany*, **90**, 1: 1–7.
- WASYLIKOWA K., 1964 — Roślinność i klimat późnego glacjału w środkowej Polsce na podstawie badań w Witowie koło Łęczycy. *Biul. Perygl.*, **13**: 261–382.
- WESTERHOFF W.E., 2009 — Early Pleistocene Tiglian sites in The Netherlands: a revised view on the significance for Quaternary stratigraphy. *W: Stratigraphy and sedimentary evolution. The lower Rhine-Meuse system during the Late Pliocene and Early Pleistocene (southern North Sea Basin) [pr. doktor.]*: 72–101. Vrije Universiteit, Amsterdam.
- WESTERHOFF W.E., CLEVERINGA P., MEIJER T., van KOLFSCHOTEN T., ZAGWIJN W.H., 1998 — The Lower Pleistocene fluvial (clay) deposits in the Maalbeek pit near Tegelen, The Netherlands. *Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO*, **60**: 35–70.

- WHITTINGTON G., 1994 — *Brukenthalia spiculifolia* (Salisb.) Reichenb. (Ericaceae) in the Late Quaternary of Western Europe. *Quatern. Science Rev.*, **13**: 761–768.
- WILHITE L.P., TOLIVER J.R., 2013 — *Taxodium distichum* (L.) Rich. Baldcypress. Taxodiaceae – Redwood family [http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics\_manual/Volume\_1/taxodium/distichum.htm].
- WINTER H., 1994 — Orzeczenie dotyczące wyników analizy pyłkowej z profili: Ceteń 8, Ceteń 9, Sacin, Kolonia Łojków, Wysokin, Wólka Ligęzowska. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB*, Warszawa.
- WINTER H., 1995 — Schemat palinostratygraficzny plio-plejstocenu Niziny Polskiego. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB*, Warszawa.
- WINTER H., 1997 — Późnotrzeciorzędowa i wczesnoplejstoceńska flora pyłkowa północno-zachodniej i środkowej Polski i jej znaczenie dla palinostratygrafii. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB*, 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., 2009 — Sukcesja pyłkowa z profilu Czarnucha i jej znaczenie dla stratygrafii dolnego plejstocenu północno-wschodniej Polski. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **435**: 109–120.
- WORONKO B., BUJAK Ł., 2008 — Próba rekonstrukcji warunków środowiska górnego preglacjału we wschodniej Polsce. *W: XV Konf. Stratygrafii Plejstocenu Polski pn. „Plejstocen Tatr i Podhala – zlodowacenia tatrzańskie”*. Zakopane, 1–5 września 2008 r.: 72–73. *Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
- WORONKO B., BUJAK Ł., 2010 — Mikrorzeźba powierzchni ziaren kwarcowych frakcji piaszczystej osadów preglacjałnych serii kozienickiej jako wskaźnik warunków transportu i depozycji w południowej części Niziny Mazowieckiej. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **438**: 137–154.
- WORONKO B., ŻARSKI M., BUJAK Ł., 2007 — Pozycja stratygraficzna osadów dolnego plejstocenu w południowej części Niziny Południowopodlaskiej – dyskusja merytoryczna. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **425**: 87–10.
- WU F., FANG X., MA Y., HERRMANN M., MOSBRUGGER V., AN Z., MIAO Y., 2007 — Plio-Quaternary stepwise drying of Asia: Evidence from a 3-Ma pollen record from the Chinese Loess Plateau. *Earth and Planetary Science Letters*, **257**: 160–169.
- ZAGWIJN H.W., 1957 — Vegetation, climate and time correlation in the Early Pleistocene of Europe. *Geologie en Mijnbouw*, **19**: 233–244.
- ZAGWIJN W.H. 1960 — Aspects of the Pliocene and Early Pleistocene vegetation in the Netherlands. *Med. Geol. Sticht.*, **C-III-5**.
- ZAGWIJN W.H., 1963 — Pollen-analytic investigations in the Tiglian of The Netherlands. *Med. Geol. Sticht.*, **16**: 49–71.
- ZAGWIJN W.H. 1974 — The Pliocene-Pleistocene boundary in western and southern Europe. *Boreas*, **3**: 75–97.
- ZAGWIJN W.H., 1975 — Variations in climate as shown by pollen analysis, especially in the Lower Pleistocene of Europe. *W: Ice Ages: ancient and modern*: 137–152. Seel House Press, Liverpool.
- ZAGWIJN W.H., 1985 — An outline of the Quaternary stratigraphy of The Netherlands. *Geologie en Mijnbouw*, **64**: 17–24.
- ZAGWIJN H.W., 1989 — The Netherlands during the Tertiary and the Quaternary: A case history of Coastal Lowland evolution. *Geologie en Mijnbouw*, **68**: 107–120.
- ZAGWIJN W.H., 1992 — The beginning of the ice age in Europe and its major subdivisions. *Quatern. Science Rev.*, **11**: 583–591.
- ZAGWIJN W.H., 1994 — Reconstruction of climate change during the Holocene in western and central Europe based on pollen records of indicator species. *Veget. Hist. Archaeobot.*, **3**: 65–88.
- ZAGWIJN W.H., 1996 — An analysis of Eemian climate in western and central Europe. *Quatern. Science Rev.*, **15**: 451–469.
- ZAGWIJN W.H., 1998 — Borders and boundaries: a century of stratigraphical research in the Tegelen-Reuver area of Limburg (The Netherlands). *Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO*, **60**: 19–31.
- ZAGWIJN W.H., 2004 — The Neogene-Quaternary boundary in the Netherlands. *W: The Pleistocene Boundary and the Beginning of the Quaternary* (red. John A. Van Couvering): 185–190. *World and Regional Geology 9*. Cambridge University Press, Cambridge.
- ZAGWIJN H.W., de JONG J., 1984 — Die Interglaziale von Bavel und Leerdam und ihre stratigraphische Stellung im niederländischen Früh-Pleistozän. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst*, **37**, 3: 155–169.
- ZAGWIJN W.H., HAGER H., 1987 — Correlations of continental and marine Neogene deposits in the south-eastern Netherlands and the Lower-Rhine District. *Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol.*, **24**: 59–78.
- ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M., 1998 — Climatic phases and spore-pollen zones. *W: ed. Ważyńska H. Palynology and Palaeogeography of the Neogen in the Polish Lowlands. Pr. Państw. Inst. Geol.*, **160**: 12–16.
- ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M., GRABOWSKA I., KOHLMAN-ADAMSKA A., SKAWIŃSKA K., SŁODKOWSKA B., STUCHLIK L., SADOWSKA A., 1994 — Taxonomical revision of selected pollen and spore taxa of from Neogene deposits. *Acta Palaeobot.*, **1**: 5–30.
- ZOHARY D., HOPF M., 1988 — *Domestication of Plants in the Old World*. Clarendon Press, Oxford.

