

MARIA BOROWIK-DĄBROWSKA

OPRACOWANIE PALINOLOGICZNE KURHANU W BIAŁOWIESKIM  
PARKU NARODOWYM

## WSTĘP\*

Analizę pyłkową gleb prowadzi się już ponad 40 lat. Stosowanie jej zapoczątkowali W. Beijerinck, E. C. Wassing i G. G. Vemeer-Loumann w Holandii<sup>1</sup>, następnie D. Schroder i F. Jonas w Niemczech<sup>2</sup>, a znacznie później badacze w innych krajach, np. G. Erdtman w Szwecji i G. W. Dimbleby w Anglii<sup>3</sup>. Do badania obiektów archeologicznych, przede wszystkim grobów, zaczęli ją wykorzystywać Holendrzy (H. T. Water-

---

\* Dziękuję gorąco dr. M. J. Dąbrowskiemu za czuwanie nad całością pracy, za dyskusje i rady oraz propozycje zastosowania współczynnika rozpadu w podrozdziale „Próba określenia wieku kurhanu”. Dr. A. Wakuliczowi dziękuję za konsultacje matematyczne. Pani E. Kamińskiej jestem serdecznie wdzięczna za wykonanie licznych rycin i tabel i pomoc w sporządzaniu maszynopisu pracy.

<sup>1</sup> W. Beijerinck, *Stuifmeelkorrels en sporen in humushoudende lagen onzer zandgronden*, „Levende Natuur”, 1931, nr 35, s. 282—286; tenże, *Die mikropaläontologische Untersuchung äolischer Sedimente und ihre Bedeutung für die Florengeschichte und die Quartärstratigraphie*, „Proceden Kongene Nederland Akademie van Wetenschappen te Amsterdam”, 1933, nr 35, s. 107—115; E. C. Wassing, *Pollenanalyse van sandafzettingen*, „Vakblad voor Biologen”, 1934, nr 15, s. 171—176; G. G. Vermeer-Louman, *Pollenanalytisch onderzoek van den West-Nederlandschen bodem*, Thesis, Amsterdam 1934.

<sup>2</sup> D. Schröder, *Eine Calluna-Heide unter der Zuidersee*, „Abhandlung Naturforschung Verein Bremen”, t. 29: 1934, s. 63—88; F. Jonas, *Klimaschwankungen des Würmglazials und Bodenbildungen des nordwestdeutschen Diluviums*, „Niedersächsische Heimatschutz”, 1935, nr 4, s. 1—44.

<sup>3</sup> G. Erdtman, *Pollenspektra från svenska vaxsamhällen jämte pollenanalytiska markstudier i södra Lappland*, „Geologiska Fören Stockholm Förhandlingar”, 1943, nr 65, s. 37—66; G. W. Dimbleby, *Pollen Analysis of Terrestrial Soils*, „New Phytologist”, t. 56: 1957, s. 12—28.

bolk i W. van Zeist)<sup>4</sup>, a potem Anglicy (G. W. Dimbleby i J. S. Hallam)<sup>5</sup>.

Liczne — początkowo kontrowersyjne — opinie dotyczące przydatności diagramów pyłkowych gleb wyrażali F. Dewers, K. Mothes, G. Arnoldt i H. Redman, G. Erdtman, F. Firbas<sup>6</sup>. Mimo rozbieżności poglądów badania rozwijały się i doprowadziły do pełnego uzasadnienia stosowania tych diagramów do interpretacji zjawisk rozwoju roślinności i gleby.

Dimbleby<sup>7</sup> omawiając analizy pyłkowe gleb stwierdza, że przede wszystkim gleby z większą kwasowością, a specjalnie te z pH mniejszym od 5,5 zawierają duże ilości pyłku. Pyłek jest najwyraźniej ustabilizowany w materiale próchnicznym<sup>8</sup>. Na dowód Dimbleby przytacza doświadczenie polegające na wytrząsaniu próbki gleby z wodą, która nie ekstrahuje pyłku. Dopiero użycie zasady potasowej powoduje rozpuszczenie związków humusowych i uwolnienie sporomorf. A zatem ziarna pyłku i spory nie są przesuwane w glebie swobodnie ku dołowi, ale

<sup>4</sup> H. T. Waterbolk, *Palynologisch onderzoek van grafheuvels en oud akkerland op het Noordse Veld bij Zeijen*, „Nieuwe Drentsche Volksalmanak”, 1949, nr 67, s. 126—145; tenże, *Palynologisch onderzoek van de versterking bij het Witteveen en de cultuursporen in het Bolleveen, beide bij Zeijen, gem. Vries*, „Nieuwe Drentsche Volksalmanak”, 1950, nr 68, s. 100—121; tenże, *Palynological Investigation of the Barrow Cemetery between Toterfout and Halve Mijl.*, „Palaehistoria”, t. 2: 1954, s. 105—122; W. Van Zeist, *Pollen Analytical Investigations in the Northern Netherlands*, „Mededelingen van het Botanisch Museum en Herbarium van de Rijkuniversiteit te Utrecht”, 1955, nr 127, s. 2—81.

<sup>5</sup> G. W. Dimbleby, *Pollen Analysis as an Aid to the Dating of Prehistoric Monuments*, „Proceedings of the Prehistoric Society”, t. 20: 1955, s. 231—236; P. Ashbee, G. W. Dimbleby, *The Excavation of a Round Barrow on Chick's Hill, East Stoke Parish, Dorset*, „Proceedings of the Dorset Natural History and Archaeological Society”, t. 80: 1959, s. 146—159; W. F. Rankine, W. M. Rankine, G. W. Dimbleby, *Further Excavations at a Mesolithic Site at Oakhanger, Selborne, Hants*, „Proceedings of the Prehistoric Society”, t. 26: 1960, s. 246—262; J. S. Hallam, *The Mesolithic of Central Pennines*, Thesis, Liverpool 1960.

<sup>6</sup> F. Dewers, *Probleme der Flugsandbildung in Nordwestdeutschland*, „Abhandlung Naturforschung Verein Bremen”, t. 29: 1936, s. 324—366; K. Mothes, G. Arnoldt, H. Redman, *Zur Bestandes Geschichte ostpreussischer Walder*, „Schriften der Physöekonomischen Gesellschaft Königsberg”, t. 69: 1937, s. 267—282; G. Erdtman, *An Introduction to Pollen Analysis*, Massachusetts 1943, s. 239; F. Firbas, *Waldgeschichte Mitteleuropas*, t. 1, Jena 1949, s. 480; t. 2, Jena 1952, s. 256.

<sup>7</sup> G. W. Dimbleby, *Soil Pollen Analysis*, „Journal of Soil Science”, 1961, nr 12, s. 1—11; tenże, *Pollen Analysis*, [w:] *The Scientist and Archaeology*, London—New York 1963, s. 56—79; tenże, *Pollen Analysis*, [w:] *Science in Archaeology*, London 1963, s. 138—149.

<sup>8</sup> Erdtman, *An Introduction...*, s. 199.

najprawdopodobniej w powiązaniu z przesuwaniem się zawiesziny humusowej. Proces przesuwania jest bardzo powolny i według Dimbleby nie zależy od rozmiaru ziarn pyłku. Próchnica i ściółka oraz nadległa warstwa żywej roślinności stwarzają warunki beztlenowe, w których działalność mikrobiologiczna jest prawie niemożliwa lub minimalna. J. Iversen<sup>9</sup> podaje, że znikanie bakterii atakujących błony pyłkowe występuje już przy przejściu słodkiej próchnicy typu mull w moder. Możliwość zachowania sporomorf powstaje od momentu zamknięcia powierzchni ziemi przez żywe rośliny, zwłaszcza w kwaśnym środowisku.

Na terenie Europy początek intensywniejszego rozwoju procesów glebowych należy wiązać z ustąpieniem ostatniego lodowca. W obecnych warunkach klimatycznych Polski, gdzie wysokie opady deszczu przeważają nad parowaniem, zaznacza się wyraźnie postępujący proces biclicowania i zakwaszania gleb. W wyniku tego na ubogich siedliskach powstaje warstwa próchnicy surowej (ang. — *raw humus*, niem. — *Rohhumus*). W miarę upływu czasu warstwa ta nadbudowuje się i zarazem zatrzymuje deszcz pyłkowy, a zatem może być traktowana przez palinologa podobnie jak torf<sup>10</sup>.

Warstwowanie próchnicy odzwierciedla zmiany sukcesyjne roślinności tak długo, jak długo istnieje akumulacja pyłku i spor. Można to odtworzyć poprzez analizę występowania tych mikroszczątków. Wspomniana duża kwasowość gleby zabezpiecza przed działalnością zwierząt, zwłaszcza dżdżownic, które przerabiając ściółkę niszczą warstwowanie.

Największe ilości pyłku występują w górnych warstwach gleby i zmniejszają się w głąb do pewnego minimum. Rozbieżność czasowa pomiędzy spektrum pyłkowym surowej próchnicy a podległej warstwy mineralnej może wynosić od kilku do tysiąca lat<sup>11</sup>.

Interpretacja profilu pyłkowego gleby różni się od interpretacji klasycznych profilów torfowych i jeziornych w jednym istotnym względzie. Otóż masa pyłku opadłego na powierzchnię gleby pochodzi w przeważającej części od roślinności lokalnej, w której otoczeniu wytworzyła się gleba. Wpływ roślinności bardziej odległej, zwłaszcza jeżeli miejsce było zalesione, jest raczej zamaskowany. Zatem spektrum pyłkowe gleby jest o wiele bardziej użyteczne dla interpretacji ekologii miejsca czy informacji o środowisku i wpływie człowieka, ale mniej użyteczne dla datowania.

<sup>9</sup> J. Iversen, *The Development of Denmark's Nature since the Last Glacial*, København 1973, s. 100.

<sup>10</sup> J. Iversen, *Pollenanalytischer Nachweis des Reliktenscharakter eines jütischen Linden-Mischwaldes*, „Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübél”, 1958, z. 33, s. 137—144.

<sup>11</sup> Dimbleby, *Pollen Analysis*, [w:] *Science...*, s. 145.

Bardzo ważną kwestią jest określenie sposobu, w jaki pyłek dostawał się i poruszał w glebie, ponieważ stanowi to niezbędny warunek poprawnej interpretacji profilu pyłkowego gleby. Od kilkunastu lat zajmuje się wnikliwie tymi problemami A. J. Havinga<sup>12</sup>. Opierając się na wynikach dotychczasowych prac własnych i innych badaczy rozpatruje następujące procesy: 1. jednoczesne osadzanie pyłku i piasku; 2. osadzanie pyłku równoczesne z gromadzeniem piasku na powierzchni gleby, wskutek działalności zwierząt powodujących mieszanie warstw; 3. namycie pyłku i piasku; 4. przemycie w dół pyłku osadzonego z powietrza (przy braku roślinności); 5. ujednoczenie rozmieszczenia pyłku w glebie.

Ponadto wymienia on zjawiska: a) przypadkowej nadreprezentacji jako wyniku wysokiej produkcji pyłku przez niektóre rośliny zielne; b) zanikania pyłku na skutek korozji; c) zanikania pyłku na skutek rozkładu selektywnego.

Havinga podaje pewne zalecenia dotyczące interpretacji udziału niektórych drzew i roślin zielnych w diagramach pyłkowych gleb piaszczystych. Autor, w wyniku badań laboratoryjnych i polowych, określił czynniki powodujące korozję i rozkład pyłku. Ustalił wrażliwość niektórych gatunków w zależności od przyczyny powodującej niszczenie pyłku i środowiska, w którym się on znajduje.

