

KAZIMIERZ SZCZEPANEK

KRAS STASZOWSKI W ŚWIETLE BADAŃ PALEOBOTANICZNYCH

The Staszów karst in the light of palaeobotanical studies
(South Poland)

SPIS TREŚCI

Wstęp	64
I. Opis terenu	65
Budowa geologiczna	65
Ukształtowanie powierzchni	67
Stosunki wodne	67
Klimat	68
Gleby	68
Roślinność	68
II. Materiał i metody	69
Lejki krasowe i ich zarastanie	69
Opis zbadanych stanowisk	73
Zbieranie materiału	80
Metody laboratoryjne	80
Przedstawienie wyników	81
III. Wyniki badań	81
Wyniki analizy pyłkowej	81
Wyniki analizy szczątków makroskopowych	91
Wyniki mikroskopowej analizy drewna	94
Wyniki analizy popielności	95
Wskaźniki klimatyczne	95
Uwagi do historii świerka i jodły	97
Uwagi o zbiorowiskach roślinnych	99
Paleobotaniczne dowody gospodarczej działalności człowieka w okolicach Staszowa i jej wpływu na roślinność	102
Porównanie historii roślinności okolic Staszowa z historią roślinności Kotliny Sandomierskiej i Gór Świętokrzyskich	107
Soczewki wodne	112
Zagadnienie wieku lejków krasowych	115
Streszczenie wyników	117
Literatura	120
Summary	126
Diagramy pyłkowe	(wkładki) po s. 140

Wyraźne szerokie obniżenie terenu pomiędzy Górami Świętokrzyskimi a Wyżyną Krakowsko-Częstochowską nazywamy Niecką Nidziańską. Charakterystycznym elementem jej rzeźby są różne formy krasowe, najczęściej w postaci bezodpływowych lejków krasowych, wypełnionych pokładami torfu.

Rozprawa zawiera rezultaty badań paleobotanicznych nad osadami organogenicznymi wypełniającymi 11 lejków krasowych, położonych w okolicy Staszowa, w północno-wschodniej części Niecki Nidziańskiej, na przedpolu Gór Świętokrzyskich. Celem badań było odtworzenie historii roślinności na tym obszarze oraz ustalenie wieku osadów organogenicznych wypełniających lejki, co ma być podstawą oceny czasu ich powstania i zależności pomiędzy rozwojem form krasowych a zmianami klimatu.

W granicach wyznaczonych przez Flis a (1956) Niecka Nidziańska zajmuje powierzchnię około 8200 km². Zbadanie wszystkich zatorfionych lejków krasowych na tak dużym obszarze byłoby zadaniem praktycznie niewykonalnym. Ograniczono się przeto do okolic Staszowa, ponieważ w tej części Niecki Nidziańskiej znajdują się lejki z osadami w stanie nie naruszonym przez eksploatację torfu, a tym samym można się tu było spodziewać wyników najbardziej reprezentatywnych.

Zainteresowanie historią późnoglacialnej i holocenijskiej roślinności na tym terenie wiąże się z jego położeniem pomiędzy dwoma obszarami lessu z płatami roślinności stepowej oraz bliskim sąsiedztwem Kotliny Sandomierskiej i Gór Świętokrzyskich, których torfowiska są już opracowane metodami paleobotanicznymi (Szczepanek 1961; Mamoń 1962). Niniejsze studium stwarza tym samym podstawę bardziej szczegółowego poznania historii holocenijskiej roślinności na obszarze całej Wyżyny Małopolskiej.

Kras Niecki Nidziańskiej jest od przeszło 100 lat przedmiotem zainteresowania geologów i geomorfologów. Najwcześniej zwróciły uwagę badacze jaskinie, chociaż są tu zjawiskiem rzadkim (Pusch 1836). Formy krasowe opisywali Zejszner (1862), Gruszecki (1878), Kontkiewicz (1881, 1882), Lenciewicz (1913), Sawicki (1919), Gąsiorowski (1925), Czarnocki (1932), Malicki (1947). W ostatnich latach szczegółowe studia nad geomorfologią tego krasu prowadzili Flis (1954) i Walczowski (1964, 1965). Wzmianki o zjawiskach krasowych na tym terenie zawierają prace Kowalskiego (1954), Jończy (1963), Gilewskiej (1964) oraz Gradzińskiego i Wójcika (1966).

Obok morfologii i mechanizmu powstawania form krasowych, zainteresowanie badaczy od samego początku wzbudzał także czas ich powstania.

Predyspozycja geologiczna dla zjawisk krasowych istnieje na obszarze Niecki Nidziańskiej począwszy od ustąpienia morza sarmackiego i, z przerwami podczas zlodowaceń plejstocenijskich, trwa do dziś. Na podstawie

kości kopalnych ssaków znalezionych przez P u s c h a (1836) w grotach w Czarkowach nad Nidą przypuszczano, że pewne formy krasowe mogą być wczesnoplejstocenijskie. J o Ń c a (1963) jest zdania, że w północno-wschodniej części Niecki Nidziańskiej powstanie kopalnych lejów krasowych należy odnieść do okresu bezpośrednio po osadzeniu się wapieni dolnotortoenkich, a przed sedymentacją ilów krakowieckich. W późniejszym, bliżej nie określonym czasie miało nastąpić odnowienie wgłębnich procesów krasowych. Większość jednakże autorów wyraża opinię, że wprawdzie pewne formy krasowe mogą być stare, ale obecna morfologia krasowa jest młodoplejstocenijska i holocenijska i podlega szybkiej ewolucji.

Szczegółowe studia F l i s a (1954) nie dostarczyły nowych danych do interpretacji wieku licznych w okolicy Buska form krasowych. Również badania W a l c z o w s k i e g o (1964, 1965), poświęcone zjawiskom krasowym w okolicy Staszowa, zawierają tylko ogólną ocenę wieku wertebów.

Opublikowane przez autora w 1968 r. krótkie doniesienie o wynikach badań paleobotanicznych nad osadami z lejków staszowskich zawierało tylko wstępną ich ocenę (S z c z e p a n e k 1968). Wykonanie większej ilości analiz paleobotanicznych oraz datowanie metodą radiowęgla próby torfu ze spągu profilu Czajków 2/II (głębokość 500—510 cm) na 11.930 ± 400 lat przed 1950, czyli 9.980 ± 400 lat p.n.e. (datowanie wykonano w Museum of Anthropology Univ. of Michigan, USA) skłaniają obecnie do zajęcia w sprawie wieku badanych osadów nieco innego stanowiska. Osady, związane w publikacji z 1968 r. z okresem borealnym, uważam za starsze, odłożone w Allerødzie, młodszym dryasie oraz w okresach preborealnym i borealnym.

I. OPIS TERENU

Budowa geologiczna

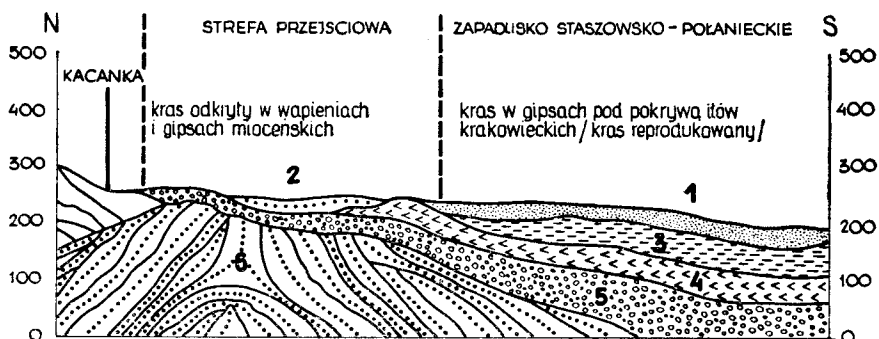
Najbardziej istotną cechą budowy geologicznej i litologii badanego terenu jest występowanie krasowiejących osadów trzeciorzędowych na nie krasowiejącym i wodoszczelnym podłożu prekambryjskim oraz pokrycie tych utworów nie krasowiejącymi osadami czwartorzędu. Sytuację tę ilustruje ryc. 1.

Utworami trzeciorzędowymi są tu mioceńskie margle i wapienie litotamniowe, gipsy, piaskowce, iły i iłolupki. Przykrywają je czwartorzędowe piaski fluwioglacjalne i gliny morenowe (ryc. 1).

Na omawianym obszarze brak prawie zupełnie głębokich wierceń. Dysponuję jedynie opisem otworu wiertniczego Glinki I, zlokalizowanego około 3 km na południowy wschód od Staszowa, na wysokości 205 m n.p.m., Uproszczony opis tego profilu przedstawia się następująco (R e w s k a 1967):

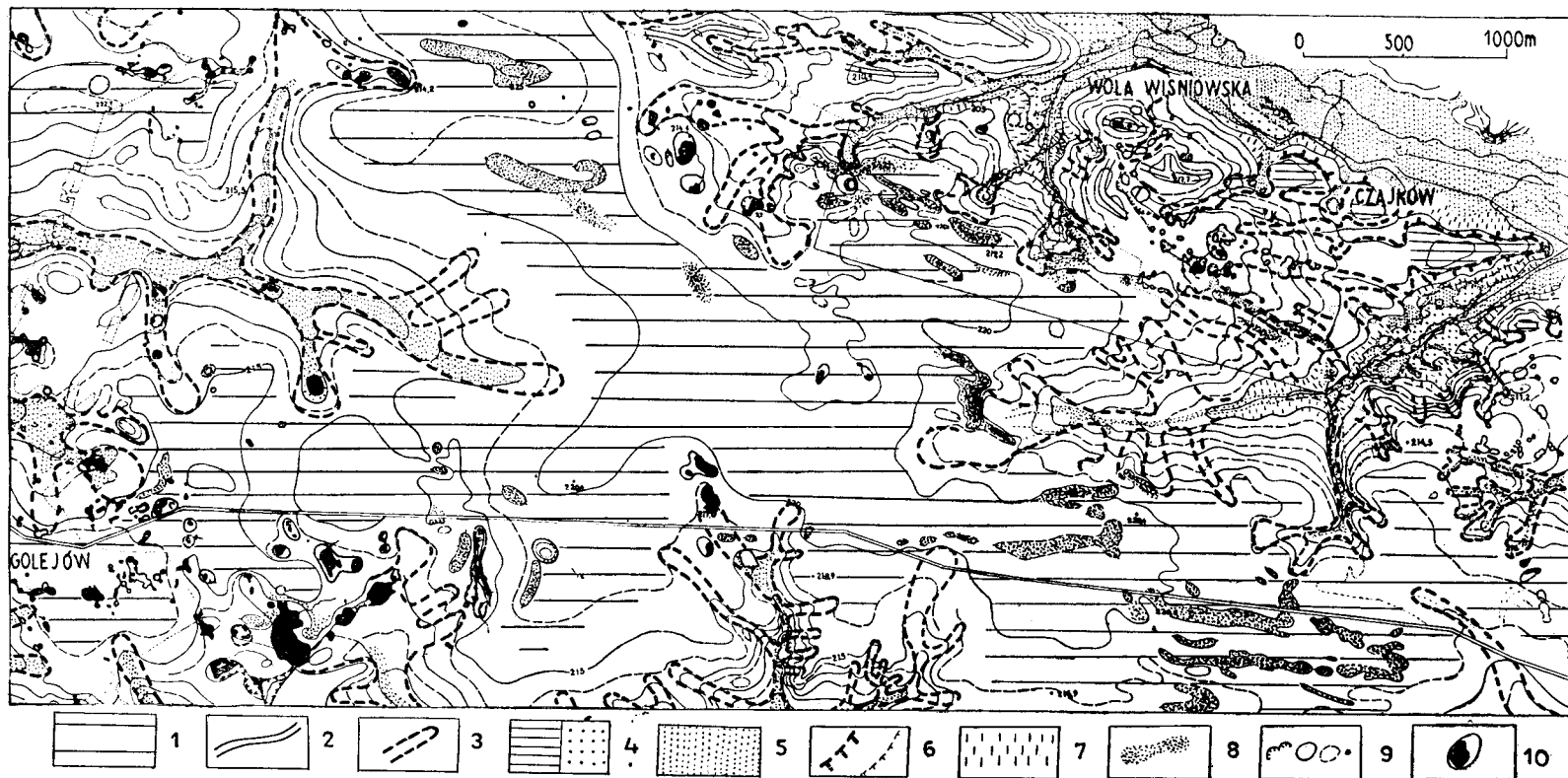
0,0— 0,3 m gleba;	} plejstocen	
0,3— 2,0 m piaski;		
2,0— 3,0 m glina;		
3,0— 4,0 m il popielaty;	} torton	
4,0—17,0 m iłołupki popielate;		
17,0—28,2 m iłołupki popielate, ślady H_2S ;		
28,2—31,0 m wapienie litotamniowe z piaskowcem;		
31,0—57,0 m wapienie litotamniowe;		
57,0—58,6 m piaskowiec słabo spojony;		
58,6—66,7 m wapienie litotamniowe z piaskowcem;		

Płytkie sondy geologiczne, wykonane przez Rewską (1967) do głębokości 4,5 m wykazały niewielką, chociaż zmienną miąższość utworów czwartorzędowych. W kilku sondach iły trzeciorzędowe stwierdzono na głębokościach mniejszych niż 4,0 m (najpłytsze 1,7 m). Przeciętną miąższość piasków fluwioglacjalnych i glin morenowych szacuje się na 6—12 m, a skał trzeciorzędowych na 40—70 m (Walcowski 1965; Rewska 1967).



Ryc. 1. Przekrój geologiczny południkowy przez badany obszar (linia profilowa przebiega przez południk Staszowa). Podziałka pozioma 1:100 000, podziałka pionowa 1:10 000. 1 — plejstocenyjskie piaski i żwiry oraz glina zwałowa; 2 — detrytyczny wapień sarmacki; 3 — iły krakowieckie; 4 — gipsy; 5 — wapień litotamniowy, 6 — prekambryjskie szarogłazy, iłołupki i piaskowce kwarcytowe (Walcowski 1964).
Fig. 1. Geological meridional section through the investigated area (the profile line runs through the meridian of Staszów). Horizontal scale 1:100,000, vertical scale 1:10,000. 1 — Pleistocene sands, gravels and boulder clay; 2 — detritic Sarmatian limestone; 3 — Krakowiec clays; 4 — gypsum beds; 5 — lithotome limestone; 6 — Precambrian greywacke, clay slates, and quartzite sandstones (Walcowski 1964).

Stratygrafia utworów czwartorzędowych nie jest tu jeszcze dokładnie poznana (Flis 1954, 1956; Jońca 1963; Walcowski 1965; Rewska 1967). Z dotychczasowych obserwacji wynika, że są one dość urozmaicone. Glinę morenową podścielają i przykrywają piaski wodnolodowcowe, lokalnie glina ta zawiera porwaki iłów trzeciorzędowych. Liczne są średniej wielkości erratyki skał skandynawskich oraz świętokrzyskich wapieni krystalicznych, piaskowców i kwarcytów. Młodoplejstocenyjskie i postglacjalne piaski eoliczne budują rozwiane wały wydmowe. Z osadów holo-



Ryc. 2. Mapa geomorfologiczna staszowskiego obszaru krasowego (opracowała S. Gilewska; Szczepanek 1968). 1 — pliocencka powierzchnia degradacyjna na tortońskich ilach, wyrównana gliną morenową oraz piaskami i żwirami fluwioglacjalnymi; 2 — garby; 3 — plejstocenyjskie doliny nieckowate; 4 — współczesne dna dolin, często zatorfione; 5 — równina terasy zalewowej; 6 — krawędzie teras rzecznych, podcięcia erozyjne; 7 — równiny akumulacji proluwialnej; 8 — wały wydymowe, pola piasków przewianych; 9 — lejki i uwały krasowe reprodukowane w pokrywie skał nie krasowiejących, znajdujące się w różnych stadiach rozwoju: przeważnie płytkie, płaskodenne, zatorfione, rzadziej lejkowate, chłonnące wodę; 10 — lejki zajęte przez stawki (często zajmujące wyrobiska po eksploatacji torfu). Linia ciągłą ograniczono obszar szczegółowych badań geomorfologicznych.

Fig. 2. Geomorphological map of the Staszów Karst region (prepared by S. Gilewska; Szczepanek 1968). 1 — Pliocene surface of degradation on Tortonian clays, levelled with glacial clay and fluvioglacial sands and gravels; 2 — ridges; 3 — Pleistocene troughshaped valleys; 4 — present valley bottoms, often converted into peat-bogs; 5 — plain of flooding terrace; 6 — edges of river terraces; 7 — plains of proluvial accumulation; 8 — dune ridges, fields of blown sands; 9 — karst sink-holes and uvalas formed by the caving-in of insoluble cap-rock, at various stages of development; mostly shallow, with a flat bottom, peaty, less frequently funnel-shaped, absorbing water; 10 — karst sink-holes containing small ponds (they often occupy depressions left after the cutting of peat). The solid line marks the areas of the close geomorphological survey.

ceńskich najbardziej typowymi są piaszczysto-mułkowe aluwia rzeczne oraz deluwia zboczowe.

Poziomem, w którym odbywają się procesy krasowe, są tu warstwy wapieni i gipsów tortonu pod pokrywą ilów i iłolupków tegoż wieku oraz piasków i glin plejstocieńskich. Jest to tzw. kras zakryty, a leje krasowe są formami reprodukowanymi w utworach pokrywowych, powstającymi zazwyczaj przez zapadanie się stropów nad podziemnymi próżniami, rzadziej przez ługowanie skały od góry.

Ukształtowanie powierzchni

Wyrównane powierzchnie płaskowyżów kryją pod płaszczem osadów czwartorzędowych równiny odpowiadające prawdopodobnie dolnopliocieńskiej powierzchni zrównania (K l i m a s z e w s k i 1958). Szereg łagodnych i spłaszczonych wzniesień (do 220 m n.p.m.), przedzielonych dolinami, przedstawia pod względem geomorfologicznym lekko falistą równinę o deniwelacjach terenu dochodzących do 24 m. Monotonną powierzchnię krajobrazu urozmaicają niewysokie wały i pola wydumowe oraz liczne lejki krasowe, zagłębienia nieckowate typu uwałów i doliny o założeniu krasowym. Formy te występują liczniej na obrzeżach płaskowyżu w nawiązaniu do dolin rzek Kacanki i Czarnej. Centralne partie terenu charakteryzuje większa jednostajność rzeźby (ryc. 2).

Stosunki wodne

W ścisłym związku z morfologią i budową geologiczną pozostają tu stosunki wodne. Pojedyncze leje krasowe lub ich grupy stanowią oddzielne, nie połączone ze sobą zlewnie, obejmujące najbliższe nachylone ku nim tereny. Spływ powierzchniowy nie odgrywa żadnej roli, ze względu na piaszczystą warstwę wierzchnią gruntów.

Wody gruntowe układają się w dwa, trzy lub cztery poziomy, odizolowane nieprzepuszczalnymi warstwami glin i ilów. Najwyższy poziom wód gruntowych to wody przypowierzchniowe, utrzymujące się w piaskach na glinach lub ilach. Niższy poziom występuje w piaskach podmorenowych na ilach krakowieckich. Trzeci poziom to wody w warstwach gipsów pod ilami krakowieckimi. Najniższy poziom związany jest z wapieniami litotamniowymi i nieprzepuszczalnym podłożem paleozoicznym (W a l c z o w s k i 1964, 1965).

Poszczególne poziomy wód gruntowych odgrywają zasadniczą rolę w procesach morfogenetycznych i biotycznych tego terenu. Wyraża się to w tym, że wody w obrębie skał trzeciorzędowych są odpowiedzialne za zjawiska krasowe. Wody zlokalizowane w osadach czwartorzędowych wywierają bezpośredni wpływ na pokrywę roślinną oraz tworzą powierzchniowe zbiorniki wodne w zapadliskach krasowych.

Klimat

Omawiany tu obszar należy do częstochowsko-kieleckiej dzielnicy klimatycznej (Gumiński 1948). Charakteryzuje się on umiarkowanie mroźną zimą, raczej gorącym latem oraz długą i ciepłą jesienią. Według Mitoska (1957), okolice Staszowa odznaczają się dość długim czasem trwania okresu bezprzymrozkowego (około 170 dni). Najchłodniejszy miesiąc, styczeń, ma średnią temperaturę około $-3,0^{\circ}\text{C}$. Średnia temperatura lipca, najcieplejszego miesiąca, wynosi około $17-18,3^{\circ}\text{C}$, średnia roczna $7-8^{\circ}\text{C}$. Średnia roczna suma opadów kształtuje się około wartości 500—600 mm, z czego na okres od maja do lipca włącznie przypada około 200 mm. Panującymi są wiatry z kierunku północno-zachodniego, ich dominowanie utrzymuje się przez cały rok, z wyjątkiem jesieni. Najrzadsze są wiatry południowo- i północno-wschodnie.

W stosunkach mikroklimatycznych szczególną rolę odgrywają obniżenia krasowe. Wpływ ten uwydatnia się przede wszystkim w niższych temperaturach zapadisk krasowych w dobowych inwersjach termicznych oraz w częstszym występowaniu mgieł, szczególnie przyziemnych radiacyjnych (Rewska 1967).

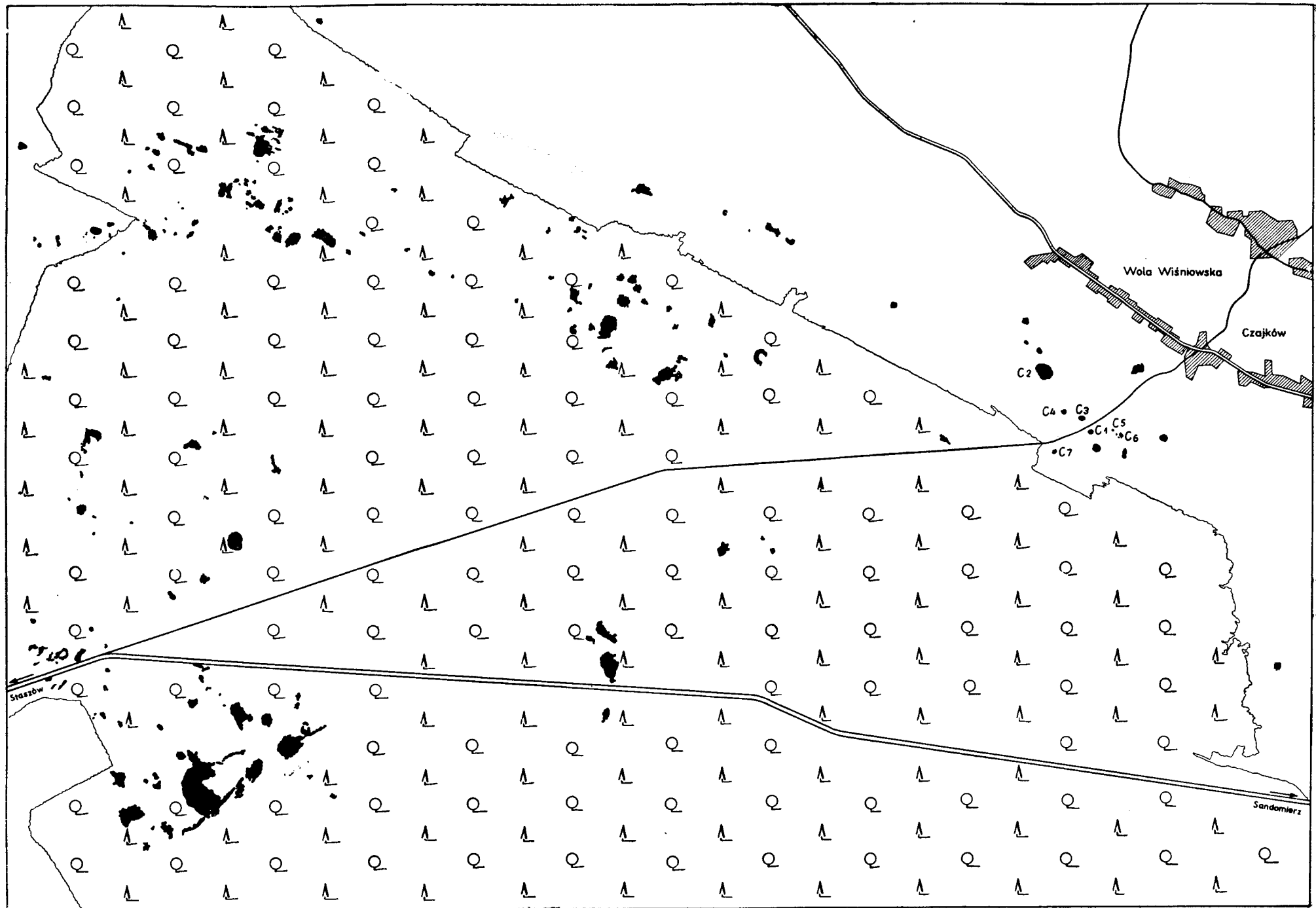
Pod względem warunków klimatycznych są okolice Staszowa obszarem przejściowym między stosunkowo chłodnymi Górami Świętokrzyskimi na północy i nieco cieplejszą Kotliną Sandomierską na południowym wschodzie.

Gleby

Na rozległych powierzchniach przykrytych piaskami plejstocеныskimi wykształcają się przeważnie lekkie gleby bielcowe, rzadziej gleby brunatne. W zagłębieniach i dolinkach krasowych powstają gleby mułowo-błotne i torfowe. Nieliczne wychodnie gipsów i wapieni nie odgrywają większej roli glebotwórczej. W klasyfikacji gospodarczej są to gleby należące do gruntów słabych, z przewagą V klasy, i złych, z przewagą nieużytków rolnych (Strzeński 1954). Dużą rolę odgrywa tu górny poziom wód gruntowych, który przy wzmożonych opadach atmosferycznych podnosi się w zakłesościach terenu do powierzchni, przyczyniając się do ich zabagnienia.

Roślinność

Okolice Staszowa położone są w obrębie geobotanicznej Krainy Wyżyn Lessowych (Miechowsko-Sandomierskiej), charakteryzującej się przede wszystkim pokrywą lessową. W obrębie tej krainy jako osobną jednostkę geobotaniczną niższego rzędu wyodrębnia się Okręg Staszowski (Szafar 1959), który różni się od okręgów sąsiednich brakiem pokrywy lessowej



Ryc. 3. Mapa części obszaru okolic Staszowa ilustrująca występowanie lejków krasowych. Badane stanowiska: C1 — Czajków 1; C2 — Czajków 2; C3 — Czajków 3; C4 — Czajków 4; C5 — Czajków 5; C6 — Czajków 6; C7 — Czajków 7.
 Fig. 3. Map of part of the region the neighbourhood of Staszów illustrating the occurrence of karst sink-holes. Investigated stands: C1 — Czajków 1; C2 — Czajków 2; C3 — Czajków 3; C4 — Czajków 4; C5 — Czajków 5; C6 — Czajków 6; C7 — Czajków 7.

(pozostała z niej tylko resztką, w postaci odosobnionego płatu na południowy zachód od Staszowa).

Pod względem znajomości flory i stosunków geobotanicznych Okręg Staszowski należy do obszarów niemal zupełnie nie opracowanych. O ile sąsiednie okręgi były badane od dawna i wielokrotnie (Łapczyński 1882, 1887; Dziubałtowski 1915, 1916, 1922, 1923, 1925/1926; Kozłowska 1923, 1931; Szafer 1918, 1923; Medwecka-Kornaś 1952, 1959), to dla Okręgu Staszowskiego brak, poza bardzo ogólnymi danymi (Szafer 1959), opracowań szczegółowych.

Interesujący nas tu obszar o powierzchni około 50—60 km² jest zajęty przez duży kompleks sadzonych lasów sosnowych oraz w części naturalne płaty lasów sosnowo-dębowych i fragmenty grądów z udziałem buka i jodły. Siedliska olesów, chociaż dość liczne, zajmują niewielkie powierzchnie, podobnie jak zbiorowiska wodne i torfowiskowe, związane zwykle z formami krasowymi i ciekami wodnymi. Skład florystyczny lasów jest w znacznym stopniu zmieniony przez gospodarkę człowieka. Na sąsiadujących z lasami gruntach rolnych uprawia się przede wszystkim żyto i ziemniaki.

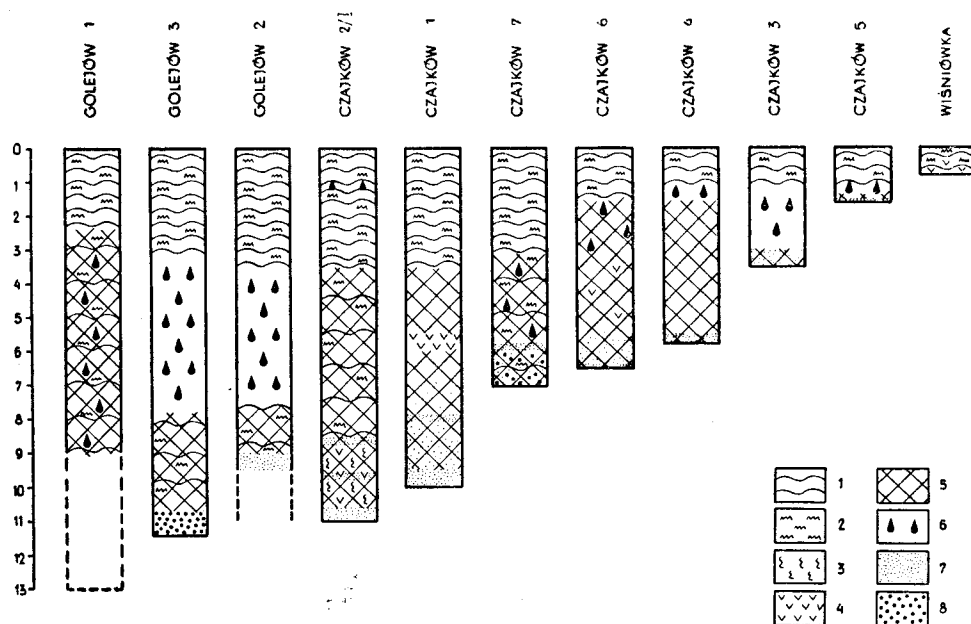
II. MATERIAŁ I METODY

Lejki krasowe i ich zarastanie

Spośród różnych form krasowych, jakie występują w północno-wschodniej i wschodniej okolicy Staszowa, ograniczonej miejscowościami Staszów—Wiśniowa—Czajków—Rytwiany—Staszów, najliczniejsze są lejki krasowe. Występują one na terenie lasów nadleśnictwa Golejów oraz wśród pól uprawnych (ryc. 3). Formy te mają kształty o zarysie kolistym, owalnym, biszkoptowatym lub nieregularnym. Występują pojedynczo lub w grupach, które — być może — świadczą o przebiegu głównych linii spękań skał krasowiejących. Zbocza lejków są z reguły strome, o nachyleniu 20°—50°, zwykle zadarnione lub zalesione. Na terenach zajętych przez pola uprawne górna krawędź zagłębień krasowych jest zazwyczaj podkreślona przez orkę. W niektórych przypadkach zbocza modelowane są aktualnie przez płytkie zerwy, świadczące o rozrastaniu się lejków i prawdopodobnie o postępującym ich pogłębianiu (Jońca 1963; Walczowski 1964 i własne obserwacje). Zerwy te stosunkowo szybko ulegają zarastaniu. Rzadko obserwuje się powstawanie nowych lejków (Walczowski 1964 i własne obserwacje).

Lejki krasowe na badanym terenie są bardzo zróżnicowane, nie tylko pod względem kształtu i stopnia nachylenia zboczy; różna jest także wielkość zajmowanej powierzchni, głębokość i wysokość stoku. Ich powierzch-

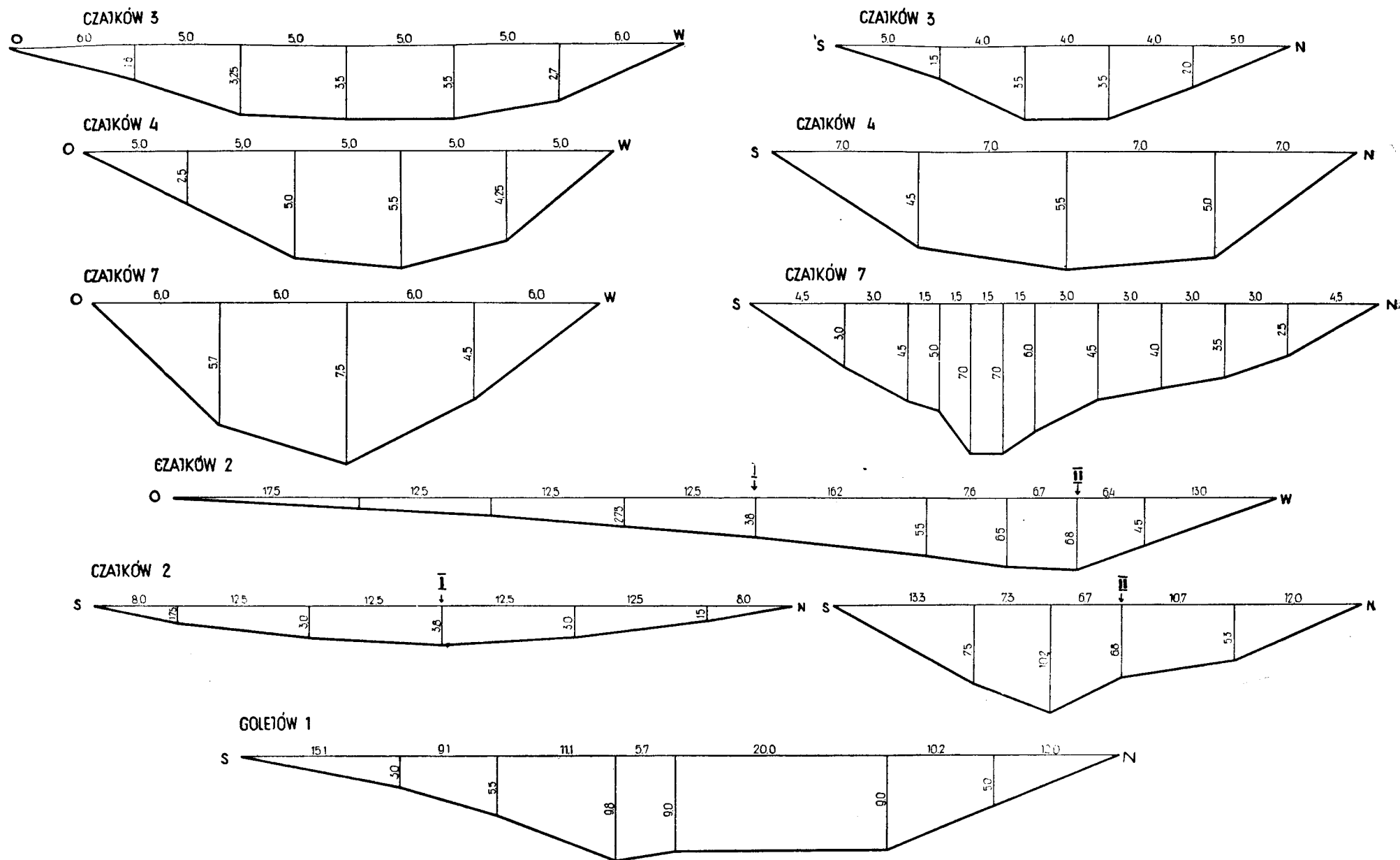
nie wahają się w granicach od kilku metrów kwadratowych do około 3,5 ha. Zestawienie wielkości powierzchni tzw. „stawów golejowskich” zawiera tabela 1. Głębokości mierzone od powierzchni wody lub zarastającej lejki roślinności do spągu torfu wahają się w granicach od kilkunastu cm do około 13 m (ryc. 4). Podobnie przedstawiają się wysokości zboczy lej-



Ryc. 4. Maksymalne miąższości osadów organogenicznych wypełniających lejki krasowe koło Staszowa. 1 — torf sfagnowy; 2 — torf wełniankowy; 3 — torf mszysty; 4 — torf leśny; 5 — torf sapropelowy podobny do gytii; 6 — woda; 7 — il; 8 — piasek (Szczepanek 1968, uzupełnione).

Fig. 4. Maximum thickness of organogenic sediments filling karst sink-holes near Staszów. 1 — *Sphagnum* peat; 2 — cotton-grass peat; 3 — moss peat; 4 — forest peat; 5 — sapropelic peat resembling gyttia; 6 — water; 7 — clay; 8 — sand (Szczepanek 1968, complemented).

ków, mierzone od tej samej podstawy do powierzchni terenu. Większość lejków wypełniona jest osadami organogenicznymi lub wodą. W tym drugim przypadku wypełnienie wodą jest przeważnie wtórne, po wyeksploatowaniu torfów, co miało miejsce na skalę przemysłową z końcem XIX i w początkach XX w. Lejki o dnie suchym, chłonnym wody opadowe i roztopowe, trafiają się rzadko (tabl. I). Kształty dna zagłębień krasowych ilustrują profile wykonane na podstawie sondowań osadów (ryc. 5). Zwraca uwagę fakt, że często największe głębokości występują nie w środku, lecz są przesunięte na południowo-zachodnią stronę lejków. W obrębie niektórych dolinek krasowych o postaci płaskodennych, zawieszonych niecek zboczowych, występują młodsze zagłębienia krasowe.



Ryc. 5. Zarys dna lejów krasowych w częściach wypełnionych osadami organogenicznymi.
Fig. 5. Outlines of the bottom of 5 karst sink-holes in the parts filled with organogenic sediments.

Liczba lejków krasowych na omawianym obszarze wynosi około 250. Na obszarze zilustrowanym mapą (ryc. 3) naliczyłem 196 lejków, w tym 153 w lasach.

Nad zarastaniem lejków w badanym terenie nie prowadzono dotychczas obserwacji. Poniższe uwagi oparte są na spostrzeżeniach poczynionych w trakcie pobierania materiałów do badań paleobotanicznych.