## THE DYNAMICS OF CLIMATIC CHANGES IN THE PLIOCENE AND LOWER PLEISTOCENE, AND THE NEOGENE/ QUATERNARY TRANSITION IN SEDIMENTS FROM SOUTHERN MAZOVIA (CENTRAL POLAND) ON THE BASIS OF PALYNOLOGICAL DATA

**Abstract.** Mapping survey carried out within the *Detailed Geological Map of Poland, 1:50,000*, sheet Nowe Miasto nad Pilicą, included drillings at the following locations: Wólka Ligęzowska, Wysokin, Sacin, Ceteń 8 and Ceteń 9. Sediments of Wysokin, Sacin and Ceteń 8 and 9 represented a preglacial series with characteristic sandy, silty, sandy-silty and clayey layers, frequently with humus and interbeddings of peat. The series from Wólka Ligęzowska was of a lacustrine-boggy type. Changes in vegetation and climate were reconstructed by means of pollen analysis. The history of vegetational changes was referred to the distinguished Local Pollen Assemblage Zones, grouped into phases of vegetational development and, eventually, into climatostratigraphic periods. Climatostratigraphic periods provided a basis for the distinction of stratigraphic units within the examined sediments and served as a record of large-scale climatic changes resulting from global climate changes. The phases and periods were defined on the basis of: floral similarity of L PAZ, occurrence of subtropical (P2) and arctic-Tertiary (A) elements and their frequency, percentage values of particular taxa in zones, percentage values of warm-moderate (A1) and cool-moderate (A2) taxa of the arctic-Tertiary (A) geoflora, AP/NAP ratio (pollen of trees and shrubs/ pollen of dwarf shrubs and herbaceous plants) as an indicator of deforestation and landscape openness, percentage values and taxonomic composition of NAP. Interpretation of the obtained palynological data provided a basis for determining the age of sediments from Wólka Ligęzowska. Pollen data support a correlation

of phase 1 WL with zone XIII Sequoiapollenites (Piwocki, Ziemińska-Tworzydło, 1995, 1997) and with the Zanclean. The subsequent phases, 2 and 3 WL, are conformable with zone XIV Faguspollenites. As phase 4 WL could not be assigned to any zone, distinction of zone XV Pinuspollenites was proposed. Phase II was correlated with the Piacenz. The strong climatic cooling, recorded in Wólka Ligęzowska between climatostratigraphic periods II and III, is likely to correspond to global climatic changes typifying the Neogene/Quaternary boundary, astronomically dated to 2.588 Ma, while the top part of period II sediments should be correlated with MIS (Marine Isotope Stage) 103. The sequence of vegetational and climatic changes from Wólka Ligęzowska shows an excellent correlation with global climatic changes typifying the Pliocene (up to *ca.* 2.6 My) and Lower Pleistocene. The sections of Wysokin, Sacin and Ceteń 8 bear mainly a palynological record of the closing phases of warm and cold periods, conformable with the Lower Pleistocene cycle of climatic changes, following the development and disappearance of glacial cover in the Northern Hemisphere. Regrettably, the most of the preglacial series are formed by fluvial facies: the palynological record includes gaps, allowing only for a partial reconstruction of the vegetational changes proceeding in this time. Within the Lower Pleistocene, the climatostratigraphic unit of the Ceteń warming was defined. Results of pollen analysis provided a basis for correlating the age of sediments with other Polish and European sites.

**Key words:** pollen analysis, Pliocene, Lower Pleistocene, Neogene/Quaternary transition, vegetational and climatic changes, central Poland.