Uważa on, że elementami wpływającymi na skład kopalnej flory pyłkowej w glebie są<sup>13</sup>: 1. skład roślinności, od której pyłek pochodzi; 2. produkcja pyłku indywidualnych gatunków roślin; 3. dyspersja pyłku; 4. sedimentacja; 5. przechowanie.

W badaniach kurhanów różnego typu podstawową rzeczą jest rozpoznanie pewnych elementów konstrukcji. To znaczy określenie podłoża, na którym je zbudowano, i użytego materiału glebowego. Na tej podstawie wyznacza się warstwy, które mogą posłużyć do analizy pyłkowej. Tak np. kurhany badane przez H. T. Waterbolka<sup>14</sup> były zbudowane z wycinków darni, które poddano analizie pyłkowej. Natomiast

---

<sup>12</sup> A. J. Havinga, *Pollen Analysis of Fossil Vegetation Profiles*, „Verhandlungen Kongene Nederland Geologie-Mijnbouw. Generale Geologie”, t. 17: 1957, s. 139—145; tenże, *A Palynological Investigation of Soil Profiles Development in Cover Sand*, „Mededelingen van de Landbouwoogeschool te Wageningen Nederland”, t. 63(1): 1963, s. 1—93; tenże, *Investigation into the Differential Corrosion Susceptibility of Pollen and Spores*, „Pollen et Spores”, nr 6: 1964, s. 621—635; tenże, *Palynology and Pollen Preservation*, „Review of Palaeobotany and Palynology”, t. 2: 1967, s. 81—98; tenże, *An Experimental Investigation into the Decay of Pollen and Spores in Various Soil Types*, [w:] „Sporopollenin”, London 1971, s. 446—479.

<sup>13</sup> Havinga, *Palynology...*, s. 82.

<sup>14</sup> Waterbolck, *Palynological Investigation of the Barrow...*, s. 105—122.

Dimbleby<sup>15</sup> pobrał profil całkowity od góry do podstawy nasypu kurhanu Bickley Moor Barrow i określił na podstawie obfitości pyłku (APF), że był on zbudowany z górnych warstw gleby. Czasami kurhany są budowane całkowicie z podglebia i nasypy ich zawierają mało pyłku, jak np. kurhan z Porthesham<sup>16</sup>.

W Polsce nie przeprowadzono dotąd badań palinologicznych nad takimi obiektami, jak kurhany i groby różnych typów<sup>17</sup>. Zatem opracowanie niniejszego profilu gleb kurhanu z Białowieskiego Parku Narodowego jest pierwsze tego rodzaju z obszaru Polski. Materiały porównawcze czerpano z wyników badań przytoczonych powyżej.

#### TEREN

Puszcza Białowieska w obecnym stanie zachowania zajmuje położenie ograniczone współrzędnymi: 23°31' do 24°21' długości wschodniej i 52°29' do 52°57' szerokości północnej, o powierzchni 1400 km<sup>2</sup>, w tym po stronie Polski 600 km<sup>2</sup>.

W. Szafer i K. Zarzycki<sup>18</sup> w podziale geobotanicznym Polski umieszczają obszar Puszczy Białowieskiej w Państwie Holarktydy, Obszarze Euro-Syberyjskim, Prowincji Niżowo-Wyżynnej Środkowoeuropejskiej, Dziale Północnym i Krainie Białowiesko-Knyszyńskiej. Stanowi ona wraz z przylegającymi do niej terenami leśnymi największy na Niżu Środkowoeuropejskim las w stanie zbliżonym do naturalnego.

W centrum tego kompleksu leśnego wytyczono w 1921 r. obszar będący „sercem Puszczy Białowieskiej — Białowieski Park Narodowy, w którym na powierzchni 4747 ha zachowane są naturalne zespoły roślinne”<sup>19</sup>. Teren ten był już wielokrotnie opisywany od strony florystycznej, ekologicznej i fit socjologicznej<sup>20</sup>. Badania paleopalino-

<sup>15</sup> Dimbleby, *op. cit.*, s. 147.

<sup>16</sup> Dimbleby, *op. cit.*, s. 147.

<sup>17</sup> J. Dyakowska, *Podręcznik palynologii*, Warszawa 1959, s. 223.

<sup>18</sup> W. Szafer i K. Zarzycki, *Szata roślinna Polski*, t. 2, Warszawa 1972, s. V—VIII, 1—185.

<sup>19</sup> Szafer i Zarzycki, *op. cit.*, s. 179.

<sup>20</sup> G. Karcov, *Belovežskaja Pušča*, St. Petersburg 1903, s. 414; M. Romanov, *Zarys przyrodniczo-leśnych podstaw racjonalnej gospodarki w Puszczy Białowieskiej*, „Las Polski”, 1929, nr 10; J. Paczowski, *Lasy Białowieży*, Poznań 1930, s. 575; J. J. Karpiński, *Materiały do bioekologii Puszczy Białowieskiej*, Warszawa 1949, s. 212; W. Matuszkiewicz, *Zespoły leśne Białowieskiego Parku Narodowego*, „Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska”, Supp. VI: 1952, s. 218; A. W. Sokołowski, *Fitosocjologiczna charakterystyka borów iglastych ze związku Dicrano-Pinion Puszczy Białowieskiej*, „Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa”, 1966, nr 305, s. 71—105.

giczne prowadzone były od 1936 r.<sup>21</sup> Natomiast historyczne zapiski wi-  
docznych skutków pobytu człowieka znajdujemy już u M. Balińskiego<sup>22</sup>, a następnie u licznych przyrodników zajmujących się tym tere-  
nem, głównie po drugiej wojnie światowej<sup>23</sup>.

#### BADANIA I ICH CEL

W ramach planowego tematu Instytutu Historii Kultury Material-  
nej PAN „Rekonstrukcja naturalnego środowiska pradziejowego i jego  
relacja z osadnictwem” (w problemie nr 37 Planu Resortowego PAN)  
rozpoczęto w 1969 r. z inicjatywy Kierownika Pracowni Palinologicznej  
dr. M. J. Dąbrowskiego badania na terenie Białowieskiego Parku Na-  
rodowego.

W Puszczy Białowieskiej, jak i w Białowieskim Parku Narodowym  
występują liczne grupy kurhanów. Historię badań archeologicznych pro-  
wadzonych na tych obiektach przedstawiła I. Górską<sup>24</sup>. Kopce kurha-  
nowe są niewiele wyniesione ponad poziom otoczenia, o wysokości od  
kilkudziesięciu cm nie przekraczając metra i średnicy kilku do kilkun-  
astu metrów. Znajdują się one na siedliskach mineralnych, w obrębie  
zbiorowisk grądowych, borów mieszanych i borów sosnowo-świerko-  
wych. Siedlisko borów sosnowo-świerkowych, gdzie tworzy się kwaśna  
próchnica surowa, jest najbardziej przydatne do badań analizy pyłko-  
wej. Jak dotąd jest to jedyna metoda botaniczna, która pozwala na od-  
tworzenie dawnego środowiska przyrodniczego.

<sup>21</sup> A. Paszewski, F. Poznański, *Materiały do historii Puszczy Białowieskiej*, „Rocznik Nauk Rolniczych i Leśnych”, t. 36: 1936, s. 58—67.

<sup>22</sup> M. Baliński, *Starożytna Polska pod względem historycznym, geograficznym i statystycznym*, Warszawa 1846, s. 773—782.

<sup>23</sup> J. J. Karpiński, *Ślady dawnego bartnictwa puszczańskiego na terenie Białowieskiego Parku Narodowego*, „Instytut Badawczy Leśnictwa”, Kraków 1948, s. 74; S. Graniczny, *Białowieża*, „Poznaj Świat”, 1956, nr 10, s. 9—12; R. Zaremba, *Ślady działalności ludzkiej w drzewostanach Białowieskiego Parku Narodowego*, „Sylwan”, t. 102: 1958, z. 8, s. 9—18; tenże, *Ogrody do polowań w Puszczy Białowieskiej*, „Sylwan”, t. 106: 1962, z. 2, s. 81—83; M. Borowik-Dąbrowska, *Historia zmian w składzie roślinności boru sosnowo-świerkowego w Białowieskim Parku Narodowym*, Warszawa 1967, s. 1—105; M. Borowik-Dąbrowska, M. J. Dąbrowski, *Historia roślinności Białowieskiego Parku Narodowego w późnym glacie i holocenie*, „Przewodnik wycieczek Sympozjum Komisji Badań Holoenu INQUA”, t. 2: 1972, s. 89—106; tychże, *Naturalne i antropogeniczne zmiany roślinności Białowieskiego Parku Narodowego*, „Archeologia Polski”, t. 18: 1972, z. 1, s. 181—200; E. Więcko, *Puszcza Białowieska*, Warszawa 1972, s. 193; tenże, *W ostępach Puszczy Białowieskiej*, Warszawa 1972, s. 206.

<sup>24</sup> I. Górską, *Badania archeologiczne w Puszczy Białowieskiej*, „Archeologia Polski”, t. 21: 1976, z. 1, s. 109—134.

Opracowanie późnoglacialnej i holoceńskiej historii lasów Białowieskiego Parku Narodowego M. J. Dąbrowskiego<sup>25</sup> i opis dziejów Puszczy Białowieskiej O. Hedemanna, E. Więcki i J. Wiśniewskiego<sup>26</sup> skłania ku pogładowi, że roślinność leśna tego terenu mimo działalności człowieka zawsze mogła powrócić do stanu naturalnego.

Celem niniejszej pracy jest określenie stanu roślinności przed założeniem kurhanu nr 1 na stanowisku 21 w oddziale leśnym 256 (ry. 1) oraz uchwycenie przemian, które zaszły do czasu eksploracji. Brak danych archeologicznych pozwalających datować obiekt zmusza do próby określenia jego chronologii na podstawie materiału przyrodniczego.

#### OPIS ROŚLINNOŚCI WSPÓŁCZESNEJ

Opis kurhanu podaje I. Górską<sup>27</sup>. Autorka ta na podstawie materiałów porównawczych datuje omawiany obiekt na okres wczesnego średniowiecza<sup>28</sup>. Jak wynika z przekrojów wykonanych na linii N-S i W-E, kurhan nr 1 na stanowisku 21 został usypany na odsłoniętym terenie — polanie i na naturalnym wzniesieniu o niewielkiej krzywiźnie zbiega do 10°. W dolnych partiach profilów archeologicznych kurhanu nie ma śladu po korzeniach drzew (ryc. 4 i 5 w pracy I. Górskiej).

Obiekt ten znajduje się w obrębie płatu boru świeżego, sosnowo-świerkowego, w północnej części Białowieskiego Parku Narodowego (ryc. 1 i 15). Skraj południowy boru przebiega 80 m od kurhanu, granicząc z borem mieszanym, który ciągnie się pasmem szerokości 50-100 m. Następnie występuje grąd lipowy opisany przez J. Paczoskiego w 1928 i 1930 r.<sup>29</sup> Najbliższy oles znajduje się w odległości ok. 350 m na wschód i 320 m na południowy zachód w sąsiednim oddziale.

Płat boru sosnowo-świerkowego należy zaklasyfikować do zespołu *Vaccinio myrtilli* — *Pinetum* (Kobendza) Braun-Blanquet et Vlieger 1939, podzespołu typicum<sup>30</sup>. Zbiorowisko podzespołu występuje na glebach zbielicowanych lub brunatnych zbielicowanych (skrytobielicowych).