Tabela 1

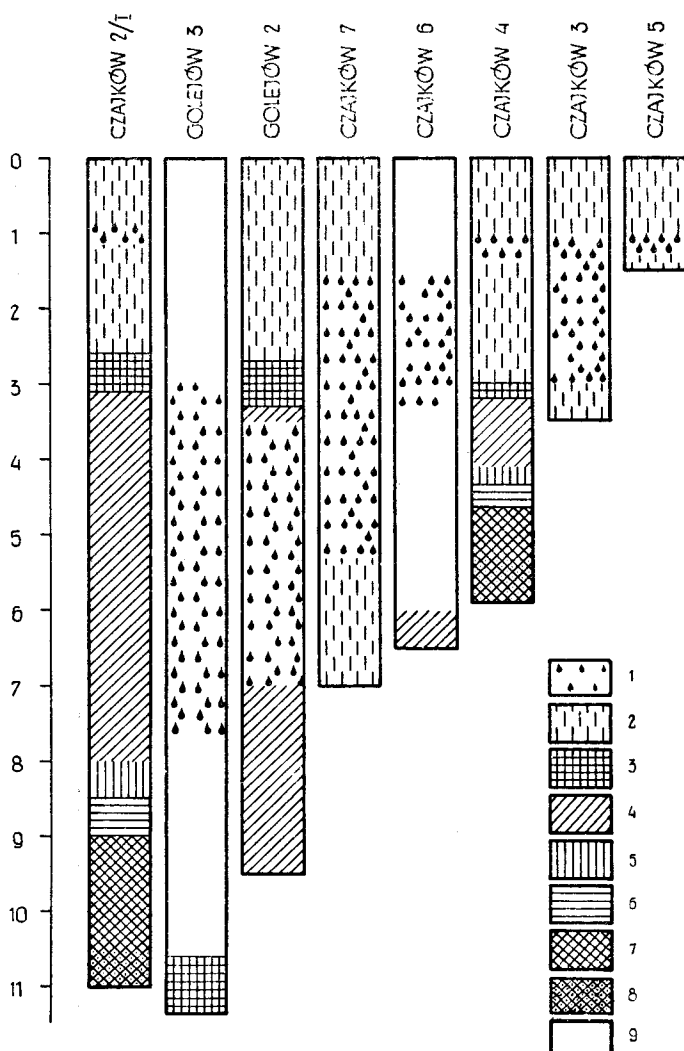
Table 1

Wielkości 20 zagłębień krasowych w lasach nadleśnictwa
Golejów („stawy golejowskie”)

*Size of 20 Karst depressions in the forests of the Chief
Forestry District of Golejów („Golejów ponds”)*

Nr No	Powierzchnia w ha <i>Area in hectares</i>	Wysokość n.p.m. <i>Altitude above sea-level</i>
1	0,02	208,0
2	0,02	211,2
3	0,03	210,3
4	0,04	212,0
5	0,05	206,0
6	0,05	206,0
7	0,05	209,0
8	0,06	211,0
9	0,06	211,0
10	0,12	202,0
11	0,17	206,0
12	0,20	206,0
13	0,20	209,0
14	0,20	206,0
15	0,24	208,7
16	0,54	206,0
17	0,55	207,0
18	0,65	203,0
19	1,00	206,0
20	3,60	206,0

Większość lejków występujących w lasach jest wyeksploatowana z osadów torfowych i zamieniona w jeziora. Odmierna jest sytuacja wśród pól uprawnych. Tu tylko nieliczne i zwykle płytkie zagłębienia tworzą jeziorka, natomiast w większości przypadków w lejkach rozwijają się zbiorowiska torfotwórcze. Formy małe, o średnicach kilku metrów i głębokościach kilkunastu centymetrów, z wodą stagnującą przez większą część roku, zarastają zwykle w całości turzycę (*Carex* sp. div.), rzadziej pałką (*Typha latifolia*), kosaciec (*Iris pseudacorus*) i trzcina (*Phragmites com-*



Ryc. 6. Soczewki wodne i wiek osadów wypełniających lejki krasowe koło Staszowa. 1 — soczewki wodne; 2 — okres subatlantycki; 3 — okres subborealny; 4 — okres atlantycki; 5 — okres borealny; 6 — okres preborealny, 7 — młodszy dryas, 8 — Allerød, 9 — nie badane odcinki diagramów.

(Szczepanek 1968, uzupełnione).

Fig. 6. Water levels and age of sediments filling karst sink-holes near Staszów. 1 — water levels; 2 — Sub-atlantic period; 3 — Sub-boreal period; 4 — Atlantic period; 5 — Boreal period; 6 — Pre-boreal period; 7 — Younger Dryas; 8 — Allerød; 9 — sections of diagrams not investigated

(Szczepanek 1968, complemented).

munis). Lejki głębsze i zwykle nieco większe, w których woda nie wysycha przez cały rok, znajdują się w różnych stadiach zarastania przez roślinność zanurzoną w wodzie (*Ceratophyllum submersum* i *C. demersum*, *Elodea canadensis*, *Utricularia vulgaris*, *Chara* sp. div.), przez pływające wyspy torfowcowe, na których osiedlają się rośliny kwiatowe (także drzewa i krzewy), i rozrastający się od brzegu ku środkowi pomost torfowcowy z roślinami kwiatowymi (*Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre*, *Calla palustris*, *Hottonia palustris*, *Iris pseudacorus*, *Acorus calamus*, *Phragmites communis* i inne). Gdy na powierzchni wody utworzy się około półmetrowa warstwa torfu, mogą na niej rozwijać się krzewy i drzewa, a przede wszystkim sosna, brzoza brodawkowana i omszona, olsza czarna, osika, świerk, kruszyna i wierzby. Pod tak powstałą warstwą torfu występują soczewki wody o znacznej nieraz głębokości (ryc. 6).

Opis zbadanych stanowisk

Opracowane metodami paleobotanicznymi osady pochodzą z 10 lejków rozmieszczonych wśród pól lub na granicy pól i lasów koło miejscowości Czajków, Wola Wiśniowska i Golejów, oraz z jednego lejka położonego w głębi lasów, około 3 km na wschód od gajówki Wiśniówka.

Czajków 1 (207 m n.p.m.). Lejek położony jest wśród pól, około 300 m na północny wschód od gajówki Maziarka i około 700 m od wsi Czajków i Wola Wiśniowska, na południowym stoku zbocza o nachyleniu nie przekraczającym 10° . Ma on kształt niemal kolisty, o średnicy około 30 m. Stok lejka jest wyraźny, podkreślony zaoranymi polami, wyższy od strony północno-zachodniej (około 1,5 m), a od strony południowo-wschodniej (poniżej 0,5 m) przekopany wąskim rowem odwadniającym. Środek zagłębienia zajmuje torfowisko sfagnowe z wyraźną kopułą, porośniętą rzadko przez *Pinus silvestris*, *Betula verrucosa*, *Alnus glutinosa*, *Frangula alnus*, *Ledum palustre*, *Oxycoccus quadripetalus* i inne rośliny torfowiskowe. Pomiedzy wzniesioną kopułą torfowiska a mineralnym brzegiem lejka występuje pas wody o głębokości około 0,5—1,0 m i około 5 m szerokości, zarośnięty głównie przez *Iris pseudacorus*, *Sparganium minimum*, *Carex rostrata*, *Lycopus europaeus*, *Hottonia palustris*, *Lysimachia thyrsiflora*, *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre* i inne gatunki roślin bagiennych.

Wiercenie wykonane 10. X. 1963 r. mniej więcej w środku torfowiska, osiągnęło 10 m i dało następujący układ warstw:

- 0— 100 cm torf sfagnowy brunatny, średnio rozłożony;
- 100— 350 cm torf sfagnowo-turzycowo-wielnankowy, średnio rozłożony, dobrze uwodniony, fragmenty drewna poniżej 240 cm, szpilki jodły i jej nasiona, pędy wrzosowatych;

- 350— 550 cm torf dobrze rozłożony, w odcieniu ciemniejszy od poprzedniego, średnio uwodniony, z dość licznymi fragmentami drewna i szczątkami makroskopowymi roślin;
- 550— 600 cm torf mazisty, ciemnobrunatny, dobrze rozłożony;
- 600— 790 cm torf dobrze rozłożony, ciemnobrunatny, nieliczne ziarna piasku, suchy, z dość licznymi fragmentami drewna;
- 790— 800 cm gytia ciemnożółta, z przymieszką piasku;
- 800— 930 cm torf ciemnobrunatny, dobrze rozłożony, sprasowany, z licznymi fragmentami drewna i kory brzozy;
- 930— 970 cm piasek zatorfiony barwy czarnej;
- 970—1000 cm ił z piaskiem, ciemnopopielaty.

C z a j k ó w 2 (206 m n.p.m.). Lejek położony jest wśród pól uprawnych, około 350 m na północny zachód od gajówki Maziarka, pomiędzy dwoma łagodnymi wzniesieniami (na południowy wschód od punktu pomiarowego 216 m n.p.m.). Ma on postać zawieszanej niecki, która przedłuża większą dolinę krasową, oddzieloną wyraźnym wałem, z płytkim rowem odwadniającym. Lejek ma kształt dość regularnej elipsy o przebiegu z zachodu na wschód i rozmiarach 105×50 m. Stok lejka o wysokości około 1 m tylko na niewielkiej przestrzeni zaznacza się wyraźnie. Centralną część zagłębienia zajmuje torfowisko sfagnowe o kępowym typie wzrostu. Podtopiony okrajek oddziela kopułę torfowiska od mineralnych brzegów. Rosną tu *Phragmites communis*, *Acorus calamus*, *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre* i inne rośliny bagienne. W części południowo-zachodniej torfowiska występują *Pinus silvestris*, *Betula verrucosa*, *B. pubescens* (rzadziej), *Frangula alnus*, *Alnus glutinosa* i *Salix* sp. Z roślin występujących na torfowiskach wysokich zanotowano: *Rhynchospora alba*, *Drosera rotundifolia*, *Oxycoccus quadripetalus*, *Eriophorum vaginatum* i *Carex stellulata*.

Trzy profile, pobrane w dniu 3. IX. 1964 r., oznaczono symbolami 2/I, 2/II, 2/III. Najgłębsze wiercenie 2/I, usytuowane w południowo-zachodniej części torfowiska, osiągnęło 11 m głębokości. W punkcie 2/II, oddalonym o około 15 m w kierunku północno-wschodnim od punktu 2/I i usytuowanym na dłuższej osi lejka, wiercenie osiągnęło głębokość 5,5 m. W punkcie 2/III, oddalonym o około 25 m na wschód od punktu 2/II, wiercenie osiągnęło głębokość 3 m. Układ warstw w poszczególnych profilach przedstawia się następująco:

C z a j k ó w 2/I

- 0— 100 cm torf sfagnowy jasnobrunatny, słabo rozłożony, wodnisty;
- 100— 350 cm torf sfagnowo-wełniankowo-turzycowy jasnobrunatny, średnio rozłożony, bardzo uwodniony, z fragmentami drewna na głębokości 320 cm; na głębokości 100—120 cm soczewka wodna;
- 350— 500 cm torf turzycowo-wełniankowy jasnobrunatny, ciemniejszy od nadległego, mniej uwodniony, słabo rozłożony;
- 500— 850 cm torf turzycowo-wełniankowy brunatny, dość dobrze rozłożony, średnio uwodniony, z fragmentami drewna poniżej 750 cm głębokości;

- 850— 980 cm torf turzycowo-wełniankowy brunatny, z fragmentami drewna, dość dobrze rozłożony, średnio uwodniony;
 980— 987 cm il niebieski;
 987—1075 cm torf brunatny, dobrze rozłożony, dość suchy, z fragmentami drewna;
 1075—1100 cm il z piaskiem.

C z a j k ó w 2/II

- 0—200 cm torf sfagnowo-wełniankowy, jasnobrunatny, silnie uwodniony, średnio rozłożony, z fragmentami drewna, pędy wrzosowatych;
 200—450 cm torf dobrze rozłożony, brunatny, średnio uwodniony;
 450—510 cm torf sfagnowo-mszysty, jasnobrunatny, ciemnieje po utlenieniu, dość dobrze rozłożony, średnio suchy;
 510—550 cm piasek.

C z a j k ó w 2/III

- 0—150 cm torf sfagnowo-wełniankowy, słabo rozłożony, silnie uwodniony, jasno-brunatny;
 150—200 cm torf sfagnowo-wełniankowy, słabo rozłożony, niemal półpłynny;
 200—220 cm torf sapropelowy, dobrze rozłożony, silnie uwodniony;
 220—290 cm torf ciemnobrunatny, dobrze rozłożony, średnio suchy;
 290—300 cm piasek.

C z a j k ó w 3 (207 m n.p.m.). Lejek położony jest wśród pól uprawnych na grzbiecie łagodnego wzniesienia w odległości około 300 m na północ od gajówki Maziarka. Ma kształt regularnej elipsy o rozmiarach 32 m × 22 m. Lejek odgraniczony jest od pól uprawnych wyraźną, zadarnioną krawędzią o wysokości 1,0—1,5 m i nachyleniu stoku około 50°. Torfowisko sfagnowe wypełniające lejek odznacza się wyraźnie sklepioną kopułą o nierównej powierzchni, utworzonej przez kępy *Sphagnum* i *Eriophorum vaginatum*. Prawie zupełnie brak jest tutaj drzew i krzewów (2 małe okazy *Pinus silvestris*) (fot. 2, tabl. II). Pomiędzy mineralnymi brzegami a kopułą torfowiska występuje charakterystyczny, podtopiony okrajek, zarośnięty głównie przez turzyce, *Iris pseudacorus*, *Acorus calamus*, *Menyanthes trifoliata* i *Comarum palustre*. Wiercenie wykonane w środku misy leja ujawniło pod jednometrową warstwą torfu obecność soczewki wody o głębokości 2 m i zalegającą poniżej warstwę pni drzew. Maksymalna głębokość lejka wynosi 3,5 m. Materiał do analiz pobrano w trzech punktach oznaczonych symbolami 3/I, 3/II, 3/III. Pierwsze wiercenie, zlokalizowane 5 m od brzegu północnego, w środku dłuższej osi elipsy, wykazało warstwę torfu o miąższości 130 cm. W drugim punkcie, zlokalizowanym w środku torfowiska, pobrano 50-centymetrową warstwę spągową osadu organogenicznego do analiz mikroskopowych i jednometrową warstwę spągową osadu do analizy szczątków makroskopowych. W trzecim punkcie, położonym około 17 m od brzegu północnego w kie-

runku południowym, zebrano tylko półmetrową warstwę spagową z głębokości 140—190 cm od powierzchni. Wiercenia wykonano w dniu 10. VIII. 1965 r. Układ warstw w poszczególnych profilach był następujący:

C z a j k ó w 3/I

- 0— 75 cm torf sfagnowo-wełniankowy, średnio rozłożony, bardzo silnie uwodniony;
- 75—130 cm torf dobrze rozłożony, brunatny, z fragmentami drewna, średnio uwodniony;
- 130—140 cm piasek zatorfiony, ciemnobrunatny;
- 140—150 cm piasek popielaty ze smugami brunatnymi.

C z a j k ó w 3/II

- 0—100 cm torf sfagnowo-wełniankowy, średnio rozłożony, silnie uwodniony, jasnobrunatny;
- 100—300 cm woda;
- 300—318 cm torf sapropelowy brunatny, z licznymi fragmentami drewna (na głębokości około 270—320 cm pnie drzew);
- 318—338 cm il czarny, piaszczysty;
- 338—350 cm il z piaskiem, czarny (większe ziarna piasku).

C z a j k ó w 3/III

- 0— 75 cm torf sfagnowo-wełniankowy średnio rozłożony, uwodniony, brunatny;
- 75—100 cm torf jasnobrunatny, średnio rozłożony, prawie półpłynny;
- 100—170 cm torf dobrze rozłożony, brunatny, średnio uwodniony, z licznymi fragmentami drewna;
- 170—200 cm il z piaskiem, czarny.

C z a j k ó w 4 (206 m n.p.m.). Lejek położony jest prawie na szczycie garbu, około 330 m na północ od gajówki Maziarka, pomiędzy stanowiskami Czajków 2 i Czajków 3, wśród pól uprawnych. Lejek ma kształt prawie kolisty (27 m × 30 m).

Wypełnia go torfowisko o dość zróżnicowanej roślinności. Część centralną pokrywa kobierzec *Sphagnum* bez wyraźnego sklepienia. Dość licznie występują tu kilkumetrowej wysokości drzewa *Alnus glutinosa*, *Betula verrucosa* i *Pinus silvestris*. Okrajek jest dość szeroki i nieregularny. Maksymalna głębokość lejka przesunięta jest nieco ku południowemu zachodowi. Wiercenie wykonane w dniu 11. VIII. 1965 r. osiągnęło głębokość 5,8 m i dało następujący układ warstw:

- 0— 25 cm torf turzycowo-wełniankowo-sfagnowy średnio uwodniony, brunatny, z licznymi fragmentami nierozłożonych tkanek roślin;
- 25—100 cm torf wełniankowo-turzycowy uwodniony, jasnobrunatny, z licznymi fragmentami pędów i tkanek roślin;
- 100—140 cm woda;
- 140—235 cm torf turzycowo-wełniankowo-oczeretowy dość silnie uwodniony, brunatny, z licznymi fragmentami nie rozłożonych tkanek, pędów i korzeni, z fragmentami drewna (poziom pni na głębokości 150 cm);

- 235—335 cm torf średnio uwodniony, brunatny, z fragmentami drewna i szpilkami (na głębokości 240 cm szpilka jodły);
 335—450 cm torf suchy, sprasowany, z nielicznymi fragmentami drewna;
 450—550 cm torf ciemnobrunatny, dobrze rozłożony i sprasowany, suchy, nieco mszysty, z nielicznymi fragmentami drewna;
 550—560 cm ił piaszczysty, lekko zatorfiony;
 560—580 cm ił piaszczysty, jasnopopielaty.

Czajków 5 (205 m n.p.m.). Lejek położony wśród pól uprawnych, około 350 m na północny wschód od gajówki Maziarka, ma kształt prawie kolisty (28 m × 32 m) i niemal jednakową głębokość 1,5 m. Wyrażna krawędź stoku jest około 0,5 m wysoka i zadarniona. Lejek wypełnia silnie podtopione torfowisko, porośnięte kępami *Sphagnum* i niskimi okazami *Alnus glutinosa* oraz roślinami bagiennymi: *Iris pseudacorus*, *Oenanthe aquatica*, *Lythrum salicaria*, *Glyceria fluitans*. Wiercenie wykonane w dniu 8. VIII. 1965 r. wykazało następujący układ warstw:

- 0—100 cm torf sfagnowo-turzycowo-wełniankowy silnie uwodniony, jasnobrunatny, z licznymi fragmentami nierozłożonych pędów i korzeni;
 100—125 cm woda;
 125—140 cm torf brunatny z nielicznymi fragmentami drewna;
 140—150 cm ił ciemnopopielaty.

Czajków 6 (205 m n.p.m.). Lejek położony około 20 m na południowy wschód od poprzedniego (Czajków 5), ma podobny kształt i rozmiary. Zwykle przez cały rok woda utrzymuje się tu na powierzchni. W środku lejka rośnie kępa niskich okazów *Alnus glutinosa* i *Betula verrucosa*, obficie występuje *Typha latifolia* (fot. 1, tabl. II). Wiercenie wykonane w dniu 8. VIII. 1965 r. osiągnęło 6,5 m głębokości. Pobrano do analiz próby z półmetrowej warstwy spągowej. Układ warstw przedstawia się następująco:

- 0—100 cm torf sfagnowo-wełniankowy, brunatny, dobrze rozłożony, uwodniony;
 100—150 cm torf sfagnowo-wełniankowy, jasnobrunatny, średnio rozłożony, silnie uwodniony, ze szpilkami *Abies*;
 150—330 cm półpłynna zawiesina tkanek roślinnych, liczne szpilki *Abies*, *Picea*, *Pinus*, fragmenty liści, małe fragmenty drewna;
 330—350 cm torf silnie uwodniony, dobrze rozłożony (sapropelowy), liczne szpilki *Abies*, fragmenty liści, skrzydlak *Acer*;
 350—435 cm torf ciemnobrunatny dobrze rozłożony (sapropelowy), mała domieszka piasku, średnio uwodniony, liczne fragmenty drewna, w górnych warstwach szpilki jodły;
 435—605 cm torf brunatny, dobrze rozłożony (sapropelowy), słabo uwodniony, fragmenty drewna;
 605—635 cm torf ciemnobrunatny, w spągu prawie czarny, dobrze rozłożony, sprasowany, suchy, z nielicznymi fragmentami drewna;
 635—650 cm torf prawie czarny, z przymieszką piasku, przechodzący w popielaty ił.

C z a j k ó w 7 (211 m n.p.m.). Lejek położony wśród pól uprawnych (deputat gajowego), około 75 m na północ od gajówki Maziarka i od brzegu lasu, ma kształt elipsy (30 m $\times$ 24 m). Torfowisko wypełniające lejek ma wypukłą część centralną, utworzoną głównie przez kępy *Sphagnum*, *Eriophorum vaginatum* i turzycę. W szerokim na około 3,0 m okraju rośnie *Iris pseudacorus*, *Sparganium minimum*, *Comarum palustre*, *Menyanthes trifoliata*, *Utricularia vulgaris*, *Lysimachia thyrsiflora*. Brzeg lejka jest ostro odgraniczony od płaskiego otaczającego go terenu. Wiercenie wykonane w dniu 20. IX. 1965 r. wykazało maksymalną głębokość 7 m, przesuniętą nieco na południowy zachód od centrum lejka, i następujący układ warstw:

- 0—25 cm torf sfagnowo-turzycowy dobrze rozłożony, ciemnobrunatny;
- 25—250 cm torf wełniankowo-turzycowo-sfagnowy dość dobrze rozłożony, średnio uwodniony, jasnobrunatny, z licznymi fragmentami wrzosowatych;
- 250—300 cm torf wełniankowo-turzycowo-sfagnowy średnio rozłożony, silnie uwodniony, jasnobrunatny, z licznymi fragmentami tkanek wełnianki, z fragmentami drewna;
- 300—350 cm torf półpłynny z licznymi fragmentami kory brzozy;
- 350—525 cm zawiesina fragmentów tkanek, liści, owoców i nasion;
- 525—575 cm il zatorfiony;
- 575—700 cm torf czarny z przymieszką ilu i piasku;
poniżej piasek z glazami.

G o l e j ó w 1 (206 m n.p.m.). Lejek znajduje się około 100 m na południe od siedziby nadleśnictwa w Golejowie, pomiędzy zabudowaniami, na granicy pól uprawnych i lasów. Jest to jeden z największych lejków z nie wyeksploatowanymi osadami torfu (85 m $\times$ 70 m). Przez znaczną część roku cała jego powierzchnia jest silnie podtopiona. Torfowisko pokrywa dość zwarty łąn turzyc (*Carex limosa*, *Carex vesicaria*) z kobiercami torfowców (*Sphagnum recurvum*, *Sph. medium*, *Sph. subsecundum*). Wiercenie wykonano w dniu 5. IX. 1956 r. w części południowo-zachodniej torfowiska, w parumetrowej odległości od jego środka, osiągając maksymalną głębokość 13 m. Materiał do analizy pochodził z wiercenia wykonanego w dniu 4. IX. 1964 r., które osiągnęło 9 m. Układ warstw przedstawia się następująco:

- 0—30 cm torf brunatny, dobrze rozłożony, dość suchy
- 30—100 cm torf sfagnowo średnio rozłożony, jasnobrunatny, średnio uwodniony
- 100—250 cm torf turzycowo-sfagnowy średnio rozłożony, dobrze uwodniony, z dużą ilością pędów wrzosowatych
- 250—800 cm torf turzycowo-wełniankowy dobrze rozłożony, półpłynny
- 800—930 cm torf jasnobrunatny, dobrze rozłożony, półpłynny
- 930—940 cm il popielaty
- 940—950 cm torf jasnobrunatny, dobrze rozłożony, poniżej il popielaty.

G o l e j ó w 2 (206 m n.p.m.). Lejek o kształcie biszkoptowatym, o wymiarach 56 m $\times$ 37 m, położony wśród pól uprawnych, około 50 m na za-

chód od stanowiska Golejów 1. Dłuższa oś ma przebieg E—W. Roślinność zarastająca torfowisko to kwaśna łąka, koszona i wypasana. W wierceniu wykonanym w dniu 22. X. 1966 r. w części północno-wschodniej torfowiska do głębokości 11 m nie osiągnięto podłoża mineralnego. Materiał zebrano z głębokości 10,50 m do 11,00 m. Drugie wiercenie wykonane w środku zagłębienia dało następujący układ warstw:

- 0— 50 cm torf brunatny, średnio rozłożony, suchy, z małą przymieszką piasku, z nielicznymi fragmentami drewna;
- 50—350 cm torf sfagnowo-wełniankowy, średnio rozłożony, dobrze uwodniony, brunatny, z pędami wrzosowatych i nielicznymi fragmentami drewna;
- 350—750 cm woda z luźną zawiesziną tkanek roślinnych;
- 750—910 cm torf dobrze rozłożony (sapropelowy), bezpostaciowy, brunatny, średnio uwodniony, nieliczne drobne fragmenty drewna i pędy roślin;
- 910—950 cm il popielaty.

Golejów 3 (202 m n.p.m.). Lejek położony na granicy pól i lasu, około 500 m na północny zachód od siedziby nadleśnictwa w Golejowie, ma kształt kolisty i średnicę 30 m. Krawędź stoku o ostrym spadku, około 2,5 m wysoka. Lej wypełnia torfowisko sfagnowe z kilku okazami *Pinus silvestris*, *Betula verrucosa*, *Salix aurita* i *Ledum palustre*, poza tym rosną tu *Oxycoccus quadripetalus*, *Drosera rotundifolia* i inne gatunki torfowiskowe. Wyraźny okrajek z roślinnością bagienną oddziela sklepioną kopułę torfowiska od mineralnych brzegów. Wiercenie wykonane w dniu 13. X. 1967 r. wykazało maksymalną głębokość 11,35 m. Materiał do analiz pobrano z 70 cm warstwy spągowej torfu, spoczywającego na piasku barwy czarnej (35 cm), który poniżej przechodzi w piasek brunatny. W trakcie sondowań stwierdzono znacznej miąższości soczewkę wodną pod około 3-metrową warstwą wierzchnią torfu. Układ warstw przedstawia się następująco:

- 0— 300 cm torf sfagnowo-wełniankowy średnio rozłożony, brunatny, silnie uwodniony. Na głębokości około 200 cm pnie drzew;
- 300— 770 cm woda;
- 770— 850 cm torf brunatny, dobrze rozłożony (sapropelowy), silnie uwodniony;
- 850—1100 cm torf jasnobrunatny, dobrze rozłożony (sapropelowy), uwodniony słabiej od nadległego, niekiedy pędy wrzosowatych;
- 1100—1135 cm piasek zatorfiony, prawie czarny, w spągu przechodzi w piasek jasnobrunatny.

Wiśniówka (210 m n.p.m.). Lejek krasowy o wymiarach 175 m × 175 m, znajduje się około 3 km na wschód od gajówki Wiśniówka wśród lasu sosnowego. Jest to rozległe, płytkie zapadlisko (warstwa torfu 80 cm), otoczone wyraźną krawędzią, zarastające kępami *Sphagnum*, *Eriophorum vaginatum*, *Ledum palustre*, *Oxycoccus quadripetalus*, rzadkimi okazami karłowatej sosny i brzozy brodawkowatej. Powierzchnię torfowiska ilustrują dwie fotografie wykonane w 1956 r. i w 1970 r., po przekopaniu

kilku rowów odwadniających (tabl. III). Materiał z odkrywki pobrano w dniu 25. IV. 1968 r. Układ warstw przedstawia się następująco:

- 0—25 cm torf sfagnowy, słabo rozłożony;
- 25—80 cm torf dobrze rozłożony, barwy ciemnobrunatnej, prawie czarnej, spoczywa na piasku barwy brunatnej.

Zbieranie materiału

Materiał do badań paleobotanicznych pobierano świdrem Hillera, zwykle po uprzednim ustaleniu maksymalnej głębokości lejka. Zapewne nie w każdym przypadku udało się to osiągnąć z powodu dużej stromości stoków (np. Golejów 1) — niewielkie przesunięcie punktu wiercenia spowodować może znaczne różnice w głębokości. Tylko w jednym przypadku (Wiśniówka) zebrano materiał z odkrywki w ścianie rowu odwadniającego. Wszystkie próby do analiz palynologicznych były pobrane w odstępach co 5 cm do fiolek szklanych, uszczelnionych następnie parafiną. Prób nie zabezpieczano substancjami chemicznymi.

Pozostałą resztę materiału wybierano w całości z półmetrowej puszkii świdra do worków plastikowych i przeznaczano do badań makroskopowych. Materiały do badania popielności osadów zebrano w dniu 13. X. 1967 r. w 10 cm odcinkach z trzech profilów (Czajków 2/II, Czajków 2/III i Czajków 4) świdrem torfowym typu „Instorf”.

Metody laboratoryjne

Wszystkie próby do analizy pyłkowej, niezależnie od zawartości substancji mineralnych, przygotowano w następujący sposób:

- a) gotowanie w 10% roztworze KOH w temperaturze od 70—100°C;
- b) oddzielanie większych fragmentów nie rozłożonych tkanek roślinnych na sitku o średnicy oczek 1 mm;
- c) acetoliza;
- d) płukanie wodą i alkoholem z wodą (3 : 1);
- e) barwienie fuksyną zasadową w glicerynie z wodą (1 : 1).

Próby do analizy makroskopowej szlamowano na sicie o średnicy oczek 0,5 mm. W przypadkach, gdy materiał źle się szlamował w wodzie bieżącej, stosowano krótkie gotowanie w wodzie z dodatkiem 10% roztworu KOH. Wydobyte szczątki makroskopowe przechowywano do oznaczania w mieszaninie gliceryny, wody i alkoholu (1 : 1 : 1) z dodatkiem tymolu.

Popielność prób oznaczono w następujący sposób:

- 1. suszenie w suszarce z termoregulacją w temperaturze 105°C;
- 2. rozdrobnienie materiału i suszenie do stałej wagi;
- 3. spalanie w piecu muflowym w temperaturze około 500°C;
- 4. ważenie i obliczanie procentowej zawartości substancji.

Przedstawienie wyników

Wyniki analiz zostały zestawione w tabele liczbowe zawierające bezwzględne ilości oznaczonych sporomorf i procentową zawartość popiołu w suchej masie osadu. Graficzne przedstawienie wyników analizy pyłkowej (ryc. 12—27*) oparte jest na wartościach procentowych obliczonych w następujący sposób: udziały procentowe pyłku drzew i krzewów (AP) obliczono z sumy ich ziarn pyłku, udziały procentowe roślin zielnych (NAP) z sumy wszystkich sporomorf, z wyłączeniem *Sphagnum*, stosunek AP do NAP z sumy wszystkich sporomorf, z wyłączeniem *Sphagnum*, procent zarodników *Sphagnum* w stosunku do sumy AP + NAP. W diagramach pyłkowych przedstawiono w postaci krzywych wszystkie oznaczone drzewa i krzewy oraz te sporomorfy roślin zielnych, które uznano za konieczne dla zilustrowania charakteru roślinności w poszczególnych okresach jej rozwoju. Sporomorfy o niejednoznacznej wymowie ekologicznej i stratygraficznej nie zostały w diagramach uwzględnione. Wartości poniżej 0,5‰ można było przedstawić ze względów graficznych tylko jako 0,5‰. Listę roślin nie przedstawionych w diagramach zawiera tabela 2. Tabele liczbowe wszystkich oznaczonych sporomorf zostały złożone w archiwum Biblioteki Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego i Polskiej Akademii Nauk w Krakowie.

Oznaczone szczątki makroskopowe pochodzą z 9 lejków krasowych: Czajków 1, Czajków 2/I, Czajków 3, Czajków 4, Czajków 5, Czajków 6, Czajków 7, Golejów 1, Golejów 3.

Oznaczono 80 taksonów, w tym 68 gatunków (por. tab. 3). Graficzne obrazy ich występowania w 4 pełnych profilach zawierają ryciny 28—32. Uszeregowano je tu według przynależności do klas zespołów roślinnych (Medwecka-Kornaś, Kornaś, Pawłowski — 1959).

III. WYNIKI BADAŃ

Wyniki analizy pyłkowej

Rezultaty badań palynologicznych oraz datowanie metodą radiowęglą spągowej próby torfu z profilu Czajków 2/II, określonej na $11\,930 \pm 400$ lat przed 1950 (9980 ± 400 lat p.n.e.), są podstawą stratygraficznego podziału i wyróżnienia okresów rozwoju roślinności. Podział stratygraficzny jest wzorowany na schemacie przyjętym w pracach o roślinności Gór Świętokrzyskich, Kotliny Nowotarskiej i Kotliny Sandomierskiej (Szczepanek 1961; Koperowa 1962; Mamakowa 1962). Wiek osadów według przyjętego schematu przedstawia ryc. 7. Z zestawienia

* Ryciny 12—32 są zamieszczone na końcu książki pod opaską.

Tabela 2
Table 2

Lista roślin oznaczonych na podstawie ziarn pyłku i spor, nie uwzględnionych w diagramach pyłkowych
List of plants not included in the diagrams and identified on the basis of pollen grains and spores

(C1 — Czajków 1, C2/I — Czajków 2/I, C2/II — Czajków 2/II, C2/III — Czajków 2/III, C3 — Czajków 3, C4 — Czajków 4, C5 — Czajków 5, C6 — Czajków 6, C7 — Czajków 7, G1 — Golejów 1, G2/I — Golejów 2/I, G2/II — Golejów 2/II, G3 — Golejów 3, W — Wiśniówka).

Okresy Periods Nazwy roślin Names of plants	Allerød	Młodszy dryas Younger Dryas	Preborealny Pre-boreal	Borealny Boreal	Atlantycki Atlantic	Subborealny Sub-boreal	Subatlantycki a Sub-atlantic a	Subatlantycki b Sub-atlantic b	Subatlantycki c Sub-atlantic c
<i>Anemone</i>					C 1				
<i>Anthericum</i>					C 1		C 1, G 2/I		
<i>Boraginaceae</i>		G 1			C 6			W	
<i>Bupleurum</i>									C 3
<i>Calla</i>							C 2/I	C 2/III	C 2/I C 2/II, C 2/III, C 3, C 7
<i>Campanula</i>	C 4	C 1, C 4	C 1	C 1, C 2/III, C 4	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, C 6, G 2/I, G 2/II	C 1, C 2/II, G 1, G 3	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4, C 7, G 1, G 2/I	C 1, C 2/II, C 2/III, C 4, C 7, W	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 3, C 4, C 5, C 7

<i>Caryophyllaceae</i>	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, G 1	C 1	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4	C 1, C 2/I, C 2/II, C 6, G 1, G 2/II	C 1, C 2/I, G 1, G 3	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4, C 7, G 1, G 2/I,	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4, C 5, C 7, W	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 3, C 4, C 5, C 7, G 1, G 2/Iw
<i>Centaurea scabiosa</i>							C 7		
<i>Cerithe</i>									C 3
<i>Comarum</i>		C 4							
<i>Compositae Liguliflorae</i>	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, G 1	C 1, C 2/I, C 2/II,	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4 G 1	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, C 6, G 1, G 2/I, G 2/II	C 1, C 4, G 1, G 2/1, G 3	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4, C 7, G 1, G 2/1	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4, C 5, C 7, G 1, W	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 3, C 4, C 5, C 7, G 1, G 2/I
<i>Compositae Tubiflorae</i>	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, G 1	C 1, C 2/I, C 4	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4, G 1,	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, C 6, G 1, G 2/I, C 2/II,	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, G 1, G 2/1, G 3	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4, C 7 G 1, G 2/I	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4, C 7, G 2/I, W	C 1, C 2/I, G 2/II, C 2/III C 3, C 4, C 5, C 7, G 1, G 2/Iw
<i>Convolvulus</i>							C 1		C 3
<i>Cruciferae</i>	C 1, C 2/I, C 2/II,	C 1 C 4, G 1		C 2/III,	C 1, C 6, G 1, G 2/I	C 1, G 1	C 1, C 2/I, C 2/III, C 4, C 7,	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4, C 7,	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 3, C 4, C 5, C 7, G 1, G 2/I, W
<i>Dipsacus</i>					C 1		C 4		C 2/III, C 3

[illegible]

<i>Iris</i>								C 1	
<i>Knautia</i>								C 1, C 4	C 3, C 7
<i>Labiatae</i>		C 1, C 2/I, C 2/II, C 4	C 1, C 2/I	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, C 6, G 1, G 2/I	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, G 1, G 2/I, G 3	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4, C 7, G 1, G 2/I	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4, C 5, C 7	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 3, C 4, C 5, C 7, G 1, G 2/I
<i>Ledum</i>		C 1					C 1, C 2/II	C 1, C 2/II, C 2/III, C 4	C 1, C 2/III, C 3, C 4, G 1
<i>Lotus</i>						C 2/I	C 4, C 7	C 4	C 3, C 4
<i>Lycopodium clavatum</i>			C 2/II		C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, C 6, G 2/I, G 2/II	C 1, C 2/II, G 2/I, G 3	C 1, C 2/III, C 4, C 7, G 2/I	C 1, C 2/II, C 7, W	C 1, C 2/I, C 2/II, C 3, C 4, C 5, C 7
<i>Lycopodium selago</i>		C 1			C 1		C 4	C 2/II, C 7	C 4, C 5
<i>Lysimachia</i>		C 1	C 1	C 1	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, C 6	C 1, C 2/II, C 4	C 1, C 2/II, C 4, C 7, G 1	C 1, C 2/II, C 2/III, W	C 1, C 3, C 4, C 5, C 7, G 1
<i>Lythrum</i>	C 1	C 1, C 4, G 1	C 1	C 1	C 1, C 2/I, C 4, C 6	C 1, C 4, G 1	C 1, C 2/III, C 4, C 7	C 2/II	C 2/I, C 3, C 5
<i>Osmunda</i>								C 7	C 1, C 7
<i>Papilionaceae</i>	C 1	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4	C 1, C 2/II	C 1	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, C 6, G 1, G 2/I	C 1, C 2/I, G 1, G 2/I, G 3	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4, C 7, G 1, G 2/I	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4, C 7, W	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 3, C 4, C 5, C 7, G 1, G 2/I, W

<i>Umbelliferae</i>	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, G 1	C 1, C 2/I, C 4	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4, G 1	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, C 6, G 1, G 2/I, G 2/II	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, G 1, G 2/I, G 3	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4, C 7, G 1, G 2/I	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4, C 5, C 7, G 1	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 3, C 4, C 5, C 7, G 2/I, W
<i>Urtica</i>		C 1	C 1, C 2/II	C 1, C 2/II, C 2/III	C 1, C 2/I, C 6, G 2/II	C 1, G 1, G 3	C 1, C 2/I, C 2/II, C 7, G 1	C 1	C 1, C 2/I, C 3, C 4, C 5, G 1
<i>Valeriana</i>	C 1, C 4	C 1	C 2/II		C 1	C 1	C 1, C 7	C 7	C 3
<i>Varia</i>	C 1, C 2/I, C 2/III, C 4	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, G 1	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, G 1	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, C 6, G 1, G 2/I, G 2/II	C 1, C 2/I, C 2/II, C 4, G 1, G 2/I, G 3	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4, C 7, G 1, G 2/I, G 2/II, W	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 4, C 5, C 7, G 2/I, W	C 1, C 2/I, C 2/II, C 2/III, C 3, C 4, C 5, C 7, G 1, G 2/I, W

tego wyniku, że torfy w poszczególnych lejках krasowych powstawały w różnym czasie, począwszy od Allerødu względnie schyłku starszego dryasu.

Allerød, stwierdzony w czterech profilach (Czajków 1, Czajków 2/I, Czajków 2/II i Czajków 4), charakteryzuje się dużym udziałem pyłku sosny (ponad 60—70%) i brzozy (10—30%) oraz stałą obecnością modrzewia (2%) i wierzby (średnio około 2%). Pyłek drzew ciepłolubnych, zwłaszcza olszy, dębu, leszczyny i wiązu, występuje w spektrach dość często, ale bez wyraźnej regularności.

STANOWISKA OKREST	CZAJKÓW 1	CZAJKÓW 2	CZAJKÓW 4	GOLEJÓW 1	GOLEJÓW 2	CZAJKÓW 6	CZAJKÓW 7	GOLEJÓW 3	CZAJKÓW 5	WISNIOŃKA	CZAJKÓW 3
SUBATLANTYCKI „C”											
SUBATLANTYCKI „B”											
SUBATLANTYCKI „A”											
SUBBOREALNY											
ATLANTYCKI											
BOREALNY											
PREBOREALNY											
MŁODSZY DRYAS											
ALLERØD											

Ryc. 7. Wiek osadów wypełniających lejki krasowe koło Staszowa.

Fig. 7. Age of sediments filling karst sink-holes near Staszów.