### SUMMARY

The preglacial series is an important lithostratigraphic unit within the Mazovian Lowland. In southern Mazovia, the series is developed in different facies of fluvial, lacustrine and boggy-peat sediments. Mapping survey carried out within the work on the *Detailed Geological Map of Poland, 1:50,000*, map sheet of Nowe Miasto nad Pilicą, included drillings at the sites of Wólka Ligęzowska, Wysokin, Sacin, Ceteń 8 and Ceteń 9. Sediments forming the sections of Wysokin, Sacin and Ceteń 8 and 9 represented a preglacial series with characteristic sandy, silty, sandy-silty and clayey layers, frequently with humus and interbeddings of peat. The series from Wólka Ligęzowska was of a lacustrine-boggy type (Skompski *et al.*, 2006; Makowska, 2013). Changes in vegetation and climate were reconstructed by means of pollen analysis. History of vegetational changes was referred to the distinguished Local Pollen Assemblage Zones, grouped into phases of vegetational development and, eventually, into climatostratigraphic periods. The phases and periods were defined on the basis of:

- floral similarity of Local Pollen Assemblage Zones distinguished in pollen diagrams;
- occurrence of subtropical (P2) and arctic-Tertiary (A) elements and their frequency in the distinguished zones (Piwocki, Ziemińska-Tworzydło, 1995; Planderova *et al.*, 1993a, b; Ziemińska-Tworzydło, 1998);
- percentage values of particular taxa in zones, disappearance of taxa representing the palaeotropical (P2) geoflora;
- percentage values of warm-moderate (A1) and cool-moderate (A2) taxa of the arctic-Tertiary (A) geoflora,
- percentage values and taxonomic composition of pollen from coniferous trees;
- percentage values and taxonomic composition of pollen from deciduous trees of different ecological requirements;
- AP/NAP ratio (pollen of trees and shrubs/ pollen of dwarf shrubs and herbaceous plants) as an indicator of deforestation and landscape openness;

- percentage values and taxonomic composition of NAP, indicating the type of communities growing in open habitats.

Climatostratigraphic periods provided basis for the distinction of stratigraphic units within the examined sediments and served as a record of large-scale climatic changes, resulting from global climate changes.

Climatic parameters were reconstructed mainly with the use of the nearest-living-relative (NLR) (Mosbrugger, Utescher, 1997) method, applying data on climatic or ecological requirements of present-day plants and communities likely to be closely related to fossil taxa and communities. Identification of climate types followed the modified of the Köppen-Thornthwaite climate classification scheme (Köppen, 1900; Thornthwaite, 1948). In the Köppen's classification, the defined climates are numerically linked to the global distribution of vegetation, while the Thornthwaite's classification is based on two additional factors, i.e. the temperature-humidity index and climate seasonality. Conclusions on the type of climate from the description of vegetation correspond to the FAO Global Ecological Zone classification, relying on a combination of climate and (potential) vegetation ([www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp](http://www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp)).

In climatostratigraphic period I, the palynological record of vegetational changes indicates dominance of various forest communities, characteristic of the Lower Pliocene and forming a mosaic pattern. Fresh soils were overgrown by mesophilous forests with *Quercus*, *Castanea*, *Carpinus*, *Fagus*, *Eucommia*, *Betula*, and diverse species of *Ilex*, *Aesculus*, *Juglans*, *Liriodendron*, *Ostrya*, *Parrotia*, *Tilia*, and *Rhus*. Coniferous trees were represented by *Pinus*, *Picea*, *Tsuga*, *Sciadopitys*, and *Abies*. The shrub layer included *Corylus*, *Rhododendron*, *Diervilla*, *Buxus* and *Viburnum*, while *Vitis* was an example of lianas. Humid areas supported riparian forests with *Ulmus*, *Alnus*, *Salix*, *Pterocarya*, *Carya*, *Zelkova*, *Liquidambar*, *Myrica*, *Fraxinus*, and *Frangula alnus*. These sites were also the origin of *Humulus* and *Calystegia* pollen. Communities with *Alnus* inhabited boggy areas. In periodic boggy forests, Taxodiaceae, most likely *Taxodium* and *Glyptostrobus*, became more abundant, while *Sequoia* and Cupressaceae colonised mesophilous forests.

Forest communities were of a low density. Open habitats were covered by peat bogs with Ericaceae, *Bruckenthalia* and *Sphagnum*. NAP values and its diversity provide evidence for an expansion of open habitat communities. The type of vegetation implies dominance of humid and warm climate with long summers and mild winters, slight seasonality and a periodically increasing humidity, as suggested by the rising content of Taxodiaceae, *Nyssa* and *Sequoia* pollen. Appearance of pollen of *Symplocos*, *Itea* and *Reevesia*, plants found in the tropical and subtropical zones, may be associated with an influence of subtropical climate.

The record of vegetational changes in climatostratigraphic period II (Piacenzian) is marked by a decrease in proportions of Taxodiaceae, *Nyssa*, *Sequoia*, and Cupressaceae. *Symplocos*, *Itea* and *Reevesia* were no more observed in forest communities. Trees such as *Castanea*, *Ilex*, *Eucommia*, *Aesculus*, *Juglans*, *Magnolia*, *Liriodendron*,

*Ostrya*, and *Parrotia* gradually disappeared from mesophilous forests. Riparian forests, formed by *Ulmus*, *Pterocarya*, *Carya* and *Salix*, were now devoid of *Liquidambar*. Oak-pine forests with *Carpinus*, *Fagus*, *Betula*, and *Castanea*, accompanied by *Picea*, *Abies*, *Sciadopitys*, and *Tsuga*, were developed.

Disappearance of subtropical elements, represented by *Nyssa*, *Reevesia*, *Symplocos* and *Itea*, indicates decreasing winter temperatures and increasing climate seasonality. Such changes in communities demonstrate dominance of moderate and humid climate, however with a fluctuating influence of continentality, evidenced by falling frequencies of *Fagus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Picea*, *Abies*, and *Tsuga*, and rising values of Poaceae and pollen of *Aster* t., *Ephedra* and *Helianthemum*. The close of Pliocene is characterized by prevalence of pine forests, with gradually disappearing spruce and fir, suggesting dominance of boreal climate.