<sup>25</sup> M. J. Dąbrowski, *Późnoglacialna i holoceńska historia lasów Puszczy Białowieskiej*, cz. I. *Białowieski Park Narodowy*, „Acta Societatis Botanicorum Poloniae”, t. 28: 1959, nr 2, s. 197—248.

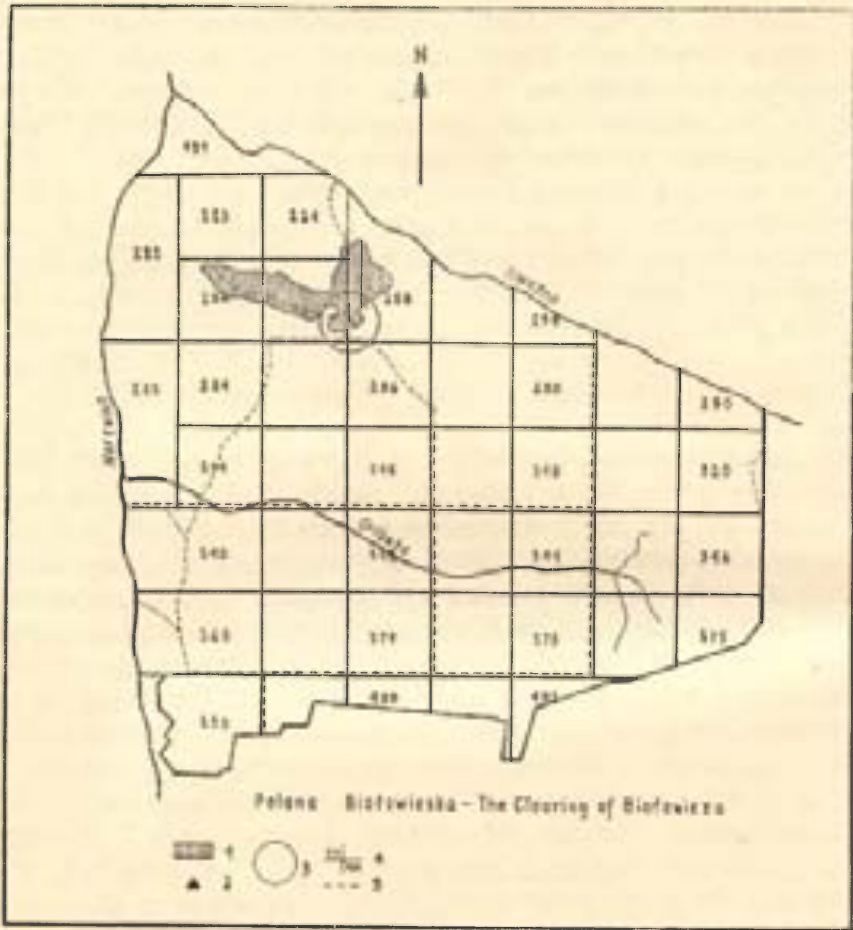
<sup>26</sup> O. Hedemann, *Dzieje Puszczy Białowieskiej w Polsce przedrozbiorowej* (do 1798 r.), „Rozprawy Instytutu Badawczego Lasów Państwowych”, t. 41: 1939, s. 1—310; E. Więcko, *Dzieje Puszczy Białowieskiej od rozbiorów do 1918 r.*, „Kwartalnik Historii Kultury Materialnej”, t. 11: 1963, nr 2, s. 297—352; J. Wiśniewski, *Dzieje Puszczy w Polsce przedrozbiorowej*, [w:] *Park Narodowy w Puszczy Białowieskiej*, Warszawa 1968, s. 24—32.

<sup>27</sup> Górską, *op. cit.*, s. 119—120.

<sup>28</sup> Górską, *op. cit.*, s. 127.

<sup>29</sup> Paczoski, *op. cit.*, s. 1—575.

<sup>30</sup> Sokołowski, *op. cit.*



Ryf. 1. Mapa Białowieżskiego Parku Narodowego

Objaśnienia: 1 — bór sosnowo-świerkowy (*Vaccinio myrtilli-Pinetum*); 2 — kurhan; 3 — miejsce badań; 4 — oddziały leśne (z numeracją); 5 — drogi i ścieżki

Fig. 1. The map of the Białowieża National Park

Explanation: 1 — Scots pine-spruce wood; 2 — barrow; 3 — localisation of the places studied; 4 — compartments number; 5 — roads and paths

Gleby te uformowały się z bezwęglanowych piasków luźnych. Poziom wody gruntowej leży bardzo głęboko. W poziomach A i B mają charakter piasków słabo gliniastych. Zbiorowiska boru świeżego na terenie Białowieżskiego Parku Narodowego zajmują najwyższe położenie względne. Są to siedliska suche i sprzyjają procesom bielcowania gleby. Ten ostatni proces jest hamowany w bezświerkowych, jasnych płatach przez wstępujące ruchy wody wywołane intensywnym parowaniem. Poziom zakwaszenia i wylugowania sięga w tych wypadkach bardzo płytko.



Poziom próchniczny (A<sub>1</sub>) wykazuje duże zakwaszenie, dość szybko malejące ze wzrostem głębokości. Gleby pod względem wilgotności należy zaliczyć do kategorii „świeżych”, a czasem „suchych”<sup>31</sup>.

Na terenie Puszczy Białowieskiej, a szczególnie Parku Narodowego występuje duża ilość śladów po wykrotach — korzeniach drzew zwalonych przez wiatr. Te usypiska można łatwo pomylić z kurhanami. Ślady po wykrotach są eliptycznie wydłużone, a w przekroju poprzecznym mają kształt trójkąta nierównobocznego. Natomiast kurhany są owalne lub koliste.

Opis roślinności współczesnej wykonano w celu ewentualnego uchwycenia różnic florystycznych i innych, które mogłyby zaznaczyć się na kurhanie i w otoczeniu. Zdjęcia fitosocjologiczne wykonano według Braun-Blanqueta<sup>32</sup> w sierpniu 1970 r. w oddziale 284. Zestawiono je w tabeli nr 1, w której zamieszczono też jedno zdjęcie wykonane przez A. W. Sokołowskiego w oddziale 256 (tab. 1:1). Jak wynika z załączonych materiałów, fizjonomia zbiorowiska i skład florystyczny są niemal identyczne na kurhanach i w najbliższym otoczeniu. Dlatego też przez długi czas nie zwracano uwagi na te obiekty, znajdujące się na obszarze bardzo silnie spenetrowanym przez badaczy różnych specjalności. Nieco mniejszy udział ilościowy gatunków w zdjęciach z kurhanów, w porównaniu z otoczeniem, jest wynikiem sporządzania zdjęć z powierzchni różnej wielkości. Zdjęcia na kurhanach są ograniczone wielkością powierzchni obiektu, natomiast na obszarze najbliższego otoczenia kurhanów wykonano zdjęcia fitosocjologiczne według wymogów minimum arealu<sup>33</sup> (minimum areal wynosi 1067 m<sup>2</sup>).

Spis roślinności (tab. 2) wykonany w czerwcu 1971 r. z powierzchni wyeksplorowanego kurhanu wykazuje obecność zupełnie obcych zbiorowiskom leśnym roślin synantropijnych: szczawiu polnego (*Rumex acetosella*), wiesiołka dwuletniego (*Oenothera biennis*) oraz przede wszystkim wielu gatunków światłolubnych: dziurawca zwyczajnego (*Hypericum perforatum*), starca leśnego (*Senecio silvaticus*), pięciornika kurze ziele (*Potentilla erecta*), jastrzębca kosmaczka (*Hieracium pilosella*), kosmatki bladej (*Luzula pallescens*) itp. Obecność tych gatunków potwierdza opisaną przez Paczoskiego<sup>34</sup> zależność występowania roślin przy zniekształceniach antropogenicznych od stopnia zwilgocenia i naświetlenia, a szczególnie podkreśloną przez A. W. Sokołowskiego<sup>35</sup> rolę światła jako czynnika sprzyjającego synantropizacji ekosystemu leśnego.

<sup>31</sup> Matuszkiewicz, *op. cit.*; Sokołowski, *op. cit.*

<sup>32</sup> J. Braun-Blanquet, *Pflanzensociologie*, Berlin 1928, s. 238.

<sup>33</sup> Matuszkiewicz, *op. cit.*, s. 133.

<sup>34</sup> Paczoski, *op. cit.*, s. 147.

<sup>35</sup> A. W. Sokołowski, *Światło jako czynnik sprzyjający synantropizacji ekosystemu leśnego*, maszynopis, 1971, s. 1—7.