Udział pyłku drzew stale przekracza udział pyłku roślin zielnych (NAP rzadko są wyższe od 30% sumy totalnej). Wśród roślin zielnych najobficiej reprezentowane są, zwłaszcza w starszej części tego okresu, turzycowate i trawy, a także, jakkolwiek w mniejszym stopniu, bylice. Wyraźny wzrost wykazują krzywe *Sphagnum* (do około 10%).

Młodszy dryas wyróżniono w pięciu profilach: Czajków 1, Czajków 2/I, Czajków 2/II, Czajków 4 i Golejów 1. Początek tego okresu charakteryzuje nieznaczny spadek sosny, z równoczesnym podniesieniem się krzywych brzozy. Później udział tych drzew nie wykazuje większych zmian w stosunku do okresu poprzedniego, dominowanie sosny we wszystkich diagramach jest wyraźne. Częściej niż w Allerødzie występują ziarna pyłku drzew ciepłolubnych (*Alnus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Corylus*, *Carpinus*). Ich krzywe tworzą charakterystyczne, nieregularne wierzchołki, wskazujące na daleki transport. Większą regularnością i wartościami nieco większymi jak w Allerødzie odznaczają się krzywe modrzewia i wierzb.

Stosunek udziału drzew do nie-drzew wykazuje wzrost roślinności zielonej, charakterystyczny jest zwłaszcza spadek krzywych turzycowatych, zapoczątkowany w drugiej połowie Allerødu i ponowny ich wzrost w młodziej części młodszego dryasu. Wyraźnie powiększa się udział *Gramineae*, *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Rosaceae*, *Filipendula* oraz roślin bagiennych (*Hippuris*, *Typha*, *Sparganium*, *Alisma*, *Lythrum*, *Menyanthes*), które wykazują mniej więcej równoczesne maksima. Wzrost udziału tych roślin pokrywa się z większą różnorodnością form. Tu też częściej występują pojedyncze ziarna pyłku *Ephedra*, a z profilu Czajków 2/I pochodzi jedno ziarno pyłku *Hippophaë*. Krzywe *Sphagnum*, po wyraźnym spadku na początku młodszego dryasu, w drugiej jego połowie wykazują tendencję wzrostu.

Okres preborealny wyróżniono w profilach: Czajków 1, Czajków 2/I, Czajków 2/II, Czajków 4 i Golejów 1. W profilach Czajków 1 i Czajków 4 oddzielenie okresu preborealnego od borealnego nie jest wyraźne.

Okres ten wyróżnia się od poprzedniego nieznacznym spadkiem krzywych sosny (o około 10%) i wyższymi wartościami pyłku brzozy. Z mniejszą regularnością występują ziarna pyłku modrzewia, natomiast za charakterystyczne można uznać ciągłe krzywe wiązu i leszczyny (< 5%). Wśród innych drzew ciepłolubnych nie występują zmiany w stosunku do poprzedniego okresu.

Stosunek AP do NAP zmienia się nieco na korzyść AP. Spośród roślin zielnych mniejszą rolę odgrywają turzycowate, bylice, komosowate i różowate, natomiast zwiększa się udział traw.

Okres borealny został wyróżniony w tych samych profilach, co okres poprzedni, oraz w profilu Czajków 2/III. Zwiększa się udział sosny przy spadku brzozy, modrzew pojawia się już tylko sporadycznie, a krzywe wiązu nie wykazują zmian. Zwiększa się natomiast udział dębu, leszczyny, olszy oraz w mniejszym stopniu świerka. Zdecydowaną tendencję spadkową wykazują heliofity, a zwłaszcza *Artemisia* i *Chenopodiaceae*.

Okres atlantycki został wyróżniony w siedmiu diagramach pyłkowych: Czajków 1, Czajków 2/I, Czajków 2/II, Czajków 4, Golejów 1, Golejów 2 i Czajków 6 — w ostatnim tylko schyłkowa część tego okresu.

W diagramach zawierających początek tego okresu charakterystyczny jest znaczny spadek udziału sosny z równoczesnym dość wyrównanym przebiegiem krzywych brzozy (około 20—30%). Najbardziej charakterystyczne jest dość gwałtowne podniesienie się krzywych olszy i leszczyny oraz ciągłe, chociaż niezbyt wysokie wartości wiązu, jesionu, lipy, w mniejszym stopniu świerka i kruszyny. Krzywe dębu, ciągłe już w poprzednim okresie, podnoszą się w drugiej połowie okresu atlantyckiego, przy nieco zmniejszonych wartościach leszczyny.

Ziarna pyłku graba i buka w pierwszej połowie okresu pojawiają się sporadycznie, w drugiej jego połowie występują z większą regu-

larnością i z wyraźną tendencją do tworzenia ciągłych krzywych. Ziarna pyłku *Acer* występują tylko sporadycznie.

Stosunek AP i NAP układa się niejednolicie w poszczególnych diagramach, chociaż we wszystkich pyłek drzew wyraźnie dominuje. Spośród nie-drzew najliczniej reprezentowane są trawy i paprocie (*Polypodiaceae*, a w szczególności *Pteridium*), a do bardziej interesujących należy *Melampyrum*. Pojawia się ono z początkiem tego okresu i zazwyczaj w postaci ciągłej krzywej przechodzi do okresów młodszych. Sporadycznie występują ziarna pyłku *Viscum*, *Centaurea jacea* i *Anthericum*. Poprzednio spotykane tylko sporadycznie ziarna pyłku *Rumex*, *Plantago* i *Cerealia* wykazują w drugiej połowie okresu tendencję do tworzenia ciągłych krzywych.

Okres subborealny został wydzielony w 9 profilach (we wszystkich poprzednio wymienionych oraz w Czajkowie 7 i w Golejowie 3). We wszystkich diagramach pyłkowych początek tego okresu zaznacza się wyraźnym spadkiem krzywych wiązu. Mniej wyraźną tendencję spadkową wykazują także leszczyna, jesion, lipa i dąb, a czasami także brzoza. Udział sosny zwiększa się nieznacznie, natomiast charakterystyczny dla okresu subborealnego jest, poza spadkiem udziału wiązu, wzrost graba, buka i jodły.

Stosunek AP do NAP nie wykazuje zmian, które byłyby wspólne wszystkim diagramom. Spośród roślin zielnych mniej jest traw i paproci, a zwłaszcza w tych diagramach, w których odgrywały one poprzednio znaczniejszą rolę. Z większą regularnością występują ziarna pyłku roślin związanych z gospodarką człowieka.

Okres subatlantycki został stwierdzony w 11 profilach: Czajków 1, Czajków 2/I, Czajków 2/II, Czajków 2/III, Czajków 3, Czajków 4, Czajków 5, Czajków 7, Golejów 1, Golejów 2 i Wiśniówka. W profilach Czajków 6 i Golejów 3 osady stropowe nie były badane.

Okres ten został podzielony na trzy podokresy (a, b, c) w zależności od stopnia zmian w składzie roślinności wywołanych gospodarką człowieka.

Podokres „a” wyróżnia się dalszym spadkiem leszczyny oraz maksymalnymi udziałami graba, buka i jodły. W połowie tego podokresu maksymalne wartości wykazuje również świerk. Mniej wyraźną tendencją spadkową odznaczają się krzywe olszy i dębu, a wiąz i jesion tworzą nadal jeszcze ciągłe krzywe. W tym podokresie najczęściej pojawiają się ziarna pyłku *Acer*.

Stosunek AP do NAP nie wykazuje wyraźniejszych zmian, wzrasta natomiast rola roślin związanych z gospodarką człowieka. Występowanie *Rumex*, *Plantago lanceolata*, *Secale*, *Cannabis-Humulus* staje się niemal regularne. Pojawiają się nowe wskaźniki gospodarki ludzkiej — *Centaurea cyanus*, *Echium* i *Fagopyrum*.

Na uwagę zasługują pojedyncze ziarna pyłku *Anthericum*, *Centaurea jacea*, *Convolvulus*, *Dipsacus*, *Drosera*, *Ledum*, *Lotus*, *Scabiosa*, *Symphy-*

tum i *Viscum*. Rośliny te, znajdowane sporadycznie w poprzednich okresach, zwłaszcza w atlantyckim, w podokresie „a” były notowane znacznie częściej.

Podokres „b” odznacza się we wszystkich diagramach gwałtownym spadkiem krzywych graba, buka i jodły, z równoczesnym podniesieniem się udziału dębu i leszczyny. Krzywe dębu przekraczają wartości notowane w okresie atlantyckim. Wzrasta rola sosny, w przeciwieństwie do wiązu, jesionu i lipy, których udziały są jeszcze mniejsze niż w podokresie „a”. Mniej regularnie występuje również pyłek kruszyny. Wyraźnie zmienia się stosunek AP do NAP na niekorzyść drzew, wzrasta udział traw, turzycowatych, wrzosowatych i roślin związanych z gospodarką człowieka.

Podokres „c” charakteryzują wzrastające ilości sosny, brzozy oraz w mniejszym stopniu olszy i wierzby. Udziały dębu i leszczyny są nieco niższe niż w podokresie „a”, a znacznie niższe niż w podokresie „b”. Pyłek pozostałych drzew występuje już tylko sporadycznie. Rośliny zielne wykazują zdecydowaną przewagę nad drzewami. Dominują trawy, turzycowate, wrzosowate oraz chwasty i rośliny uprawne. Zwiększa się znacznie różnorodność form.

Wyniki analizy szczątków makroskopowych

Szczątki makroskopowe zestawione w tabelach i na wykresach, jakkolwiek nie mają większego znaczenia stratygraficznego, uzupełniają w sposób istotny wyniki analizy pyłkowej. Obok wzbogacenia listy wyróżnionych tą metodą jednostek systematycznych, najcenniejszym wynikiem tych analiz jest stwierdzenie występowania danej rośliny *in situ*. Znaczenie szczątków makroskopowych jest szczególnie doniosłe w przypadkach roślin, których pyłek źle zachowuje się w stanie kopalnym oraz przy ocenie ilościowego udziału poszczególnych gatunków z najbliższego otoczenia badanego stanowiska. Poza tym w oparciu o analizy makroskopowe można lepiej poznać warunki siedliska.

Szczególnego znaczenia nabierają wyniki analiz makroskopowych szczątków roślin, gdy występowaniu owoców, nasion, liści lub drewnien towarzyszy znikomo mały lub całkowity brak mikrofosyliów. Uzyskane w pracy tej rezultaty mogą również posłużyć dla zilustrowania tego zjawiska. W torfach z okresu Allerødu i młodszego dryasu stwierdzono w niewielkich ilościach ziarna pyłku modrzewia, natomiast szpilki tego drzewa występują bardzo obficie (są także szyszki i nasiona). Szpilki modrzewia występują również w osadach z okresów atlantyckiego, subborealnego i subatlantyckiego, podczas gdy w spektrach pyłkowych oznaczono tylko pojedyncze ziarna tego pyłku, i to nie we wszystkich profilach.

Podobnych przykładów dostarczają świerk i jodła, co będzie omówione osobno.

Tabela 3

Table 3

Lejki krasowe koło Staszowa. Lista makroskopowych
szczątków roślin.

Karst sink-holes near Staszów. List of macroscopic plant
remains

Stanowiska Localities Nazwy roślin Names of plants	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Czajków 1	Czajków 2/1	Czajków 3	Czajków 4	Czajków 5	Czajków 6	Czajków 7	Golejów 1	Golejów 3
<i>Abies alba</i>		+	+	+	+					
<i>Alnus glutinosa</i>		+	+		+		+	+		
<i>Andromeda polifolia</i>			+						+	
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>										+
<i>Batrachium</i> sp.		+			+				+	
<i>Betula „alba”</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Bidens cernuus</i>		+	+							
<i>Bidens tripartitus</i>		+				+				
<i>Brassica nigra</i>				+						
<i>Calla palustris</i>		+		+	+					
<i>Cannabis sativa</i>						+				
<i>Carex canescens</i>		+								
<i>Carex diandra</i>				+		+				
<i>Carex elongata</i>		+	+	+	+	+		+	+	
<i>Carex lasiocarpa</i>			+							+
<i>Carex pseudocyperus</i>		+	+	+	+	+	+	+		
<i>Carex riparia</i>		+	+		+	+			+	+
<i>Carex rostrata</i>		+							+	
<i>Carex vesicaria</i>		+	+	+	+	+		+	+	
<i>Carex stellulata</i>		+			+	+		+		
<i>Carex</i> sp.		+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Carpinus betulus</i>		+	+	+	+					
<i>Ceratophyllum submersum</i>		+								
<i>Chenopodium album</i>				+						
<i>Chenopodium urbicum</i>					+		+			
<i>Chenopodium</i> sp.				+						
<i>Cicuta virosa</i>		+			+				+	
<i>Comarum palustre</i>		+	+	+	+	+			+	
<i>Eriophorum latifolium</i>		+	+		+	+				
<i>Eriophorum vaginatum</i>		+	+						+	
<i>Fagus silvatica</i>				+						
<i>Frangula alnus</i>			+							
<i>Glyceria fluitans</i>				+						
<i>Gramineae</i> sp.				+						
<i>Heleocharis palustris</i>		+		+						
<i>Hippuris vulgaris</i>		+	+		+					

(d. c. tabeli 3)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Impatiens noli-tangere</i>	+			+					
<i>Iris pseudacorus</i>	+								
<i>Larix</i> sp.	+	+		+			+	+	
<i>Lemna</i> sp.	+		+			+			
<i>Lychnis flos-cuculi</i>							+		
<i>Lycopus europaeus</i>	+	+	+	+		+			
<i>Malachium aquaticum</i>			+		+	+	+		
<i>Menyanthes trifoliata</i>	+	+		+				+	+
<i>Moehringia trinervia</i>			+				+		
<i>Oxalis acetosella</i>	+								
<i>Oxycoccus quadripetalus</i>	+	+	+	+	+			+	+
<i>Peucedanum palustre</i>	+								
<i>Picea excelsa</i>	+	+		+					
<i>Pinus silvestris</i>	+	+		+			+	+	+
<i>Polygonum hydropiper</i>		+	+				+		
<i>Polygonum minus</i>	+	+	+		+	+	+		
<i>Polygonum nodosum</i>						+			
<i>Polygonum tomentosum</i>			+						
<i>Potamogeton perfoliatus</i>			+						
<i>Potamogeton</i> sp.	+	+	+	+		+	+		
<i>Potentilla</i> sp.	+			+	+				
<i>Ranunculus repens</i>			+				+		
<i>Ranunculus sceleratus</i>	+	+	+	+		+	+		
<i>Ranunculus</i> sp.				+					
<i>Rhynchospora alba</i>	+	+	+	+	+			+	
<i>Rorippa palustris</i>							+		
<i>Rubus</i> sp.		+	+	+		+	+		
<i>Salvinia natans</i>	+								
<i>Sambucus nigra</i>	+			+	+		+	+	
<i>Scheuchzeria palustris</i>		+							
<i>Scirpus silvaticus</i>	+		+	+					
<i>Scutellaria galericulata</i>	+			+					
<i>Setaria glauca</i>			+						
<i>Sieglingia decumbens</i>			+						
<i>Solanum dulcamara</i>	+		+	+					
<i>Sparganium minimum</i>	+	+	+	+				+	
<i>Stachys palustris</i>	+		+			+			
<i>Stellaria nemorum</i>			+						
<i>Stellaria uliginosa</i>							+		
<i>Tilia cordata</i>	+			+					
<i>Typha</i> sp.	+							+	
<i>Urtica dioica</i>	+	+	+	+		+	+		
<i>Vaccinium myrtillus</i>	+								
<i>Viola palustris</i>	+	+	+		+				

Siedliska wodne w lejkach krasowych stwarzają możliwości rozwoju dla wielu roślin wodnych i bagiennych. Metodą analizy pyłkowej uzyskuje się na ogół mało o nich informacji, w odróżnieniu od wyników badań makroskopowych, które niejednokrotnie dotyczą przede wszystkim tej roślinności, o ważnym niekiedy znaczeniu wskaźnikowym.

Wyniki mikroskopowej analizy drewnien

Drewna występujące dość obficie w różnych poziomach we wszystkich profilach zostały zbadane przez mgr B. Pawlikową tylko w profilu Czajków 4. Uzyskane rezultaty zestawione w tab. 4 i na ryc. 32 pozostają

Tabela 4

Table 4

Drewna oznaczone w profilu Czajków 4
Wood remains identified in the profile Czajków 4

Głębokość w cm <i>Depth in cm</i>	<i>Abies alba</i>	<i>Alnus sp.</i>	<i>Betula sp.</i>	<i>Larix sp.</i>	<i>Picea vel Larix</i>	<i>Pinus sily.</i>	<i>Quercus sp.</i>	<i>Salix sp.</i>	Razem <i>Sum total</i>
0—50		2	4			1			7
50—100		1				1		4	6
100—150									0
150—200		1			1		24	1	27
200—250		4			3	1	7		15
250—300	2	3			1			3	9
300—350					2			5	7
350—400		1	1		2	3		3	10
400—450	1					1	1		3
450—500	2	1				6		1	10
500—550				1		6			7
550—560					1	2			3
Razem: <i>Sum total:</i>	5	13	5	1	10	21	32	17	104

na ogół w zgodzie z wynikami analizy pyłkowej i szczątków makroskopowych. Na uwagę zasługuje obecność drewna jodły i olszy w młodszym dryasie oraz jodły w okresie preborealnym, borealnym i w początkach okresu atlantyckiego.

Wyniki analizy popielności

Procentowa zawartość substancji nieorganicznych w torfach oznaczona została w trzech profilach: Czajków 2/II — ryc. 14 (mgr St. Skiba i mgr St. Zasowski), Czajków 2/III — ryc. 15, Czajków 4 — ryc. 19 (mgr B. Rams i J. Sokół).

Wyniki tych analiz przedstawiono na diagramach w postaci krzywych na tle sylwetek oznaczających sumę drzew. Uzyskane rezultaty dają tylko w przypadku stropowych warstw jednoznaczne obrazy. Na ich podstawie można stwierdzić, że wzrost substancji nieorganicznych w najmłodszych poziomach jest niewątpliwie allochtonicznego pochodzenia i pozostaje w związku z odlesieniem terenu (Tiuremnow 1957; Marek 1965). Zaznaczyć przy tym warto, że wzrost substancji ilastych w warstwach stropowych obserwowano także w trakcie analiz palynologicznych. Wykonane analizy popielności uzupełniają te obserwacje danymi liczbowymi.

Zwiększenie popielności w starszych odcinkach zbadanych profili do wartości świadczących o osadzaniu substancji nieorganicznych allochtonicznego pochodzenia nie jest synchroniczne we wszystkich trzech profilach. Prawdopodobnie wzrost ten pozostaje w związku z działalnością człowieka w początkowych fazach zasiedlania terenu lub z procesami krasowymi (odnawianie się form krasowych), a może również ze zmianą typu zbiorowisk roślinnych i mechanizmem zarastania lejków. Skąpy materiał dowodowy nie pozwala na bardziej szczegółowe rozważenie tego zagadnienia.

Wskaźniki klimatyczne

W krasie staszowskim najstarsze osady organogeniczne pochodzą z Allerødu i młodszego dryasu (ryc. 7). Sądząc z charakteru panujących zbiorowisk roślinnych, a zwłaszcza leśnych, można wnosić, że klimat tych okresów był chłodno-umiarkowany.

Dla Allerødu brak w posiadanym materiale roślin wskaźnikowych, które by pozwalały na zdanie sobie sprawy z temperatury tego okresu. Dla jej określenia w młodszym dryasie możemy posłużyć się niektórymi roślinami wodnymi i bagiennymi. Rolę taką spełnić może *Typha latifolia* — gatunek szeroko rozpowszechniony, który w Skandynawii nie przekracza północnej granicy dębu, co jest mniej więcej równoznaczne z przebiegiem izotermi lipca $+15^{\circ}\text{C}$ (Hultén 1950). Trzy najdalej ku północy wysunięte stanowiska tej rośliny w Norwegii nie przekraczają izotermi lipca $+13^{\circ}\text{C}$. Gatunek ten nie wykazuje szczególnych wymagań edaficznych i, zdaniem Iversena (1951), może być dobrym wskaźnikiem termicznym w późnym glacie. *Typha latifolia* w postaci ziarna pyłku występuje w osadach młodszego dryasu okolic Staszowa w szeregu prób. Stwierdzono również jedno nasienie rodzaju *Typha*. W osadach

z młodszego dryasu znaleziono także owoce i łuski owocowe *Betula „alba”* (*B. pubescens* i *B. verrucosa*) oraz szpilki, szyszki i nasiona *Pinus silvestris* i *Larix* sp. Zasięg tych drzew obejmuje dziś w Skandynawii izoterma lipca $+12^{\circ}$ do $+13^{\circ}\text{C}$. Na tej podstawie możemy przyjąć, że średnia temperatura lipca w młodszym dryasie w okolicach Staszowa wynosiła co najmniej około $+12^{\circ}\text{C}$.

W osadach z okresów preborealnego i borealnego znalezione zostały w profilu Czajków 1 liczne owoce *Ceratophyllum submersum* i megaspory *Salvinia natans*. Oba gatunki są roślinami klimatu umiarkowanie ciepłego, w Europie nie przekraczają izotermy lipca $+16^{\circ}\text{C}$. W stanie kopalnym owoce *Ceratophyllum submersum* były podawane ze starszego holocenu ze stanowisk położonych na północ poza dzisiejszym zasięgiem (Samuelsson 1934; Godwin 1956). Kopalne stanowiska *Salvinia natans* nie wykraczają poza dzisiejszy jej zasięg (Zandstra 1966).

Rozprzestrzenianie się w okresie preborealnym wiązu, którego dzisiejsza granica nie przekracza izotermy lipca $+16^{\circ}\text{C}$ (dotyczy to *Ulmus scabra*, 2 pozostałe gatunki mają większe wymagania termiczne — Kanerwa 1956), a w okresie borealnym rozprzestrzenianie się takich drzew ciepłolubnych, jak *Quercus*, *Tilia*, *Fraxinus* i *Corylus*, wskazuje, że klimat tych okresów, tj. preborealnego i borealnego, był ciepły. Średnie temperatury lipca wynosiły co najmniej $+16^{\circ}\text{C}$, a prawdopodobnie były wyższe.

Dla okresu atlantyckiego nie można wskazać gatunków roślin, które by pozwoliły na dokładniejsze określenie temperatury tego okresu. Prowadzenie zbiorowisk termofilnych, a zwłaszcza drzew mieszanego lasu liściastego dowodzi, że klimat tego okresu był ciepły i umiarkowanie wilgotny. Częste występowanie ziarn pyłku jemioli (*Viscum*), rośliny współcześnie dziś rozpowszechnionej, kwitnącej i owocującej na obszarze Polski, której granica zasięgu pokrywa się w Skandynawii z izotermą lipca $+17^{\circ}\text{C}$, pozwala przyjąć, że klimat tego okresu był cieplejszy od współczesnego.

Stwierdzone w osadach z tego okresu dość liczne owoce *Lemna* sp. dowodzą również ciepłego klimatu w okresie atlantyckim. Charakterystyczną cechą gatunków z rodziny *Lemnaceae* jest rzadkość ich kwitnienia w przyrodzie (Hegi 1908—1931; Czapek 1960). Obok składu mineralnego wody i światła zasadniczy wpływ na kwitnienie i owocowanie poszczególnych gatunków ma temperatura wody (Landsolt 1957). Rzęsy kwitną w temperaturze od $25\text{—}30^{\circ}\text{C}$ utrzymującej się przez co najmniej 14 dni (Czapek 1960). Na okres atlantycki przypada także obfite owocowanie *Ceratophyllum submersum* (Czajków 1) i *Salvinia natans* (liczne megaspory).

Wymienione wyżej rośliny wodne, tj. *Lemna*, *Ceratophyllum submersum* i *Salvinia natans* cechuje dziś duża efemeryczność występowania. Zarówno *Lemna*, jak i *Ceratophyllum submersum* (w mniejszym stopniu *Ceratophyllum demersum*) odznaczają się rzadkim kwitnieniem i owoco-

waniem (H e g i 1908—1931). Wymagają one wód średnio zasobnych w sole mineralne, a najprawdopodobniej istnieje duża zależność kwitnienia i owocowania od obecności mikroelementów oraz światła i temperatury (L a n d o l t 1957). Łącznie z poprzednio rozważanymi wskaźnikami klimatycznymi uwagi te zdają się dowodzić, że klimat okresu atlantyckiego odznaczał się dość wysokimi temperaturami.

Z końcem okresu atlantyckiego doszło prawdopodobnie do ochłodzenia klimatu, a być może i jego zwilgotnienia. Wskazuje na to odkładanie się torfów z większym udziałem torfowców (wzrost krzywych *Sphagnum*). Wiąże się z tym, być może, zmniejszenie lub nawet zanik owocowania *Ceratophyllum submersum* i *Lemna* (ryc. 28). W postaci płonnej (włoski) *Ceratophyllum* występuje jeszcze w osadach z okresów subborealnego i subatlantyckiego. Rośnie ono i dziś w jeziorach krasowych koło Staszowa, gdzie jednak nie owocuje. Rzęsy są tu dziś także częste, ale również nie znaleziono okazów kwitnących i owocujących. Rozprzestrzenianie się *Carpinus*, *Fagus* i *Abies* począwszy od schyłku okresu atlantyckiego jest również interpretowane jako wyraz ochłodzenia i zwilgotnienia klimatu. Nie jesteśmy w stanie określić ściślej skali tego ochłodzenia. Występujące jeszcze w okresie subborealnym i subatlantyckim pojedyncze (podobnie często jak w okresie atlantyckim) ziarna pyłku *Viscum* wskazują, że średnia temperatura lipca w tych okresach nie spadła poniżej 17°C (współcześnie wynosi dla Staszowa 17—18°C). Owoce *Lemna* sp. stwierdzone w osadach z okresu subatlantyckiego (Czajków 1 i Czajków 3) dowodzą, że jeszcze w tym okresie temperatury letnie były wysokie.

Materiały z lejków krasowych okolic Staszowa nie dostarczają podstaw do dyskusji nad zmianami klimatu w okresach subborealnym i subatlantyckim, szeroko dyskutowanymi w literaturze paleobotanicznej (Frenzel 1966).

Uwagi do historii świerka i jodły

Historii jodły i świerka, jak również określeniu stosunku między udziałem tych drzew w lasach a ich reprezentacją w diagramach pyłkowych, poświęcono już wiele uwagi i specjalnych studiów (S z a f e r 1935; F i r b a s 1949; F a e g r i i I v e r s e n 1950; Ś r o d o Ń i G o ł ą b o w a 1956; Ś r o d o Ń 1959, 1967; M a m a k o w a 1962 i inni). Ustalenia procentowych udziałów pyłku jodły i świerka były podstawą rozważań nad rozprzestrzenianiem się tych drzew w holocenie Polski (S z a f e r 1935; Ś r o d o Ń 1959, 1967), przy czym stwierdzono, że w niektórych przypadkach przy znikomych ilościach ich pyłku występują w tych samych warstwach szczątki makroskopowe (Ś r o d o Ń 1957; K o p e r o w a 1962; P a w l i k o w a 1965). Zjawisko to ma miejsce także w osadach z lejków staszowskich. Ziarna pyłku świerka występują tu od początku odkładania się osadów organogenicznych. W diagramach pyłkowych krzywe świerka

wykazują częste przerwy i są bardzo niskie, maksimum osiągają około połowy starszej części okresu subatlantyckiego (podokres „a”). Szpilki *Picea excelsa*, i to w znacznych ilościach, stwierdzono w połowie okresu atlantyckiego (Czajków 1). Z tego również czasu pochodzi drewno oznaczone na stanowisku Czajków 4 jako *Picea* vel *Larix*. W osadach ze stanowiska Czajków 1 ciągle występowanie szpilek *Picea* notowano co najmniej od początku okresu subborealnego (przy niewielkich wartościach pyłku) do schyłku starszej części okresu subatlantyckiego (podokres „a”), a w osadach ze stanowiska Czajków 4 w subatlantyckim podokresie „a”. W tym ostatnim przypadku obfite występowanie szpilek pokrywa się z maksimum krzywej w diagramie pyłkowym.

Pyłek jodły w osadach sprzed okresu subborealnego notowano tylko sporadycznie. Dopiero od tego okresu jej krzywe są ciągłe, w żadnym jednak z diagramów nie są wysokie (średnio 5—7%). Pojedyncze szpilki *Abies alba* pochodzą z osadów Czajków 1 i Czajków 4 datowanych paleontologicznie od młodszego dryasu i początku okresu atlantyckiego, a ze stanowiska Czajków 1 liczne szpilki z osadów zaliczonych do środkowej części okresu atlantyckiego. Oznaczone drewna tego gatunku pochodzą z okresów: młodszy dryas — preborealny — borealny — początek atlantyckiego (Czajków 4).

Przedstawione fakty (jeśli nie uzna się ich za wynik zanieczyszczenia osadu w trakcie wierceń) skłaniają do przyjęcia przypuszczenia, wysuniętego przez Środonia (1967), że świerk, a w danym przypadku i jodła rosły na obszarze Polski południowej co najmniej od schyłku plejstocenu (może od Allerødu). Wydaje się również prawdopodobne, że mogły one, zwłaszcza świerk, przetrwać w szczególnie korzystnych warunkach, a zwłaszcza w górach, przez cały okres ostatniego zlodowacenia (Środoń 1967). Zagadnienie to wymaga szczegółowych studiów i poszukiwań w terenie. Zebranie odpowiednich dowodów nie będzie łatwe, a dotyczyć powinno stanowisk flor późnoglacialnych i wczesnoholoceńskich w Karpatach oraz w pasie wyżyn południowopolskich i kotlin podgórskich. Na tych bowiem terenach były znalezione kopalne szczątki *Pinus cembra*, *P. silvestris*, *Larix* sp., *Picea excelsa*, *Abies alba*, *Alnus*, *Betula* sp. i *Populus* sp. w osadach z różnych okresów ostatniego zlodowacenia (Koprowska 1958; Birkenmajer i Środoń 1960; Starkel 1960; Sobolewska i Środoń 1961; Sobolewska, Starkel i Środoń 1964; Środoń 1965, 1968; Krauss, Mycielska-Dowgiałło, Szczepanek 1965; Szczepanek 1965; Mamakowa 1968). Występowanie jodły w towarzystwie wymienionych drzew i w warunkach klimatu glacialnego nie ma uzasadnienia we współczesnym jej rozmieszczeniu i koliduje ze znanymi nam wymaganiami klimatycznymi tego gatunku.

W konsekwencji przypuszczenia o przetrwaniu jodły i świerka w południowej Polsce w okresie ostatniego zlodowacenia można spojrzeć nieco

odmiennie na historię ich rozprzestrzeniania się w holocenie. Drzewa te mogły na obszarach współczesnego zasięgu, a nawet poza nimi, występować już w późnym glacie i w początkowych okresach holocenu, ale w tak wielkim rozproszeniu, że nie zaznaczyły się zupełnie w spektrach pyłkowych lub w tak niewielkich ilościach, że nie mogą być wskazówką ich występowania. Klimat schyłku glacia i początkowych okresów holocenu mógł nie sprzyjać ich rozprzestrzenianiu się. Dopiero zmiany klimatu zapoczątkowane u schyłku okresu atlantyckiego pobudziły aktywność biologiczną tych drzew, co znalazło wyraz przede wszystkim w opanowywaniu siedlisk dotychczas niedostępnych ze względów konkurencyjnych i przekształcaniu dotychczasowych zbiorowisk leśnych. W procesach tych mogła odegrać także pewną rolę działalność człowieka. Stwierdzany w spektrach pyłkowych w drugiej połowie okresu atlantyckiego, w okresie subborealnym i subatlantyckim, wzrost jodły i świerka można by więc interpretować nie tylko jako wyraz przesuwania się ich zasięgów, ale przede wszystkim jako wyraz wzrastającego udziału tych drzew w zbiorowiskach leśnych lub tworzenia samodzielnych zbiorowisk na terenach, w których drzewa te występowały poprzednio w wielkim rozproszeniu.

U w a g i o z b i o r o w i s k a c h r o ś l i n n y c h

Rekonstrukcja zbiorowisk roślinnych opiera się na wynikach badań nad szczątkami makroskopowymi roślin i na obrazach uzyskanych za pomocą analiz palynologicznych. Odległości pomiędzy zbadanymi punktami są niewielkie — rzędu kilkudziesięciu metrów, maksymalnie około 7 km. Diagramy pyłkowe z poszczególnych stanowisk są bardzo podobne, co wskazuje na niezaburzony układ warstw w profilach.

Szczątki makroskopowe pochodzą z roślin, które rosły na miejscu lub w najbliższym sąsiedztwie badanego punktu, a tym samym reprezentują roślinność ściśle lokalną. Niewielkie rozmiary lejków krasowych tłumaczą obecność szczątków roślin zarówno ze zbiorowisk otaczających lejki, jak i roślin wodnych i bagiennych z siedlisk o wysokim poziomie wód gruntowych. Szczególnie korzystne warunki siedliskowe, i to przez wszystkie okresy holocenu, znajdowały rośliny bagienne związane z zespołami zaliczanymi do klas *Phragmitetea*, *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* i *Alnetea glutinosae*, jak i należące do nitrofilnych zespołów naturalnych z klasy *Rudereto-Secalinetea* z rzędu *Bidentetalia*. W miarę zachodzących przemian klimatycznych i przesuwania się zasięgów roślin, z pierwotnych zbiorowisk zbudowanych z niewielu gatunków o szerokiej skali wymagań ekologicznych formowały się zbiorowiska i zespoły, jakie dziś występują w tym regionie.

W Allerødzie i młodszym dryasie panującym zbiorowiskiem roślinnym okolic Staszowa był las brzozowo-modrzewiowo-sosnowy. Dowodem są liczne szczątki makroskopowe tych drzew oraz krzywe w diagramach pył-

kowych. Stwierdzone w osadach młodszego dryasu szczątki makroskopowe jodły (szpilki i drewna) i olszy (drewna) pozwalają przypuszczać, że te rodzaje drzew także wchodziły w skład drzewostanów, ale ich rola była nieznaczną.

Wody gruntowe zlokalizowane w piaskach plejstocénskich tworzyły już w tym czasie zbiorniki wodne w lejkach krasowych. Roślinność wodna była w nich stosunkowo uboga i ograniczała się do roślin takich, jak *Hippuris vulgaris* (owoce), *Batrachium* sp. (owoce), *Potamogeton* sp. (pyłek), *Utricularia* sp. (pyłek) i *Ceratophyllum* sp. (włoski i owoce w stropowych warstwach). Roślinność bagienną reprezentują gatunki o szerokiej skali wymagań ekologicznych, a zwłaszcza turzyce (*Carex elongata*, *C. riparia*, *C. rostrata*, *C. vesicaria*) oraz *Cicuta virosa*, *Comarum palustre*, *Lycopus europaeus*, *Menyanthes trifoliata*, *Ranunculus sceleratus*, *Sparganium minimum*, *Viola palustris* i *Typha* sp. Wymienione rośliny zasiedlały brzegi jezior krasowych i płytsze zbiorniki wodne.

Wzrost krzywych heliofitów (*Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Rosaceae*) i pojedyncze ziarna pyłku *Epilobium* dowodzą występowania także zbiorowisk roślin miejsc otwartych, związanych być może z siedliskami nitrofilnymi. Siedliska takie powstawały na skutek obumierania drzew i rozluźnienia lasów, wywołanego pogorszeniem się warunków klimatycznych w młodszym dryasie (Caspary i v. Zeist 1960; Wasylićkowa 1964; Ralska-Jasiewiczowa 1966).

W okresie preborealnym i borealnym lasy były bardziej zwarte. Były to nadal lasy brzożowo-modrzewiowo-sosnowe z większym udziałem brzoży w okresie preborealnym i malejącą stopniowo rolą modrzewia. Nowymi składnikami tych lasów były: wiąz i leszczyna. W młodszej części okresu borealnego rozprzestrzeniły się: dąb, olsza, jesion i lipa, drzewa o wyższych wymaganiach termicznych.

W jeziorach krasowych roślinność wodna była nieco bardziej urozmaicona aniżeli w Allerødzie i w młodszym dryasie. Większą rolę zaczęły odgrywać rośliny ciepłolubne, jak *Ceratophyllum submersum* i *Salvinia natans*. Zbiorowiska roślin szuwarowych i bagiennych nie wykazywały w tych okresach większych zmian w składzie gatunkowym. Wprawdzie za nowe można by uznać *Bidens cernuus*, *Carex pseudocyperus*, *Scirpus silvaticus* i *Urtica dioica*, występowanie ich jednak w Allerødzie i w młodszym dryasie jest także prawdopodobne. Mniej obfite występowanie szczątków makroskopowych w osadach z tych okresów oraz spadek krzywych NAP w większości profili dowodzi, że rola zbiorowisk roślin szuwarowych i bagiennych uległa ograniczeniu.

Do okresów preborealnego i borealnego odnieść można powstanie zbiorowisk torfowiska wysokiego, reprezentowane w osadach przez szczątki makroskopowe *Eriophorum vaginatum* i *Oxycoccus quadripetalus*. Zbiorowiska heliofitów przestały już w tym czasie odgrywać rolę w krajobrazie.

W okresie atlantyckim panowały lasy liściaste. W podmokłych obniżeniach i dolinach krasowych występowały lasy typu łęgów i olesów (ol-sza, wiązy, lipy, jesion, klony, jodła, świerk, kruszyna, bez czarny, psianka i pokrzywa). Na siedliskach nieco suchszych o glebach lepiej przewietrzanych panowały świetliste lasy sosnowo-dębowe z bogatym podszyciem leszczynowym i runem, w którego skład wchodziły: *Pteridium aquilinum*, *Melampyrum*, *Anthericum*, *Centaurea jacea*. Elementy kserotermiczne i światłolubne znajdowały także odpowiednie siedliska w borach sosnowych z *Arctostaphylos uva-ursi* i *Lycopodium clavatum*. Zbiorowiska tego typu mogły odegrać dużą rolę, zwłaszcza na wałach wydmyowych, w przetrwaniu tzw. „roślinności stepowej” z chłodnego schyłku plejstocenu, oraz w rozprzestrzenianiu się elementów ciepłolubnych typu śródziemnomorskiego i przyśródziemnomorskiego.

W jeziorach krasowych częste były *Lemna*, *Salvinia natans*, *Utricularia*, *Batrachium* i *Ceratophyllum*. Jeziora te ulegały stopniowo zajęciu przez zbiorowiska szuwarowe i nisko torfowiskowe oraz oligotroficzne zbiorowiska wysoko torfowiskowe. Procesy zarastania i wypełniania zapadlisk doprowadziły w drugiej połowie okresu atlantyckiego do złądowacenia większości jezior krasowych.

Z końcem okresu atlantyckiego zaznacza się w niektórych profilach charakterystyczna zmiana osadu. Na torfach sapropelowych i leśnych odłożył się torf wełniankowo-sfagnowy. Węgłe drzewne i wzrost popielności osadów organogenicznych, przypadający mniej więcej na ten odcinek okresu atlantyckiego, oraz pojawiające się ziarna pyłku *Rumex*, *Plantago lanceolata*, *Secale* wskazują na nowy, ważny czynnik, wpływający na dalszy przebieg historii roślinności w tym terenie, jakim stał się człowiek i jego gospodarka.

Z końcem okresu atlantyckiego, zwłaszcza w okresie subborealnym, zaszły istotne zmiany w składzie zbiorowisk leśnych. Zmiany te dotyczyły przede wszystkim ilościowego udziału jodły, graba i buka, które już wcześniej rosły na tym obszarze. Ich krzywe w diagramach pyłkowych stają się ciągłe i sukcesywnie wzrastają. Tworzą się zawiązki dzisiejszych borów mieszanych, grądów i acidofilnych borów z jodłą.