Climatostratigraphic period III, ending the palynological record of sediments from Wólka Ligęzowska, documents landscape openness resulting in an increase in the amounts of herbaceous plants and Ericaceae. Vegetation was of a mosaic type. Rapidly increasing Ericaceae and *Sphagnum* frequencies indicate the development of woodless communities, including mainly Ericaceae, and peat bogs, comprising Ericaceae and Cyperaceae, on boggy grounds. Gradually rising *Salix* and *Betula nana* t. pollen values confirm greater proportions of willow and dwarf birch in shrub communities. The mosaic pattern of vegetation may be recognized in the occurrence of patches of herbaceous plants, including Poaceae, *Artemisia*, *Helianthemum*, and *Cistus*, and forming steppe, grass-mugwort grasslands in dry areas. They were also the most likely origin of *Scabiosa columbaria* t., *Cerastium* and *Pleurospermum austriacum* pollen.

Vegetation of open habitats should be associated with subarctic climate, however rising pollen values of *Pinus sylvestris* t. and *Betula* – rather with a climatic warming. The increasing importance of open habitat communities, followed by an expansion of forest communities with pine, birch and admixture of spruce, indicates cool and warm climatic oscillations of stadial and interstadial rank. Pollen data from climatostratigraphic period III suggest vegetation associated with Pleistocene glaciations and the sediments were deposited already in the Pleistocene. Discontinuous record of vegetational changes, particularly in warm periods of the Lower Pleistocene, is typical of sequences from the sites of Wysokin, Sacin and Ceteń 8 and 9.

The warm climatostratigraphic period IV initiates the dominance of pine forests that subsequently passed into pine-oak forests with birch, small admixture of *Fagus*, *Carpinus*, *Castanea* and *Eucommia*, accompanied by *Juglans* and *Ilex*, and marked by a greater frequency of spruce. Forests were quite open, as evidenced by the high NAP content, attaining up to 20%, and by the presence of *Helianthemum* pollen. Riparian forests with elm, willow, alder and *Pterocarya* re-expanded on humid soils. The type of vegetation shows prevalence of moderate climate with relatively mild winters and warm springs, as suggested by the occurrence of *Eucommia* pollen.

The sections of Wysokin and Ceteń 8 most likely bear a fragmentary record of the close of the warm climatostratigraphic period IV and of the cold period V, dominated by boreal communities with spruce and pine, afterwards passing into communities of herbaceous vegetation. The cold climatostratigraphic period V was marked by an expansion of grass and sedge communities. Cool steppe communities, composed mainly of Poaceae and with an admixture of *Artemisia*, Chenopodiaceae, *Ephedra fragilis*, and *E. distachya*, covered dry areas. Similarly as in the preceding cold period III, reappearance of forest communities with pine and birch indicates warm climatic oscillations.

The warm climatostratigraphic period VI, from the pollen sequence of Ceteń 9, presents changes in vegetation initially represented by pine forests with oak and birch, accompanied by spruce and a very small admixture of *Carpinus*, *Ostrya/Carpinus* and *Eucommia*. Similarly as in other periods, riparian forests with elm, alder and wax-myrtle were found in humid habitats. Forest communities were of a low density, as evidenced by the NAP content amounting to 20%, and included mainly Poaceae, Cyperaceae, *Artemisia*, and Asteraceae, accompanied by Apiaceae, *Thalictrum* and other taxa. The vegetation suggests dominance of a moderate climate. A decrease in the frequency of pine, correlated with an increase in the amounts of oak, *Ostrya*, *Carpinus*, and *Eucommia*, should be linked to the spreading of mesophilous deciduous forests with hazel, *Viburnum* and *Ligustrum* in the shrub layer. *Eucommia*, *Ilex* and *Castanea* serve as indicators of a rise in both summer and winter temperatures. Riparian forests became enriched in *Pterocarya* and, possibly, *Carya*. Open habitat communities dominated by Poaceae and *Artemisia* extended their areas. Climate cooling and increasing continentality may be deduced from the decreasing frequencies of trees with higher climatic requirements, however also from the expansion of communities of herbaceous plants, comprising Poaceae, Cyperaceae and *Artemisia*. The short-lasting cool climatic oscillation was followed by an increase in the area of mesophilous forests including oak, hornbeam and a high proportion of *Castanea*. *Corylus* colonised the shrub layer. The close of the sequence was marked by a gradual disappearance of oak, hornbeam and pine, withdrawal of *Castanea* and entrance of *Eucommia* and spruce. Reexpansion of Poaceae was observed. Changes in communities confirm a climatic cooling and increased humidity. The short-lasting spreading of birch, accompanied by *Artemisia* observed in greater amounts, provides evidence for further cooling and continentalization of climate. The sequence ends with communities including wax-myrtle (*Myrica*), as the dominant component, and alder, developing in conditions of higher humidity climate.

Interpretation of the obtained palynological data, considering the occurrence of particular taxa representing the subtropical (P2) geoflora, the taxonomic diversity of pollen of the arctic-Tertiary (A) element, the gradual increase in content of the cool-moderate element of the arctic-Tertiary flora, as well as the AP/NAP ratio and variability of NAP pollen, provided a basis for determining the age of sediments from Wólka Ligęzowska (Planderova *et al.*, 1993). Pollen data

support a correlation of phase 1 WL with zone XIII *Sequoia-pollenites* (Piwocki, Ziemińska-Tworzydło, 1995, 1997) and with the Zanclean. The subsequent phases, 2 and 3 WL are conformable with zone XIV *Faguspollenites*. As phase 4 WL could not be assigned to any zone, distinction of zone XV *Pinuspollenites* is proposed.