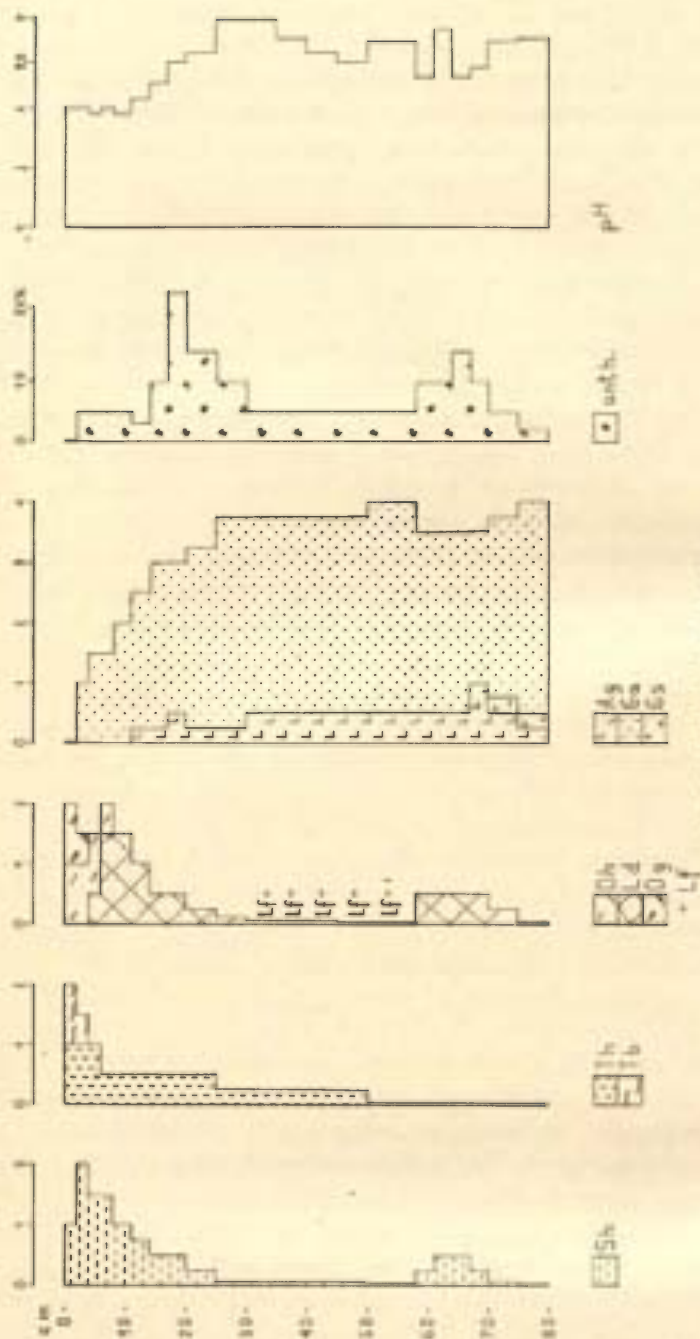
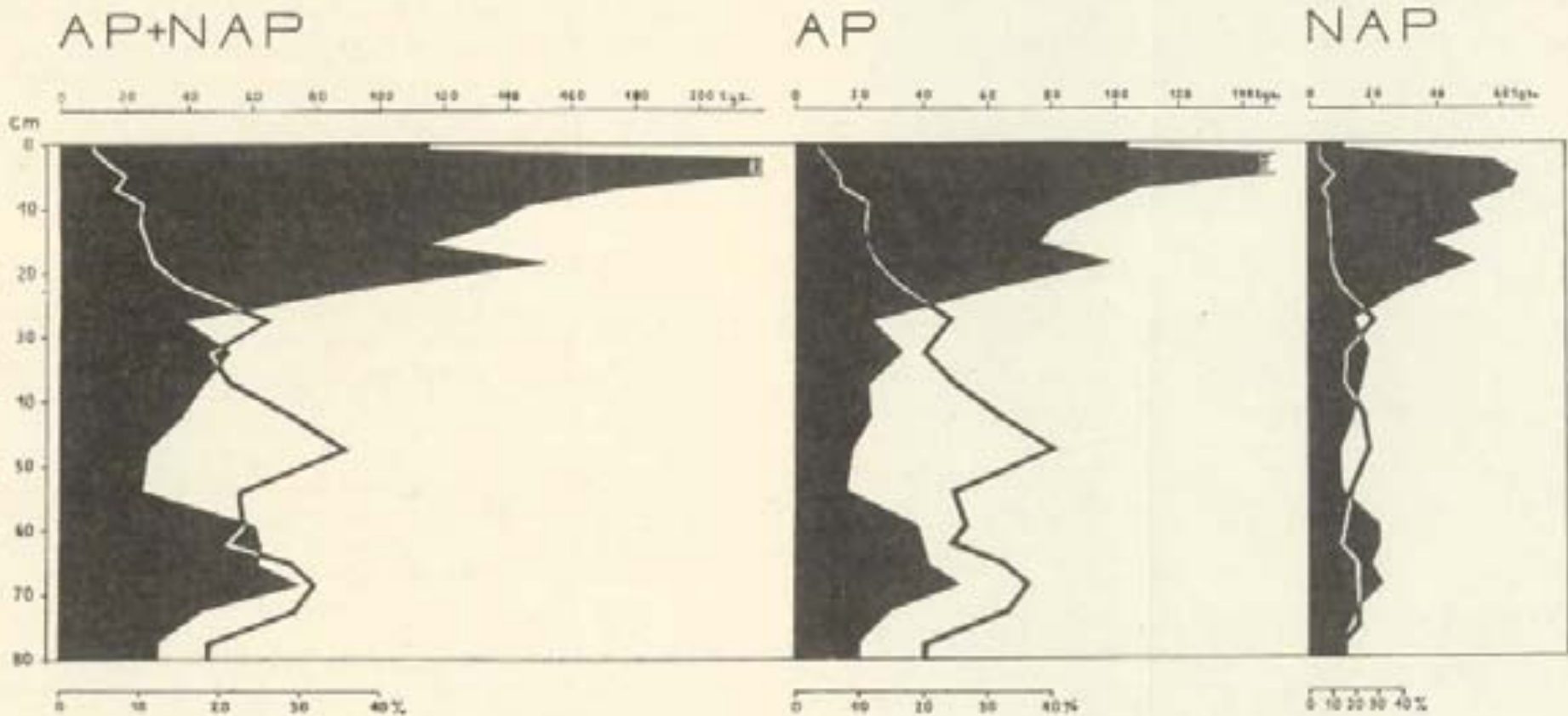


Fig. 2. Skład złoży kurhanu

Opis: 80 — resztki roślinności (top left); 70 — resztki roślinności (top middle); 60 — resztki roślinności (top right); 50 — resztki roślinności (bottom left); 40 — resztki roślinności (bottom middle); 30 — resztki roślinności (bottom right); 20 — resztki roślinności (bottom left); 10 — resztki roślinności (bottom middle); 0 — resztki roślinności (bottom right).

Fig. 2. The composition of barrow sediments

Opis: 80 — resztki roślinności (top left); 70 — resztki roślinności (top middle); 60 — resztki roślinności (top right); 50 — resztki roślinności (bottom left); 40 — resztki roślinności (bottom middle); 30 — resztki roślinności (bottom right); 20 — resztki roślinności (bottom left); 10 — resztki roślinności (bottom middle); 0 — resztki roślinności (bottom right).



Ryc. 3. Koncentracja sporomorf w 1 cm<sup>3</sup>. Linia wskazuje udział skorodowanych sporomorf według skali procentowej

Fig. 3. The concentration of sporomorphs in 1 cm<sup>3</sup>. The percent of sporomorphs corroded is marked by line

W tym spisie florystycznym kwitnące w pierwszym roku, a więc istotnie ważne dla analizy pyłkowej i dalszych rozważań, były: szczaw polny, starzec leśny i kosmatka blada.

Zupełnie odmiennie przedstawia się spis roślin z pasa nie przekopanego („świadka”), który narażony był jedynie na deptanie, lub też przy-sypanie przy rekonstrukcji kurhanu. Zwarcie roślinności jest oczywiście dwukrotnie większe. Brak kserofilnych (sucholubnych) synantropów i heliofitów (światłolubnych), natomiast są gatunki borowe: borówka czarna (*Vaccinium myrtillus*) i turzyca palczasta (*Carex digitata*) oraz wiele siewek brzozy.

Należy dodać, że we wrześniu 1971 r. z roślinności nie pozostało prawie śladu. Otwarta polana stała się bowiem miejscem licznie nawiedzonym przez zwierzynę płową, która w okresie rui zniszczyła i wdeptała całą roślinność runa.

#### METODY BADAŃ

Materiał glebowy do badań palinologicznych został pobrany w 1969 roku z ćwiartki C. Część ta, w porównaniu z pozostałymi, była stosunkowo dobrze zachowana. Wyraźnie widoczne były ślady palenisk na obwodzie ćwiartki i poza nią oraz ślady ogroduzenia.

Próby pobrano w odległości 3 m od punktu O (środku kurhanu) i wzięto 21 prób od góry do głębokości 80 cm. Wielkość prób wynosiła  $10 \times 10$  cm, a miąższość uzależniano od zmienności składu złoża. Próby z górnej warstwy gleby pobrano w odstępach 2-3 cm, od głębokości 20 cm co 5-8 cm, a z przypuszczalnej starej gleby pobierano je co 3 cm. Dodatkowo wzięto dwie próby o miąższości 5 cm każda z warstwy określanej przez I. Górską jako calec, w której niewidoczne już były ślady zakłóceń. W terminologii glebowej winna to być warstwa C (skała macierzysta).

Skład profilu opisano pobieżnie na miejscu. Natomiast w laboratorium wykonano opis składu przy użyciu mikroskopu stereoskopowego Mst 130 metodą J. Troels-Smitha<sup>36</sup> (tab. 3). Zawartość węgla drzewnych określano w stosunku procentowym do całości próby. Oszacowanie wykonano na papierze milimetrycznym na powierzchni  $1 \text{ cm}^2$ , przy użyciu powiększeń od 4,5 do  $28 \times$ , pobierając materiał kilkakrotnie (4-5 razy).

Materiał do analizy pyłkowej przygotowywano według instrukcji Departamentu Nauk Przyrodniczych Muzeum Narodowego w Kopenhadze<sup>37</sup>. W trakcie pracy notowano objętości materiału w poszczegól-

<sup>36</sup> J. Troels-Smith, *Characterization of Unconsolidated Sediments*, „Geological Survey of Denmark”, IV Series, 3: 1955, nr 10, s. 1—73.

<sup>37</sup> *Preparation of Fossil Pollen Samples*, National Museum, Department of Natural Sciences, Copenhagen 1967, s. 6.

nych etapach chemicznego postępowania, co pozwoliło na sprawdzenie dokonanej oceny składu osadów. Stąd też zawartość substancji humusowych odniesiona jest do całej objętości próbek, inaczej niż u Troels-Smitha, który przedstawia je jako stopień rozkładu określonych składników *Turfa* i *Limus*. Kwasowość (pH) osadów określono przy użyciu polowego kwasomierza glebowego. Opis sedymentów i ich składu oraz pH przedstawiają tab. 3 i ryc. 2.

We wszystkich próbach określono całkowitą koncentrację sporomorf<sup>38</sup>. Dla uzyskania możliwości przeliczeń danych do absolutnej frekwencji pyłku oznaczono ciężar właściwy próbek za pomocą piknometru.

W celu zwiększenia dokładności oznaczeń koncentracji zastosowano pomiary próbek i zawiesiny sporomorf przy użyciu wagi półautomatycznej oraz probówek kalibrowanych i pipet. Tabela 4 zawiera wyniki pomiarów dla prób zawierających ok. 90% piasków średnich i grubych od głębokości 25 do 80 cm (próbki nr-y 10—21). Średni błąd pomiarów wagowych wynosi 11,09%, natomiast pomiary objętościowe dają błąd 14,32%.

Oznaczenia i obliczenia sporomorf na preparatach wykonano używając mikroskopu Zeiss-Jena oraz powiększeń 400 × (liczenie) i 1000 × (oznaczanie). Co najmniej na dwóch s. kielkach notowano wszystkie sporomorfy włączając w sumę grupę nie oznaczonych, zniszczonych, zmiętych i nakrytych. Liczba przeliczonych sporomorf w jednej próbce waha się od 900 do 3000. W trakcie liczenia notowano ślady skorodowania dla wszystkich typów sporomorf.

Protokoły sporządzane w trakcie obróbki chemicznej i prac mikroskopowych znajdują się w Pracowni Palinologii IHKM PAN. Stanowiły one podstawę do wyliczeń zestawionych w tab. 5, 6 i 7. Zestawienie sporomorf skorodowanych zawiera tab. 8.

#### OPIS PROFILU GLEBOWEGO

Układ poziomów genetycznych przedstawia się następująco:

- 0- 4 cm A<sub>1</sub> butwina mszysto-iglasta — próchnica surowa
- 4-14 cm A<sub>1</sub> poziom próchniczny
- 14-25 cm A<sub>2</sub> poziom słabo zbieli owany — wymycia — eluwalny
- 25-58 cm A/B poziom wmycia — iluwalny
- 58-67 cm poziom zaburzonej i przepalanej warstwy A<sub>2</sub>
- 67-70 cm A<sub>2</sub> poziom bielicy
- 70-80 cm B/C poziom wmycia i skały macierzystej

<sup>38</sup> M. Borowik-Dąbrowska, M. J. Dąbrowski, *Absolute Pollen Concentration*, „Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences”, t. 20: 1972, nr 2, s. 129—132.