Na granicy okresu atlantyckiego i subborealnego zaznacza się w diagramach pyłkowych wyraźny spadek udziału przede wszystkim wiązu i jesionu. Przyczyny tego zjawiska, szeroko dyskutowane w literaturze, do dziś nie są wyjaśnione w sposób jednoznaczny (por. M a m a k o w a 1966).

W starszej części okresu subatlantyckiego rozprzestrzenia się nadal grab, buk i jodła, rośnie nieco udział sosny i brzozy, maleje natomiast rola leszczyny. Nieco później, około połowy tego okresu, zwiększa się udział świerka — zapewne w olesach.

W młodszej części okresu subatlantyckiego rozwój zbiorowisk leśnych ulega zakłóceniom w większym jeszcze stopniu niż dotychczas, wskutek trzebieży lasów oraz rozszerzania pól uprawnych, pastwisk i łąk. Stosun-

kowo wysokie krzywe pyłku dębu oraz wzrost krzywych leszczyny i sosny wskazują, że drzewa te w mniejszym stopniu były eksploatowane. Trwało to jednak krótko. Spektra pyłkowe z prób podpowierzchniowych i powierzchniowych wykazują spadek krzywych dębu i leszczyny, z równoczesnym wzrostem sosny, brzozy i olszy, tj. drzew, które we współczesnych lasach na badanym obszarze odgrywają największą rolę, często też rosną na powierzchni badanych torfowisk lub w ich najbliższym sąsiedztwie.

W osadach lejków krasowych udział szczątków roślin wodnych wyraźnie się zmniejszył, natomiast wzrosły ilości szczątków roślin bagiennych. Na okres ten przypada optimum rozwoju roślinności wysokotorfowiskowej, która ograniczyła siedliska roślin wodnych.

Wzrost roli roślin zielnych budujących zbiorowiska pól uprawnych, łąk i torfowisk niskich, pozostający w ścisłym związku z gospodarką człowieka, omówiony będzie w następnym rozdziale.

Paleobotaniczne dowody gospodarczej działalności człowieka w okolicach Staszowa i jej wpływu na roślinność

Obszary międzyrzecza Wschodniej i Koprzywianki, gdzie znajdują się badane stanowiska, są zalesione lepiej od sąsiadujących rędzin nad dolną Nidą i nieco dalej położonych sandomierskich i miechowskich terenów lessowych.

Na obszarach lessowych znaleziska archeologiczne są o wiele częstsze niż na pokrytych piaskami fluwioglacjalnymi terenach pomiędzy rzekami Nidą a Wschodnią i pomiędzy Wschodnią a Koprzywianką (M o c h n a c k i 1937; Dą b r o w s k a 1965). Dysproporcje te wiążą się z różnymi warunkami naturalnymi dla osadnictwa (głównie glebowymi).

Stopniowe zasiedlanie dolin Czarnej Nidy, Czarnej i Wschodniej rozpoczęło się dopiero na przełomie XII i XIII wieku, natomiast obszary lessowe zamieszkane były niemal bez przerwy od starszego paleolitu (Dą b r o w s k a 1965). Według obliczeń Ł a d o g ó r s k i e g o (za Dą b r o w s k ą 1965), gęstość zaludnienia na obszarze między Rudawą a Nidą wynosiła na początku XIV w. 11 do około 25 osób na kilometr kwadratowy. Podobne zagęszczenie obliczono dla obszaru położonego pomiędzy Nidą a Wschodnią (16—25 osób na 1 km²), natomiast na międzyrzeczu Wschodniej i Koprzywianki zaludnienie wynosiło 3—5 osób na km², a dalej na wschód teren był prawie całkiem niezaludniony. Stan taki pozostawał prawdopodobnie w związku z sytuacją polityczną na tych obszarach we wczesnym średniowieczu. Nad Wschodnią i Czarną odkryto wały, wskazujące na istnienie linii granicznej. Do zagęszczenia osadnictwa doszło w tych stronach dopiero w czasach nowożytnych.

W ciągu ostatnich 30 lat zagadnieniu wpływu gospodarczej działalności człowieka na roślinność poświęcono w badaniach paleobotanicznych wiele uwagi (Iversen 1941; Troels-Smith 1954, 1955, 1960; v. Zeist 1959; Faegri 1944 i inni, w Polsce Oszaś 1957; Szczepanek 1961; Koperowa 1962; Mamińska 1962; Ralska-Jasiewiczowa 1964, 1966, 1968 i inni).

Śledzenie wpływu człowieka na szatę roślinną oparte jest na występowaniu w osadach szczątków roślin uprawnych i chwastów oraz na zmianach w składzie naturalnych zbiorowisk roślinnych. W późnym glacie i w starszym holocenie człowiek prymitywnych kultur paleo- i mezolitycznych, często zmieniający miejsce pobytu, w niewielkim tylko stopniu wpływał na naturalne zbiorowiska roślinne i ich sukcesje. Dopiero począwszy od neolitu, tj. od pojawienia się kultur pasterskich i rolniczych, śledzimy narastające przekształcanie się obrazu roślinności pod wpływem gospodarki człowieka.

Od wielu już lat trwa zapoczątkowana przez Faegriego (1940), Iversena (1941) i Troels-Smith'a (1942) dyskusja nad wpływem człowieka neolitycznego u schyłku okresu atlantyckiego na skład lasu. Dyskusja ta dotyczy przyczyn spadku udziału wiązu i innych komponentów „mieszanego lasu dębowego” (jesion, lipa, dąb) na granicy pomiędzy okresami atlantyckim a subborealnym. Nie podejmując dyskusji nad tymi zagadnieniami, możemy stwierdzić, że w diagramach pyłkowych z okolic Staszowa granica pomiędzy okresem atlantyckim a subborealnym została przeprowadzona w miejscu wyraźnego spadku krzywych wiązu i mniej wyraźnego spadku jesionu. W niektórych diagramach (Czajków 1, Czajków 4) ziarna pyłku roślin uprawnych i towarzyszących człowiekowi pojawiają się wcześniej, w innych notowano je dopiero od początku okresu subborealnego. W tym samym czasie rośnie udział graba, a następnie buka i jodły. Krzywa wiązu, po dość gwałtownym spadku na granicy okresu atlantyckiego i subborealnego, nie wykazuje już później tendencji do wzrostu.

W osadach z lejków staszowskich nie stwierdzono wyraźnych poziomów pożarowych (wyjątkiem jest profil Golejów 3 z warstwą pożarową w spągu). Węgle drzewne występują w niewielkich ilościach na różnych głębokościach, i to na ogół w starszych okresach. W próbach 121 i 125 profilu Czajków 1, pochodzących z młodszej części okresu atlantyckiego, odnotowano w trakcie analiz mikroskopowych ślady pyłu węglowego. W warstwach nadległych stwierdzono pojedyncze ziarna pyłku *Rumex* i *Plantago lanceolata*, wzrost *Alnus*, *Salix*, *Picea* i *Pteridium* oraz spadek *Quercus*. Być może, jest to ślad gospodarki człowieka neolitycznego, nie pozostający jednak w związku z rozpoczynającym się później spadkiem krzywej *Ulmus* (od próby 101). Powyższe uwagi skłaniają do przypuszczenia, że zmiany w składzie lasu u schyłku okresu atlantyckiego wiążą się raczej z przyczynami natury klimatycznej lub biologicznej, tylko nieco

pogłębianymi przez czynniki antropogeniczne. Wyraźne zaburzenia w składzie lasów pod wpływem gospodarki ludzkiej występują dopiero w młodszej części okresu subatlantyckiego.

Na pograniczu okresu subborealnego i subatlantyckiego możemy śledzić w diagramach pyłkowych krótkotrwałe kulminacje krzywych *Betula*, *Alnus*, *Picea* i *Corylus*, załamania się krzywych *Quercus* i *Carpinus*, zwiększającą się różnorodność w składzie roślin zielnych i inne objawy towarzyszące osadnictwu. Należy jednak zauważyć, że pomimo niewielkich odległości pomiędzy zbadanymi stanowiskami, zjawiska te nie są równoczesne. Nie można również wykazać wyraźnego związku pomiędzy zachowaniem się krzywych *Carpinus* a wskaźnikami gospodarki człowieka w takim stopniu, jak to dla okresu subatlantyckiego wykazała Ralska-Jasiewiczowa (1964, 1968).

W młodszej części okresu subatlantyckiego wpływ gospodarki człowieka na szatę roślinną jest bardzo wyraźny. W diagramach pyłkowych (okres subatlantycki „b”) znalazło to wyraz w gwałtownym spadku krzywych *Carpinus*, *Fagus* i *Abies*, w podniesieniu się krzywych *Quercus* i *Corylus* oraz w stopniowym narastaniu krzywych *Pinus*. Od tego momentu zaznacza się wyraźny wzrost udziału roślin zielnych. Są to głównie *Cyperaceae*, *Gramineae*, *Ericaceae* oraz bezpośrednio związane z gospodarką człowieka *Rumex*, *Plantago lanceolata*, *Centaurea cyanus*, *Secale*, *Triticum*-typ, *Cannabis-Humulus* i *Fagopyrum*. W najmłodszej fazie przemian (okres subatlantycki „c”) spadają krzywe *Quercus* i *Corylus*, natomiast tendencję wzrostową wykazują: *Pinus*, w mniejszym stopniu *Betula*, *Alnus* i *Salix*. Przewaga NAP nad AP pogłębia się, wzrasta udział substancji nieorganicznych w torfach (popielność). Przemiany te, stwierdzone w stropowych warstwach osadów o miąższości do około 1,5 m, zostały najprawdopodobniej wywołane osadnictwem z przełomu XII i XIII wieku (Dąbrowska 1965). Trzebież lasów oszczędziła w pierwszym etapie dąbrowy i umożliwiła rozprzestrzenienie się leszczyny. Przejściowe dominowanie pyłku *Quercus* i *Corylus* ustępuje w diagramach zwiększającemu się udziałowi pyłku *Pinus*, *Betula*, *Alnus* i *Salix*. Po trzebieży lasów i w następstwie rolniczego zagospodarowania terenu roślinność pól uprawnych, łąk i pastwisk stała się źródłem pyłku roślin zielnych, którego udział w spektrach pyłkowych przewyższa udział pyłku drzew.

Opisane przemiany w szacie roślinnej oparte są także na występowaniu pyłku roślin uprawnych i chwastów. Ich lista obejmuje następujące taksony: *Secale*, *Triticum*-typ, *Cannabis-Humulus*, *Fagopyrum*, *Rumex*, *Plantago lanceolata*, *P. maior*, *P. media*, *Centaurea cyanus*, *Echium vulgare* i *Polygonum aviculare*. W postaci szczątków makroskopowych zostały oznaczone: *Cannabis sativa*, *Brassica nigra*, *Setaria glauca*, gatunki z rodzaju *Chenopodium*, a być może chwastami były także 4 gatunki *Polygonum* i *Stachys palustris*. Łączone zazwyczaj z gospodarką człowieka *Ar-*

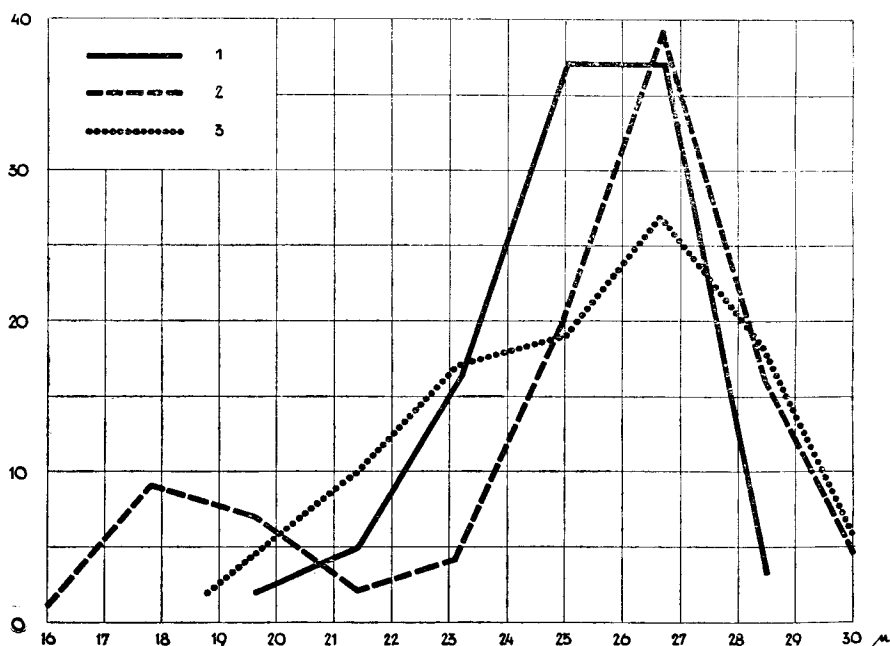
temisia i *Chenopodiaceae*, w diagramach pyłkowych z okolic Staszowa nie wykazują powiązań tego rodzaju, podobnie jak *Melampyrum* i *Urtica*. Pojedyncze ziarna pyłku *Rumex*, *Plantago*, *Secale*, *Cannabis-Humulus*-typ i *Centaurea cyanus* stwierdzono nawet w najstarszych okresach. Fakt ten utrudnia wyznaczenie początków gospodarki pasterskiej i rolnej. Począwszy od młodszej części okresu atlantyckiego ziarna pyłku *Rumex* i *Plantago lanceolata* występują z dużą regularnością, przy czym towarzyszą im zwykle pojedyncze ziarna *Secale*. Od okresu subborealnego w większości diagramów *Rumex*, *Plantago lanceolata* i *Secale* mają tendencję występowania w postaci ciągłych krzywych. Jeszcze wyraźniej zaznacza się to w starszym odcinku okresu subatlantyckiego (podokres „a”), a w młodszej części tego okresu wyraźnie zwiększa się częstość występowania *Plantago maior*, *P. media*, *Triticum*-typ, *Cannabis-Humulus*, *Centaurea cyanus*, *Fagopyrum*, *Polygonum aviculare* i *Echium vulgare*. We wszystkich diagramach udział pyłku tych roślin jest niewielki aż do schyłku podokresu „a” i brak jest wyraźnych maksimów ich występowania. Dowodziłoby to, że w najbliższej okolicy tereny uprawne odgrywały niewielką rolę aż do najmłodszych odcinków okresu subatlantyckiego (podokresy „b” i „c”). Od ostrego spadku krzywych *Carpinus*, *Fagus* i *Abies* wyraźnie zwiększa się występowanie pyłku roślin uprawnych i chwastów oraz *Cyperaceae*, *Gramineae*, *Ericaceae*, *Rosaceae* i innych roślin zielnych, natomiast w niewielkim tylko stopniu dotyczy to *Artemisia*, *Chenopodiaceae* i *Urtica*. Regularne występowanie *Centaurea cyanus* i *Fagopyrum* wskazują na utrwalenie się osadnictwa, a wysokie krzywe *Secale*, *Cannabis-Humulus*, *Plantago lanceolata* oraz wzrost krzywych *Rumex*, zapewne *Rumex acetosella* — pospolitego chwastu kwaśnych i ubogich gleb piaszczystych — na postępującą intensyfikację gospodarki rolnej.

Na specjalną uwagę zasługuje pyłek typu *Cannabis-Humulus*. Sporadycznie ziarna pyłku, które mogą należeć do *Cannabis* lub *Humulus*, stwierdzone zostały we wszystkich okresach (w Allerødzie i młodszym dryasie bardzo rzadko). Począwszy mniej więcej od połowy podokresu „a” okresu subatlantyckiego ziarna pyłku tego typu występują z wyraźnie większą regularnością, podobnie jak pyłek innych roślin uprawnych i chwastów, a począwszy od początku podokresu „b” wykazują z nimi synchroniczną kulminację. W dwóch płytkich lejkach krasowych (Czajków 3 i Czajków 5) krzywe pyłku *Cannabis-Humulus* są wyjątkowo wysokie (maks. 91,3% i 81,5%). Z osadów odpowiadających tym kulminacjom zostały oznaczone owoce *Cannabis sativa*. Nie ulega więc wątpliwości, że w okolicy uprawa konopi była rozpowszechniona, a płytkie jeziora w lejkach krasowych wykorzystywano do ich moczenia.

Stwierdzenie od którego momentu mamy do czynienia z pyłkiem *Cannabis sativa* i czy w ogóle występuje pyłek *Humulus*, nie jest łatwe. Próbowano ustalić przynależność systematyczną na podstawie pomiarów śred-

nicy ziarn pyłku. Rezultaty tej próby, przedstawione na ryc. 8, nie dają jednak do tego podstaw. Cechy morfologiczne wskazane przez G o d w i n a (1967) nie są również dostatecznie pewne.

Najstarsze dotychczas u nas znane owoce *Cannabis sativa* pochodzą z okresu rzymskiego ze stanowiska archeologicznego w Nowej Hucie (M o l d e n h a w e r 1959). Z tej samej miejscowości owoce *Cannabis sa-*



Ryc. 8. Wieloboki frekwencji średnicy współczesnych ziarn pyłku: 1 — *Humulus lupulus*; 2 — *Cannabis sativa*; 3 — kopalnych ziarn pyłku z profilu Czajków 3/III, próba 48.

Fig. 8. Polygons of frequency of the diameter of present pollen grains: 1 — *Humulus lupulus*; 2 — *Cannabis sativa*; 3 — fossil pollen grains from the profile Czajków 3/III, sample 48.

tiva podała również W a s y l i k o w a (1969) ze starszej części podokresu przedpiastowskiego (VII w. n.e.). W wykopaliskach wczesnopiastowskich konopie znajdowano u nas często (W a s y l i k o w a l.c.).

Nasiona *Humulus lupulus* znane są z prawdopodobnie późnoglacialnych osadów w Piasecznie, miejscowości położonej w dolinie Wisły oddalonej od Staszowa o około 30 km (K r a u s s, M y c i e l s k a - D o w g i a ł ł o, S z c z e p a n e k 1965). W wykopaliskach archeologicznych nasiona chmielu znane są z okresu piastowskiego (K l i c h o w s k a 1956, 1964 i inne).

Ziarna pyłku typu *Cannabis-Humulus* były dotychczas rzadko notowane. Dla zachodniej i północnej Europy zagadnienie to przedstawił G o d-

w i n (1967). Z Polski pojedyncze ziarna pyłku *Humulus* podała M a m a k o w a (1962) z Podbukowiny i Rzemienia z okresu borealnego. W diagramach pyłkowych z Jeziora Mikołajskiego (R a l s k a - J a s i e w i c z o w a 1966) ciągła krzywa *Humulus* rozpoczyna się od okresu borealnego, natomiast pojedyncze ziarna pyłku były notowane w okresie preborealnym. W profilu tym, począwszy od końca wyróżnionej pierwszej fazy ożywienia gospodarczego na przełomie okresu subborealnego i subatlantyckiego, krzywa *Humulus* wyraźnie się podnosi i nie wykazuje dużych wahaní w młodszych okresach.

Z profilu z Palenicy (Pogórze Gubałowskie) H a r m a t a (1969) podała ciągłą krzywą pyłku *Cannabis-Humulus* przypadającą na schyłek okresu subatlantyckiego. W osadach z Beska w dolinie Wisłoka K o p e r o w a (1970) stwierdziła również występowanie ziarn pyłku typ *Cannabis-Humulus* w najmłodszych warstwach holocenu.

Powyższe fakty pozwalają przyjąć za prawdopodobne, że w starszych osadach z okolic Staszowa ziarna pyłku typu *Cannabis-Humulus* należą do *Humulus lupulus*, a od połowy okresu subatlantyckiego występuje także pyłek *Cannabis sativa*, i to w przeważającej ilości. Wskazywałoby to na starą uprawę konopi, tej ważnej rośliny, dostarczającej włókna i oleju, co pozostaje w zgodzie z odkryciami archeologicznymi.

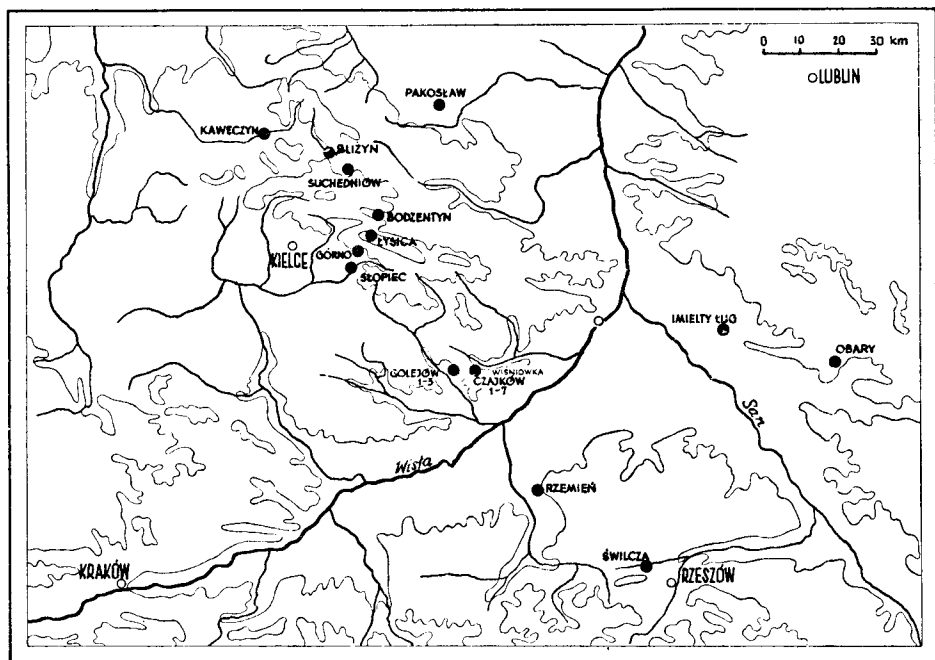
Porównanie historii roślinności okolic Staszowa z historią roślinności Kotliny Sandomierskiej i Gór Świętokrzyskich

Podstawą dla porównania zmian w historii roślinności tych trzech obszarów będą diagramy pyłkowe, gdyż szczątki makroskopowe były analizowane tylko z profili staszowskich.

Stanowiska z okolic Staszowa położone są pomiędzy opracowanymi przez M a m a k o w ą (1962) stanowiskami z północno-zachodniej części Kotliny Sandomierskiej (w porównaniu nie uwzględniono profili z Podbukowiny) i stanowiskami zbadanymi przez autora (S z c z e p a n e k 1961) z Gór Świętokrzyskich (ryc. 9). Rozwój roślinności na obszarze Polski południowej odznacza się wspólnymi cechami, których nie zacierają w sposób istotny różnice lokalne. Stwierdzić to możemy także na przykładzie rozpatrywanych diagramów, w których fazy rozwoju roślinności są podobne, co jest zrozumiałe chociażby ze względu na niewielkie odległości pomiędzy porównywanymi stanowiskami i na podobne podłoże geologiczne, tj. piaski czwartorzędowe. Nieco odmienne stosunki ilościowe wynikają z siedliskowego zróżnicowania roślinności.

W Allerødzie, najstarszym z okresów wyróżnionych w diagramach pyłkowych z okolic Staszowa i Kotliny Sandomierskiej, stwierdzamy zasadniczą odmienność w typie osadów. W lejkach staszowskich odłożone

zostały osady organogeniczne, natomiast w Kotlinie Sandomierskiej osady mineralne. W diagramach pyłkowych z tego okresu panują na obu obszarach *Pinus*, *Betula*, *Salix* oraz niewielkie ilości *Larix*. W Kotlinie Sandomierskiej notowano również pojedyncze ziarna *Pinus* t. *haploxyylon*, należące zapewne do *P. cembra*. Pyłek drzew ciepłolubnych występuje sporadycznie, nie tworzą one krzywych ciągłych, z wyjątkiem *Alnus* i *Quercus*,



Ryc. 9. Rozmieszczenie stanowisk, z których pochodzą omawiane w pracy diagramy pyłkowe z Kotliny Sandomierskiej, z okolic Staszowa i z Gór Świętokrzyskich.

Fig. 9. Distribution of stands from which pollen diagrams from the Sandomierz Basin, from the neighbourhood of Staszów, and the Święty Krzyż Mts investigated in the present study proceed.

które odznaczają się największą regularnością. Stosunek drzew do roślin zielnych odznacza się w diagramach pyłkowych dużą zmiennością, udział jednak drzew jest z reguły znacznie wyższy. Rośliny zielne są reprezentowane najobficiej przez *Cyperaceae* i *Gramineae*, a także przez *Artemisia* i *Chenopodiaceae*. W diagramach z Kotliny Sandomierskiej podane są niewielkie ilości sporomorf *Gentiana*, *Hippophaë*, *Selaginella selaginoides* i *Armeria*.

W młodszym dryasie, reprezentowanym także w profilach z Gór Świętokrzyskich, powstawały już zazwyczaj osady organogeniczne, wyjątkowo

ily i mułki z domieszką detrytusu roślinnego. Warstewki mineralne, występujące w osadach organogenicznych wypełniających lejki staszowskie (Czajków 2/I), wskazują na procesy zboczowe lub krasowe. W diagramach pyłkowych młodszego dryasu krzywe drzew, a zwłaszcza *Pinus* i *Betula*, nie wykazują większych zmian w stosunku do Allerødu. We wszystkich porównywanych diagramach nieco obficie występuje *Salix*, natomiast udział *Larix* jest wyższy w diagramach z okolic Staszowa. Pyłek drzew ciepłolubnych występuje nieregularnie lub niemal całkowicie zanika. W stosunku AP do NAP zauważyć można nieznaczny wzrost krzywych roślin zielnych, zwłaszcza rodzaju *Artemisia*. Zaznacza się większa rozmaitość sporomorf roślin zielnych, a ich ilości są zwykle większe aniżeli w Allerødzie i w okresach młodszych. Z roślin uznawanych za wskaźnikowe dla chłodnych okresów znajdowane były pojedyncze sporomorfy rodzajów: *Ephedra*, *Selaginella*, *Helianthemum* i innych, najmniej ich stwierdzono w okolicach Staszowa.

Diagramy pyłkowe porównywanych obszarów wskazują na dość jednolity charakter szaty roślinnej podczas Allerødu i w młodszym dryasie. Panowały tu wówczas lasy sosnowo-brzozowo-modrzewiowe dużo lepiej zwarte w Allerødzie aniżeli młodszym dryasie. Dużą rolę odgrywały zbiorowiska roślin zielnych, a zwłaszcza bagiennych i heliofitów. Zagadnienie występowania drzew o wyższych wymaganiach klimatycznych oraz świerka i jodły wymaga dalszych badań.

Charakterystyczne na dużych obszarach Europy kulminacje krzywych brzozy i ich krzyżowanie się z krzywymi sosny, stwierdzone powszechnie w okresie preborealnym, widoczne są także na diagramach z Kotliny Sandomierskiej. Zjawisko to słabiej wyrażone jest w diagramach z Gór Świętokrzyskich, a najslabiej w okolicach Staszowa. Obok sosny i brzozy konsekwentnie w postaci niskich krzywych występują *Ulmus* i *Alnus*, a nieco mniej regularnie *Picea*. Poza nielicznymi wyjątkami pyłek innych drzew ciepłolubnych notowany był również w większości porównywanych diagramów.

W okresie borealnym krzywe brzozy wykazują wyraźny spadek, różny w poszczególnych diagramach. Panowanie natomiast sosny występuje na wszystkich stanowiskach, podobnie jak zwiększanie się roli pyłku *Ulmus* i *Corylus*. Szczególnie charakterystyczny jest przebieg krzywych *Ulmus*, który tu znacznie wcześniej niż *Corylus* osiąga swoje pierwsze polodowcowe maksimum. Krzywe *Ulmus* zachowują się nieco odmiennie w porównywanych diagramach, ale ich przebieg, podobnie jak krzywych *Betula*, uwarunkowany jest raczej siedliskowym, a nie regionalnym zróżnicowaniem.

W okresach preborealnym i borealnym w diagramach z Kotliny Sandomierskiej i Gór Świętokrzyskich występują wysokie krzywe sporomorf *Polypodiaceae*, *Gramineae*, *Cyperaceae*, rzadziej *Equisetum*. Zjawisko to nie zachodzi w tej skali w diagramach z okolic Staszowa (może tylko

w profilu Czajków 4). Maksima te są wyrazem stosunków siedliskowych, w poszczególnych bowiem diagramach są to odmienne składniki. Wysokie wartości roślin zielnych w tych okresach są często notowane. Iversen (1954) tłumaczy to zjawisko powolniejszym opanowywaniem terenu przez las, co stwarzało szansę dłuższego utrzymywania się zbiorowisk roślin zielnych. Można sądzić, że w procesie tym odgrywała również rolę zarówno morfologia terenu, jak i wielkość basenów sedymentacyjnych. W świetle tak pojętych przyczyn kulminacji roślin zielnych ich brak w osadach z lejków krasowych koło Staszowa staje się bardziej zrozumiały. Są to bowiem małe zbiorniki o stromych na ogół brzegach, na których drzewa leśne mogły dochodzić do powierzchni wody i w niejednym przypadku zakrywać koronami całe jeziora. Tym samym był ograniczony rozwój roślin zielnych o większych zazwyczaj wymaganiach świetlnych.

W okresie atlantyckim na całym omawianym obszarze diagramy pyłkowe wykazują wysokie udziały pyłku drzew, zwłaszcza drzew liściastych. Rola niektórych z nich jest różna zarówno w poszczególnych regionach, jak i rozpatrywanych stanowiskach. Odnosi się to zwłaszcza do *Pinus*, *Betula*, *Quercus*, *Carpinus* i *Picea*. W większości diagramów z Kotliny Sandomierskiej pyłek *Pinus* wykazuje znacznie wyższe wartości w porównaniu z diagramami z Gór Świętokrzyskich i z okolic Staszowa. Krzywe *Betula* są wyższe w diagramach z okolic Staszowa i Gór Świętokrzyskich aniżeli w Kotlinie Sandomierskiej. Krzywe *Quercus* wykazują w diagramach z okolic Staszowa najwyższe wartości. Wiąże się z tym obfite występowanie w lejkach staszowskich pyłku *Melampyrum*, stwierdzone poza tym w Kotlinie Sandomierskiej na stanowisku Obary, gdzie krzywa *Melampyrum* rozpoczyna się w okresie subborealnym i wykazuje wyraźny związek ze zmianami wywołanymi przez człowieka.

Osobnym zagadnieniem jest zachowanie się graba. Obszerniej na ten temat wypowiadał się m. in. Firbas (1949), a ostatnio — Ralska-Jasiewiczowa (1964). Na podstawie porównywanych diagramów wydaje się, że, zgodnie z poglądem Firbasa, drzewo to na długo przed okresem właściwego rozprzestrzeniania się wchodziło w skład drzewostanów omawianych obszarów. Przyczyny ograniczenia rozszerzania się graba i jego większa rola w zbiorowiskach leśnych, datująca się dopiero od schyłku okresu atlantyckiego, nie są jeszcze poznane.

Różnice w ilościowym występowaniu pyłku *Tilia*, *Fraxinus* i *Acer* nie są łatwe do zinterpretowania. Ich udział we wszystkich diagramach jest niewielki i prawdopodobnie drzewa te nie tworzyły większych skupień.

Podkreślić również należy niewielki na ogół udział roślin zielnych w spektrach pyłkowych z okresu atlantyckiego. Pewne różnice w ich występowaniu na stanowiskach porównywanych obszarów, dotyczące zwłaszcza *Cyperaceae*, *Polypodiaceae* i *Gramineae*, są wyrazem warunków siedliskowych.

Pierwsze wskaźniki gospodarki człowieka w postaci ziarn pyłku *Plantago*, *Rumex* i *Cerealia*, przypadające na drugą połowę okresu atlantyckiego, pojawiają się, jak się wydaje, nieco wcześniej w Górach Świętokrzyskich i okolicach Staszowa aniżeli w Kotlinie Sandomierskiej.

W okresie subborealnym stwierdzone zostały we wszystkich diagramach ważne przemiany w składzie drzewostanów. Poza nielicznymi wyjątkami (Rzemień w Kotlinie Sandomierskiej), najbardziej wyraźnie zmniejsza się udział pyłku *Ulmus*, w mniejszym stopniu *Corylus*. W diagramach z Gór Świętokrzyskich i okolic Staszowa ubywa także lipy i jesiona, natomiast w Kotlinie Sandomierskiej rola lipy, dębu, olszy i brzozy wzrasta. Wspólną cechą wszystkich diagramów z Kotliny Sandomierskiej jest znaczne zmniejszenie się roli sosny, która w Górach Świętokrzyskich i w okolicy Staszowa wykazuje tendencję do wzrostu. Dalsze różnice dotyczą roli świerka. W Górach Świętokrzyskich i w Kotlinie Sandomierskiej jego krzywe osiągają w tym czasie wartości maksymalne, natomiast w diagramach staszowskich nie wykazują wzrostu (pomimo że na stanowisku Czajków 1 stwierdzono liczne szpilki w osadzie z tego okresu).

Najbardziej znamionną cechą okresu subborealnego jest wyraźny i w tej samej kolejności następujący wzrost krzywych *Carpinus*, *Fagus* i *Abies*. W diagramach z okolic Staszowa drzewa te odgrywają mniejszą rolę, w porównaniu z Górami Świętokrzyskimi, gdzie wcześniej osiągają wysokie wartości. Na całym rozpatrywanym obszarze zaznacza się w tym czasie obecność gospodarczej działalności człowieka w postaci pyłku roślin uprawnych i chwastów oraz śladów pożarów. Nadal jednak lasy były zbiorowiskami panującymi.

W starszej części okresu subatlantyckiego we wszystkich porównywanych diagramach oraz w diagramach opracowanych przez Trele (1934) z okolic Leżajska obserwujemy dalszy wzrost udziału pyłku *Carpinus*, *Fagus* i *Abies*. Podnoszą się krzywe *Pinus* także na obszarze Kotliny Sandomierskiej, zmniejsza się natomiast w dalszym ciągu udział *Corylus*, *Ulmus*, *Fraxinus* i *Tilia*. W diagramach staszowskich dopiero około połowy starszej części okresu subatlantyckiego stwierdzono kulminacje krzywych *Picea*. Proces zwiększania się przestrzeni bezleśnych nie jest jeszcze zbyt wyraźny, poza obfitym występowaniem pyłku roślin bezpośrednio związanych z gospodarką człowieka i zwiększającą się rozmaitością form.

W młodszej części tego okresu obserwuje się ogólną regresję niemal wszystkich drzew, z wyjątkiem sosny, oraz szybko postępujący wzrost pyłku roślin zielnych, zwłaszcza uprawnych, chwastów, *Cyperaceae* i *Gramineae*. W porównywanych regionach zjawiska te mają nieco odmienny charakter. W Kotlinie Sandomierskiej zachodzą one najpóźniej i odznaczają się najniższymi krzywymi pyłku roślin związanych z gospodarką człowieka. W Górach Świętokrzyskich i w okolicach Staszowa naj-

charakterystyczniejszym zjawiskiem jest gwałtowny, równoczesny spadek krzywych *Carpinus*, *Fagus* i *Abies* i od tego momentu wyraźny wzrost pyłku roślin zielnych. W diagramach staszowskich po gwałtownym spadku udziału tych drzew wyraźnie kulminują krzywe *Quercus* i *Corylus*, które dopiero w stropowych warstwach osadów wracają do wartości sprzed kulminacji. W diagramach z Gór Świętokrzyskich i z Kotliny Sandomierskiej zmiany te nie występują. Wysokie i ciągle krzywe pyłku *Rumex*, *Plantago*, *Secale* i innych roślin związanych z gospodarką człowieka wykazują wyraźny związek z opisanymi wyżej zmianami krzywych drzew. Podkreślić przy tym należy, że w Górach Świętokrzyskich i w okolicach Staszowa ilości pyłku roślin zielnych, a w szczególności roślin uprawnych i chwastów, znacznie przewyższają udział pyłku tych roślin w diagramach z Kotliny Sandomierskiej, co najprawdopodobniej pozostaje w związku z mniej intensywnym zagospodarowaniem tego obszaru (w Świlczy oznaczono tylko 1 ziarno pyłku *Cerealia* oraz nieliczne *Plantago*).

Opisane powyżej zjawiska z młodszej części okresu subatlantyckiego występują w diagramach z Gór Świętokrzyskich i z okolic Staszowa w stropowych warstwach osadów o miąższości około 1,5 m. Ich początek w Górach Świętokrzyskich zsynchronizowany jest ze schyłkiem okresu brązu i żelaza oraz z pierwotnym hutnictwem, które objęło swoim zasięgiem centralną część Gór Świętokrzyskich. Początek intensywniej gospodarki człowieka w okolicach Staszowa można prowizorycznie określić na schyłek XII i początek XIII wieku. Mogą to być jednakże zjawiska równowiekowe, związane z rozwojem pierwotnego hutnictwa w obszarze świętokrzyskim. Bez datowania metodą radiowęglą nie można rozstrzygnąć, czy mamy tu do czynienia z różnym tempem przyrostów osadów, czy z niewłaściwą interpretacją wyników badań palynologicznych.

S o c z e w k i w o d n e

W większości zbadanych lejków pod powierzchnią darnią roślinności torfotwórczej i warstwą torfu występują różnej miąższości soczewki wodne (ryc. 6) lub półpłynna zawiesina tkanek roślinnych w wodzie (np. Czajków 7).

Zjawisko to było już wielokrotnie opisywane w literaturze (Tymrakiewicz 1935; Kulczyński 1939—1940; Tiuremnow 1957; Slotboom 1963). Mechanizm powstawania tego rodzaju soczewek wiąże się z procesami powierzchniowego zarastania jezior i odnawiania się form krasowych (Kulczyński 1939—1940; Sobotka 1967). W przypadku jednorazowego zapadnięcia się stropu nad podziemną próżnią lej krasowy, po zatkaniu się otworów chłonnych, wypełnia woda z górnego poziomu wodonośnego. Powstaje jezioro, które w wyniku rozrastania się płatów roślinności od strony brzegów i pływających wysp

zostaje przykryte unoszącym się na powierzchni „kożuchem”, pod którym kryje się soczewka wodna. Odrywające się od spodu fragmenty torfu i pogrążanie się przyrastającego na grubość „kożucha” stopniowo zmniejszają jej objętość.

Soczewki takie mogą powstawać wielokrotnie w związku z odnawianiem się form krasowych, tj. po każdorazowym obniżeniu się dna lejka krasowego i zalaniu powierzchni torfowiska przez wody górnego poziomu wodonośnego. Odrodzone jezioro może znowu pokryć pływająca warstwa torfu.