The strong climatic cooling, recorded in Wólka Ligęzowska between climatostratigraphic periods II and III, is likely to correspond to global climatic changes typifying the Neogene/Quaternary boundary, astronomically dated to 2.588 Ma, while the top part of period II sediments should be correlated with MIS (Marine Isotope Stage) 103 (Gibbard *et al.*, 2010; Marks, 2010).

The sections of Wysokin, Sacin and Ceteń 8 bear mainly a palynological record of the close of warm periods and of cold periods, conformable with the cycle of Lower Pleistocene climatic changes, including climate coolings and warmings following the development and disappearance of glacial cover in the Northern Hemisphere. Regrettably, as the greatest part of the preglacial series is formed by fluvial facies, the palynological record includes gaps and vegetational changes at that time could be investigated only in general. Within the Lower Pleistocene, the climatostratigraphic unit of the **Ceteń warming** was defined. Results of pollen analysis provided a basis for correlating the age of sediments with other Polish sites (Stuchlik, 1975, 1994).

Except for Wólka Ligęzowska, long-term palynological records of Pliocene sediments occur only sporadically in the Polish Lowlands, therefore the age of their sediments could not be identified precisely on the basis of palynological analysis. Within sites including sediments of the preglacial series, the Pliocene/Pleistocene boundary was observed exclusively in Różce (Baraniecka, 1991; Stuchlik, 1994). However, the site differs from Wólka Ligęzowska with its vegetation of the first cold Pleistocene period. Ericaceae pollen, found in high amounts in open habitat communities of Wólka Ligęzowska appeared only in minor amounts in Różce. For further coolings, the sections of Wysokin, Ceteń 8, Sacin as well as of Różce show similar floras. However, as climatic optima from warmer Lower Pleistocene units were not recorded in the discussed sections, it was difficult to estimate the age of examined sediments.

Palynological data from fluviolacustrine sediments of the south-east Netherlands and west Germany (Zagwijn, 1957, 1959, 1960, 1963) are commonly used for determining the stratigraphy of Upper Miocene, Pliocene and Lower Pleistocene terrestrial sediments from North-Western Europe. Climatostratigraphic period I may be correlated with the Brunsumian, the older Pliocene stage, as indicated by relatively high pollen values of *Nyssa*, *Sequoia* and Taxodiaceae, the presence of *Liquidambar*, *Magnolia*, *Aesculus*, *Liriodendron*, and the frequent occurrence of *Ilex*. Palaeotropical (P2) elements, such as *Itea*, *Symplocos* and *Reevesia*, to some extent also serve as important indicators of sediment age.

When considering its pollen flora, climatostratigraphic period II is very similar to Reuverian, marked by disappearance of taxa typical of subtropical and moderately warm climatic zones and by the dominance of pollen from boreal

plants. Changes in pollen flora recorded in climatostratigraphic period II, phases 2, 3 and 4 WL, are likely to correspond to zones a, b and c distinguished within the Reuver (Zagwijn, 1960). Floras representing the Upper Pliocene in Germany (Menke, 1975) and central Poland are also very similar. Characteristic Pliocene taxa such as *Sequoia*, Taxodiaceae–Cupressaceae, *Nyssa*, and *Sciadopitys* were recorded in a pollen diagram plotted for Oldenswort, in a zone assigned to the Reuverian. Phases b and c of this stage were also documented in pollen data from the site of Hambach (Heuman, Litt, 2010), showing a palynological record similar to Wólka Ligęzowska. Pliocene floras of a similar type are also characteristic of areas of Lithuania (Kondratienė, 1996) and Belarus (Ryłowa, 1980).

Climatostratigraphic period III represents changes that occurred after a global cooling associated with the development of an ice-sheet on the Northern Hemisphere. Comparison between climatostratigraphic period III, dominated by cold climate with warmer oscillations, and the Pretegelen reveals a great similarity between the stages, both marked by an increasing content of NAP pollen of herbaceous plants and Ericaceae. These pollen floras, showing a striking similarity, undoubtedly indicate the first climate cooling of such an intensity and confirm the assignment of climatostratigraphic period III to the Pretiglian (Zagwijn, 1963).

A reference to younger, warmer units defined by Zagwijn (1963) was problem-causing. The sections of Wysokin, Sacin and Ceteń 8 do not include continuous successions, therefore precise age comparisons have not been possible. However, high pollen values recorded for spruce in climatostratigraphic period IV appear to justify its correlation with the close of the Tegelen (C6). The pollen succession from the site of Ceteń 9 does not have an equivalent in palynological data for the area of Poland, however similar vegetational changes were observed in the diagram of Leerdam in the Netherlands (Zagwijn, 1963) considered a stratotype of the Waalian period, a warm Lower Pleistocene stage younger than the Tiglian (Zagwijn, 1963; Zagwijn, de Jong, 1984), and in the upper part of the Eindhoven I section (Zagwijn, 1963).

The pollen succession from Wólka Ligęzowska, covering the Lower Pliocene, displays strong similarity to South European communities (Bertini, 1994; Popescu, 2001) and very well corresponds to the general vegetational and climatic changes proceeding in Central, Southern and South-Eastern Europe (Suc, Cravatte 1982; Bertini, 1994; Popescu, 2001; Popescu *et al.*, 2010). Periodic changes including the appearance and disappearance of forest communities with Taxodiaceae, *Nyssa* and *Sequoia* are also recorded in equivalent sections from Southern Europe: Lupoia (Romania) (Popescu, 2001), DSDP Site 380 (Black Sea) (Popescu *et al.*,

2010), Gaaraf (NW Mediterranean Sea) (Suc, 1984), Po Valley (Italy) (Bertini, 1994), and Rio Maior F 16 (Portugal) (Diniz, 1984).