Na podstawie opisu terenowego i opracowania laboratoryjnego należy stwierdzić, że mamy do czynienia z dwoma profilami glebowymi. Górny, młodszy, od 0 do 58 cm — stanowiący nasyp kurhanu i drugi, starszy, od 58 o 80 cm. Zbudowane są z piasków drobnoziarnistych o luźnym składzie, oba typu skrytobielicowego. Poziomy genetyczne są słabo odgraniczone, o przejściach stopniowych. Poziomy wymycia ( $A_2$ ) i wmycia (B) są słabo zaznaczone; ten ostatni wyznaczono na podstawie występowania *Limus ferrugineus*. W poziomie B są jedynie ślady *Limus detritosus* (ryc. 2), czyli brak prawie zupełnie części roślinnych, które powinny wchodzić w skład złoża w przypadku, gdyby nasyp kurhanu był konstruowany z najbliższego otoczenia łącznie z warstwą runa. Przypuszczalnie runo uległo spaleniowi z częścią warstwy próchnicznej starego profilu w czasie związanym z powstaniem kurhanu. Nasyp zbudowano wybierając ziemię z otoczenia; miejsce jej wybierania widoczne jest na przekrojach kurhanu, w postaci niewielkiego zagłębienia — płytkiego rowu (ryc. 4, 5, 7 w pracy I. Górskiej)<sup>39</sup>. Warstwa ta jest przemieszana z węgielkami drzewnymi, których udział dochodzi do 25%. Na spaleniowi wskazuje również wysoka i zmienna krzywa kwasowości (pH) od 5,5 do 6,9. Trudno sobie zresztą wyobrazić, aby od ognisk na i poza obwodem kurhanu nie spaliły się warstwy runa i próchnicy. Profil dolny, starszy, jest niekompletny. Warstw  $A_0$  i  $A_1$  brak, ponieważ uległy spaleniowi, a warstwa  $A_2$  jest częściowo zniszczona przepaleniowi i zaburzona przy sypaniu kurhanu. Natomiast w nie zaburzonej części poziomu  $A_2$  i całym poziomie B widoczne jest słabnące namycie węgielków mikroskopowej wielkości. Można zatem wnosić, że profil dolny był przez pewien czas po spaleniowi odkryty i deszcze spowodowały wmycie drobnych węgielków, jak również części mulastych i drobnych piasków ( $A_g$ ) w ilości do 25%. Następnie usypano kurhan z materiału podgleby najbliższego otoczenia. Materiał ten stał się skałą macierzystą dla górnego profilu.

Przebieg krzywej kwasowości osadów (pH) przedstawiony jest na ryc. 2 i wskazuje na duże zakwaszenie głównie wierzchniej warstwy gleby. Powoduje to obniżenie aktywności biologicznej, szczególnie flory bakteryjnej i nieco mniejszej grzybów. Powstała w tych warunkach butwina gromadzi wodę i hamuje wymianę gazów pomiędzy glebą a atmosferą, tworząc warunki korzystne dla zachowania sporomorf<sup>40</sup>. Obfitość występowania drobnoustrojów zwierzęcych, w porównaniu z innymi typami gleb leśnych, jest najniższa w drzewostanach sosnowo-świer-

<sup>39</sup> Górską, *op. cit.*

<sup>40</sup> A. Musierowicz, H. Uggla, *Gleboznawstwo leśne ogólne*, Warszawa 1967, s. 303.

kowych i sosnowych. Silne prześwietlenie związane z rozrzedzeniem koron drzew powoduje dodatkowe zmniejszenie udziału zwierząt w glebie<sup>41</sup>.

## KONCENTRACJA SPOROMORF

### Zróznicowanie koncentracji

W każdej próbie gleby oszacowano całkowitą koncentrację sporomorf w 1 cm<sup>3</sup> (w skrócie APC) oraz pełną zawartość spor i pyłku w 1 g osadu (w skrócie APF). Wyniki dotyczące koncentracji przedstawia ryc. 3, którą wykonano na podstawie danych z tab. 6 i 7. Liczba sporomorf waha się od 26 tysięcy do 257 tysięcy/cm<sup>3</sup>, czyli prawie dziesięciokrotnie. Najwyższe wartości występują na dwóch poziomach głębokości od 0 do 25 cm i 58 do 70 cm od powierzchni. W ocenie APF liczba sporomorf wynosi od 9 do 204 tysięcy/g (tab. 9).

Szczegółowe oszacowanie koncentracji według typów sporomorf w 1 cm<sup>3</sup>, a nie absolutnej frekwencji pyłku jak u G. W. Dimbleby<sup>42</sup> i A. J. Havinga<sup>43</sup> w 1 g, uzasadnione zostało w pracy M. Borowik-Dąbrowskiej i M. J. Dąbrowskiego<sup>44</sup>. Absolutna frekwencja pyłku oszacowana w 1 g daje jednolitą podstawę porównawczą, ale nie pozwala na wyciąganie uzasadnionych wniosków. Waga osadu nie pozostaje w żadnym związku z przyrastaniem warstw, szczególnie ważnym w górnych partiach profilu glebowego. Również przemieszczanie sporomorf w glebie i sam mechanizm osadzania pyłku są mierzalne w jednostkach pochodnych centymetra. Stosowane przy oznaczaniu APF suszenie osadów powoduje bardzo istotny błąd oceny przy warstwach różnego pochodzenia, jak próchnica i piasek. Wynika to z różnej zawartości wody w tych osadach oraz ciężaru budujących je minerałów.

K. Faegri i J. Iversen wyrazili opinię, że „najprostsze wskazanie wartości APF otrzymuje się przez notowanie liczby ziarn pyłku na powierzchni preparatu mikroskopowego”<sup>45</sup>. Nie jest to prawdziwe, ponieważ palinolog w celu otrzymania optymalnego zagęszczenia, odpowiedniego do pracy pod mikroskopem, dobiera odpowiednie gęstości zawie-

<sup>41</sup> F. Terlikowski, B. Kiełczewski, *Ilościowe stosunki mikrofauny naszych gleb leśnych*, „Roczniki Gleboznawcze”, t. 1: 1950, s. 38—70.

<sup>42</sup> Dimbleby, *Pollen Analysis of Terrestrial...*; tenże, *Pollen Analysis*, [w:] *Science...*

<sup>43</sup> Havinga, *A Palynological...*, s. 15.

<sup>44</sup> Borowik-Dąbrowska, Dąbrowski, *Absolute...*, s. 130—131.

<sup>45</sup> K. Faegri, J. Iversen, *Textbook of Pollen Analysis*, Copenhagen 1964, s. 41.

siny. Unika się zbyt dużego zagęszczenia, przy którym trudno jest rozpoznać i policzyć sporomorfy, jak również preparatów o niewielkiej liczbie sporomorf. Stąd liczba ziarn na  $\text{cm}^2$  powierzchni preparatu wynosi np. w badanym profilu maksymalnie 729 (tab. 5) i wcale nie pokrywa się z najwyższą koncentracją na  $1 \text{ cm}^3$ ; waha się w granicach od 92 do 729 sporomorf na  $\text{cm}^2$  preparatu. K. Mamakowa<sup>46</sup> podaje frekwencje sumy AP (*arborum pollen* — pyłek drzew) i NAP (*non-arborum pollen* — pyłek niedrzew) na  $\text{cm}^2$  w profilu z Lille Bukken, które nie przekraczają 1000 ziarn pyłku. Dane M. J. Dąbrowskiego<sup>47</sup> z profili torfowych bardzo rzadko przekraczają maksymalne wartości rzędu 1300 ziarn pyłku. Jedynie minimalne liczby ziarn pyłku na  $\text{cm}^2$  mogą przypuszczalnie wskazywać na faktycznie najniższą zawartość sporomorf w osadzie, jak to ma miejsce np. w warstwach późnego glaciału.

Absolutna koncentracja pyłku różni się od absolutnej frekwencji pyłku głównie przy wzroście udziału piasku, którego  $1 \text{ cm}^3$  waży kilkakrotnie więcej niż próchnica (patrz tab. 9). Przebieg koncentracji w złożu (ryc. 3) przedstawia podobny kierunek zmian i wykazuje zmniejszające się wartości wraz z głębokością w profilu glebowym górnym i po zaburzeniu między 58-67 cm, również w starszym profilu.

Dimbleby<sup>48</sup> podaje, że najwyższa frekwencja sporomorf występuje zwykle na powierzchni i spada w głąb profilu, aż do pewnego minimum (tab. 9 — Cock Heads).

Ujednociony obraz kierunku zmian koncentracji i frekwencji przedstawiony jest na ryc. 4 w formie logarytmicznej. Zestawione zostały profile kurhanowe i dwa naturalne profile piaskowej gleby bielcowej Delfzijl II i V z pracy A. J. Havinga<sup>49</sup>. Profile kurhanowe, tak jak i nie zaburzone profile bielcowe wykazują zmniejszanie się koncentracji i frekwencji w głąb złoża profilu zgodnie z postępem geometrycznym<sup>50</sup>. Natomiast próby zaburzone od 58 do 67 cm głębokości odbiegają od narysowanych zmian (trendów) zarówno w APC, jak i APF. Różnice w stałej liczbie ilorazu pomiędzy profilami Delfzijl wynikały z różnic wilgotności; profil Delfzijl II był suchszy niż Delfzijl V, co przez analogię wskazywałoby, że profile glebowe kurhanu są suchsze, zarówno starszy, jak i młodszy. Miąższość młodszego profilu kurhanu i wysoka frekwencja (APF) w  $A_2$  są bardziej zbliżone do suchego i głębszego profilu Delfzijl II, w którym według Havinga istniała infiltracja sporo-

<sup>46</sup> K. M a m a k o w a, *Lille Bukken and Leroy — Two Pollen Diagrams from Western Norway*, „Årbok for Universitetet i Bergen”, 1968, nr 4, s. 11.

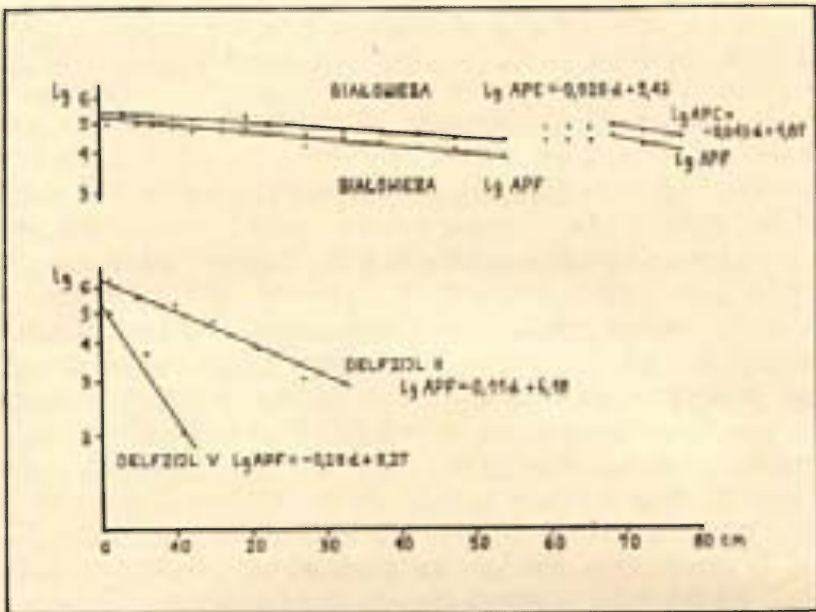
<sup>47</sup> D ą b r o w s k i, *Późnoglacialna...*, s. 218—238.

<sup>48</sup> D i m b l e b y, *Pollen Analysis*, [w:] *Science...*, s. 144.

<sup>49</sup> H a v i n g a, *A Palynological...*, s. 71 i 74.

<sup>50</sup> H a v i n g a, *op. cit.*, s. 16.





Ryc. 4. Logarytmiczny przebieg koncentracji (APC) i frekwencji (APF) profilów Białowieży i Delfzjil II i V

Fig. 4. APC and APF of Białowieża and Delfzjil II and V profiles in the logarithmic scale

morf. Natomiast dziwne wydaje się, że w suchym profilu Delfzjil II było wielokrotnie więcej sporomorf niż w wilgotnym Delfzjil V.