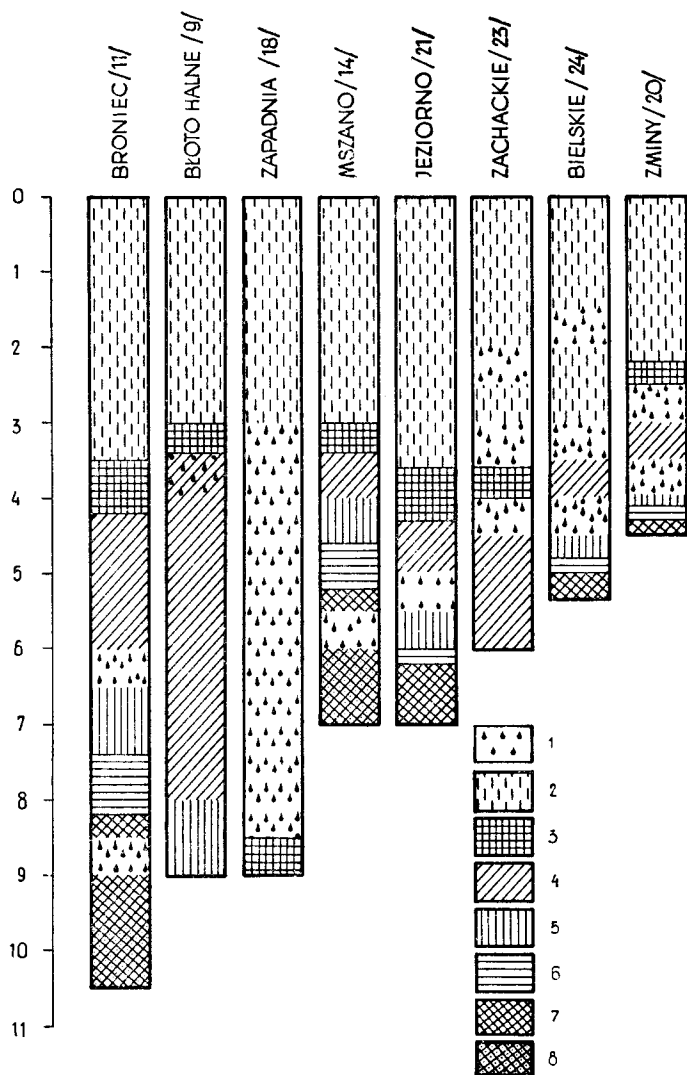
Przyczyną powstania soczewek wodnych może być również podniesienie się górnego poziomu wód gruntowych w związku ze zwilgotnieniem klimatu lub czynnik antropogeniczny, np. trzebież lasów.

Powstawanie soczewek wodnych wiąże się z optymalnymi warunkami rozwoju mchów z rodzaju *Sphagnum* oraz roślin wodnych i bagiennych, budujących pływający pomost na powierzchni jezior.

W lejkach staszowskich najczęściej, bo w 6 przypadkach na 8, soczewki wodne leżą płytko pod tzw. „kożuchem” torfowcowo-wełniankowym, którego grubość waha się w granicach od 1 m do 1,5 m. Tylko w dwóch przypadkach grubość „kożucha” jest większa i wynosi 3,0 m i 3,5 m. Większość soczewek wodnych jest zlokalizowana w obrębie najmłodszych warstw torfów z okresu subatlantyckiego. Tylko w przypadku profilu Golejów 2 soczewka wodna, przykryta warstwą torfu miąższości około 3,5 m, leży poniżej osadów z okresu subborealnego, w obrębie warstw z młodszego okresu atlantyckiego. W przypadku profilu Golejów 3 warstwa wody przypada na okres subborealny lub na granicę z okresem subatlantyckim (ryc. 26).

Występowanie soczewek wodnych w profilach torfowisk i osadów z jezior krasowych Polesia i Wołynia przedstawiono na ryc. 10, stosując właściwy podział stratygraficzny. Są one nieco inaczej rozmieszczone aniżeli w lejkach krasowych koło Staszowa. Zwracają przede wszystkim uwagę 2, a nawet 3 poziomy soczewek wodnych w niektórych profilach oraz ich występowanie na większych głębokościach aniżeli w krasie staszowskim. Analizy pyłkowe były wykonane z osadów Polesia i Wołynia w odstępach 25 cm (a nawet 50 cm), co utrudnia dokładne określenie wieku warstw. Na podstawie opublikowanych profili pyłkowych stwierdzić jednak można, że soczewki te występują w obrębie różnowiekowych warstw osadów, najczęściej w młodszym dryasie lub na granicy Allerødu i młodszego dryasu, na granicy okresu borealnego i atlantyckiego oraz u schyłku okresu atlantyckiego i w okresie subatlantyckim.

Na podstawie przedstawionych wyżej faktów można wnosić, że wahania poziomu wód gruntowych i pogłębianie zapadlisk krasowych złożyły się na powstanie soczewek wodnych w obrębie złożu osadów organogenicznych w lejkach krasowych koło Staszowa i w torfowiskach na północnym Wołyniu i południowym Polesiu. O ile jednak soczewki wodne



Ryc. 10. Soczewki wodne i wiek osadów wypełniających lejki krasowe Polesia i Wołynia. 1 — soczewki wodne, 2 — okres subatlantycki, 3 — okres subborealny, 4 — okres atlantycki, 5 — okres borealny, 6 — okres preborealny, 7 — młodszy dryas, 8 — Allerød.

Fig. 10. Water levels and age of sediments filling karst sink-holes of Polesia and Volhynia. 1 — water levels, 2 — Sub-atlantic period, 3 — Sub-boreal period, 4 — Atlantic period, 5 — Boreal period, 6 — Pre-boreal period, 7 — Younger Dryas, 8 — Allerød.

w lejkach krasowych koło Staszowa najprawdopodobniej zawdzięczają swoje powstanie podniesieniu poziomu wody gruntowej po trzebieży lasów, przy zwiększonej wilgotności klimatu okresu subatlantyckiego) i młodemu wiekowi lejków, to w torfowiskach Polesia i Wołynia decydującą rolę odegrały procesy odnawiania się form krasowych. Zarówno bowiem ich rozmieszczenie w obrębie starszych wiekiem osadów, jak i 2, a nawet 3 poziomy soczewek wodnych w jednym profilu wskazują jednoznacznie na związki z procesami krasowymi.

Różna miąższość soczewek wodnych w poszczególnych lejkach pozostaje więc w związku z czasem powstania lejka, z głębokością zapadnięcia się dna, z tempem zarastania oraz zasobem poziomu wody gruntowej, wynikającym z geologicznego układu warstw.

Zagadnienie wieku lejków krasowych

Złoża organogeniczne wypełniające zagłębienia krasowe, a zwłaszcza torfy i węgle brunatne, były wielokrotnie badane. Na obszarze Polski rozpoznano je już z eocenu (np. Rogoźno — Wypiór 1961; Biernat 1962), lecz znacznie częstsze są tego typu osady wieku czwartorzędowego. Późnoplejstocenijskie i holocenijskie osady w zagłębieniach krasowych znane są zwłaszcza z Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego i Wyżyny Lubelskiej (Pawłowski 1930, Rühle 1935, 1961; Wilgat 1950, 1954). Ich paleobotaniczne rozpoznanie nie wzbudziło dotychczas większego zainteresowania. Więcej uwagi poświęcono osadom z form krasowych Polesia i Wołynia (Tołpa 1932; Tymrakiewicz 1935; Kulczyński 1939—1940). Zagadnienia związane z zarastaniem przez roślinność pelskich zbiorników wodnych powstałych wskutek rozwoju krasu przedstawił Kulczyński (1939—1940), a na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim zespoły roślinne opisał Fijałkowski (1960).

Procesy zarastania zagłębień krasowych nie zawsze zachodzą w sposób jednolity i prosty, jak to przedstawił Tiuremnow (1957). Już Kulczyński (1939—1940) zwracał uwagę, że mogą one zachodzić w dwójaki sposób. Po powstaniu leja krasowego i utworzeniu jeziora zostaje ono spłycone osadami gytii, a następnie zatorfione. W innych przypadkach leje są nadal pogłębiane w wyniku procesów odnawiania się krasu, co powoduje zakłócenia w sedymentacji warstw organogenicznych.

Sedymentacja organogeniczna w zagłębieniach krasowych rozpoczyna się, gdy otwory chłonne zostaną uszczelnione i wody gruntowe utworzą jezioro, co nie zawsze jest równoznaczne z momentem powstania zagłębienia. Ponieważ procesy krasowienia wyprzedzają powstanie form krasowych, przeto osady wypełniające bezodpływowe zagłębienia mogą służyć do datowania form, a nie procesów. Określenie wieku form krasowych opiera się na przyjęciu założenia, że odkładanie się osadów wypełniają-

sowych od schyłku okresu atlantyckiego pozostaje w związku z gospodarką człowieka. Jest prawdopodobne, że nakładają się obie przyczyny, tj. zmiany klimatyczne i gospodarka człowieka.

Nie stwierdzono większej zależności między głębokościami lejków krasowych i ich wiekiem, i to zarówno w okolicy Staszowa jak i na Polesiu i Wołyniu. Większość form najstarszych wykazuje maksymalne głębokości, są jednakże i młode formy osiągające głębokości dorównujące najstarszym. Pewną zależność natomiast wykazuje miąższość osadów organogenicznych i ich wiek. W przypadkach młodych i głębokich, zarośniętych na powierzchni lejków występują w nich z reguły dość miększe soczewki wodne.

Badania w okolicach Staszowa nie dostarczyły danych co do mechanizmu odnawiania się form krasowych. Procesy te zachodzą i dziś. Być może, że ich rezultatem są cienkie warstwy mineralne w spągu profili Czajków 1 i Czajków 2/I oraz przerwa w sedimentacji osadów w profilu Czajków 2/III (pomiędzy warstwami spągowymi z okresu borealnego i subatlantyckiego). Odnawianie się form krasowych można natomiast wykazać w profilach osadów jezior krasowych Polesia i Wołynia (T y m r a k i e w i c z 1935). Wskazują na to dwa, a nawet trzy poziomy soczewek wodnych. Jest prawdopodobne, że i w przypadku krasu staszowskiego występowało pogłębianie się form krasowych. Jeśli jednak procesy te zachodziły powoli, poprzez niegłębokie zapadanie, nie można ich stwierdzić na podstawie zmian w typach osadów i występowania soczewek wodnych.

Późnoglacialny i holocenijski wiek lejków krasowych koło Staszowa był od dawna przyjmowany przez większość geologów i geomorfologów. Zwracali oni także uwagę na współcześnie dziś zachodzące procesy odnawiania się form i na powstawanie nowych lejków. Predyspozycja geologiczna dla zjawisk tego rodzaju datuje się na obszarze Niecki Nidziańskiej od ustąpienia morza sarmackiego i z przerwami w glacjach trwa do dziś. Stwierdzony tu metodami paleobotanicznymi ich późnoglacialny i holocenijski wiek nie przesądza tym samym możliwości istnienia form starszych — kopalnych. Na równinie płaskowyżu starsze formy reprodukowane ulec mogły wypełnieniu przez splukiwanie i deflację w warunkach klimatu peryglacialnego.

Streszczenie wyników

Na obszarze Niecki Nidziańskiej, oprócz wertebrów w strefach wychodni młodotrzeciorzędowych osadów wapieni i gipsów, występują lejki krasowe reprodukowane w utworach pokrywowych, które są charakterystycznym elementem rzeźby krajobrazu. W większości przypadków powstają w nich jeziora wypełnione wodami gruntowymi i zarastające roślinnością torfotwórczą.

W północno-wschodniej części tego obszaru, w okolicy Staszowa, zbadało metodami paleobotanicznymi osady organogeniczne wypełniające 11 lejków krasowych. Uzyskane wyniki posłużyły do rekonstrukcji historii roślinności od schyłku późnego plejstocenu aż po czasy współczesne.

Rezultaty analiz pyłkowych, przedstawione w postaci diagramów, są podstawą wyróżnienia następujących okresów rozwoju szaty roślinnej:

1. Okresy Allerødu i młodszego dryasu ze zbiorowiskami leśnymi, które były zbudowane z brzoź drzewiastych, sosny i modrzewia. Prawdopodobne jest występowanie olszy, świerka i jodły.

2. Okresy preborealny i borealny, w których rozprzestrzeniały się rośliny o wyższych wymaganiach klimatycznych.

3. Okres atlantycki odznaczający się panowaniem mieszanych lasów liściastych.

4. Okresy subborealny i subatlantycki z dużym udziałem graba, buka i jodły. Wykazano również przekształcenie składu lasów i zmniejszanie się ich powierzchni wskutek gospodarczej działalności człowieka.

W wyniku analizy wskaźników klimatycznych dokonano próby określenia warunków termicznych w poszczególnych okresach.

Analiza występowania szczątków makroskopowych i ziarn pyłku świerka i jodły posłużyła do wysunięcia przypuszczenia o przetrwaniu tych drzew na omawianym obszarze co najmniej od Allerødu.

Porównanie późnoglacialnej i holocenkiej historii roślinności okolic Staszowa, Gór Świętokrzyskich i północno-zachodniej części Kotliny Sandomierskiej doprowadziło do wniosku, że obszary te charakteryzuje bardzo podobny przebieg sukcesji roślinności, lecz w szczegółach zaznaczają się regionalne i siedliskowe zróżnicowania.

Na podstawie występowania pyłku roślin uprawnych i chwastów oraz zmian w składzie naturalnej roślinności rozpatrywano zagadnienie pojawienia się pastersko-rolniczej gospodarki człowieka: jej początek określono na schyłek okresu atlantyckiego, największe zaś nasilenie od schyłku XII i początku XIII wieku do czasów współczesnych. Stwierdzone w osadach owoce konopi (*Cannabis sativa*) doprowadziły do przypuszczenia, że ziarna pyłku typu *Cannabis-Humulus* co najmniej od połowy okresu subatlantyckiego reprezentują najprawdopodobniej w większości ziarna pyłku konopi.

Stwierdzone w profilach soczewki wodne wykazują związek z podniesieniem poziomu wód gruntowych w wyniku trzebieży lasów oraz z czasem powstania lejków i mechanizmem zapadania się ich dna. Porównanie z torfowiskami w jeziorach krasowych Polesia i północnego Wołynia jest podstawą dla wniosków o odmienności tych zjawisk na porównywalnych obszarach.

Wyniki badań paleobotanicznych posłużyły do określenia wieku jezior krasowych w okolicy Staszowa. Porównanie z wiekiem osadów w jeziorach krasowych Polesia, północnego Wołynia i Kotliny Sandomierskiej

jest podstawą przypuszczenia, że zjawiska krasowe na tych obszarach wykazują związek z fazami klimatycznymi schyłku plejstocenu i holocenu: wyodrębniają się co najmniej dwie wyraźne fazy powstawania form krasowych. Pierwsza faza przypada na schyłek plejstocenu, druga faza rozpoczyna się u schyłku okresu atlantyckiego.

Poczuwam się do miłego obowiązku złożenia gorących podziękowań wszystkim tym, którzy okazali mi pomoc i dużo cierpliwości w trakcie wykonywania tej pracy. Przede wszystkim winien jestem wdzięczność Panu Profesorowi drowi Andrzejowi Ś r o d o n i o w i, który zawsze służył mi radą i pomocą zarówno w pracy laboratoryjnej, jak i terenowej, Pani Profesor dr Jadwidze D y a k o w s k i e j i Panu Profesorowi drowi Janowi K o r n a s i o w i za wiele cennych rad i życzliwość, z jaką odnosili się do potrzeb związanych z badaniami terenowymi i opracowaniem materiałów. Wszystkim pracownikom Zakładu Paleobotaniki Instytutu Botaniki PAN dziękuję za liczne konsultacje i pomoc w pracach terenowych i laboratoryjnych, Doc. drowi Leszkowi S t a r k l o w i i Dr Sylwii G i l e w s k i e j za konsultacje z zakresu zjawisk krasowych. Pośrednictwu Dr Magdaleny R a l s k i e j - J a s i e w i c z o w e j zawdzięczam datowanie metodą radiowęglą próby osadów z profilu Czajków 2/II, za co gorąco Jej dziękuję.

Dziękuję także Mgr Barbarze P a w l i k o w e j za oznaczenie drewn i wszystkim tym, którzy w jakikolwiek sposób udzielili mi pomocy, zwłaszcza zaś pracownikom Lasów Państwowych nadleśnictwa Golejów, z których gościnności wielokrotnie korzystałem.

Instytut Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie
Zakład Paleobotaniki

LITERATURA

- Biernat S. 1962. Wpływ urzeźbienia i tektoniki podłoża na wykształcenie się złóż węgla brunatnych na Kujawach oraz skutki ich częściowego zniszczenia w czasie zlodowaceń. *Przegl. Geol.* 7: 329—333. Warszawa.
- Birkenmajer K., Środoń A. 1960. Interstadia oryniacki w Karpatach. *Inst. Geol. Biul.* 150: 9—70. Warszawa.
- Casparie W. A., Zeist W. 1960. A late-glacial lake deposit near Waskemeer (Prov. of Friesland). *Acta Bot. Neerl.* 9: 191—196.
- Czarnocki J. 1932. Mniej znane zabytki geologiczne Gór Świętokrzyskich. *Ochr. Przyr.* 12: 74—81. Kraków.
- Czopek M. 1960. Ekologiczno-fizjologiczne badania nad zakwitaniem gatunków z rodziny *Lemnaceae*. *Wiad. Bot.* 4, 3—4: 263—280. Warszawa.
- Dąbrowska E. 1965. Studia nad osadnictwem wczesnośredniowiecznym Ziemi Wiślickiej. *Inst. Hist. Kult. Mater.* 315 pp.
- Dziubałtowski S. 1915. Etude phytogéographique de la région de la Nida inférieure. Neuchâtel: 169 ss. Neuchâtel.
- Dziubałtowski S. 1916. Stosunki geobotaniczne nad Dolną Nidą. *Pam. Fizjogr.* 23: 107—202. Warszawa.
- Dziubałtowski S. 1922. O zbiorowiskach roślinnych godnych ochrony w Sandomierskiem i Opatowskiem. *Kosmos* 47: 30—38. Lwów.
- Dziubałtowski S. 1923. La distribution et l'écologie des associations steppiques sur le Plateau de la Petite Pologne. *Acta Soc. Bot. Pol.* 1, 3: 185—200. Warszawa.
- Dziubałtowski S. 1925/1926. Les associations steppiques sur le Plateau de la Petite Pologne et leur successions. *Acta Soc. Bot. Pol.* 3, 2: 164—195. Warszawa.
- Faegri K. 1939/1940. Quartärgeologische Untersuchungen im westlichen Norwegen II. *Berg. Mus. Arb.* 7: 1—201. Bergen.
- Faegri K. 1944. On the introduction of agriculture in Western Norway. *Geol. Fören. Förh.* 66: 449—462. Stockholm.
- Faegri K. Iversen J., 1950. Textbook of modern pollen analysis. 168 ss. Copenhagen.
- Fijałkowski D. 1960. Szata roślinna jezior Łęczyńsko-Włodawskich i przylegających do nich torfowisk. (Plant Associations of Lakes Situated between Łęczno and Włodawa and of Peat-bogs Adjacent to These Lakes). *Ann. UMCS* 14, 3. Sect. B: 131—206. Lublin.
- Firbas F. 1949, 1952. Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. I- 480 ss., II- 256 ss. Jena.
- Flis J. 1954. Kras gipsowy Niecki Nidziańskiej. *Pr. Geogr.* 1: 73. Warszawa.
- Flis J. 1956. Szkic fizyczno-geograficzny Niecki Nidziańskiej. *Czas. Geogr.* 27, 2: 123—159. Warszawa.

- Frenzel B. 1966. Climatic change in the Atlantic sub-Boreal transition on the Northern Hemisphere: botanical evidence. Royal Meteor. Soc.: 99—122. London.
- Gąsiorowski A. 1925. Podziemne jezioro w krasie gipsowym w Siesławicach. Ochr. Przyr. 5: 33—37. Kraków.
- Gilewska S. 1964. Fossil karst in Poland. Erdkunde 18: 124—135.
- Godwin H. 1956. The history of British Flora. Univ. Press 383. ss. Cambridge.
- Godwin H. 1967. Pollen-analytic evidence for the cultivation of *Cannabis* in England. Rev. of Palaeobot. and Palynol. 4: 71—78.
- Gradziński R., Wójcik Z. 1966. O krasie kopalnym w Polsce. Pr. Muz. Ziemi 9: 151—222. Warszawa.
- Gross H. 1937. Nachweis der Allerödschwankung im süd- und ost-baltischen Gebiet. Beih. Bot. Centralbl. 57: 167—218. Dresden.
- Gruszecki A. 1878. O jaskiniach na przestrzeni od Karpat po Bałtyk. Bibl. Warsz. 4: 329—352. Warszawa.
- Gumiński R. 1948. Próba wydzielenia dzielnic rolniczo-klimatycznych w Polsce. Przegl. Meteor. i Hydrol. Warszawa.
- Harmata K. 1969. Materiały do postglacialnej historii roślinności Karpat Zachodnich. Torfowisko na Palenicy (Pogórze Gubałowskie). (Materials for the Postglacial History of Vegetation in the West Carpathians. Peat bog on Palenica Mt.). Folia Quatern. 33: 1—14. Kraków.
- Hegi G. 1908—1931. Illustrierte Flora von Mittel-Europa. München.
- Hultén E. 1950. Atlas of the distribution of vascular plants in NW Europe. 512 ss. Gen. Lit. Anst. Förl. Stockholm.
- Iversen J. 1941. Land occupation in Denmark's Stone Age. Danm. Geol. Unders. II. 2, 66: 1—68. København.
- Iversen J. 1954. The Late-glacial flora of Denmark and its relation to climate and soil. Danm. Geol. Unders. II. 80: 87—119. København.
- Jońca E. 1963. Z geomorfologii wschodniej części Niecki Nidziańskiej. (On the Geomorphology of the Eastern Part of the Nida Basin). Czas. Geogr. 24, 3: 271—284. Warszawa.
- Kanerwa R. 1956. Pollenanalytische Studien über die spätquartäre Wald- und Klimageschichte von Hyrynsalmi in NO-Finland. Ann. Acad. Scient. Fenn. A III. 46: 1—108. Helsinki.
- Klichowska M. 1956. Szczątki roślinne odkryte na Wawelu w 1954 r. Sprawozd. Archeol. 2: 108—111. Wrocław.
- Klichowska M. 1964. Jakie owoce i nasiona roślin znaleziono w Krakowie na Wawelu w czasie prac archeologicznych w latach 1950 i 1954. Sprawozd. Archeol. 16: 429—434. Wrocław.
- Klimaszewski M. 1958. Rozwój geomorfologiczny terytorium Polski w okresie przedczwartorzędowym. (The geomorphological development of Poland's territory in the Pre-Quaternary period). Przegl. Geogr. 30, 1: 3—43. Warszawa.
- Kontkiewicz S. 1881. Sprawozdanie z badań geologicznych dokonanych w południowo-zachodniej części Królestwa Polskiego w 1880 r. Pam. Fizjogr. 1: 168—171. Warszawa.
- Kontkiewicz S. 1882. Sprawozdanie z badań geologicznych dokonanych w 1880 r. w południowej części guberni Kieleckiej. Pam. Fizjogr. 2: 175—202. Warszawa.
- Koperowa W. 1958. Późny glacjał z północnego podnóża Tatr w świetle analizy pyłkowej. (A Late-glacial pollen diagram at the North Foot of the Tatra Mountains). Monogr. Bot. 7: 107—133. Warszawa.
- Koperowa W. 1962. Późnoglacialna i holocenna historia roślinności Kotliny Nowotarskiej. (The history of the Late-glacial and Holocene vegetation in Nowy Targ Basin). Acta Palaeobot. 2, 3: 1—62. Kraków.

- Koperowa W. 1970. Późnoglacialna i holocenska historia roślinności wschodniej części Dołów Jasielsko-Sanockich. *Acta Palaeobot.* 11, 2. Kraków.
- Kowalski K. 1954. *Jaskinie Polski* t. 3: 192 ss. Warszawa.
- Kozłowska A. 1923. Stosunki geobotaniczne ziemi Miechowskiej. *Sprawozd. Kom. Fizjogr. PAU.* 57: 1—68. Kraków.
- Kozłowska A. 1931. The genetic element and the origin of the steppe flora in Poland. *Mém. Acad. Pol. Sc. Cl. Math.-Nat., Sér. B.* 4: 1—110 Kraków.
- Krauss A., Mycielska-Dowgiałło E., Szczepanek K. 1965. Wstępne wyniki badań nad wiekiem osadów doliny Wisły pod Tarnobrzegiem. *Przegl. Geol.* 6: 275—280. Warszawa.
- Kulczyński S. 1939, 1940. Torfowiska Polesia. (Die Moore des Polesie-Gebietes). *Pr. roln.-leśn. PAU.* 37. T. I + II: 777 ss. Kraków.
- Landolt E. 1957. Physiologische und ökologische Untersuchungen an Lemnaceen. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* 67: 271—410. Bern.
- Lencewicz L. 1913. Poszukiwania paleoantropologiczne w Polsce w świetle geologii. *Wszechświat*: 1—17. Kraków.
- Łapczyński K. 1882. Ze Strzemieszyc do Solca. *Pam. Fizjogr.* 2 (3): 351—357. Warszawa.
- Łapczyński K. 1887. Roślinność Sandomierza i Gór Pieprzowych. *Pam. Fizjogr.* 7: 44—59. Warszawa.
- Malicki A. 1947. Zabytki przyrody nieożywionej na obszarach gipsowych dorzecza Nidy. *Chr. przyr. ojcz.* 3, 1—2: 31—38. Kraków.
- Mamakowa K. 1962. Roślinność Kotliny Sandomierskiej w późnym glacie i holocenie. (The vegetation of the basin of Sandomierz in the Late Glacial and Holocene). *Acta Palaeobot.* 3, 2: 1—57. Kraków.
- Mamakowa K. 1966. Postęp badań nad wpływem osadnictwa prehistorycznego na szatę roślinną. *Archeol. Polski* 11,1: 107—117. Wrocław.
- Mamakowa K. 1968. Flora z interstadiału Paudorf w Łątku koło Zaklikowa. (Flora from the Paudorf Interstadial at Łązek near Zaklików, SE Poland). *Acta Palaeob.* 9,1: 29—44. Kraków.
- Marek S. 1965. Biologia i stratygrafia torfowisk olszynowych w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 57: 5—303. Warszawa.
- Medwecka-Kornaś A. 1952. Rezerваты stepowe nad dolną Nidą. *Chr. przyr. ojcz.* 8, 6: 3—20. Kraków.
- Medwecka-Kornaś A. 1959. Roślinność rezerwatu stepowego „Skorocice” koło Buska. (Végétation de la Réserve Steppique „Skorocice”, District Kielce, Pologne Méridionale). *Ochr. Przyr.* 26: 172—260. Kraków.
- Medwecka-Kornaś A., Kornaś J., Pawłowski B. 1959. Przegląd ważniejszych zespołów roślinnych Polski. W: *Szata Roślinna Polski*. Red. W. Szafer, t. I: 275—463.
- Mitosek H. 1957. Zarys klimatu województwa kieleckiego w świetle potrzeb rolnictwa. Kielce.
- Mochnicki R. 1937. Zasięg pralasu na Wyżynie Kielecko-Sandomierskiej (mapa 1:300 000). *Mapy do dziejów osadnictwa. Ser. C. Komisja Atl. Hist. Pol. PAU.* Kraków.
- Moldenhawer K. 1959. Zboża chlebowe, rośliny strączkowe i konopie z okresu lateńskiego i rzymskiego z okolic Krakowa. *Przegl. Archeol.* 11: 23.—30. Warszawa.
- Oszast J. 1957. Historia klimatu i flory Ziemi Dobrzyńskiej w późnym glacie i w holocenie. *Inst. Geol. Biul.* 118: 179—232. Warszawa.
- Pawlikowa B. 1965. Materiały do postglacialnej historii roślinności Karpat Za-

- chodnich. Torfowisko na Bryjarce. (Materials for the Post-glacial history of vegetation of the West Carpathians. Peat-bog on the Bryjarka). *Folia Quatern.* 18: 1—9. Kraków.
- Pawłowski S. 1930. Zjawiska krasowe na Polesiu. (Les phénomènes carstiques en Polesie). *Czas. Geogr.* 8: 172—174. Warszawa.
- Pusch G. G. 1836. *Geognostische Beschreibung von Polen*. II, XII: 695 ss. Stuttgart u. Thülingen.
- Ralska-Jasiewiczowa M., 1964. Correlation between the Holocene history of the *Carpinus Betulus* and prehistoric settlement in North Poland. *Acta Soc. Pol.* 33, 2: 461—468. Warszawa.
- Ralska-Jasiewiczowa M. 1966. Osady denne Jeziora Mikołajskiego na Pojezierzu Mazurskim w świetle badań paleobotanicznych. (Bottom sediments of the Mikołajki Lake (Masurian Lake District) in the light of palaeobotanical investigations). *Acta Palaeobot.* 7, 2: 3—118. Warszawa.
- Ralska-Jasiewiczowa M. 1968. Ślady osadnictwa prehistorycznego w diagramach pyłkowych z obszaru Polski (Traces of prehistoric settlement in pollen diagrams from the Polish territory). *Folia Quatern.* 29: 163—182. Kraków.
- Rewska H. 1967. (Rkp.) Opracowanie fizjograficzne szczegółowe dla potrzeb szczegółowego planu zagospodarowania przestrzennego ośrodka wypoczynkowego w Golejowie. Geoprojekt. Warszawa.
- Rühle E. 1935. Jeziora krasowe zachodniej części Polesia Wołyńskiego. *Rocznik Wołyński* 4. Równe.
- Rühle E. 1961. Procesy dynamiczne w zbiornikach jeziornych i charakter ich osadów na przykładzie jeziora Świteż. *Inst. Geol. Biul.* 169: 255—302. Warszawa.
- Samuelsson G. 1934. Die Verbreitung der höheren Wasserpflanzen in Nord-Europa. *Acta Phytogeogr. Suec.* 6: 1—211. Uppsala.
- Sawicki L., 1919. O krasie gipsowym pod Buskiem. *Przegl. Geogr.* 1: 306—310. Warszawa.
- Slotboom R. T. 1963. Comparative geomorphological and palynological investigation of the Pingos (Viviers) in the Hautes Fagnes (Belgium) and the Mardellen in the Gutland (Luxemburg): 1—41. Dordrecht.
- Sobolewska M., Środoń A. 1961. Late-pleistocene deposits at Białka Tatrzńska (West Carpathians). *Folia Quatern.* 7: 1—16. Kraków.
- Sobolewska M., Starkel L., Środoń A. 1964. Młodoplejstocenyjskie osady z florą kopalną w Wadowicach (Late-pleistocene deposits with fossil flora at Wadowice, West Carpathians). *Folia Quatern.* 16: 1—64. Kraków.
- Sobotka D. 1967. Roślinność strefy zarastania bezodpływowych jezior Suwalszczyzny. (Vegetation of the zone subject to overgrowth in endorheic lakes of the Suwałki Region). *Monogr. Bot.* 23, 2: 175—258. Warszawa.
- Starkel L. 1960. Rozwój rzeźby Karpat fliszowych w holocenie. *Pr. Geogr.* 22: 1—239. Warszawa.
- Strzemiński M., 1954. Gleby województwa kieleckiego. *Przegl. Geogr.* 26, 1: 47—65. Warszawa.
- Szafer W. 1918. Uwagi o florze stepowej okolic Buska. *Pam. Fizjogr.* 25: 1—10. Warszawa.
- Szafer W. 1923. Zapiski florystyczne. *Acta Soc. Bot. Pol.* 1: 53—59.
- Szafer W. 1935. The significance of isopollen lines for the investigation of the geographical distribution of trees in the Post-glacial period. *Bull. Acad. Pol. Sc. L., Sér. B:* 235—239. Kraków.
- Szafer W. 1959. Szata roślinna Polski niżowej. W: *Szata Roślinna Polski*. Red. W. Szafer, t. II: 13—186. Warszawa.

- Szczepanek K. 1961. Późnoglacialna i holocenska historia roślinności Gór Świętokrzyskich. (The history of the Late-glacial and Holocene vegetation of the Holy Cross Mountains). *Acta Palaeobot.* 2, 2: 1—45: Kraków.
- Szczepanek K. 1965. Młodoplejstocenska flora z Ustronia nad górną Wisłą. *Kwart. Geol.* 12: 173—182.
- Szczepanek K. 1968. Kras staszowski w świetle wyników wstępnych badań paleobotanicznych. (The Staszów karst in the light of the results of preliminary paleobotanic studies). *Folia Quatern.* 29: 49—57. Warszawa.
- Środoń A., Gołąbowa M. 1956. Plejstocenska flora z Bedlna. *Inst. Geol. Biul.* 100: 7—44. Warszawa.
- Środoń A. 1957. Flora interglacialna z Gościęcina koło Koźla. *Inst. Geol. Biul.* 118: 7—60. Warszawa.
- Środoń A. 1959. Zarys historycznego rozwoju szaty roślinnej w późnym glacie i holocenie. W: Szata roślinna Polski. Red. W. Szafer, t. I: 513—543. Warszawa.
- Środoń A. 1965. O florach kopalnych w terasach dolin karpackich. (On fossil floras in the terraces of Carpathians valleys). *Folia Quatern.* 21: 1—27. Kraków.
- Środoń A. 1967. Świerk pospolity w czwartorzędzie Polski. (The common spruce in the Quaternary of Poland). *Acta Palaeobot.* 8, 2: 1—59. Kraków.
- Środoń A. 1968. O roślinności interstadialu Paudorf w Karpatach Zachodnich. (On the vegetation of the Paudorf Interstadial in the Western Carpathians). *Acta Palaeobot.* 9, 1: 1—27. Kraków.
- Tiuremnov S. N. 1957. Złoża torfu i ich rozpoznanie. *Bibl. Zawod. Geologa. Metody Pracy.* 408 ss. Warszawa.
- Tołpa S. 1932. Krasowe torfowiska koło Różany na Polesiu. (Karst-Moore bei Różany in Polesie). *Acta Soc. Bot. Pol.* 9, Suppl.: 289—316. Warszawa.
- Trela J. 1934. Fragment z polodowcowego rozwoju lasów południowo-wschodniej części Puszczy Sandomierskiej w świetle analizy pyłkowej. (Die postglaziale Waldentwicklung des südöstlichen Teiles des Sandomierien-Urwaldes auf Grund der pollenanalytischen Untersuchung). *Acta Soc. Bot. Pol.* 11: 5—18. Warszawa.
- Troels-Smith J. 1942. *Geologisk Datering of Dyrholm-Fundet*, Det Kgl. Danske Vidensk Selskab arhaeologisk-kunsthistoriske Skrifter 1,1. København.
- Troels-Smith J. 1954. *Ertebøllekultur-Bodenkultur*. (Ertebølle Culture-Farmer Culture). *Aarb. f. Oldkyn. og Hist.* 1953: 1—62. København.
- Troels-Smith J. 1955. *Pollenanalytische Untersuchungen zu einigen schweizerischen Pfahlbauproblemen*. Das Pfahlbauprobl. Monogr. zur Ur — und Frühgesch. d. Schweiz. 11: 11—64. Basel.
- Troels-Smith J. 1960. Ivy, mistletoe and elm, climate indicators-fodder plants. *Danm. Geol. Unders.* IV. 44: 1—32. København.
- Tymrakiewicz W. 1935. *Stratygrafia torfowisk krasowych połudn. Polesia i półn. Wołynia* (Statigraphie der Karst-Moore aus Süd-Polesie u. Nord Wolhynien). *Kosmos* 60 Ser. A: 173—251. Lwów.
- Walczowski A. 1964. Zjawiska krasowe południowo-wschodniego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. (Karst phenomena on the South-East marginal of the Święty Krzyż Mountains). *Ann. UMCS Sec. B.* 19, 2: 29—62. Lublin.
- Walczowski A. 1965. Kras zakryty w okolicy Staszowa. *Kwart. Geol.* 2, 9: 458—459. Warszawa.
- Wasylikowa K. 1964. Roślinność i klimat późnego glacialu w środkowej Polsce na podstawie badań w Witowie koło Łęczycy. (Vegetation and climate of the Late-glacial in Central Poland based on investigations made at Witów near Łęczycza). *Biul. Perygl.* 13: 261—417. Łódź.
- Wasylikowa K. 1969. Nowe znalezisko konopi (*Cannabis sativa* L.) z okresu przedpiastowskiego w Polsce. (New discovery of hemp (*Cannabis sativa* L.) from

- the older part of the early medieval time in Poland). Sprawozd. Archeol. 20: 465—468. Wrocław.
- Wilgat T. 1950. Kras okolic Cycowa. Ann. UMCS 4. Lublin.
- Wilgat T. 1954. Jeziora Łęczycko-Włodawskie. Ann. UMCS 8. Lublin.
- Wypiór R. 1961. Węgiel brunatny i perspektywy rozwoju górnictwa odkrywczego. Przegl. Geol. 12: 625—629. Warszawa.
- Zandstra K. J. 1966. The occurrence of *Salvinia natans* (L) All. in holocene deposits of the Rhine delta. Acta Bot. Neerl. 15: 389—393. Amsterdam.
- Zeist W. van. 1959. Studies on the postboreal vegetational history of south-eastern Drenthe (Netherlands). Acta Bot. Neerl. 8: 156—184. Amsterdam.
- Zejszner L. 1862. O miocenijskich gipsach i marglach w S-W stronach Królestwa Polskiego. Bibl. Warsz. Warszawa.

SUMMARY

THE STASZÓW KARST IN THE LIGHT OF PALAEOBOTANICAL STUDIES (SOUTH POLAND)

INTRODUCTION

The paper presents the results of palaeobotanical studies on organogenic sediments from 11 karst sink-holes lying in the neighbourhood of Staszów, i.e. in the north-eastern part of the Nida Basin — a distinct, wide depression in the terrain between the Święty Krzyż Mts and the Cracow-Częstochowa Plateau.

The aim of these investigations was to reconstruct the history of the vegetation in this area and determine the age of organogenic sediments filling the karst sink-holes, which was to serve as basis for determining when they were formed as well as the relation between the development of karst forms and changes in the climate.

The Nida Basin within boundaries marked out by Flis (1956) covers an area of about 8200 km². Of the numerous karst sink-holes occurring here over almost the whole of the region, those from the north-eastern neighbourhood of Staszów, filled with sediments unimpaired by the exploitation of peat, were chosen for the present investigations.

Karst forms in the area of the Nida Basin have for more than 100 years been a subject of interest to naturalists (Pusch 1836). A geological tendency to karst phenomena has existed here since the retreat of the Sarmatian sea and, with some intervals during the Pleistocene Glaciations, has continued up to the present day. According to the majority of authors, the present karst morphology is Young Pleistocene and Holocene, subject to rapid evolution.

A short report published by the author in 1968 on the results of palaeobotanical investigations of sediments from the Staszów sink-holes (Szczepanek 1968) gave only a preliminary estimation. The author has since carried out a larger number of palaeobotanical analyses and dating by the radiocarbon method of a sample of peat from the bottom of the Czajków profile 2/II from a depth of 500—510 cm and has determined its age at $11\,930 \pm 400$ years BP, i.e. 9980 ± 400 years BP (the dating

was carried out in the Museum of Anthropology, University of Michigan, USA). As a result he now considers that the sediments assigned in his 1968 publication to the boreal period are older, having been deposited in the Allerød (may be towards the end of the Older Dryas), in the Younger Dryas and in the preboreal and boreal periods.

I. DESCRIPTION OF THE TERRAIN

Geological structure

In the north-eastern part of the Nida Basin, especially in the area where the investigated karst sink-holes occur, there is an almost total lack of deep borings.

On the basis of the hitherto existing geological data (Flis 1954, 1956; Jónca 1963; Walczowski 1965; Rewska 1967, and others) it was found that the most essential feature here is the occurrence of karsting Tertiary sediments (Miocene marls, lithotome limestones, and gypsum beds) on a Precambrian substratum not liable to karsting and impervious to water, as well as the covering of these deposits with Quaternary sediments not liable to karsting. This is illustrated in fig. 1.

The level at which karst processes take place are Tortonian limestone and of Pleistocene sand and loam. It is the so-called covered karst, the karst sink-holes being reproduced forms in covering deposits.