The sequence of vegetational and climatic changes from Wólka Ligęzowska shows an excellent correlation with global climatic changes typifying the Pliocene (up to ca. 2.6 My) and Lower Pleistocene. The boundary between climatostratigraphic periods I and II is marked by the disappearance of *Symplocos*, *Reevesia* and *Itea* pollen and a noticeable decrease in frequencies of Taxodiaceae, Cupressaceae, *Nyssa* and *Sequoia*. First symptoms of a developing icecap, evidenced by increasing  $\sigma^{18}\text{O}$  values in deep-marine sediments, and IRD values in the Norwegian Sea and North Atlantic (Mudelsee, Ramo, 2005), were reported for 3.6 Ma. Most likely, the disappearance of P1 and, in part, of P2 vegetation should be linked to the first symptoms of glaciation in the Northern Hemisphere and the global cooling. In such a context, the climatostratigraphic period I/II boundary could be dated approximately to 3.6 My.

Climatic changes in period II may be associated with the progressing climate cooling. In the Piacenzian, ca. 2.93–2.81 Ma, the global climatic cooling proceeded and resulted in a global eustatic lowering of the sea level in the continental shelf, by 45 m, which probably accounted for the disappearance of A1 flora elements such as *Carya*, *Pterocarya*, *Juglans*, *Ilex*, *Castanea*, and *Eucommia*. The next intensive cool climate impulse, at ca. 2.72 Ma (MIS 110), caused further lowering of the sea level, again by 45 m, and initiated the continental glaciation of the Northern Hemisphere (Bartholi *et al.*, 2005). Such a strong climatic cooling may have been the reason for the disappearance of *Quercus*, *Ulmus*, *Fagus* and *Carpinus* from communities and for the development of pine-dominated forests that subsequently passed into open communities. The intensive climatic impulse, recognized as a global cooling, began at 2.58 My (Marks, 2010) and covered MIS 100-96 (Leroy, 2007).

At the sites of Wysokin and Ceteń 8, it is very difficult to estimate the deposition time for sediments overlying the Brunssumian layer, as they are devoid of zones with warm pollen floras and include only a potential record of the close of the warm climatostratigraphic period III, marked by the dominance of *Picea* pollen, and a record of the cold climatostratigraphic period IV. Considering the supra-regional divisions in Europe, the data may be correlated with the close of the Tiglian or beginning of the Eburonian. Dates assigned to the boundary separating the units vary from 1.56 Ma, through 1.7 Ma, to 1.76 Ma (Popescu *et al.*, 2010). Correlation of the Ceteń warming with the Waalian, absolute age of which ranges from 0.95 to 1.25 Ma, is likely to provide a basis for determining the time of sediment deposition.

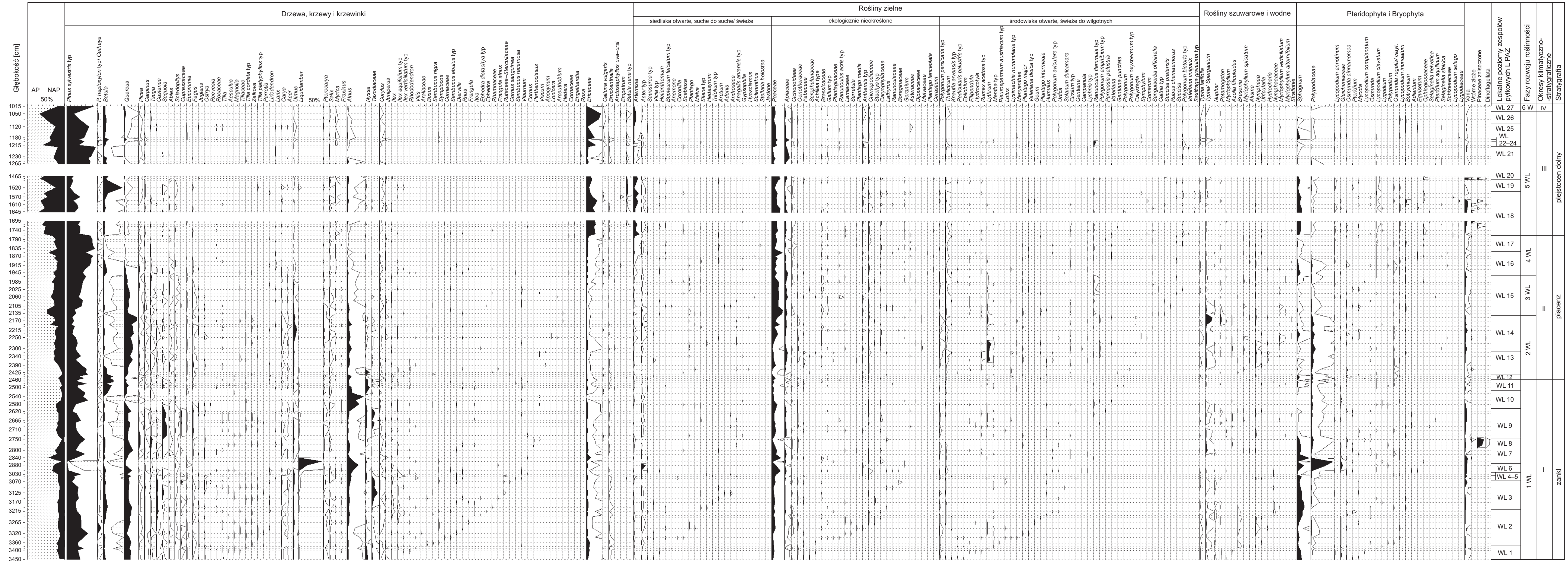


Fig. 2. Wólka Ligzowska – diagram palinologiczny  
Wólka Ligzowska – palinological diagram