#### Zwęglone szczątki a koncentracja sporomorf

Związek zawartości zwęglonych szczątków roślinnych z koncentracją nie przedstawia prostego obrazu (ryc. 2 — anthrax). W górnym, młodszym profilu glebowym na głębokości 14-30 cm dochodząca do 25% zawartość węgla nie wpływa na zmniejszenie liczby sporomorf. A. J. Haviga<sup>51</sup> wykazał w profilach pyłkowych Epe I, II i III (tab. 9), że w poziomach z węglami następuje wielokrotne zmniejszenie koncentracji pyłku odwrotnie proporcjonalne do zawartości węgla, rzadko jednak obecnych w dużych ilościach. Analogiczny wniosek sformułował G. W. Dimbleby<sup>52</sup>. Można zatem twierdzić, że węgle w górnym poziomie kurhanu zostały przeniesione z innego miejsca, najprawdopodobniej z ogniska, które znajdowały się na obwodzie (kurhanu) i poza nim, i zostały zmieszane z materiałem podglebia, z którego sypano kurhan.

<sup>51</sup> Haviga, *op. cit.*, s. 59—62.

<sup>52</sup> Dimbleby, *Pollen Analysis*, [w:] *Science...*, s. 144.

Zwęglone szczątki występujące na głębokości 58-70 cm wskazują na wypalenie warstwy próchnicznej A<sub>1</sub> i A<sub>2</sub> oraz przepalenie poziomu A<sub>2</sub> w starszym profilu glebowym. A. J. Havinga<sup>53</sup> notuje również, że działanie ognia jest zwykle ograniczone do najwyższych kilku centymetrów gleby. Przypuszczalnie poziom A<sub>2</sub> został dodatkowo zaburzony w czasie sypania kurhanu. W trzech próbkach z warstw 58-67 cm zaznacza się wyrównanie koncentracji sporomorf wynoszącej ok. 60 tys./cm<sup>3</sup> i analogicznie 22-24 tys./g. Powyżej tych próbek koncentracja jest niższa. Z kolei na głębokości 67-70 cm koncentracja jest o 25% wyższa. W próbkach przepalonych, jak pokazuje ryc. 4, zaznacza się odchylenie od tendencji zmian APC i APF, które mają taki sam charakter, jak naturalne gleby piaszczyste<sup>54</sup>. Na skutek wypalenia uległa zniszczeniu część sporomorf, najprawdopodobniej dlatego brak jest podwyższenia koncentracji, analogicznego do górnych warstw młodszej gleby. Natomiast w następnej próbce pobranej z głębokości 67-70 cm mamy zmniejszenie ilości węgla wskazujące na nieco dalszą odległość od ognia, zarazem koncentracja jest wyższa. W mniej więcej podobnym stosunku występuje zwiększenie koncentracji u Havinga w profilach Epe I i II na głębokości 5, 9 cm i 5, 7 cm, jak w rozpatrywanym profilu glebowym na głębokościach 64-67 cm i 67-70 cm.

Porównanie koncentracji pierwszej próby starszego profilu glebowego z głębokości 58-61 cm z górnymi próbkami profili Epe I, II i III pozwala stwierdzić, że jest ona najbardziej zbliżona do Epe III (patrz tab. 9). Profil Epe III pozostawał przez jakiś czas odkryty i infiltracja pyłku nie była wstrzymana<sup>55</sup>. Namycie węgla omówione w opisie profilu glebowego wskazuje na odkrycie powierzchni starej gleby pod kurhanem.

Analiza składu sporomorf wskazuje na rozkład selektywny, który wyraża się wyprzetegowaniem ziarn lipy (*Tilia*), olszy (*Alnus*), grabu (*Carpinus*), a z NAP: jęczyczkowych *Liguliflorae* (typ mniszek — *Taraxacum*) i wrzosu (*Calluna*). Potwierdza to istnienie otwartej powierzchni przez pewien czas umożliwiającą infiltrację deszczu pyłkowego.

### Koncentracja sporomorf a skład gleby i proces glebowy

Koncentracja sporomorf wzrasta wraz z zawartością substancji humusowych i częściowo składników mulastych oraz drobnych piasków (Ag 0,002 do 0,06 mm), natomiast zmniejsza się proporcjonalnie do ilość-

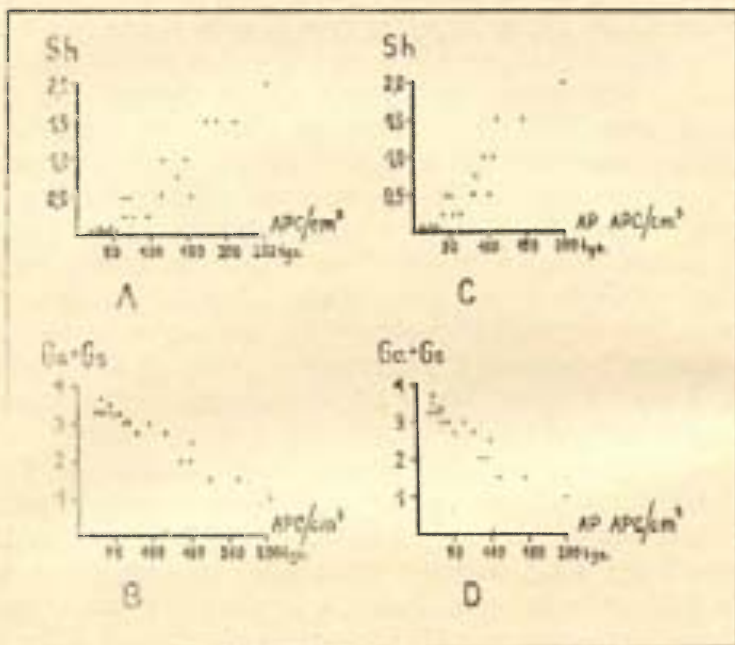
<sup>53</sup> Havinga, *Palynology...*, s. 83.

<sup>54</sup> Havinga, *A Palynologi al...*

<sup>55</sup> Havinga, *op. cit.*, s. 18.

ci piasków grubych i średnich (Ga 0,06 do 0,6 mm i Gs 0,6 do 2,0 mm), jak ilustrują ryc. 2, 3 i 5.

Należy dodać, że zastosowanie międzynarodowej skali Atterberga do podziału cząstek mineralnych wydaje się najbardziej logiczne i odpowiednie. Ziarna o średnicy 0,2 mm stanowią bowiem dolną granicę dla wody przesiąkającej, czyli warunkującej proces bielicowy, a górną dla



Ryc. 5. Zależność koncentracji sporomorf od składu gleby

Objaśnienia: Zależność koncentracji (APC) od zawartości: A — substancji humusowych (Sh); B — piasków średnich i grubych (Ga + Gs). Zależność koncentracji pyłku AP od zawartości: C — substancji humusowych (Sh); D — piasków średnich i grubych (Ga + Gs)

Fig. 5. Relation between sporomorphs' concentration and soil components

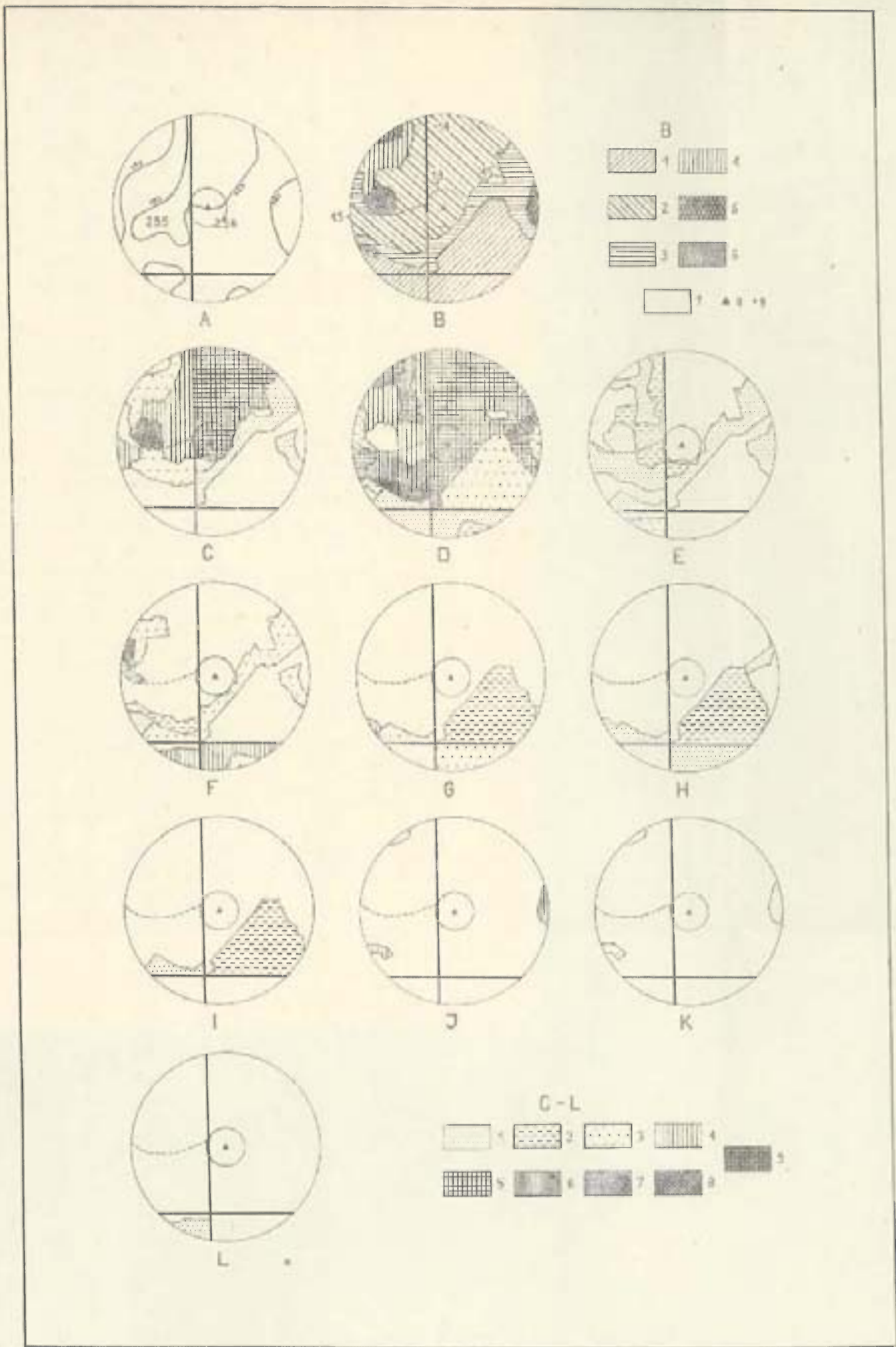
Explanation: Relation between concentration (APC) and contents: A — humous substance (Sh); B — mineral particles 0,06-2 mm (Ga + Gs). Relation between pollen AP concentration and contents: C — humous substance (Sh); D — mineral particles 0,06-2 mm (Ga + Gs)

włosowatej — podsiąkającej<sup>56</sup>. Do frakcji wydzielonych w systemie J. Troels-Smitha należałoby wprowadzić podział w obrębie grupy piasków średnich (*Grana arenosa*) 0,06 do 0,6 mm na 0,06 do 0,2 mm i 0,2 do 0,6 mm. Najprościej można te frakcje oddzielić przy użyciu sit laboratoryjnych.