Configuration of the area

Geomorphologically this area represents a slightly undulating plain with oscillations in altitude amounting to 24 m. The landscape is diversified by rather low dune banks and fields, as well as by karst forms which occur more numerous on the edge of the plateau, bordering on the valleys of the rivers Kacanka and Czarna. In the central parts of the terrain the relief is more uniform (fig.2).

Water regime

Ground-waters occur at two, three or four levels, isolated by impervious layers of loam and clay (Walczowski 1964, 1965). The highest level of ground-waters are those near the surface, occurring in sands on Pleistocene loam or Tertiary clays. The lower levels occur in submorainic sands on Krakowiec clays and in limestone and gypsum beds lying on an impervious Palaeozoic substratum. Single karst sink-holes or groups of them constitute separate unconnected catchment basins. The role of the surface run-off is not important here on account of the sandy upper layer.

C l i m a t e

The area under consideration is characterized by a temperate frosty winter, warm summer, and a long and fairly warm autumn. January, the coldest month, has a mean temperature of about -3°C . The mean temperature for July, the warmest month, ranges from 17 to 18°C , and the mean annual temperature from 7 to 8°C . The mean annual total precipitation is approximately 500 — 600 mm.

S o i l s

Light podsollic soils on Pleistocene sands prevail here, brown soils occurring less frequently. Silty marsh and peat soils are found in depressions and small karst valleys. Economic classification places these soils in the bad and poor groups with a predominance of barren land.

V e g e t a t i o n

The region under consideration of an area of about 50 — 60 km² lies within the Geobotanical Land of Loess Uplands. It constitutes part of a separate geobotanical unit of a lower order (S z a f e r 1959), differing from the neighbouring ones in the lack of loess cover.

A large part of the surface of this terrain is occupied by a complex of planted pine-forests and partly also by small areas of pine and oak-hornbeam forests with some beech and fir. Wet alderwoods and aquatic and peat communities occupy small areas, usually connected with the creeks and karst depressions of the terrain.

II. MATERIAL AND METHODS

Karst sink-holes and their overgrowing

Karst sink-holes in the part of the terrain shown in the map (fig. 3) occur in the forest areas of the forest inspectorate of Golejów and on cultivated land. These forms have shapes of a circular, oval, „biscuit”, or irregular outline. They occur singly or in groups. The slopes of the sink-holes are steep as a rule, inclined at 20 — 50° . In some cases they are now modelled by shallow slumps. The formation of new sink-holes is rarely observed. The area of the depressions ranges from several square metres to about 3.5 ha (Table 1). The depth measured from the surface of the water or from the vegetation overgrowing the sink-holes to the bottom

of the organogenic sediments varies from some ten centimetres to about 13 metres (fig. 4). The same is true in the case of the height of slopes of sink-holes measured from the same base to the surface of the terrain.

After the exploitation of peat towards the end of the 19th and at the beginning of the 20th century the majority of sink-holes in the forest areas filled with water again and formed lakes. The sink-holes occurring in cultivated land are mostly filled with organogenic sediments. Sink-holes with a dry bottom, absorbing water, are very seldom encountered (Pl. I). The shapes of the bottom of karst depressions are illustrated in profiles (fig. 5).

The number of karst sink-holes in the area under consideration is about 250. In the area shown in the map (fig. 3) the author counted 196 sink-holes, 153 of which occur in forests.

No detailed investigations have been carried out on the overgrowing of sink-holes. The particular sink-holes are at various stages of succession of aquatic, swamp, peat, and forest vegetation. A very characteristic feature are floating islands built chiefly of mosses of the genus *Sphagnum*, and such flowering plants as *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre*, *Calla palustris*, *Oxycoccus quadripetalus*, as well as such trees as *Pinus silvestris*, *Alnus glutinosa*, *Betula verrucosa*, and others.

The distribution of the majority of investigated stands is marked in fig. 3.

The arrangement of the layers of sediments is illustrated in pollen diagrams.

Collection of materials

Samples for investigations were collected with Hiller's borer. At the Wiśniówka station the material was collected from an outcrop. All samples for palynological analyses were taken every 5 cm. To investigate macroscopic remains the sediment was taken whole from the half-metre-long can of the borer. Materials for investigating ash content were collected in 10 cm long sections from 3 profiles (Czajków 2/II, Czajków 2/III, and Czajków 4) with a peat borer of the „Instorf” type.

Laboratory methods

Samples for pollen analysis, with respect to their content of mineral matter, were prepared in the following way:

- a) boiling in 10 per cent KOH solution at a temperature of 70—100°C;
- b) separation of larger non-decomposed plant tissues through a strainer with meshes 1 mm in diameter;
- c) acetolysis;

- d) rinsing in water and alcohol with water (3 : 1);
- e) staining with basic fuchsin in glycerine with water (1 : 1).

Samples for macroscopic analysis were washed on a screen with meshes 0.5 mm in diameter. In some cases the material was boiled in water with an addition of KOH solution.

The ash content was determined in the following way:

1. drying in a thermostat at a temperature of 105°C;
2. crumbling the material and drying to its solid weight;
3. burning in a muffle furnace at a temperature of about 500°C;
4. weighing and calculating the percentage content of the substance.

Representation of results

The results of analyses were listed in numerical tables containing the absolute numbers of sporomorphs and the percentage ash content in the dry mass of the sediment. These tables were deposited in the archives of the Institute of Botany of the Jagiellonian University and of the Polish Academy of Sciences. The graphic representation of the results of pollen analyses (figs 12—27) was based on percentage values. The percentages of tree and shrub pollen (AP) were calculated from the sum of their pollen grains, and the percentages of herbaceous plants (NAP) from the sum of all sporomorphs with the exception of *Sphagnum*. The ratio of AP to NAP was determined from the sum of all sporomorphs with the exception of *Sphagnum*. The percentage of *Sphagnum* spores was calculated in relation to the sum of AP + NAP. Sporomorphs not of an univocal ecologic and stratigraphic character were not included in the diagrams. The list of these taxons is presented in Table 2.

Macroscopic remains were obtained from sediments proceeding from 9 karst sink-holes: Czajków 1, Czajków 2/I, Czajków 3, Czajków 4, Czajków 5, Czajków 6, Czajków 7, Golejów 1, Golejów 3. The full list of 80 taxons discriminated is shown in Table 3. The graphic pictures of their occurrence in 4 full profiles are presented in figs 28—31. They were arranged according to the class of plant communities to which they belong (Medwecka-Kornaś, Kornaś, Pawłowski 1959).

III. RESULTS OF INVESTIGATIONS

Results of pollen analysis

The dating of sediments and determination of the periods of the development of vegetation based on the results of palynological analyses and the dating of one peat sample by the radiocarbon method. The age of the sediments according to the accepted scheme is presented in fig. 7.

The Allerød, distinguished in four profiles, is characterized by a large proportion of *Pinus* (over 60—70 per cent) and *Betula* (10—30 per cent), as well as by the occurrence of *Larix*, (up to about 2 per cent) and *Salix* (about 2 per cent on the average). Thermophilous trees, especially *Alnus*, *Quercus*, *Corylus*, and *Ulmus* are represented fairly often but not regularly. The proportion of tree pollen is larger than that of herbaceous plants (NAP rarely exceed 30 per cent of the sum total) represented most abundantly by *Cyperaceae* and *Gramineae*.

Sphagnum curves in this period do not show very high culminations (about 10 per cent).

The Younger Dryas is distinguished by an advance of *Betula* curves at the beginning of this period, but during whole of the period *Pinus* pollen predominates. *Larix* occurs more regularly than in the Allerød, while *Salix* shows slightly higher values. Grains of the pollen of thermophilous trees (*Alnus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Corylus*, *Carpinus*) occur much more frequently than in the Allerød. Their curves form characteristic, irregular apices which probably indicates the fact that the pollen of these trees had been transported from a great distance. The ratio of AP to NAP shows an increase in herbaceous vegetation. *Artemisia* attains distinct maxima, the proportion of *Gramineae*, *Chenopodiaceae*, *Rosaceae*, *Filipendula*, and of marsh plants (*Hippuris*, *Typha*, *Sparganium*, *Alisma*, *Lythrum*, *Menyanthes*) increasing as well. The rise of the curves of these plants is related to the greater richness of the discriminated taxonomic units.

The Pre-boreal period is distinguished by a slight fall in *Pinus* curves (by about 10 per cent) and the slightly higher values of *Betula*. *Larix* pollen is less regularly noted. *Ulmus* and *Corylus* from continuous curves. NAP, especially *Cyperaceae*, *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, and *Rosaceae*, play a slightly less important rôle.

The Boreal period is characterized by the larger proportion of *Pinus*, the fall of *Betula* and only a sporadic occurrence of *Larix* pollen. The proportion of *Quercus*, *Corylus*, and *Alnus* increases as does that of *Picea* though to a much lesser degree. Heliophytes, especially *Artemisia* and *Chenopodiaceae* show a marked tendency to decrease.

The Atlantic period is characterized by a generally distinct *Pinus* fall and fairly abrupt rise of *Alnus*, *Corylus*, and *Quercus* curves, as well as by rather low continuous *Ulmus*, *Fraxinus*, *Tilia*, and to a lesser degree *Picea* and *Frangula* curves. In the second half of the period *Carpinus* shows a marked tendency to form continuous curves.

The ratio of AP to NAP is not the same in the particular diagrams. *Gramineae* and *Polypodiaceae*, especially *Pteridium*, are most numerous represented. *Melampyrum* is one of the more interesting forms. Pollen grains of *Viscum*, *Centaurea jacea*, and *Anthericum* occur sporadically.

Rumex, *Plantago*, and *Cerealia* show a tendency to form continuous curves in the second half of this period.

In all diagrams the Sub-boreal period is marked by a distinct fall of *Ulmus* curves. *Corylus*, *Fraxinus*, *Tilia*, and *Quercus* are slightly fewer. *Carpinus*, *Fagus*, and *Abies* distinctly increase in number. NAP show no marked changes apart from a greater regularity of the occurrence of pollen grains of synanthropic plants.

The Sub-atlantic period was divided into three sub-periods (a, b, and c), according to the extent of changes in the composition of vegetation brought about by man's economic activities.

Sub-period „a” is characterized by a further decline of *Corylus* curves and a maximum proportion of *Carpinus*, *Fagus*, and *Abies*. *Picea* curves show a distinct maximum in the middle of the sub-period. *Acer* pollen grains appear most often at that time. The rôle of plants connected with man's economic activities becomes more important. New indications of these activities appear — *Centaurea cyanus*, *Echium*, and *Fagopyrum*.

Sub-period „b” is marked by a sharp decline of *Carpinus*, *Fagus*, and *Abies*. *Quercus* and *Corylus* curves rise at the same time. *Ulmus*, *Fraxinus*, *Tilia*, and *Frangula* occur less regularly. The ratio of AP to NAP changes markedly to the disadvantage of trees. The proportion of *Gramineae*, *Cyperaceae*, *Ericaceae*, and synanthropic plants increases.

Sub-period „c” is characterized by rising curves of *Pinus* and *Betula* and to a lesser degree of *Alnus* and *Salix*. Pollen grains of *Quercus* and *Corylus* are much fewer than in the sub-periods „a” and „b”. The other trees occur, as a rule, only sporadically. Herbaceous plants markedly outnumber trees. *Gramineae*, *Cyperaceae*, and *Ericaceae*, as well as weeds and cultivated plants predominate. The diversity of forms greatly increases.

Results of the analysis of macroscopic remains

The most essential result of the analysis of macroscopic remains is the detection of a large number of larch (*Larix*) needles in sediments from the Allerød and Younger Dryas (also of cones and seeds), as well as of several specimens in sediments of the Atlantic, Sub-boreal, and Sub-atlantic period, whereas in the pollen spectra only single grains of this pollen were found. Another fact also worthy of note is the detection of *Abies* and *Picea* needles much earlier than could be presumed from the results of the pollen analysis.

The analysis of macroscopic remains also supplied data on several interesting aquatic plants, whose presence was not noted in the form of sporomorphs.

Results of microscopic analysis of wood remains

Numerous fragments of woods at various levels of almost all profiles were examined only in the profile Czajków 4. The results are presented in Table 4 and in fig. 32. The detection of *Abies* and *Alnus* wood remains in the Pre-boreal and Boreal period and at the beginning of the Atlantic period is worthy of note.

Results of the analysis of ash content

The percentage content of inorganic matter in the investigated sediments was determined in three profiles: Czajków 2/II, Czajków 2/III, and Czajków 4. The results were presented in pollen diagrams in the form of curves against the background of AP silhouettes. An increase in the amount of inorganic matter in the top layers of peat was noted which is clearly related to the deforestation of the terrain. In the older sections of the investigated profiles the increase in ash content is not synchronous and on account of insufficient evidence it was not possible to carry out more detailed investigations.

Climatic indices

The July temperature in the Younger Dryas was determined at about $+12^{\circ}\text{C}$ on the basis of macroscopic remains of *Typha* (seed of undetermined specific appurtenance), of *Typha latifolia* pollen grains, and of numerous macroscopic remains of such trees as *Betula „alba”* (*Betula pubescens* and *B. verrucosa*), *Pinus silvestris*, and *Larix*. In the Allerød it must have been higher, but the lack of data does not permit a more exact determination.

In the Pre-boreal and Boreal period the numerous fruits of *Ceratophyllum submersum* and megaspores of *Salvinia natans*, as well as the expansion of thermophilous trees (*Ulmus*, *Quercus*, *Tilia*, *Fraxinus*, and *Corylus*) indicate that the July temperature was at least $+16^{\circ}\text{C}$, and probably higher.

In the Atlantic period no species of plants were found enabling a more exact determination of the temperature. The predominance of mixed deciduous trees shows that the climate of this period was warm and moderately humid. The occurrence frequent for Central European conditions of *Viscum* pollen grains, the numerous fruits of such aquatic plants as *Lemna* sp. and *Ceratophyllum submersum*, as well as *Salvinia natans* megaspores, seem to indicate that the climate of the Atlantic period was characterized by fairly high temperatures. Towards the end of this period it probably became cooler and more humid. This is evidenced by the deposition of peat with a larger proportion of *Sphagnum*, the probable decrease or even ceasing of fruit-setting in *Ceratophyllum submersum* and

Lemna, and the beginning of the expansion of *Carpinus*, *Fagus*, *Abies*. *Viscum* pollen grains occurring in the Sub-boreal and Boreal period, as well as *Lemna* fruits found in sediments from the Sub-atlantic period (Czajków 1 and Czajków 3), indicate that the summer temperatures in these periods were still high and in all probability did not fall below 17°C (the present summer temperature for Staszów is 17—18°C).

Remarks to the history of the spruce and fir

In pollen diagrams from sediments of Staszów sink-holes *Picea* pollen grains occur in small quantities from the beginning of organogenic sedimentation and it is only in the older part of the Sub-atlantic period that they show a marked, though not high maximum. Much earlier, already from the middle of the Atlantic period, fairly numerous *Picea excelsa* needles were found.

Before the Sub-boreal period *Abies* pollen was noted only sporadically. It is only beginning from this period that its curves are continuous, although in none of the diagrams are they high (5—7 per cent on the average). *Abies alba* needles and wood fragments were noted in sediments from the Younger Dryas, Pre-boreal, Boreal, Atlantic, Sub-boreal, and Sub-atlantic periods. This is the basis of the assumption concerning the spruce earlier accepted by Środ oń (1967) that these trees have grown in southern Poland since at the least the close of the Pleistocene period (since the Allerød). However, they were much dispersed and it was only the changes in climate and may be the effect of man's economic activities which contributed to the stimulation of their biological activity. This was reflected in the penetration of these trees into habitats hitherto inaccessible for competitive reasons, and in their increasing proportion in forest associations and in the forming of separate associations. The increase in the proportion of fir and spruce noted in pollen spectra in the second half of the Atlantic, Sub-boreal, and Sub-atlantic period could, therefore, be interpreted not only as an indication of their extended range, but above all as an expression of the increasing proportion of these trees in forest associations and their forming of separate ones on terrains in which these trees had occurred much earlier, though greatly dispersed.

Remarks on plant communities

From the Allerød and through all the Holocene periods particularly favourable habitat conditions existed in karst sink-holes for aquatic and marshy vegetation from communities assigned to the *Phragmitetea*, *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*, and *Alnetea glutinosae* classes, as well as for those belonging to nitrophilous natural communities of the *Rudereto-Secalinetea* class of the *Bidentetalia* order.

The formation of raised bog associations (*Eriophorum vaginatum* and *Oxycoccus quadripetalus*), which developed on a larger scale in karst sink-holes from the close of the Atlantic and particularly from the Sub-atlantic period, can be assigned to the Pre-boreal and Boreal period.

Heliophyte communities (*Artemisia*, *Chenopodiaceae*, and *Rosaceae*) played an important rôle in the Younger Dryas and in the youngest sections of the Sub-atlantic period, but their specific composition was different as a result of this land being brought under cultivation.

Forest associations predominated in the neighbourhood of Staszów in the Allerød and Younger Dryas. The primary forests composed at first chiefly of *Pinus silvestris*, *Larix*, *Betula* (*Betula verrucosa* and *B. pubescens*), and perhaps of *Alnus*, *Picea*, and *Abies* in small numbers, grew more dense and richer in thermophilous deciduous trees as climatic changes took place. The differentiation of habitat conditions, especially the height of the ground-water level, determined the differentiation of forest associations. Open pine- and oak-woods with *Pteridium aquilinum* and *Melampyrum* an drier habitats and pine-woods with *Arctostaphylos uva-ursi* and *Lycopodium clavatum* on dune banks probably constituted a large proportion of the forest here. Associations of this type may have played an important rôle in the survival of the so-called „steppe vegetation” from the cool close of the Pleistocene period and in the expansion of thermophilous elements of the Sub-mediterranean and Mediterranean type.

Towards the end of the Atlantic period, especially in the Sub-boreal period, essential changes took place in the composition of forest associations. They concerned above all the quantitative proportion of the fir, the hornbeam, and the beech, which had grown in this area earlier, and gave rise to the formation of the mixed woods of to day, the oak-hornbeam forests, and the acidophilous woods with the fir (*Abies*). These associations became predominant in a large part of the habitats in the older part of the Sub-atlantic period. In the younger part of this period the natural development of forest associations was considerably disturbed owing to the clearing of forests and expansion of cultivated land.

Palaeobotanical evidences of man's economic activities in the neighbourhood of Staszów and of its effect on the vegetation

Pollen curves of plants connected with cultivation, i.e. *Rumex* and *Plantago lanceolata*, begin in the younger part of the Atlantic period. *Secale* also occurs sporadically. Beginning from the Sub-boreal period these curves are continuous in the majority of diagrams, though still not very

high. It is only in the younger part of the Sub-atlantic period that *Plantago maior*, *P. media*, *Triticum* — type, *Cannabis-Humulus*, *Centaurea cyanus*, *Fagopyrum*, *Polygonum aviculare*, and *Echium vulgare* also occur with increasing frequency.

From the close of the Atlantic period to the younger part of the Sub-atlantic no distinct or long lasting changes due to man's husbandry were noted in the composition of the forest. In the younger part of the Sub-atlantic period the influence of man's husbandry on the forest cover is very marked. In the pollen diagrams (Sub-atlantic period „b”) this was reflected in the abrupt fall of *Carpinus*, *Fagus*, and *Abies* curves, in the temporary rise of *Quercus* and *Corylus* curves, and in the gradual rise of *Pinus* curves. From this moment there is a marked increase in the proportion of herbaceous plants (*Cyperaceae*, *Gramineae*, *Ericaceae*, *Rumex*, *Plantago lanceolata*, *Centaurea cyanus*, *Secale-Triticum*, *Cannabis-Humulus*, and *Fagopyrum*). There is also an increase in the proportion of inorganic matter in peat.

These phenomena, noted in layers of sediments up to about 1.5 m thick, were most probably brought about by settlement taking place from the turn of the 12th century.

Pollen of the *Cannabis-Humulus* type is particularly worthy of note. Single grains of this type were found in all periods and very rarely in the Allerød and in the Younger Dryas. From the middle of the Sub-atlantic period their occurrence markedly increases, and in the top layers of sediments *Cannabis-Humulus* curves reach their maxima synchronously with those of weeds and cultivated plants. In two shallow karst sink-holes (Czajków 3 and Czajków 5) *Cannabis-Humulus* pollen curves are exceptionally high (max. 91.3 and 81.5 per cent). Of the sediments corresponding to these culminations the fruits of *Cannabis sativa* were found. Thus there is no doubt that the cultivation of *Cannabis sativa* was common in the region, while the shallow water bodies in the karst sink-holes served to soak the shoots of this plant.

The determination of the systematic appurtenance of pollen grains of the *Cannabis-Humulus* type and of the time from which *Cannabis sativa* pollen grains begin to occur would be of major importance. An attempt to determine this appurtenance by measuring the diameter of pollen grains was not successful (fig. 8).

The oldest *Cannabis sativa* fruits so far known in Poland come from the Roman period, from sediments dated archeologically as coming from the 7th cent. A.D. They were often found in sediments from the earlier Middle Ages.

Humulus lupulus seeds were found in what were probably Late-glacial sediments in the valley of the Vistula, and in early-mediaeval excavations.

In pollen diagrams from Poland pollen grains of the *Cannabis-Humulus* type are reported from several stands.

It was accepted here that from the middle of the Sub-atlantic period *Cannabis sativa* pollen prevails in diagrams from the Staszów sink-holes.

Comparison of the history of vegetation
from the neighbourhood of Staszów with that
of the Sandomierz Basin and the Święty Krzyż Mts.

The distribution of the compared pollen diagrams is shown in fig. 9. The development of vegetation towards the close of the Late Glacial and in the Holocene period in the areas compared is characterized by common traits which are not significantly obliterated by local differences. This is due, among other factors, to the small distance between the compared stands and to the similar geological substratum, i.e. Pleistocene sands occurring on a large part of these terrains.

Towards the close of the Last Glaciation, i.e. in the Allerød and in the Younger Dryas, pine-birch-larch forests prevailed in the areas of the Sandomierz Basin, of the Święty Krzyż Mts, and in the neighbourhood of Staszów. In all the diagrams compared AP exceeds the proportion of NAP. Of herbaceous plants the most numerously represented are *Cyperaceae*, *Gramineae*, *Artemisia*, and *Chenopodiaceae*. Sporomorphs of plant indicators for treeless terrains (*Ephedra*, *Selaginella*, *Hippophaë*, *Helianthemum*) occur only sporadically. In almost all diagrams of the stands compared there is a characteristic culmination of *Betula* curves in the Pre-boreal period and of *Pinus* curves in the Boreal. In the latter period one observes the beginning of continuous curves of thermophilous trees, above all distinct culminations of *Ulmus*, and a little later of *Corylus*. The fairly high NAP curves, especially those of *Polypodiaceae*, *Gramineae*, and *Cyperaceae*, and more rarely those of *Equisetum*, in the Pre-boreal and Boreal period, noted in some diagrams, particularly those from the Sandomierz Basin and the Święty Krzyż Mts, may be taken here as the expression of settlement conditions, since in the particular diagrams they represent different components. This phenomenon has been known to exist in other areas as well (Iversen 1954).

During the Atlantic period pollen diagrams for the whole area under consideration show a high proportion of pollen of trees, especially of deciduous. The rôle of some of them varies both in particular regions and on investigated stands. This concerns chiefly *Pinus*, *Betula*, *Quercus*, *Carpinus*, and *Picea*. The rôle of such trees as *Tilia*, *Fraxinus*, or *Acer* was probably of no greater importance, and in any case they formed no larger concentrations. The first indicators of man's husbandry, i.e. *Plantago*, *Ru-*

mex, and *Cerealia* pollen grains, appearing towards the close of the Atlantic period, seem to have occurred a little earlier in the Święty Krzyż Mts and in the neighbourhood of Staszów than in the Sandomierz Basin.

The fall of *Ulmus* curves and, to a lesser degree, of those of *Corylus*, is characteristic of the Sub-boreal period. The curves of other trees show no uniform tendencies of course. The fact most worthy of note in this period is the maximum values of *Picea* in the Święty Krzyż Mts and in the Sandomierz Basin. In the neighbourhood of Staszów, in spite of numerous *Picea* needles found in sediments of this age, the pollen curves show no increase. The most characteristic trait of the Sub-boreal period in the whole area under consideration is the successive, though non-uniform rise of *Carpinus*, *Fagus*, and *Abies* curves.

In the older part of the Sub-atlantic period a further rise of *Carpinus*, *Fagus*, and *Abies* curves is observed. In the neighbourhood of Staszów culminations of *Picea* curves occur in this section of the diagrams. On the other hand, the proportion of *Corylus*, *Ulmus*, *Fraxinus*, and *Tilia* decreases in the whole area. Pollen grains of plants directly connected with man's husbandry are a little more abundant. In the younger part of this period a general regression of almost all trees is observed, with the exception of *Pinus*, while there is a rapid increase of NAP, especially of cultivated plants, weeds, *Cyperaceae*, and *Gramineae*. In the regions compared these phenomena are of a slightly different character.

It is particularly worthy of note that in the Święty Krzyż Mts and in the neighbourhood of Staszów the amount of pollen of herbaceous plants, especially cultivated ones and weeds, greatly exceeds the proportion of pollen of these plants in the diagrams of the Sandomierz Basin. This, in all probability, is related to the less extensive development of the latter area.

Water lenses

In some karst sink-holes in the neighbourhood of Staszów water lenses occur under a layer of peat (fig. 6), or there is a semi-fluid suspension of plant tissues in water (e.g. Czajków 7).

The occurrence of water lenses in organogenic sediments deposited in karst sink-holes has often been reported in literature.

The mechanism of their formation is connected with the processes of superficial overgrowing of lakes and with the reproduction of karst forms. Such water lenses may form repeatedly, i. e. after each subsidence of the bottom of the overgrown karst sink-hole and flooding of the surface of the peat-bog by waters of the upper water-bearing level. The formation of water lenses may also be due to the rise of the upper level of ground-waters, e.g. as a result of the climate becoming more humid, of fire, or of deforestation.

In 6 cases out of 8 water lenses in the Staszów sink-holes occur not deep under the surface (1—1.5 m) within layers of sediments from the youngest part of the Sub-atlantic period. In the two other cases the thickness of the superficial peat layers is greater (3 and 3.5 m) and they are of a somewhat greater age (fig. 6).

In profiles of peat-bogs and lacustrine sediments from karst lakes of Polesia and Volhynia (T y m r a k i e w i c z 1935) the occurrence of water lenses was shown in fig. 10, the author applying his own stratigraphic division. A fact worthy of note is the existence of 2 and even 3 water lenses in some profiles and their occurrence at greater depths than in the karst sink-holes near Staszów. They occur within layers of sediments of various age, in the Younger Dryas, on the border line between the Boreal and Atlantic period, towards the close of the Atlantic and during the Sub-atlantic period. These differences are the basis of the supposition that water lenses in karst sink-holes near Staszów are in most cases connected with the rise of the level of ground-water after forest clearing in the humid climate of the Sub-atlantic period, whereas in peat-bogs of Polesia and Volhynia processes of reproduction of karst forms played the most important rôle in the formation of water lenses.

The problem of the age of karst sink-holes

The determination of the age of karst sink-holes is based on the assumption that the deposition of sediments filling these forms began simultaneously or only slightly later than the time of their formation.

The comparison of the age of sediments filling karst sink-holes near Staszów (fig. 7) shows that the majority of the investigated forms developed towards the close of the Glacial period and after the climatic optimum of the Holocene.

Similar conclusions can be drawn from the comparison of the age of sediments of karst lakes of Polesia and Volhynia, and of the Sandomierz Basin, shown in fig. 11. The intensive development of karst may therefore be connected with the more active circulation of ground-waters in the Allerød and Younger Dryas towards the end of the Atlantic period.

No marked dependence was noted between the depth of karst sink-holes and their age. On the other hand, there appears to be a certain relation between the thickness of organogenic sediments and their age. In the case of young, deep, overgrown sink-holes fairly thick water lenses as a rule occur.

Palaeobotanical investigations carried out in the neighbourhood of Staszów provided no explicit data concerning the reproduction of karst forms. Such a reproduction can be demonstrated in profiles of sediments of karst lakes of Polesia and Volhynia on the basis of 2 and even 3 water lenses.

If in the Staszów sink-holes karst reproduction processes took place by means of a not very deep subsidence, they cannot be established on the basis of changes in the type of sediments and occurrence of water lenses.

The determination of the age of sediments in karst sink-holes near Staszów as Late-glacial and Holocene does not preclude the existence of older forms, as the geological tendency in the Nida Basin to phenomena of this kind dates from the withdrawal of the Sarmatian sea, and with interruptions during the Glacial period, has lasted up to the present day. Older reproduced forms could have been filled up by wash down or deflation under periglacial climatic conditions.

SUMMARY OF RESULTS

Palaeobotanical investigations were carried out on organogenic sediments filling 11 reproduced karst sink-holes in the north-eastern part of the Nida Basin in the vicinity of the locality of Staszów.

The results obtained served to reconstruct the history of the vegetation from the close of the Late Pleistocene up to the present time.

On the basis of an analysis of climatic indices an attempt was made to determine the thermal conditions in the particular periods.

The analysis of the occurrence of macroscopic remains and of *Picea* and *Abies* pollen grains gave grounds for the hypothesis that these trees have survived in the area under consideration at least since the Allerød.

The comparison of the Late-glacial and Holocene history of the vegetation of the neighbourhood of Staszów, of the Święty Krzyż Mts, and of the north-western part of the Sandomierz Basin showed a very similar course of succession of the vegetation, in spite of regional differences and those in settlement.

The appearance of animal husbandry and of agriculture was investigated. It was determined as having begun at the close of the Atlantic period, and has been most intensive from the turn of the 12th century up to the present times. The problem of cultivation of *Cannabis sativa* was discussed.

The investigations showed that the water lenses noted in the profiles of sediments are related to the rise of ground-water levels as a result of forest clearing, to the time of formation, and to the depth of subsidence of the bottom of the sink-hole.

The determination of the age of organogenic sediments filling the karst sink-holes is the basis for determining when these forms developed and establishing the relation of karst processes and formation of karst depressions to at least 2 climatic periods. The first phase of karsting was shown to be related to the close of the Pleistocene, the next beginning towards the end of the Atlantic period.

TABLICE

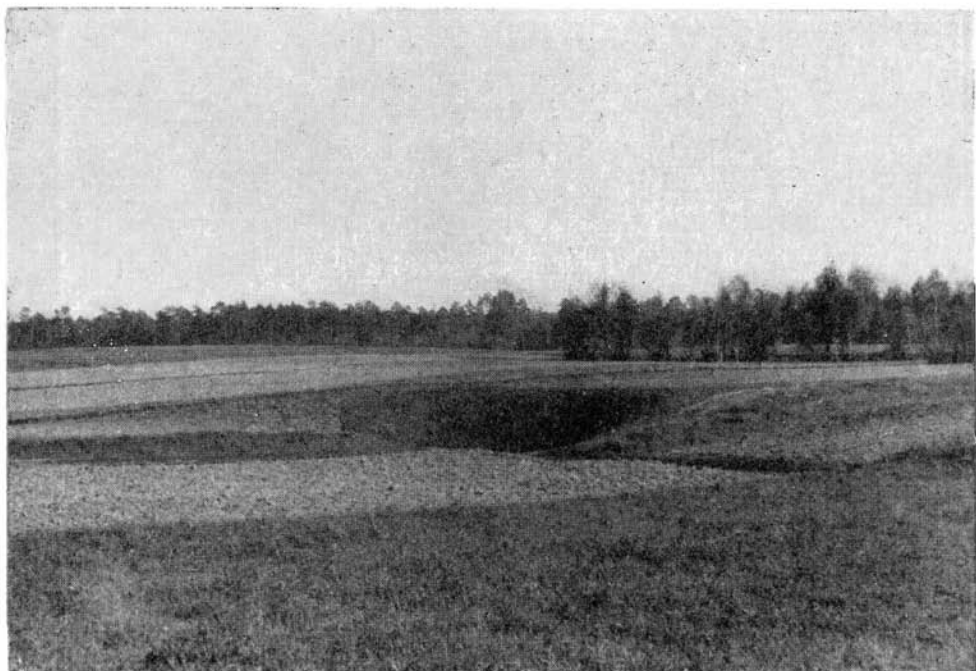
Tablica I

1. Czajków. Lejek krasowy suchy chłonący wody opadowe.
2. Czajków. Ten sam lejek z bliska.

Plate I

1. Czajków. Dry karst sink-hole absorbing rain-water.
2. Czajków. The same sink-hole from a short distance.

Fot. K. Szczepanek
Phot. K. Szczepanek



1



2

Tablica II

1. Czajków. Lejek krasowy wypełniony osadami organogenicznymi (profil nr 6).
2. Czajków. Lejek krasowy z wyraźną kopułą torfowiska (profil nr 3).

Plate II

1. Czajków. Karst sink-hole filled with organogenic sediments (profile No. 6).
2. Czajków. Karst sink-whole with a distinct dome of peat-bog (profile No. 3).

Fot. K. Szczepanek
Phot. K. Szczepanek



1



2

Tablica III

1. Wiśniówka. Zapadlisko krasowe zarastające roślinnością torfowiska wysokiego i sosnami karłowatymi (1954 r.).
2. Wiśniówka. To samo zapadlisko po zmeliorowaniu (1970 r.).

Plate III

1. Wiśniówka. Karst depression being overgrown with raised peat-bog vegetation and dwarf pine-trees (1954).
2. Wiśniówka. The same depression after drainage (1970).

Fot. K. Szczepanek
Phot. K. Szczepanek



1



2

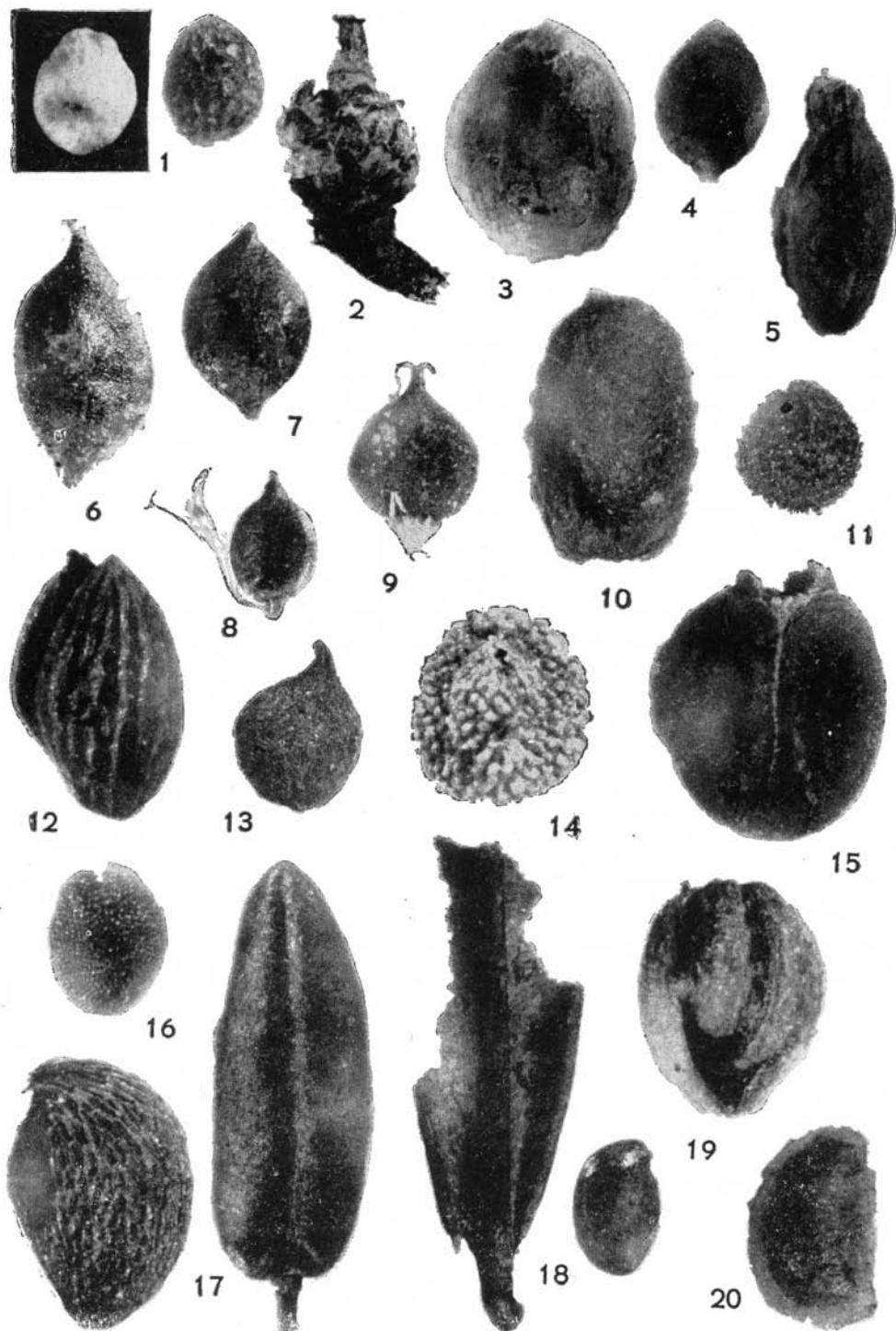
Tablica IV

1. *Salvinia natans* — megasporę; $\times$ 30.
2. *Larix* sp. — szyszka; $\times$ 6.
3. *Cannabis sativa* — owoc; $\times$ 9.
4. *Urtica dioica* — owoc; $\times$ 24.
5. *Impatiens noli-tangere* — nasienie; $\times$ 8.
6. *Polygonum hydropiper* — owoc; $\times$ 10.
7. *P. minus* — owoc; $\times$ 14.
8. *P. nodosum* — owoc; $\times$ 9.
9. *P. tomentosum* — owoc; $\times$ 10.
10. *Ceratophyllum submersum* — owoc; $\times$ 8.
11. *Stellaria nemorum* — nasienie; $\times$ 16.
12. *Oxalis acetosella* — nasienie; $\times$ 15.
13. *Ranunculus* sp. — owoc; $\times$ 14.
14. *Scutellaria galericulata* — owoc; $\times$ 21.
15. *Frangula alnus* — owoc; $\times$ 8.
16. *Rorippa palustris* — nasienie; $\times$ 30.
17. *Oxycoccus quadripetalus* — nasienie $\times$ 18; liść $\times$ 9.
18. *Andromeda polifolia* — nasienie $\times$ 18; liść $\times$ 3.
19. *Cicuta virosa* — owoc; $\times$ 17.
20. *Arctostaphylos uva-ursi* — owoc; $\times$ 9.

Plate IV

1. *Salvinia natans* — megaspores; $\times$ 30.
2. *Larix* sp. — cone; $\times$ 6.
3. *Cannabis sativa* — fruit; $\times$ 9.
4. *Urtica dioica* — fruit; $\times$ 24.
5. *Impatiens noli-tangere* — seed; $\times$ 8.
6. *Polygonum hydropiper* — fruit; $\times$ 10.
7. *P. minus* — fruit; $\times$ 14.
8. *P. nodosum* — fruit; $\times$ 9.
9. *P. tomentosum* — fruit; $\times$ 10.
10. *Ceratophyllum submersum* — fruit; $\times$ 8.
11. *Stellaria nemorum* — seed; $\times$ 16.
12. *Oxalis acetosella* — seed; $\times$ 15.
13. *Ranunculus* sp. — fruit; $\times$ 14.
14. *Scutellaria galericulata* — fruit; $\times$ 21.
15. *Frangula alnus* — fruit; $\times$ 8.
16. *Rorippa palustris* — seed; $\times$ 30.
17. *Oxycoccus quadripetalus* — seed $\times$ 18; leaf $\times$ 9.
18. *Andromeda polifolia* — seed; $\times$ 18, leaf; $\times$ 3.
19. *Cicuta virosa* — fruit; $\times$ 17.
20. *Arctostaphylos uva-ursi* — fruit; $\times$ 9.