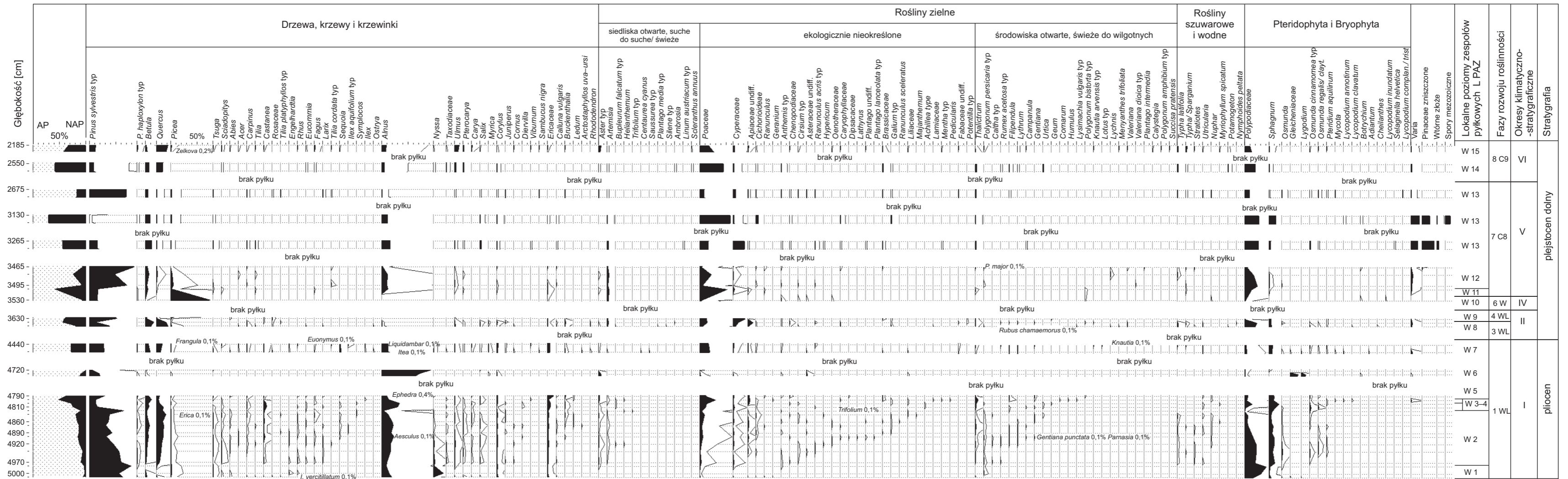


Fig. 3. Wysokin – diagram palinologiczny  
Wysokin – palinological diagram

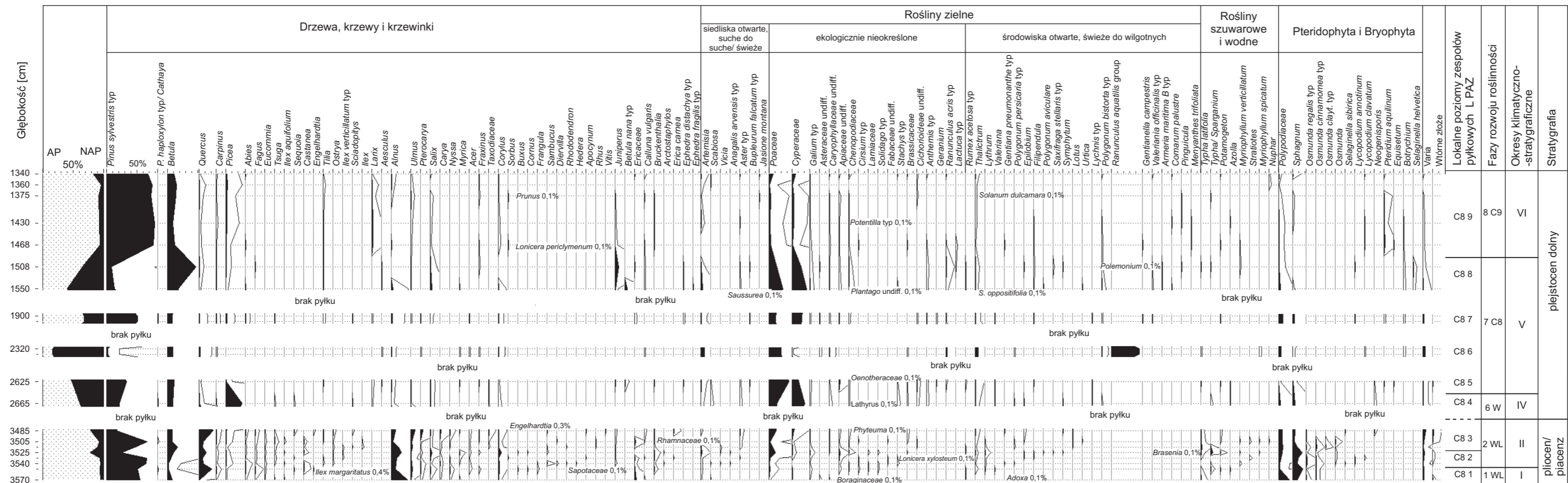


Fig. 4. Ceteń 8 – diagram palinologiczny  
Ceteń 8 – palinological diagram