Tak samo w pracy A. J. Havinga<sup>57</sup> można odnaleźć uwagę, że zwią-

<sup>56</sup> T. Włoczewski, *Ogólna hodowla lasu*, Warszawa 1968, s. 286.

<sup>57</sup> Havinga, *Investigation into the Differential Corrosion...*, s. 630.



Ryc. 6. Hipsometry, roślinność i drzewostany na powierzchni ca 50 ha — promień 400 m. Małe koło przedstawia 2 ha powierzchnię reprezentatywną — promień 80 m. Badany kurhan oznaczono trójkątem

Objaśnienia: A — szkic hipsometryczny; 255 i 256 — numery oddziałów B.P.N.; B — zbiorowiska leśne: 1 — grąd (*Quercus-Carpinetum*); 2 — bór sosnowo-świerkowy (*Vaccinio myrtilli-Pinetum*); 3 — bór mieszany świeży (*Pino-Quercetum*); 4 — bór mieszany wilgotny (*Quercus-Piceetum*); 5 — olsa (*Carici elongatae-Alnetum*); 6 — torfowisko wysokie (*Sphagnetum medii pinetosum*); 7 — polana śródleśna; 8 — badany kurhan; 9 — punkty badań opadu deszczu pyłkowego; C-L — udział drzew według dziesięciostopniowej skali leśnej: C — sosna (*Pinus silvestris*); D — świerk (*Picea excelsa*); E — brzoza (*Betula*); F — dąb (*Quercus robur*); G — grab (*Carpinus betulus*); H — lipa (*Tilia cordata*); I — klon (*Acer platanoides*); J — olsza (*Alnus glutinosa*); K — jesion (*Fraxinus excelsior*); L — osika (*Populus tremula*)

Skala dla C-L: 1. 0-10%; 2. 11%-20%; 3. 21%-30%; 4. 31%-40%; 5. 41%-50%; 6. 51%-60%; 7. 61%-70%; 8. 71%-80%; 9. 81%-90%

Fig. 6. Hypsometry, vegetation and trees layer on area ca 50 ha—radius 400 m. In small circle — 2 ha of area (radius 80 m) — are represented. Barrow is marked by a triangle

Explanation: A — hysometrical sketch; 255 and 256 — compartment numbers of Białowieża National Park; B — forest communities: 1 — hornbeam-oak wood (*Quercus-Carpinetum*); 2 — Scots-pine spruce (*Vaccinio myrtilli-Pinetum*); 3 — Scots pine-oak (*Pino-Quercetum*); 4 — oak-spruce (*Quercus-Piceetum*); 5 — alder (*Carici elongatae-Alnetum*); 6 — regenerating raised-bog (*Sphagnetum medii pinetosum*); 7 — opening in forest; 8 — barrow studied; 9 — localisation of pollen rain studies; C-L — participation of trees genera in crown layer; C — Scots pine (*Pinus silvestris*); D — spruce (*Picea excelsa*); E — birch (*Betula*); F — oak (*Quercus robur*); G — hornbeam (*Carpinus betulus*); H — linden (*Tilia cordata*); I — maple (*Acer platanoides*); J — alder (*Alnus glutinosa*); K — ash (*Fraxinus excelsior*); L — aspen (*Populus tremula*)

Scale for C-L: 1. 0-10%; 2. 11%-20%; 3. 21%-30%; 4. 31%-40%; 5. 41%-50%; 6. 51%-60%; 7. 61%-70%; 8. 71%-80%; 9. 81%-90%

szenie koncentracji sporomorf rośnie z ilością substancji humusowych. Potwierdza to wspomniany już wniosek G. W. Dimbleby o związaniu sporomorf lepiszczem humusowym. Przesuwanie zawiesiny związków humusowych i zawartych w niej sporomorf zależy będzie od wielkości opadów i rozmiaru przestworów między cząstkami mineralnymi. W sedymencie złożonym głównie z piasków średnich i grubych (do 90% w dolnych próbkach młodszego i starszego profilu glebowego) przestwory są rzędu kilkudziesięciu mikronów, rzadziej kilkunastu. Wraz ze wzrostem udziału drobnych piasków następuje zmniejszenie przestworów glebowych i przesuwanie zawiesiny jest utrudnione. Widać to w próbkach z poziomu A<sub>2</sub> pobranych z głębokości 17-20 cm i 67-70 cm. Wyraża się to także w zwiększeniu koncentracji sporomorf w tych warstwach. W próbie wziętej z poziomu iluwialnego, na głębokości 30-35 cm, widoczny jest wzrost koncentracji sporomorf i piasków drobnych przy minimalnej zawartości substancji humusowych. Występuje tu zmniejszenie przestworów i rozdział selektywny pyłku, co wyraża się wzrostem udziału pyłku o średnicy do 40 mikronów: olszy, lipy, brzozy i leszczyny, a dwukrotnie mniej jest największych ziarn: świerka (*Picea*) o średnicy 120-140 mikronów i sosny (*Pinus*) 70-80 mikronów.

Przeziąkanie kwaśnych związków humusowych następuje łatwiej wzdłuż butwiejących korzeni i otworów po rozłożonych korzeniach czy też szczelin z rozkładającą się substancją organiczną<sup>58</sup>. W borze świeżym typowym, sosnowo-świerkowym główna masa korzeni osiąga głębokość 30, rzadziej 50 cm<sup>59</sup>. W profilu omawianego kurhanu korzenie penetrują do 25 cm, a tylko ca 5% dociera do 50 cm. Udział substancji humusowych i najwyższa koncentracja pyłku są związane ze strefą do głębokości 25 cm. Należy dodać, że masa korzeni rozgałęziająca się poziomo stanowi siatkę i hamuje przesuwanie zawiesiny glebowej.

Górne warstwy starszego profilu glebowego mają zmniejszoną koncentrację pierwotną wskutek przepalenia, a także wmycia sporomorf w głąb złoża. Potwierdza to również skok kwasowości z 5,0 do 6,6 pH w próbce z głębokości 61-64 cm, w porównaniu do nadległej z głębokości 58-61 cm. Części popielne, mające większe rozmiary, pozostały wyżej, a sporomorfy uległy przesunięciu niżej, na głębokość 67-70 cm. Próbka pobrana z głębokości 58-61 cm ma mniej substancji humusowych (Sh) niż następne, co wskazuje, iż ogień zniszczył substancję humusową, w której ustabilizowane były sporomorfy.

<sup>58</sup> H. Uggla, *Wpływ korzeni na zmiany morfologiczne profilu gleby leśnej*, „Folia Forestalia Polonica”, 1960, z. 4, s. 14—57; Havinga, *Investigation...*, s. 626.

<sup>59</sup> Sokołowski, *Fitosocjologiczna...*, s. 84.

## Analiza wyników

Najwyższa koncentracja sporomorf występuje w poziomach: butwiny ( $A_0$  na głębokości 0-14 cm) i próchnicznych ( $A_1$  na głębokości 4-14 cm,  $A_2$  na głębokości 14-25 cm,  $A_2$  starszej gleby na głębokości 58-70 cm). Analiza ilościowego rozmieszczenia sporomorf w próbkach pozwala na wydzielenie dwóch gleb: jednej kopalnej i drugiej współczesnej.

Liczba sporomorf w badanym profilu wzrasta wraz z ilością substancji humusowych zawartych w glebie i one razem ze sporomorfami tworzą zawiesinę. Wody opadowe powodują przesuwanie się tej zawiesiny, a szybkość zależy od wielkości przestworów między cząstkami mineralnymi. W rezultacie im większy jest udział piasków średnich i grubych (Ga, Gs), tym niższa jest koncentracja sporomorf. Natomiast zwiększa się ona wraz z ilością piasków drobnych i cząstek mulastych (Ag). Ich obecność, szczególnie przy braku substancji humusowych, przyczynia się do zwiększenia koncentracji sporomorf o średnicy mniejszej od 40 mikronów. Jest to infiltracja selektywna, dotycząca pyłku lipy, olszy, brzozy i leszczyny.

Koncentracja sporomorf wyrażona logarytmicznie spada wraz z głębokością złoża w obu profilach zgodnie z postępowaniem geometrycznym. Podobne relacje koncentracji i głębokości opisali A. J. Havinga i G. W. Dimbleby<sup>60</sup>. Zbliżenie trendu krzywych profilów glebowych kurhanu Białowieży z suchym profilem Delfzjil II (ryc. 4) pozwala przypuszczać, że złożo kurhanu miało również podobny charakter.

Starszy profil glebowy obejmuje warstwy 58-80 cm od powierzchni. Przeszło dwukrotne podwyższenie koncentracji sporomorf na głębokości 58-70 cm w porównaniu do nadległych 25-58 cm jest wyraźnym, ale jedynym wskaźnikiem analizy pyłkowej na istnienie poziomu próchnicznego dawnej gleby. Drugim wskaźnikiem jest obecność substancji humusowych. Trzy próbki z głębokości 58-67 cm są zniekształcone na skutek przepalenia górnego poziomu próchnicznego ( $A_0$ ,  $A_1$ ), zaburzenia przy sypaniu kurhanu i namycia, a nawet infiltracji, co wyraża się podobną koncentracją. Następne próby, pobrane z głębokości 67-80 cm, wykazują kierunek przebiegu koncentracji charakterystyczny dla gleb bielicowych.

Nasyp kurhanu został założony na poziomie 58 cm od góry. Jego miąższość wynosiła ok. 50 cm. Stanowi on jakby skałę macierzystą, na której uformowała się nowa gleba. Od głębokości 0-25 cm mamy najbogatszą (94-257 tys. na 1 cm<sup>3</sup>) koncentrację sporomorf, będącą rezultatem

<sup>60</sup> Havinga, A *Palynological...*; Dimbleby, *Pollen Analysis*, [w:] *Science...*; tenże, *Pollen analysis*, [w:] *The Scientist...*

osadzenia ich z deszczu pyłkowego i następnie powolnego procesu przesuwania w zawieszynie humusowej w dół, proporcjonalnie do udziału substancji humusowych (Sh). Jest to jednocześnie strefa penetracji korzeni, wzdłuż których może przesuwać się zawieszina humusowa, stanowiących również poziomą siatkę hamującą proces.

Przebieg koncentracji sporomorf nie wykazuje zmian związanych z obecnością węgla, występujących w próbach profilu glebowego młodszego i pozwala wyciągnąć wniosek o pochodzeniu ich z wcześniejszego okresu przed utworzeniem nasypu kurhanowego i zmieszaniu z ziemią w czasie sypania kurhanu.

Druga część profilu, na głębokości 25-50 cm, ma najniższą koncentrację sporomorf potwierdzającą przypuszczenie, że kurhan został zbudowany z podgleby zawierającej niewielkie ilości sporomorf. Po utworzeniu nasypu deszcz pyłkowy osiadły na mineralnej glebie był najbardziej narażony na proces gwałtownego rozkładu — utlenianie z powietrza. Infiltracja nie była zahamowana i wyraźnie jest to infiltracja selektywna.