Fot. K. Szczepanek
Phot. K. Szczepanek



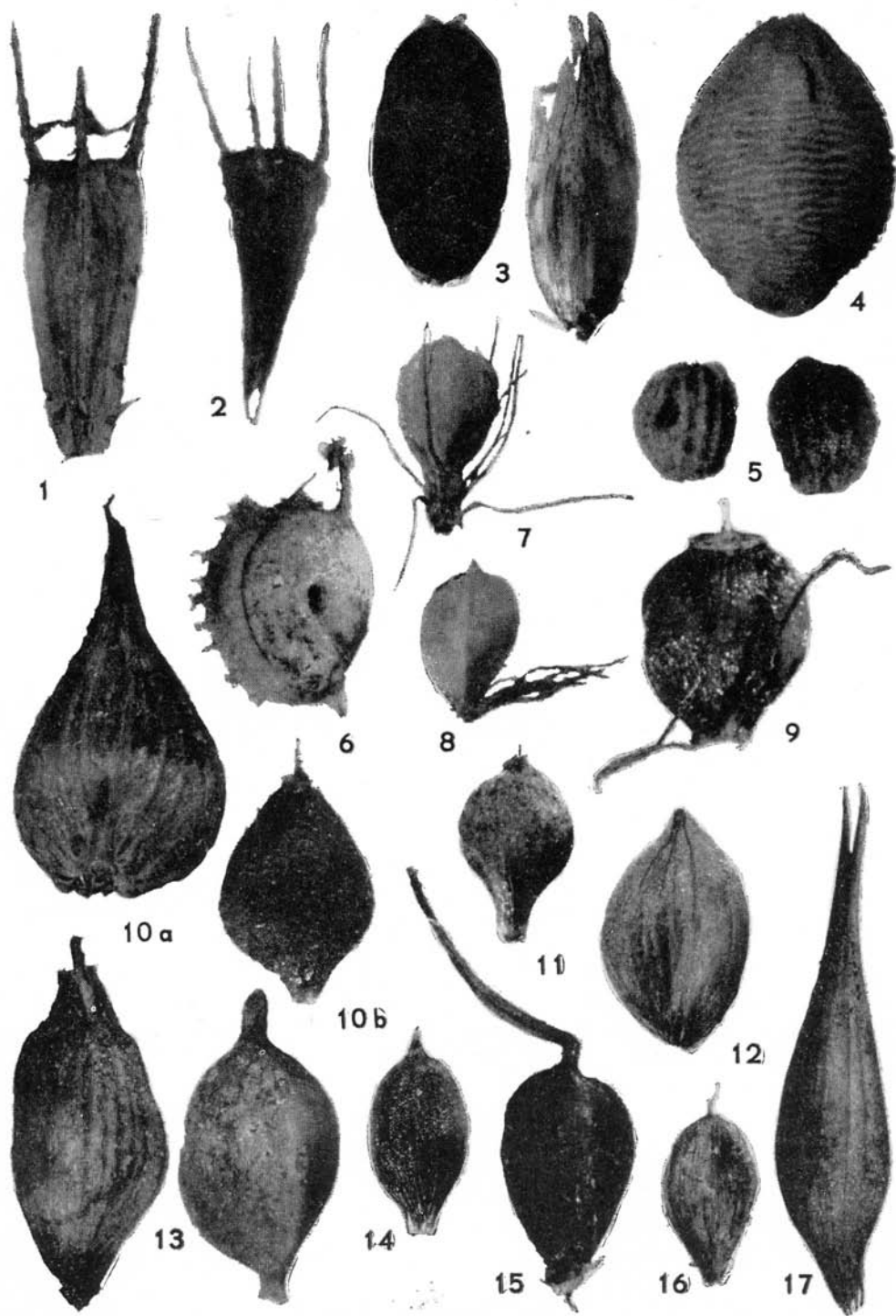
Tablica V

1. *Bidens tripartitus* — owoc; × 9.
2. *B. cernuus* — owoc; × 9.
3. *Sieglingia decumbens* — owoc bez plewek × 9; owoc z plewkami × 18;
4. *Setaria glauca* — owoc z plewkami; × 17.
5. *Lemna* sp. — owoc; × 10.
6. *Potamogeton perfoliatus* — owoc; × 10.
7. *Rhynchospora alba* — owoc; × 18.
8. *Scirpus silvaticus* — owoc; × 20.
9. *Heleocharis palustris* — owoc; × 18.
- 10a. *Carex stellulata* — owoc z pęcherzykiem; × 20.
- 10b. *C. stellulata* — owoc bez pęcherzyka; × 20.
11. *C. diandra* — owoc; × 18.
12. *C. riparia* — owoc; × 13.
13. *C. lasiocarpa* — owoc z pęcherzykiem i bez pęcherzyka; × 17.
14. *C. elongata* — owoc; × 14.
15. *C. rostrata* — owoc; × 17.
16. *C. canescens* — owoc; × 20.
17. *C. pseudocyperus* — owoc; × 15.

Plate V

1. *Bidens tripartitus* — fruit; × 9.
2. *B. cernuus* — fruit; × 9.
3. *Sieglingia decumbens* — fruit without lemma and palea × 9; fruit with lemma and palea × 18.
4. *Setaria glauca* — fruit with lemma and palea; × 17.
5. *Lemna* sp. — fruit; × 10.
6. *Potamogeton perfoliatus* — fruit; × 10.
7. *Rhynchospora alba* — fruit; × 18.
8. *Scirpus silvaticus* — fruit; × 20.
9. *Heleocharis palustris* — fruit; × 18.
- 10a. *Carex stellulata* — fruit with utricle; × 20.
- 10b. *C. stellulata* — fruit without utricle; × 20.
11. *C. diandra* — fruit; × 18.
12. *C. riparia* — fruit; × 13.
13. *C. lasiocarpa* — fruit with and without utricle; × 17.
14. *C. elongata* — fruit; × 14.
15. *C. rostrata* — fruit; × 17.
16. *C. canescens* — fruit; × 20.
17. *C. pseudocyperus* — fruit; × 15.

Fot. K. Szczepanek
Phot. K. Szczepanek



Oznaczanie osadów w diagramach
Determination of sediments in diagrams



torf sfagnowy
Sphagnum peat



torf welniankowy
cotton-grass peat



torf mszysty
moss peat



torf leśny
forest peat



torf sapropelowy podobny do gytii
sapropelic peat resembling gyttja



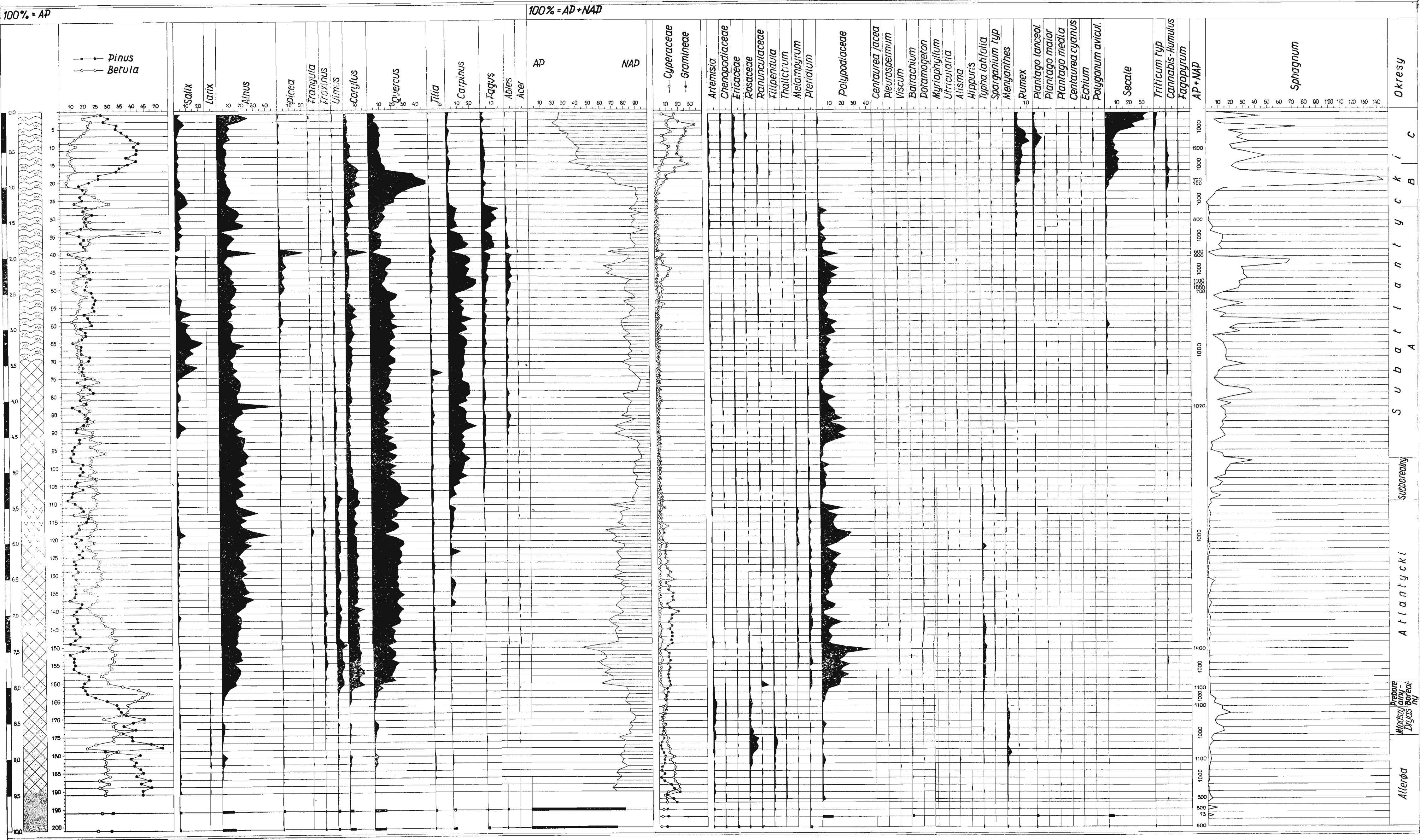
woda
water



il
clay



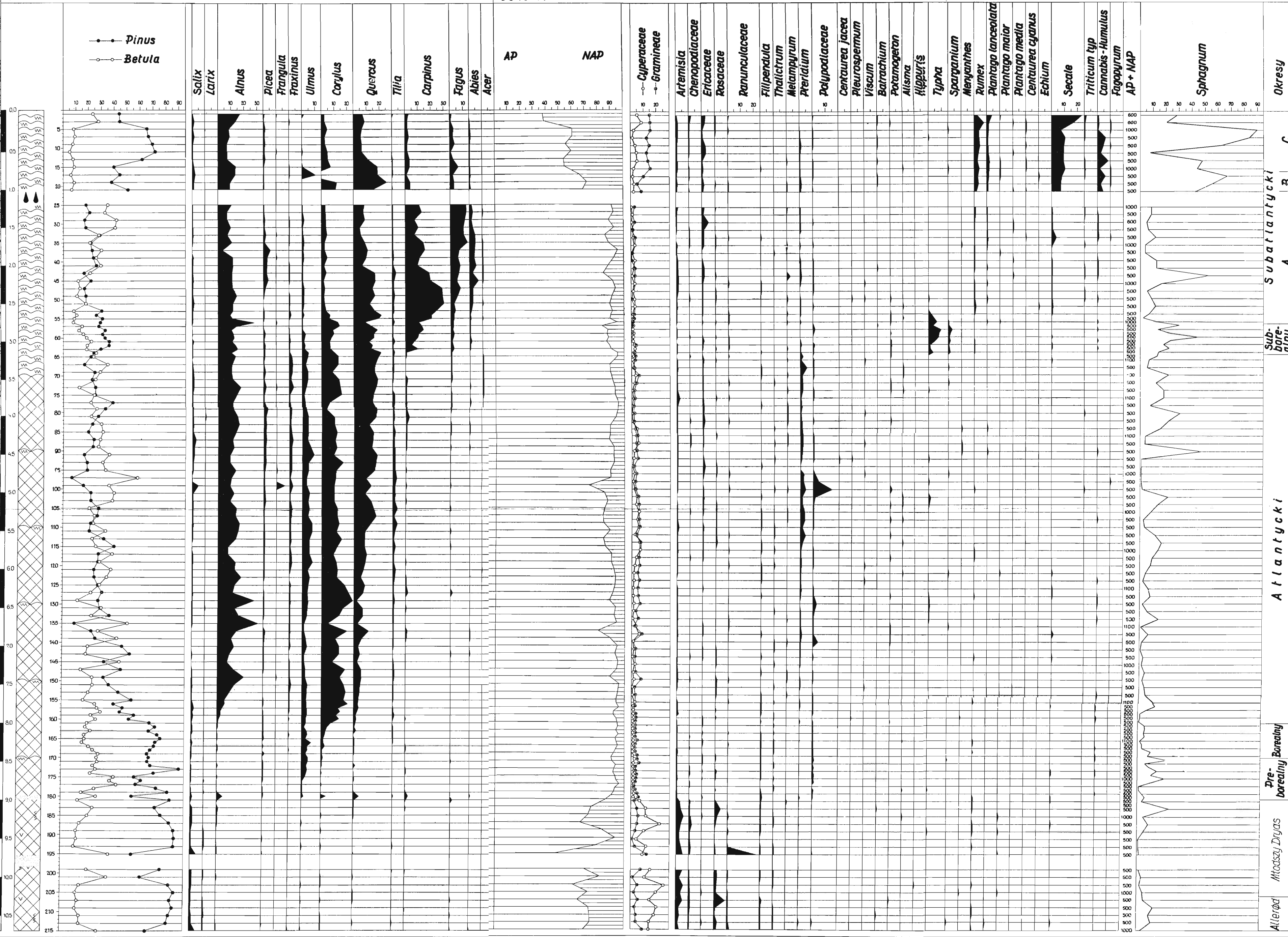
piasek
sand



Ryc. 12. Czajków 1. Diagram pyłkowy.
Fig. 12. Czajków 1. Pollen diagram.

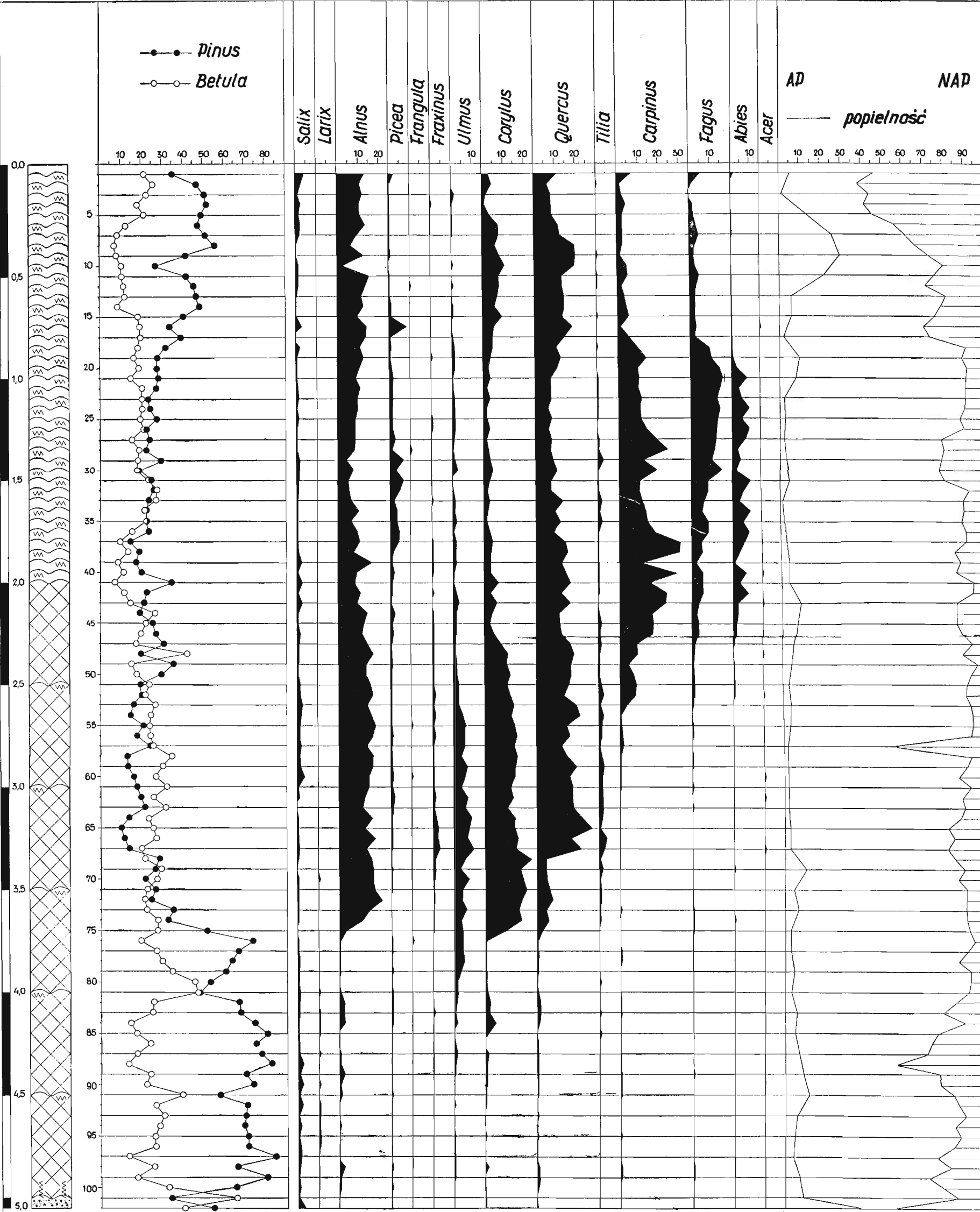
100% = AP

100% = AP + NAP

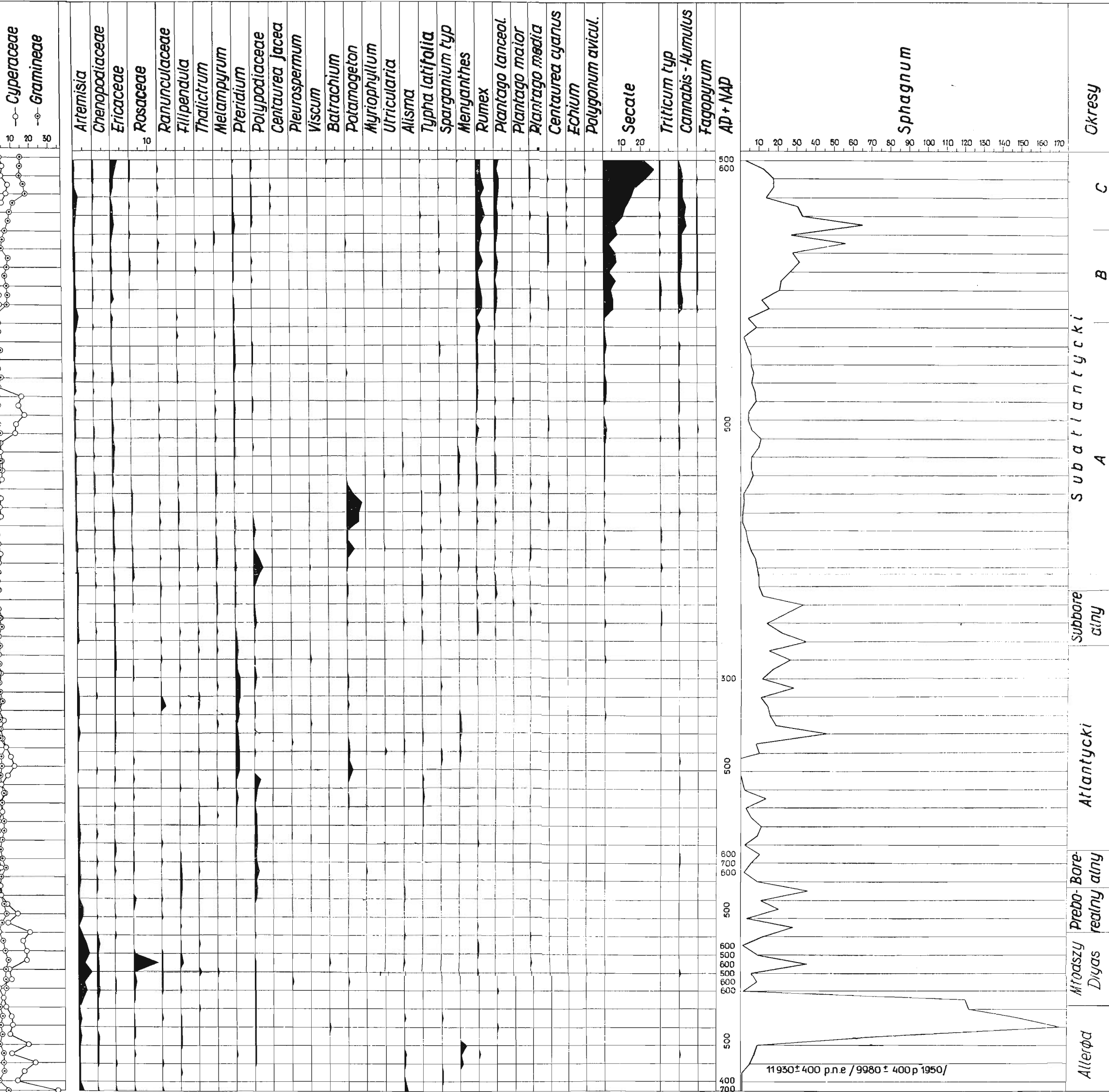


Ryc. 13. Czajków 2/I. Diagram pyłkowy.
Fig. 13. Czajków 2/I. Pollen diagram.

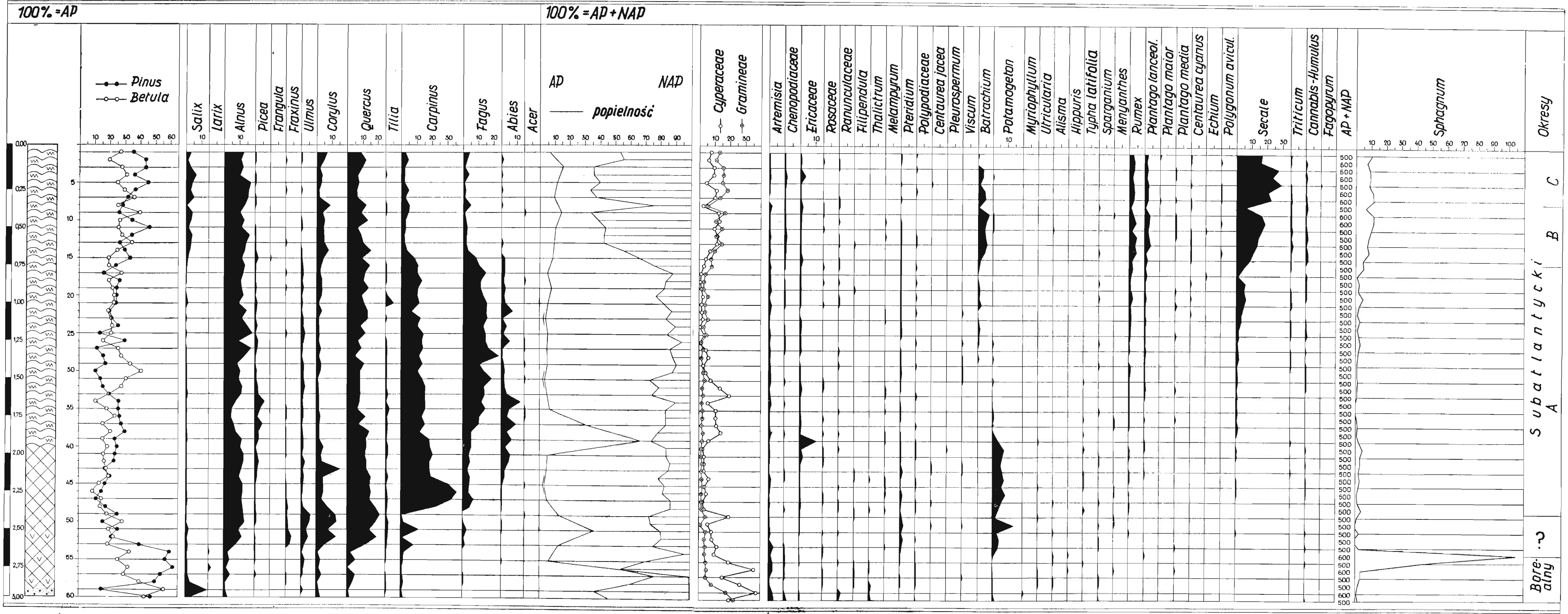
100% = AP



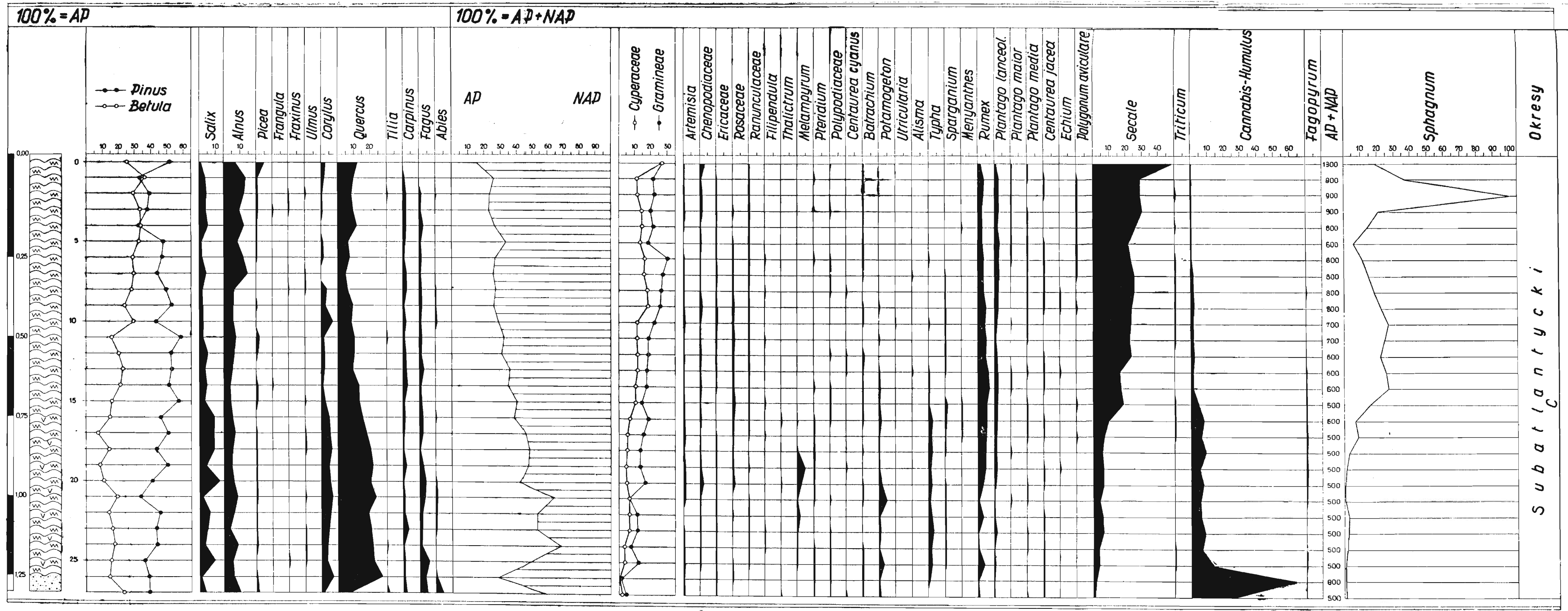
100% = AP + NAP



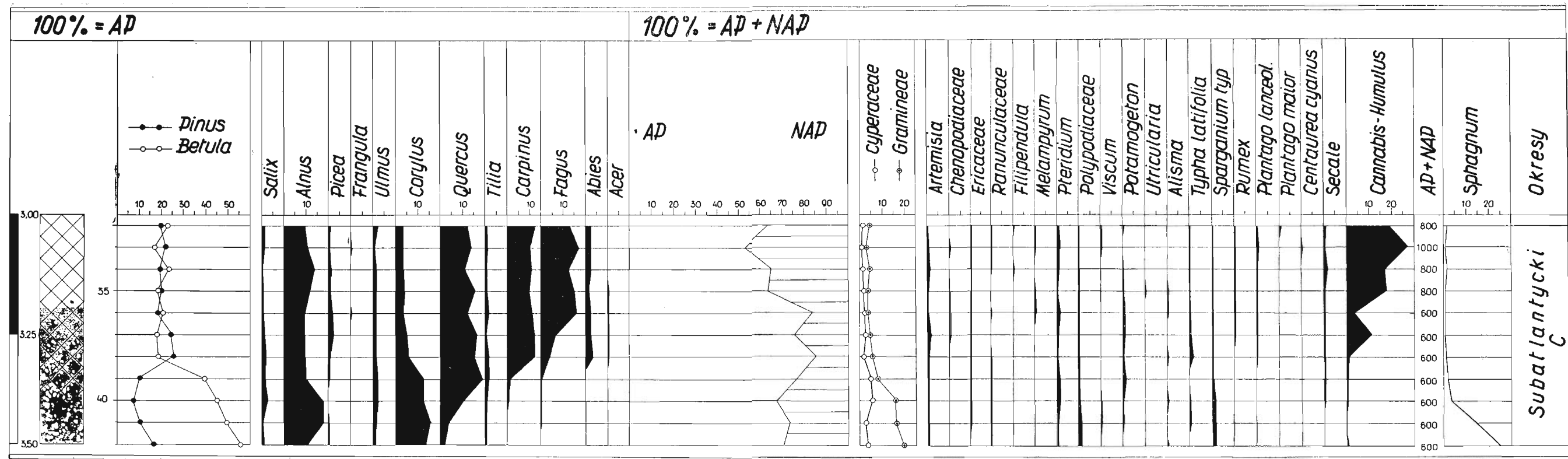
Ryc. 14. Czajków 2/II. Diagram pyłkowy.
Fig. 14. Czajków 2/II. Pollen diagram.



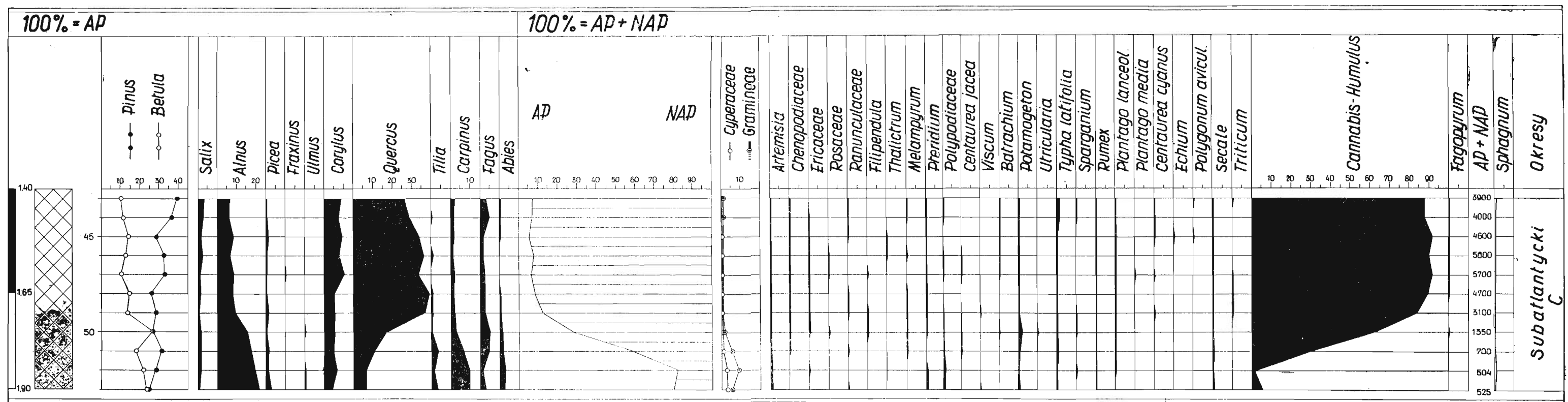
Ryc. 15. Czajków 2/III. Diagram pyłkowy.
Fig. 15. Czajków 2/III. Pollen diagram.



Ryc. 16. Czajków 3/I. Diagram pyłkowy.
Fig. 16. Czajków 3/I. Pollen diagram.



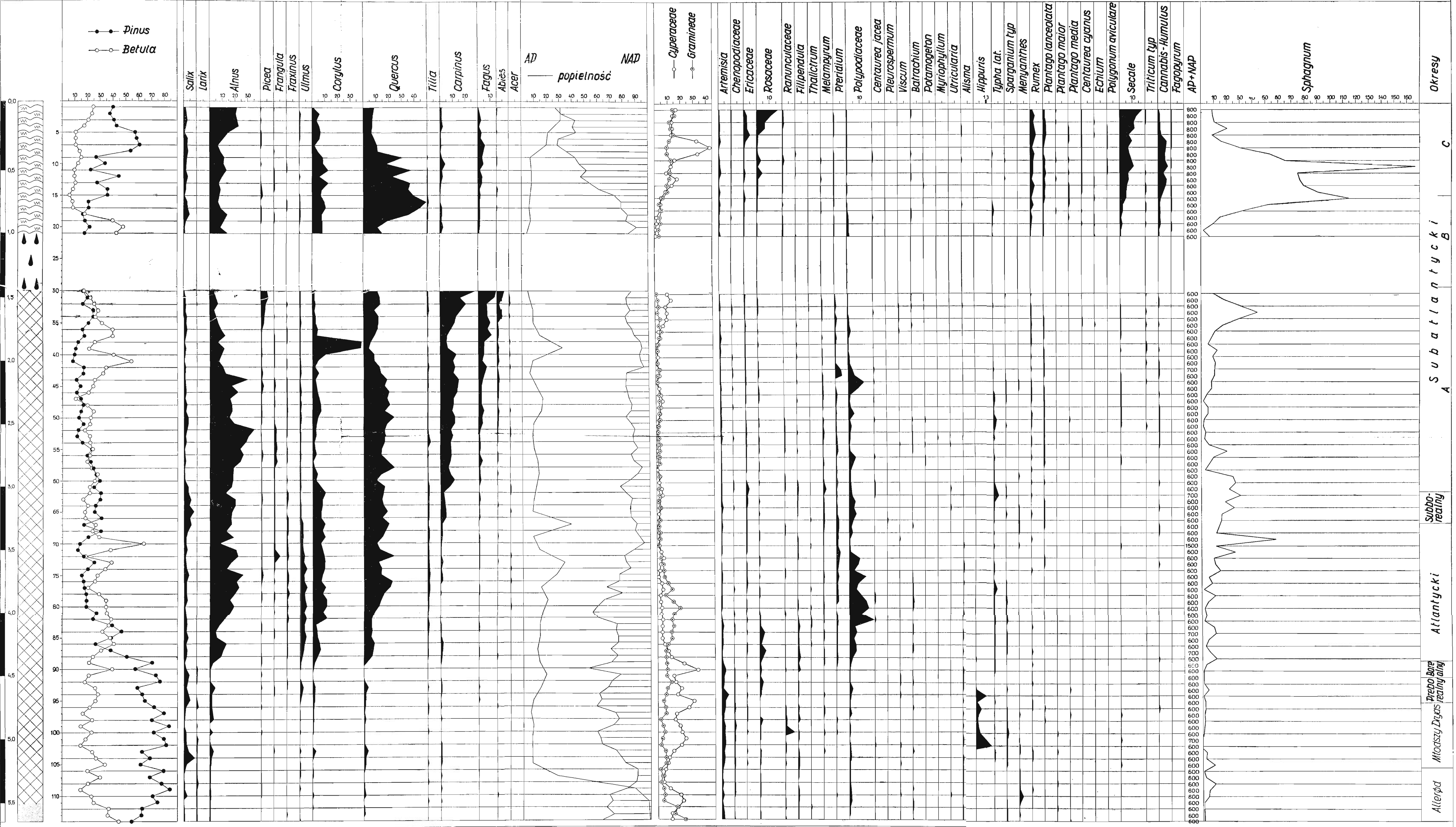
Ryc. 17. Czajków 3/II. Diagram pyłkowy.
Fig. 17. Czajków 3/II. Pollen diagram.



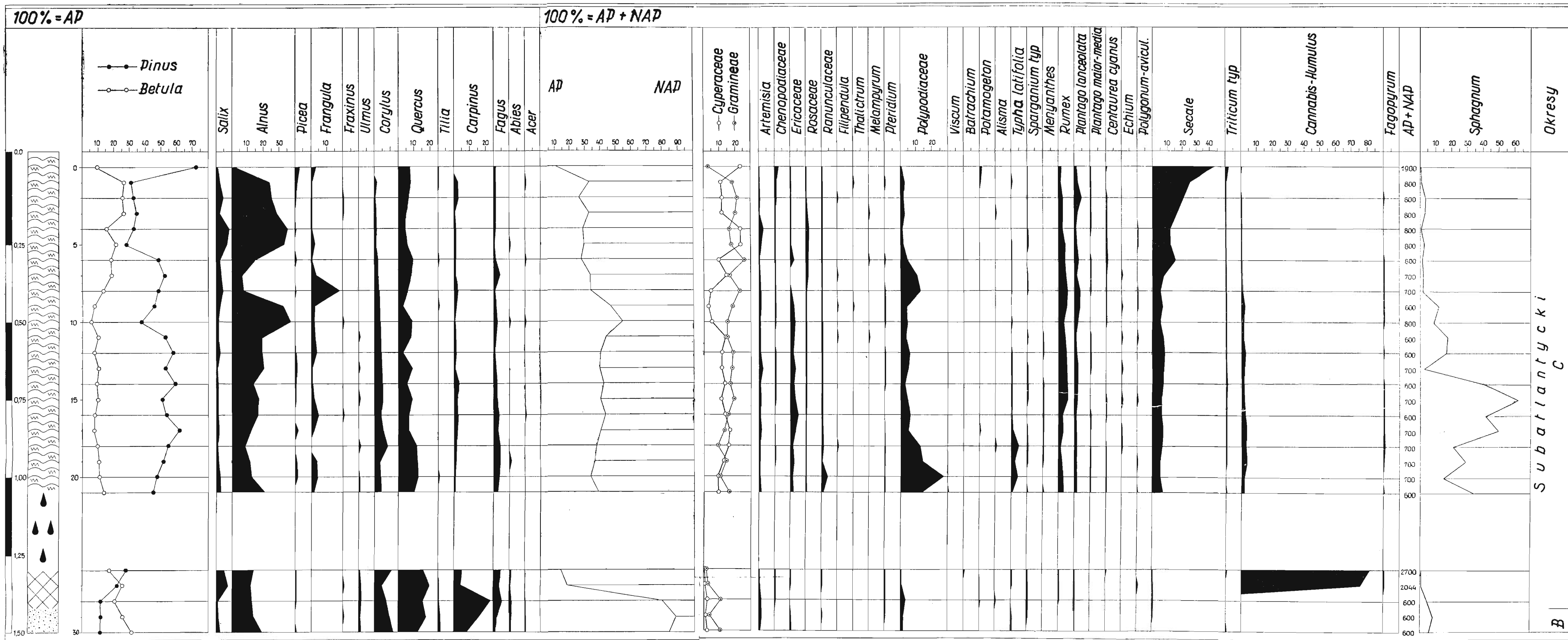
Ryc. 18. Czajków 3/III. Diagram pyłkowy.
Fig. 18. Czajków 3/III. Pollen diagram.