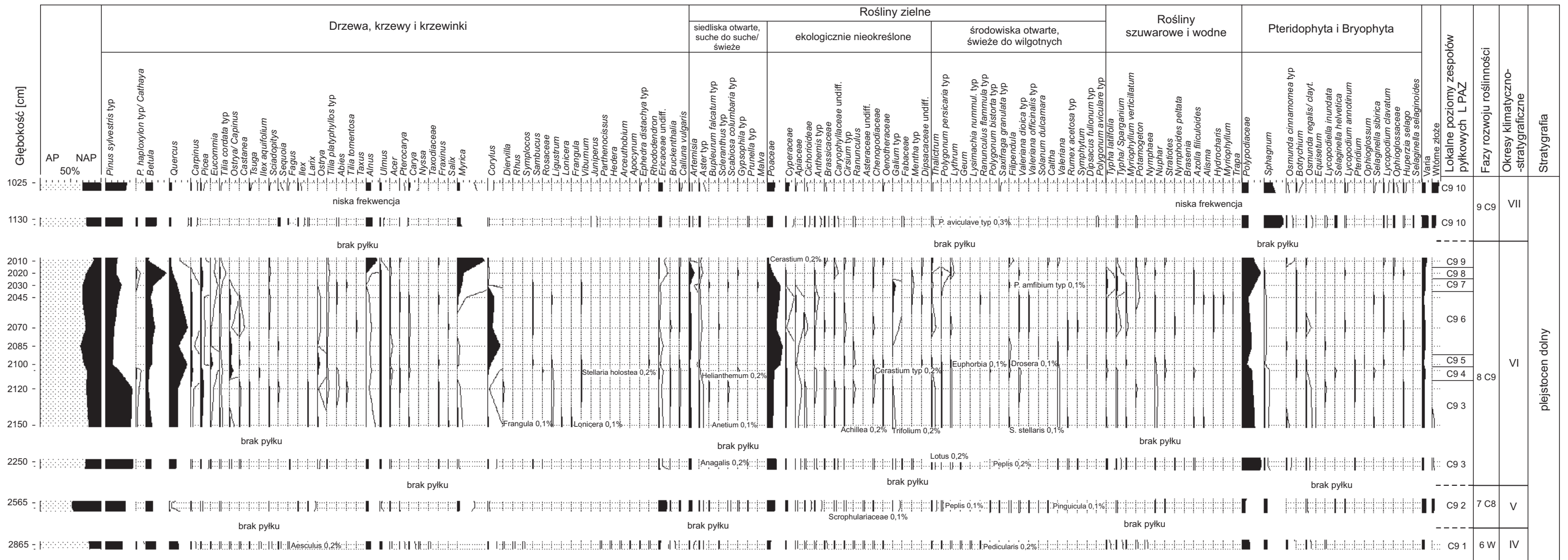


Fig. 5. Ceteń 9 – diagram palinologiczny  
Ceteń 9 – palinological diagram

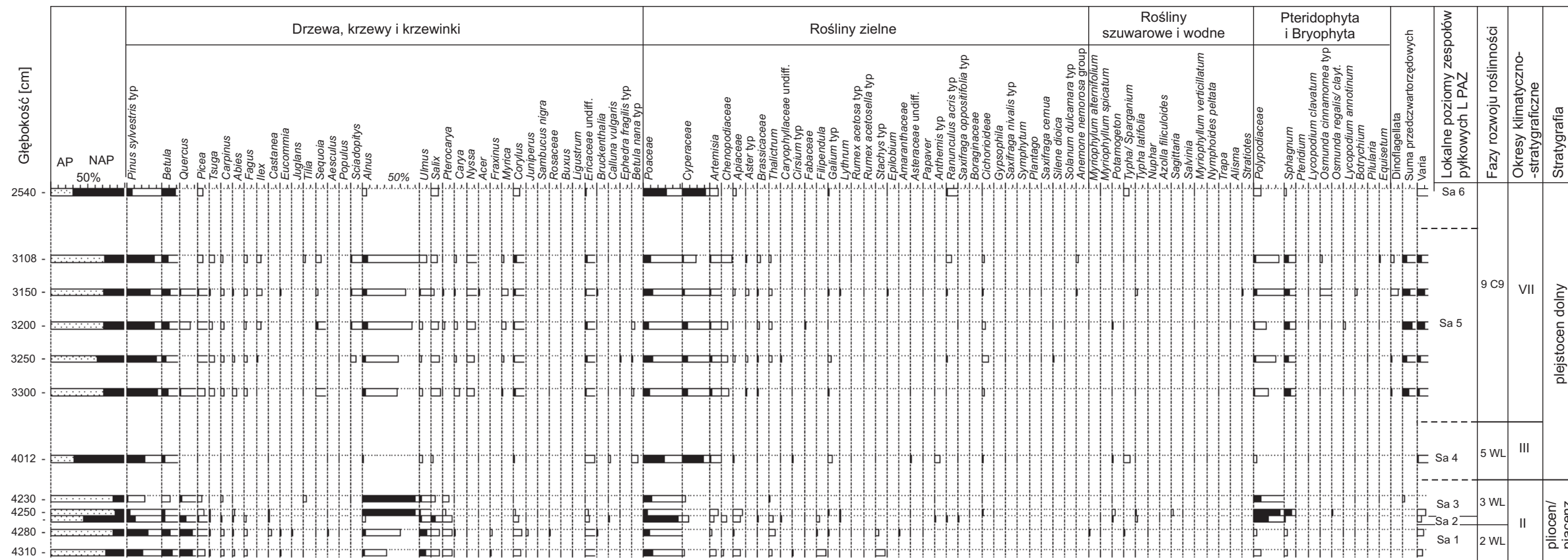


Fig. 6. Sacin – diagram palinologiczny  
Sacin – palinological diagram