100% = AP

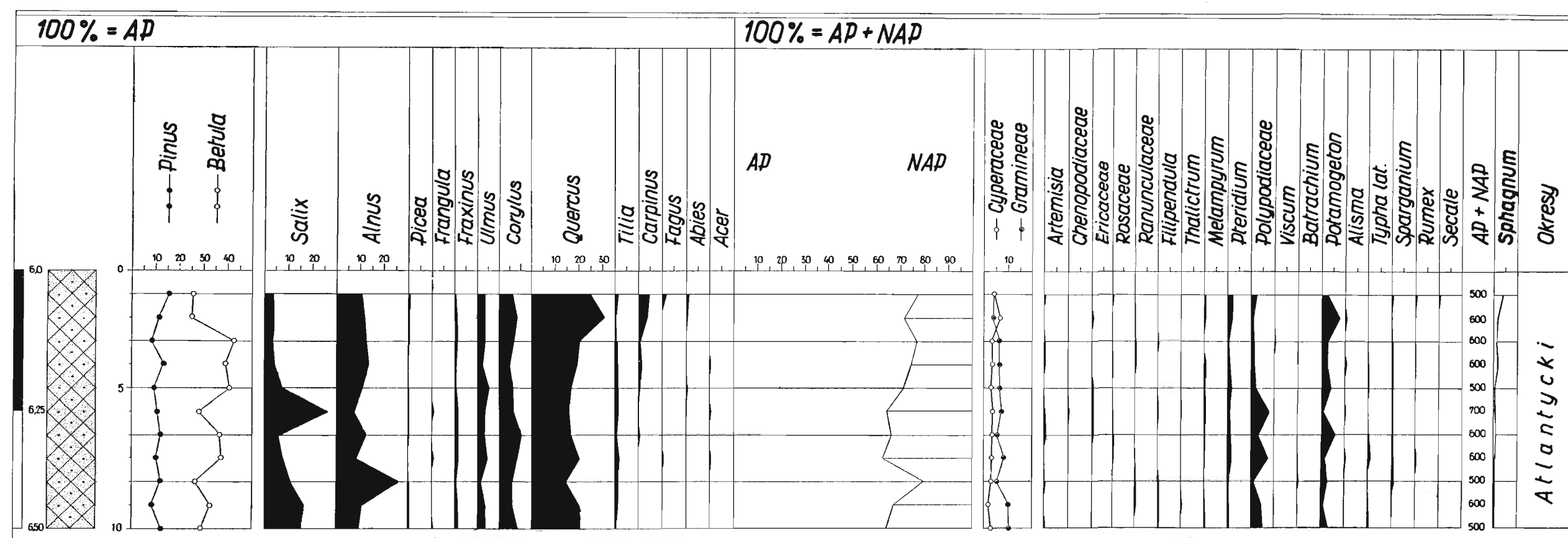
100% = AP + NAP



Ryc. 19. Czajków 4. Diagram pyłkowy.
Fig. 19. Czajków 4. Pollen diagram.



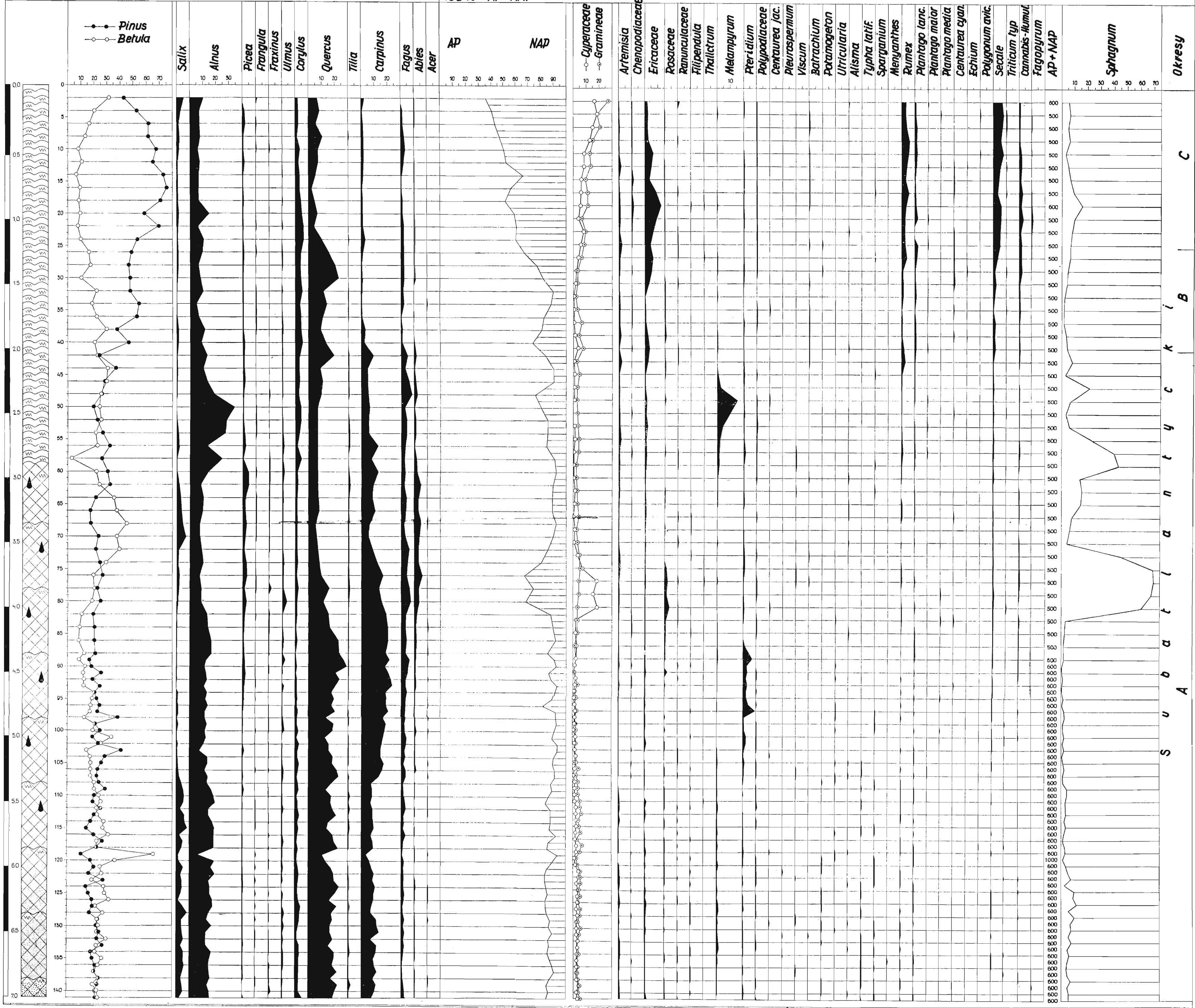
Ryc. 20. Czapków 5. Diagram pyłkowy.
Fig. 20. Czapków 5. Pollen diagram.



Ryc. 21. Czapków 6. Diagram pyłkowy.
Fig. 21. Czapków 6. Pollen diagram.

100% = AP

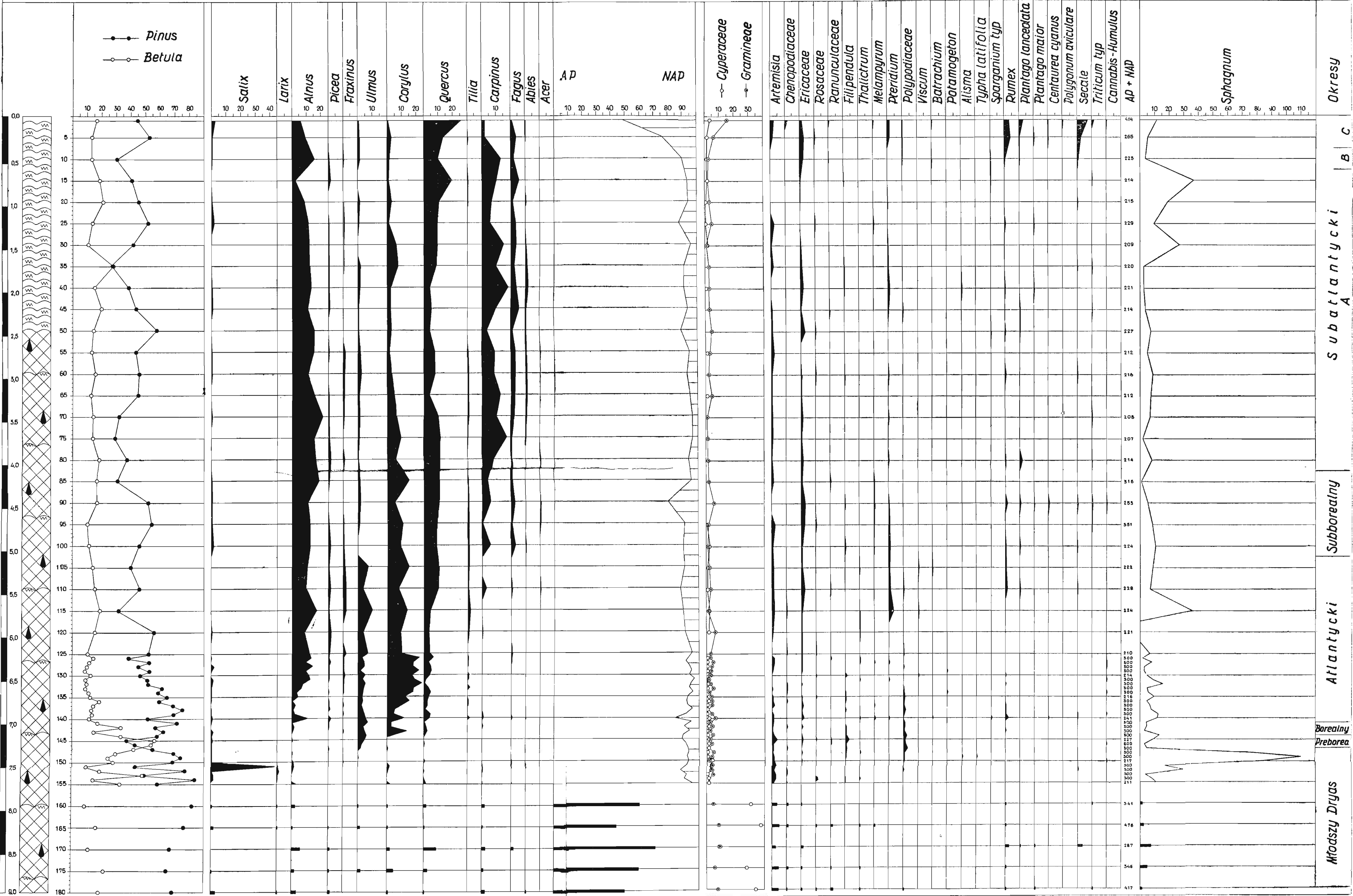
100% = AP + NAP



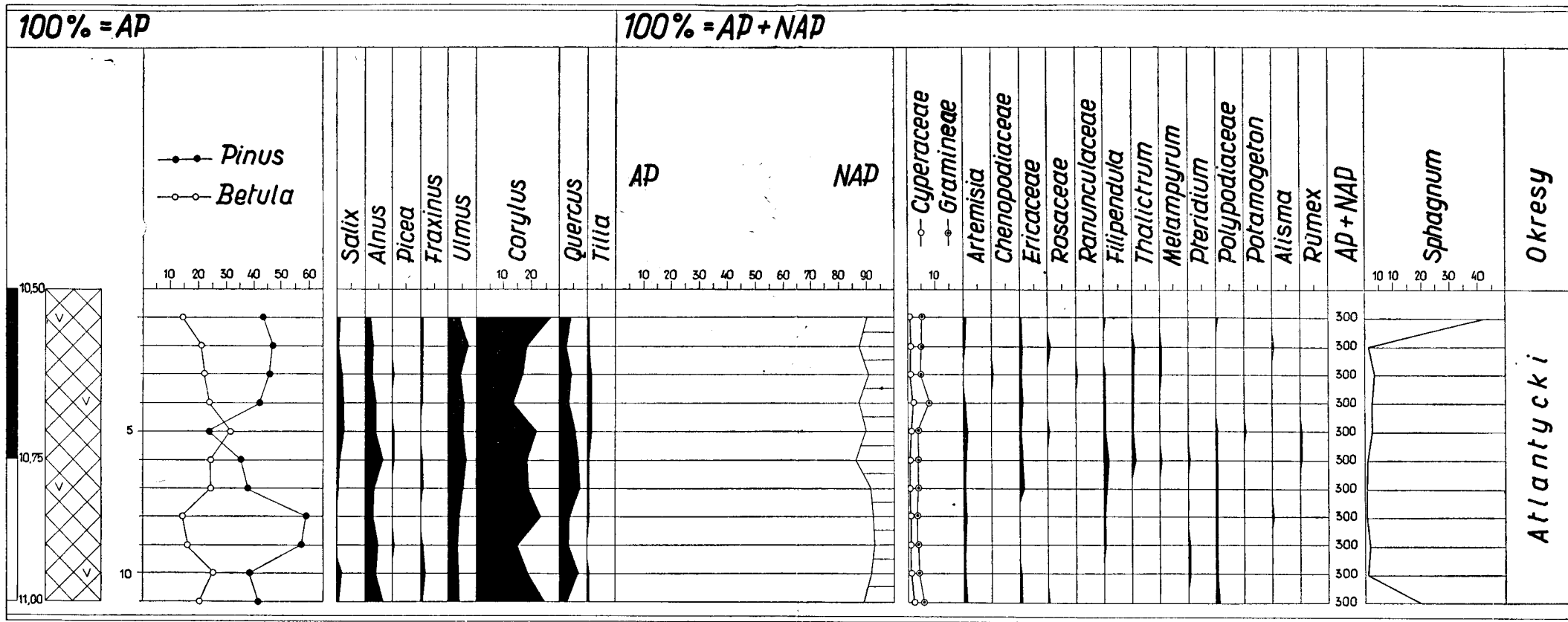
Ryc. 22. Czajków 7. Diagram pyłkowy.
Fig. 22. Czajków 7. Pollen diagram.

100% = AP

100% = AP + NAP



Ryc. 23. Golejów 1. Diagram pyłkowy.
Fig. 23. Golejów 1. Pollen diagram.

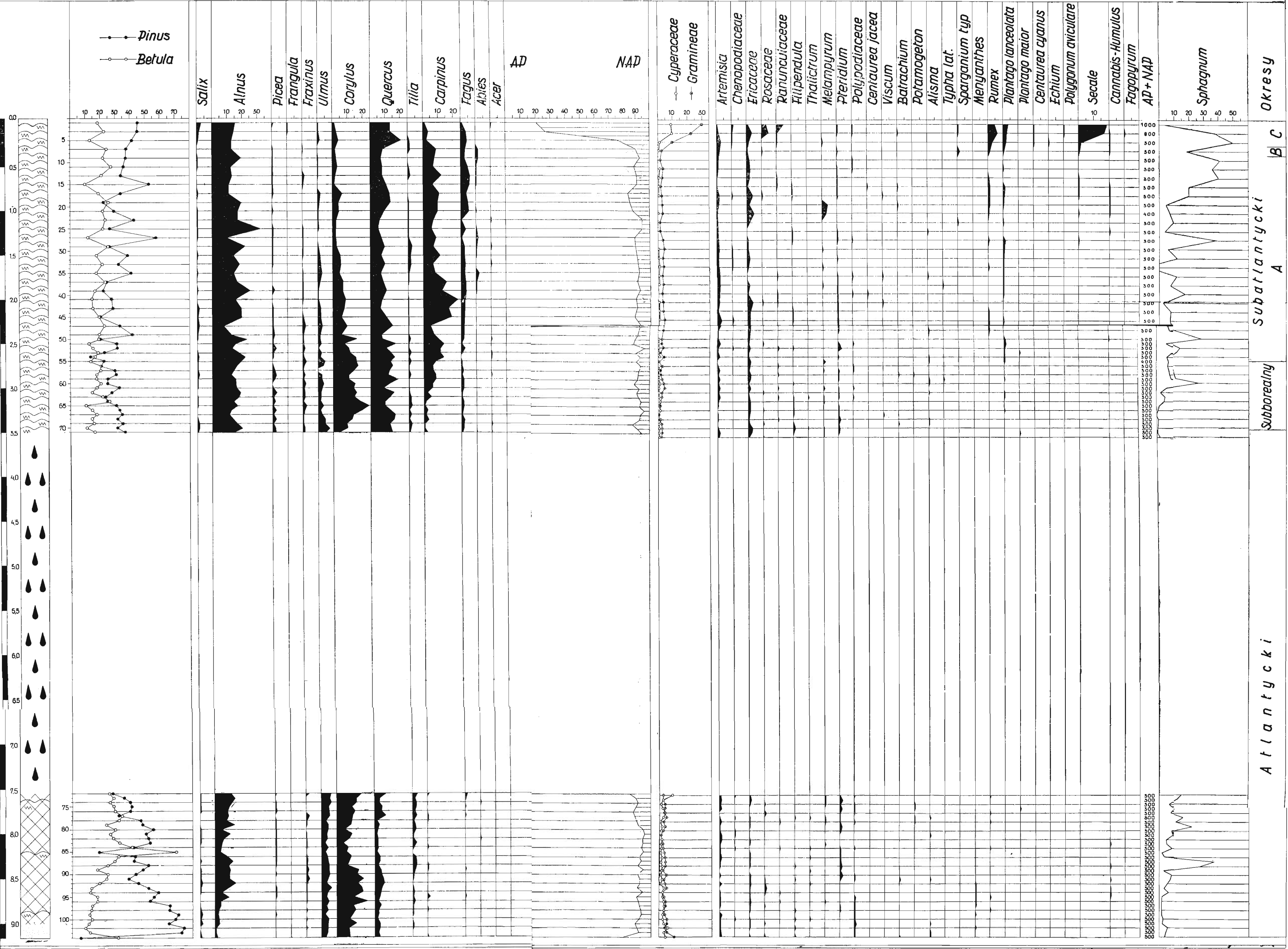


Ryc. 24. Golejów 2/I. Diagram pyłkowy.

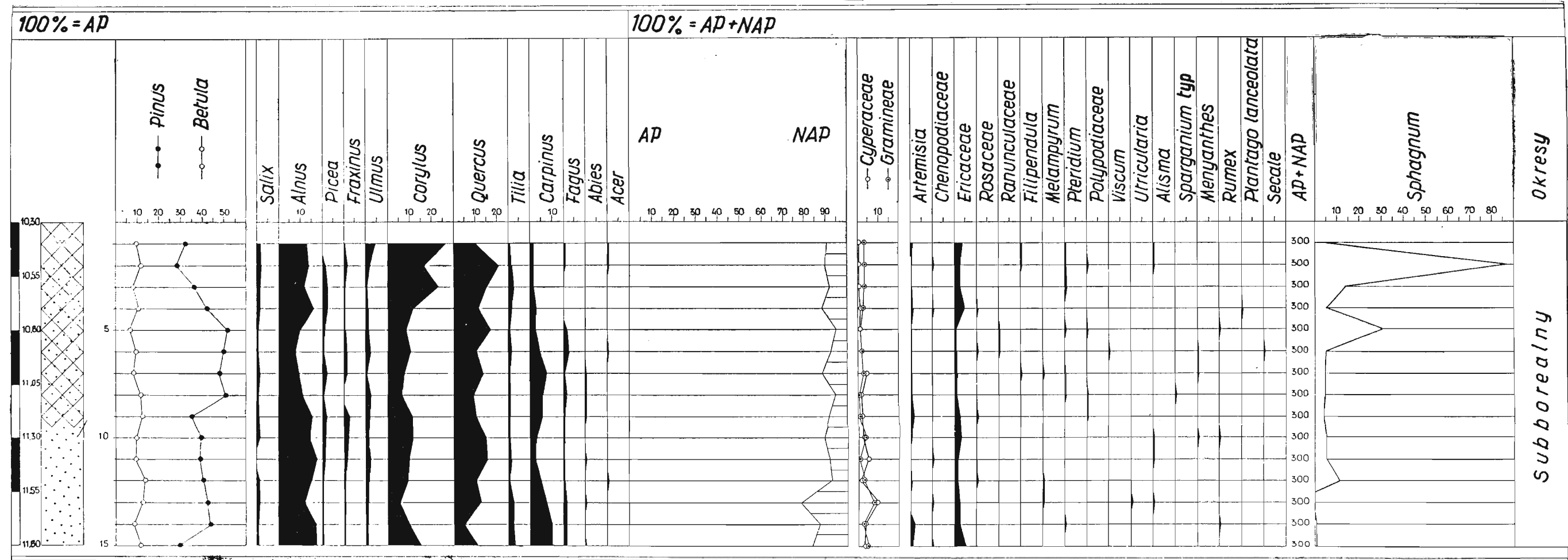
Fig. 24. Golejów 2/I. Pollen diagram.

100% = AP

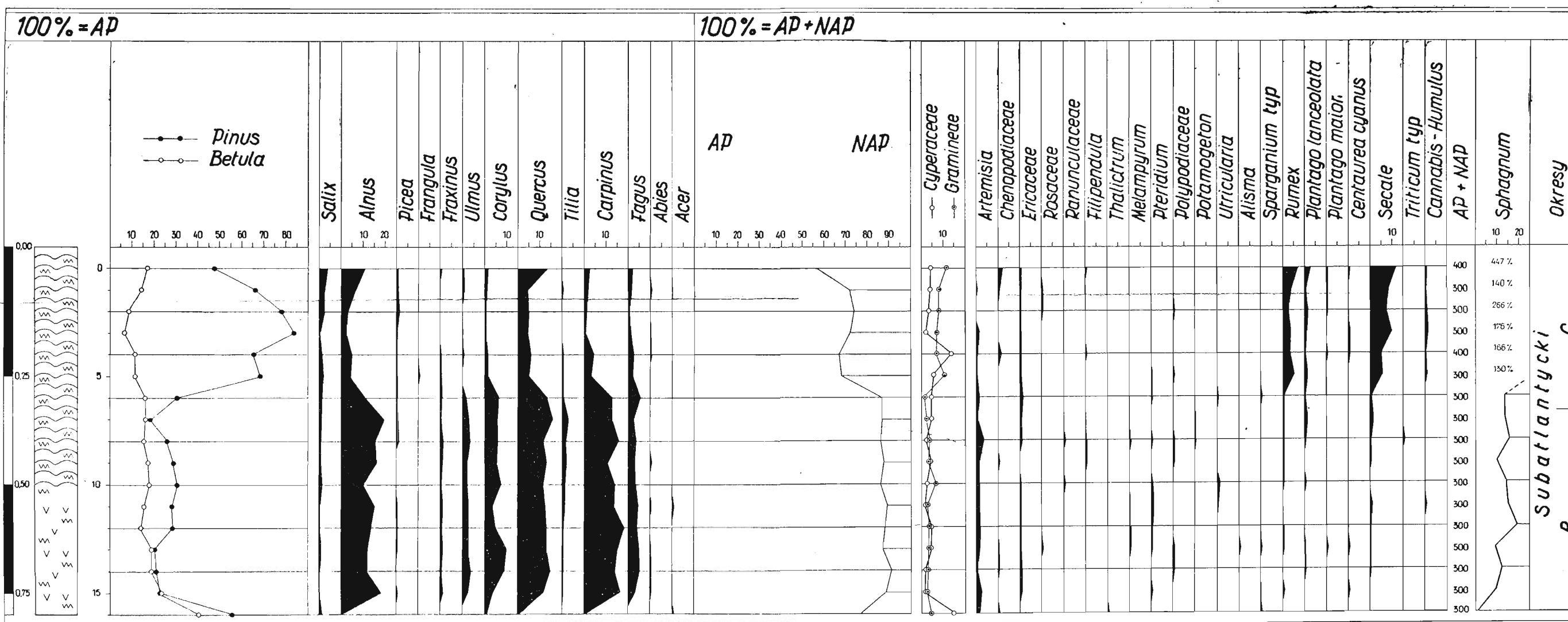
100% = AP + NAP



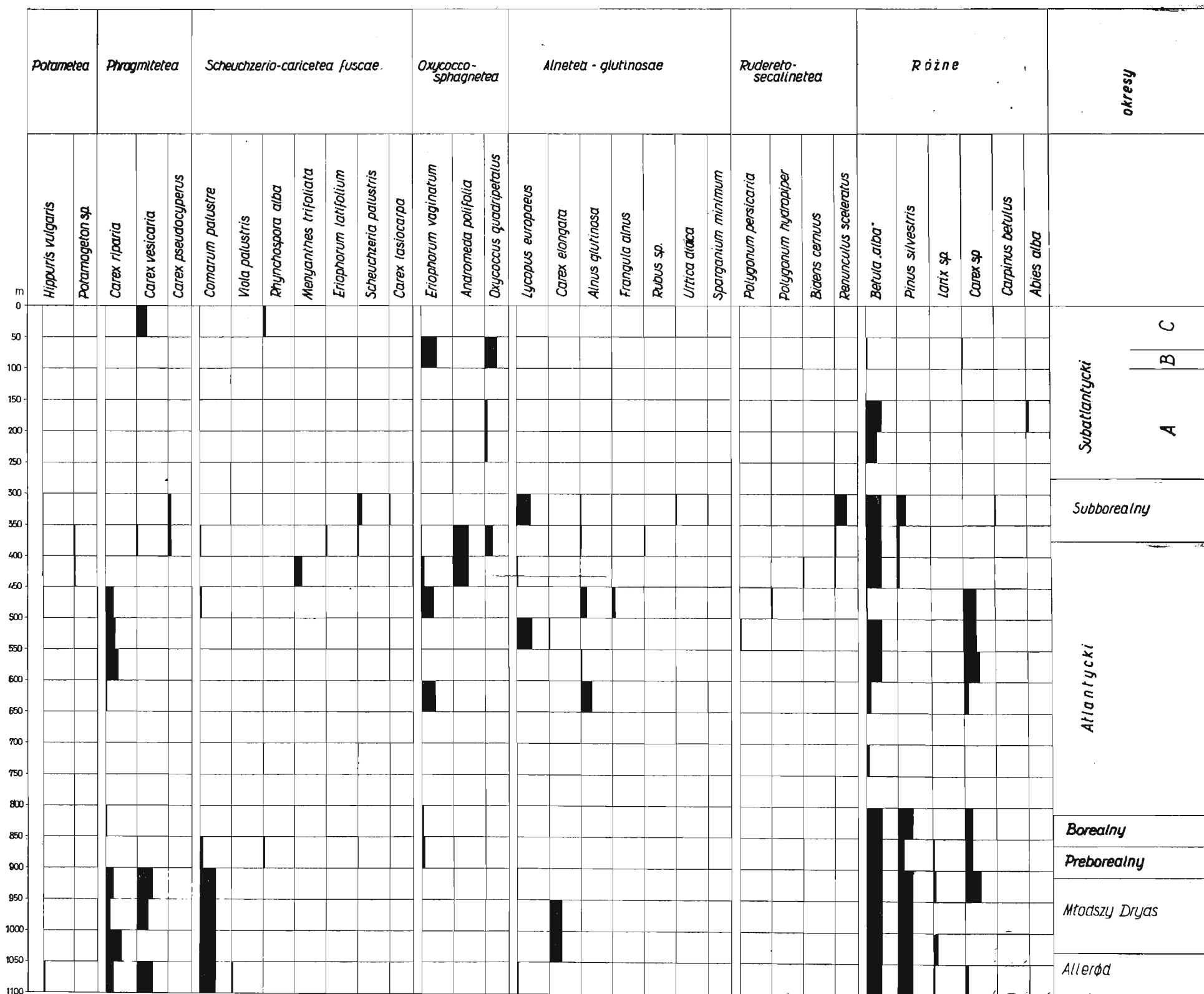
Ryc. 25. Golejów 2/II. Diagram pyłkowy.
Fig. 25. Golejów 2/II. Pollen diagram.



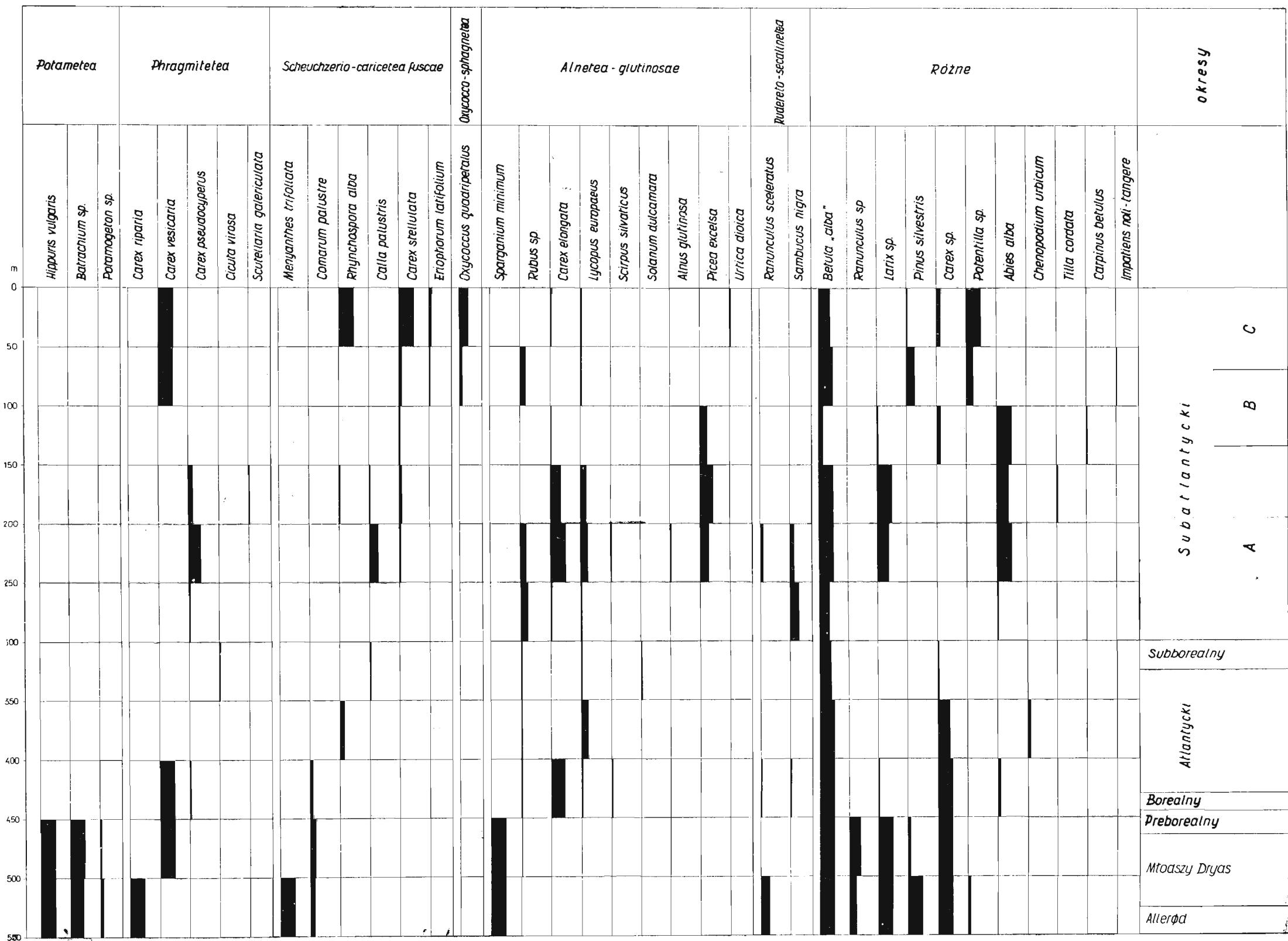
Ryc. 26. Golejów 3. Diagram pyłkowy.
Fig. 26. Golejów 3. Pollen diagram.



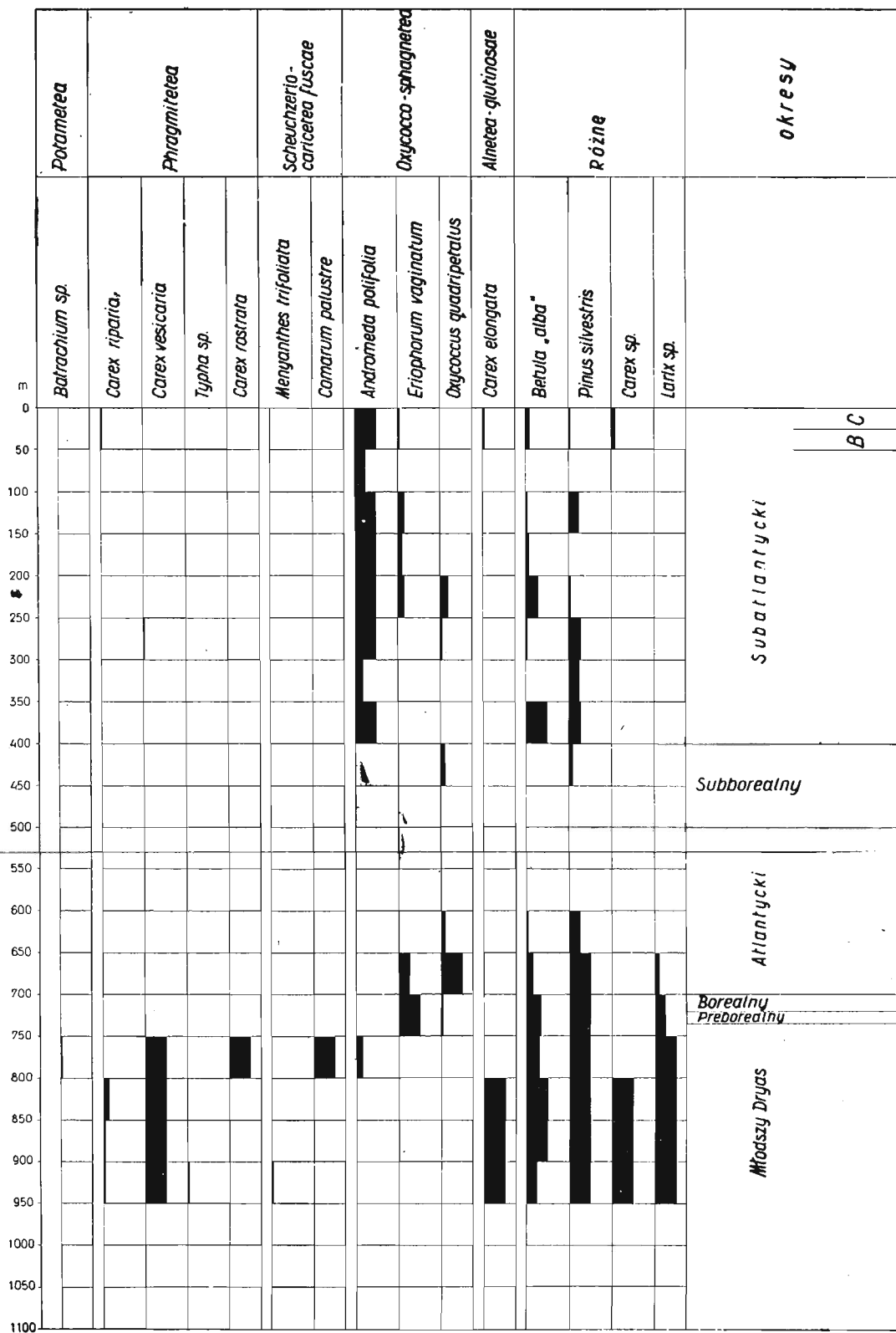
Ryc. 27. Wiśniówka. Diagram pyłkowy.
Fig. 27. Wiśniówka. Pollen diagram.



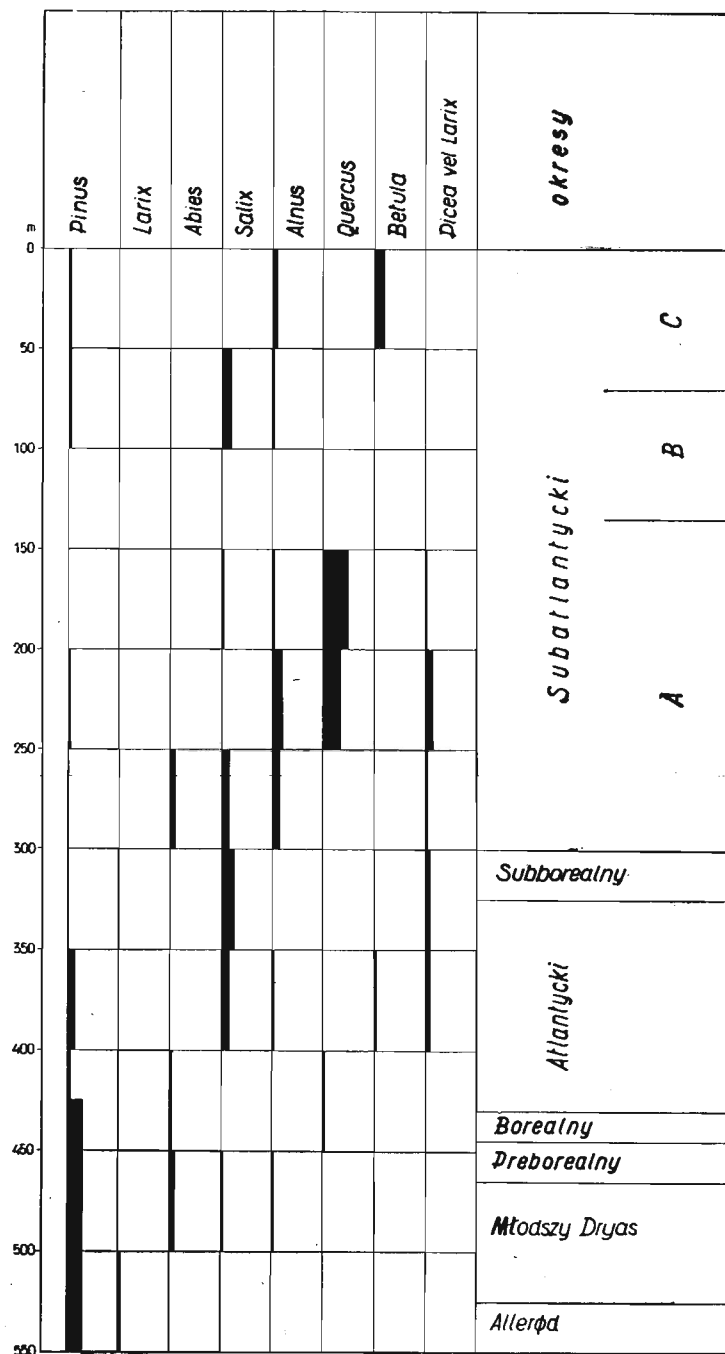
Ryc. 29. Czajków 2/I. Makroskopowe szczątki roślin.
Fig. 29. Czajków 2/I. Macroscopic plant remains.



Ryc. 30. Czaków 4. Makroskopowe szczątki roślin.
Fig. 30. Czaków 4. Macroscopic plant remains.



Ryc. 31. Golejów 1. Makroskopowe szczątki roślin.
Fig. 31. Golejów. 1. Macroscopic plant remains.



Ryc. 32. Czajków 4. Szczątki drewna.
Fig. 32. Czajków 4. Wood remains.