#### ŹRÓDŁA POCHODZENIA PYŁKU

##### Pyłek drzew — AP

Spektra pyłkowe prób powierzchniowych są stosowane do szacowania reprezentacji terenu, w którego obrębie znamy skład roślinności. Polega to na zestawieniu zbliżonych do siebie procentów pokrycia terenu przez drzewa<sup>61</sup>, a następnie na obliczaniu współczynnika korekcyjnego, dzięki któremu te procenty stają się sobie równe. Pierwsze przeliczniki tego rodzaju podała P. Müller<sup>62</sup>, spośród zaś następnych wymienić należy J. Iversena i M. B. Davies<sup>63</sup> oraz S. Th. Andersena<sup>64</sup>. Otrzymane współczynniki z badań deszczu pyłkowego czy analizy prób po-

<sup>61</sup> M. Brem, M. Sobolewska, *Studia nad opadem pyłku drzew leśnych w Puszczy Białowieskiej*, „Sylwan”, Seria A, R. 56, nr 3—4: 1939, s. 1—19.

<sup>62</sup> P. Müller, *Das Hochmoor von Etzelwill*, „Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich”, Zürich (1936) 1937, s. 76.

<sup>63</sup> J. Iversen, *Diskussionsindlaeg i: Nordiskt kvartärgeologiskt möte den 5—9 November 1945*, „Geologiska Fören Stockholm Förhandlingar”, t. 69: 1947, s. 205—206; M. B. Davies, *On the Theory of Pollen Analysis*, „American Journal of Science”, t. 261: 1963, s. 897—912.

<sup>64</sup> S. Th. Andersen, *The Relative Pollen Productivity and Pollen Representation of North European Trees, and Correction Factors for Tree Pollen Spectra*, „Geological Survey of Denmark”, Ser. 2: 1970, nr 96, s. 99.

wierzchniowych są później używane do interpretacji spektrów w profilach pyłkowych z jezior czy torfowisk.

Teren reprezentowany przez dane spektrum określają autorzy jako koło o promieniu 10 m<sup>65</sup>, 20 m<sup>66</sup>, 20 do 30 m<sup>67</sup>, do kilkuset metrów<sup>68</sup>, a nawet pół kilometra<sup>69</sup>.

W niniejszej pracy spektrum próby powierzchniowej możemy porównać z roślinnością współczesną na podstawie map drzewostanu i zbiorowisk leśnych Białowieskiego Parku Narodowego w skali 1 : 10 000 (wykonanych w 1954 i 1957 r.) oraz opisu własnego. Część obszaru obejmującą otoczenie kurhanu przedstawia ryc. 6.

Spektrum powierzchniowe złożone jest z trzech głównych komponentów: pyłku sosny 52%, świerka 14,2%, brzozy 20,6%, stanowiąc w sumie 86,8% (AP — 100%). Z mapy drzewostanowej wynika, że sosna i świerk występują na powierzchni wydzielenia leśnego w stosunku 50% : 50%, brzoza zaś w oddaleniu 60 do 70 m z udziałem 20%. Opis drzewostanu wykonany wokół kurhanu zawiera w składzie również brzozę, która występuje w odległości 20 m od środka kurhanu w ilości 2 egzemplarzy (w tym 1 martwy). W odległości 40 m znajduje się osika (*Populus tremula*), a w spektrum pyłkowym udział ziarn *Populus* wynosi 0,6%. Udział drzew w otoczeniu kurhanu w promieniu 50 m oszacowano na : 50% świerka, 40% sosny, 8% brzozy i 2% osiki. Należy wyjaśnić, że na leśnych mapach drzewostanowych nie podaje się występowania drzew, jeśli ich udział lub zajmowana powierzchnia jest mniejsza niż 10%<sup>70</sup>.

Wynik ten jest zatem inny niż dane S. Th. Andersena<sup>71</sup>, uzyskane dla drzew północnej Europy. Oparł się on na danych dotyczących pokrycia koron i na sumie powierzchni przekrojów drzew, w obrębie koła o promieniu 20 do 30 m i powierzchni ca 0,3 ha. Pokrycie koron spełnia potrójną funkcję: jako pewna miara produkcji pyłku, jako filtr za-

<sup>65</sup> Faegri, Iversen, *op. cit.*, s. 116.

<sup>66</sup> C. Borse, *Über die Frage der Pollenproduction, Pollenzerstörung und Pollenverbreitung in ostpreussischen Waldgebieten*, „Schriften der Physöekonomischen Gesellschaft Königsberg”, t. 71: 1939, s. 127—144.

<sup>67</sup> Andersen, *The Relative Pollen...*, *passim*.

<sup>68</sup> H. Jonassen, *Recent Pollen Sedimentation and Jutland Heath Diagrams*, „Dansk Botanisk Arkiv”, t. 13: 1950, s. 1—168; A. Scamoni, *Waldkundliche Untersuchungen auf grundwassernahmen Talsanden*, Berlin 1950.

<sup>69</sup> F. Bertsch, *Das Pfrunger Ried und seine Bedeutung für die Florengeschichte Südwestdeutschlands*, „Beihefte Botanische Centralblatt”, t. 54: 1935, s. 185—243; Brem, Sobolewska, *op. cit.*

<sup>70</sup> M. Czuraj, J. Szczuka, *Urządzenie lasu*, Warszawa 1966, s. 136.

<sup>71</sup> S. Th. Andersen, *Tree-pollen Rain in a Mixed Deciduous Forest in South Jutland, Denmark*, „Review of Palaeobotany and Palynology”, t. 3: 1967, s. 267—275; tenże, *The Relative Pollen...*, *passim*.



trzymujący opad deszczu pyłkowego oraz jako składnik układu termicznego, formujący wynoszenie pyłku. Natomiast Andersen rozważa tylko jeden układ, w którym „poziomy spadek pyłku równa się poziomemu prądowi”<sup>72</sup> i wymieszanie pyłku zachodzi w obrębie 0,3 ha powierzchni. Pomiar podstawowego obszaru oparty jest na pierśnicy drzew na wysokości 1,30 m; średnica 25 do 30 cm ma wskazywać na dojrzałość drzewa jako producenta pyłku. Być może założenie to jest słuszne w odniesieniu do zbiorowisk lasu mieszanego i drzew rosnących na danym obszarze, lecz nie ma na to żadnych dowodów.

W wyniku badań prowadzonych przez autorkę<sup>73</sup> nad profilami glebowymi borów sosnowo-świerkowych uzyskano wielkość powierzchni reprezentatywnej. Stanowi ją powierzchnia ok. 2 ha, a otrzymana została na podstawie wyznaczenia udziału procentowego pyłku drzew obcych, to jest drzew, które nie rosną na siedlisku boru sosnowo-świerkowego. Na płatach mniejszych od 2 ha ilość pyłku drzew obcych wynosiła więcej, niż 15%, np. dla powierzchni 0,5 ha (promień ca 40 m) — 35%, dla powierzchni 0,9 ha (promień ca 55 m) — 28,5%, dla 2 ha — 14%, podczas gdy na dużych, kilkusethektarowych płatach od 4 do 12%. Przyjęta powierzchnia reprezentatywna 2 ha jest większa od powierzchni Andersena (0,3 ha) ok. 7 razy, posiadając promień ca 80 m, czyli większy dwa i pół raza (30 m). Podobny wynik uzyskał M. J. Dąbrowski<sup>74</sup> na podstawie badań deszczu pyłkowego w Białowieskim Parku Narodowym.

Spektrum próby powierzchniowej kurhanu odbijające skład drzewostanu z powierzchni reprezentatywnej 2 ha ma w swym składzie pyłek sosny, świerka, brzozy i osiki, które stanowią 87,2% spektrum pyłkowego, a zatem zbiorowiska lokalnego. Natomiast ok. 13% stanowi pyłek drzew obcych. W grupie tej najwięcej jest pyłku olszy (4,3%), która jako drzewo rośnie w olesach (wraz z jesionem — *Fraxinus excelsior* i wierzbam — *Salix*), oddalonych ok. 320 do 350 m. Pozostałe: grab (3,8%), lipa (0,6%), wiąz (*Ulmus* 0,17%), klon (*Acer* 0,08%) w przewadze pochodzą z grądu, znajdującego się w odległości ok. 150 m, a dąb (*Quercus robur* 2,6%) i leszczyna (*Corylus avellana* 0,4%) z boru mieszanego w odległości ok. 100 m. Można zatem uważać, że transport bliski wynosi ponad 350 do 400 m, czyli z obszaru 38,5 do 50 ha. Natomiast transport dalszy wyznacza minimalny udział 0,34% ziarn jałowca (*Juniperus*), który znajduje się w oddaleniu ponad 1 km (oddział 255).

<sup>72</sup> Andersen, *Tree-pollen...*, s. 273.

<sup>73</sup> Borowik-Dąbrowska, *op. cit.*

<sup>74</sup> M. J. Dąbrowski, „Spektrum pyłkowe a roślinność”, referat wygłoszony na seminarium „Botanika-Archeologia” w Instytucie Historii Kultury Materialnej PAN w dniach 11—12 XII 1973 w Warszawie.

Udział pyłku drzew obcych w próbach w głąb profilu nie przekracza w sumie 0,3% w diagramie AP = 100%. Do grupy tej należy pyłek modrzewia (*Larix*) z Polany Białowieskiej i buka (*Fagus*) jako transport daleki, z odległości większej niż 10 km<sup>75</sup>.

Przytoczone dane o powierzchni reprezentatywnej odnosić można do górnej próby, ponieważ pozostałe wskazują na stosunki częściowo otwartego zbiorowiska, to jest polany śródleśnej (patrz podrozdział: „Znaczenie stosunku NAP do AP”).

Analizując związek pomiędzy spektrami pyłkowymi (przy AP=100%) prób powierzchniowych a roślinnością otoczenia<sup>76</sup> na płacie 100 m<sup>2</sup>, uzyskano wynik wskazujący, że udział procentowy świerka w spektrach pyłkowych jest dwukrotnie niższy, sosny o 50% wyższy, a brzozy podobny do udziału w drzewostanie. Dane zawierające średnie wskaźniki procentowego udziału świerka, sosny i brzozy w drzewostanie i spektrach pyłkowych prób powierzchniowych pięciu zbiorowisk B.P.N. (ryc. 7), przedstawiają odmienne stosunki w różnych zbiorowiskach. Najbardziej uderzające zmiany wykazuje świerk na siedliskach boru sosnowo-świerkowego, gdzie stosunek udziału procentowego pyłku do udziału w drzewostanie jest dwukrotnie niższy, podczas gdy w pozostałych zbiorowiskach udziały procentowe pyłku do procentu drzew są wyższe lub takie same. Przyczynę tego zjawiska należy widzieć jedynie w zmniejszonej produkcji pyłku w borze sosnowo-świerkowym. Choć świerk według Pohla<sup>77</sup> należy do drzew produkujących dużo pyłku, nieco mniej niż sosna, lecz dotyczy to produkcji w drzewostanach wyłącznie świerkowych. Obserwowano przez kilka kolejnych lat kwitnienie i owocowanie świerka w Białowieskim Parku Narodowym i stwierdzono, że nawet w latach maksymalnego zakwitania drzew ilość kwitnących egzemplarzy w borach sosnowo-świerkowych jest mniejsza niż w pozostałych zbiorowiskach, podobnie jak i ilość egzemplarzy owocujących. Z danych M. Brem i M. Sobolewskiej (w r. 1935)<sup>78</sup> wynika, że udział procentu pyłku świerka był blisko trzy razy mniejszy niż udział drzew świerkowych w borze sosnowym (z obszaru o promieniu 0,5 km w oddziale 284). Natomiast w odniesieniu do całego składu lasu Parku Narodowego opad pyłku świerka był dwukrotnie niższy.

Brzoza w różnych zbiorowiskach leśnych ma zbliżony udział procentowy w spektrach pyłkowych i w drzewostanach.

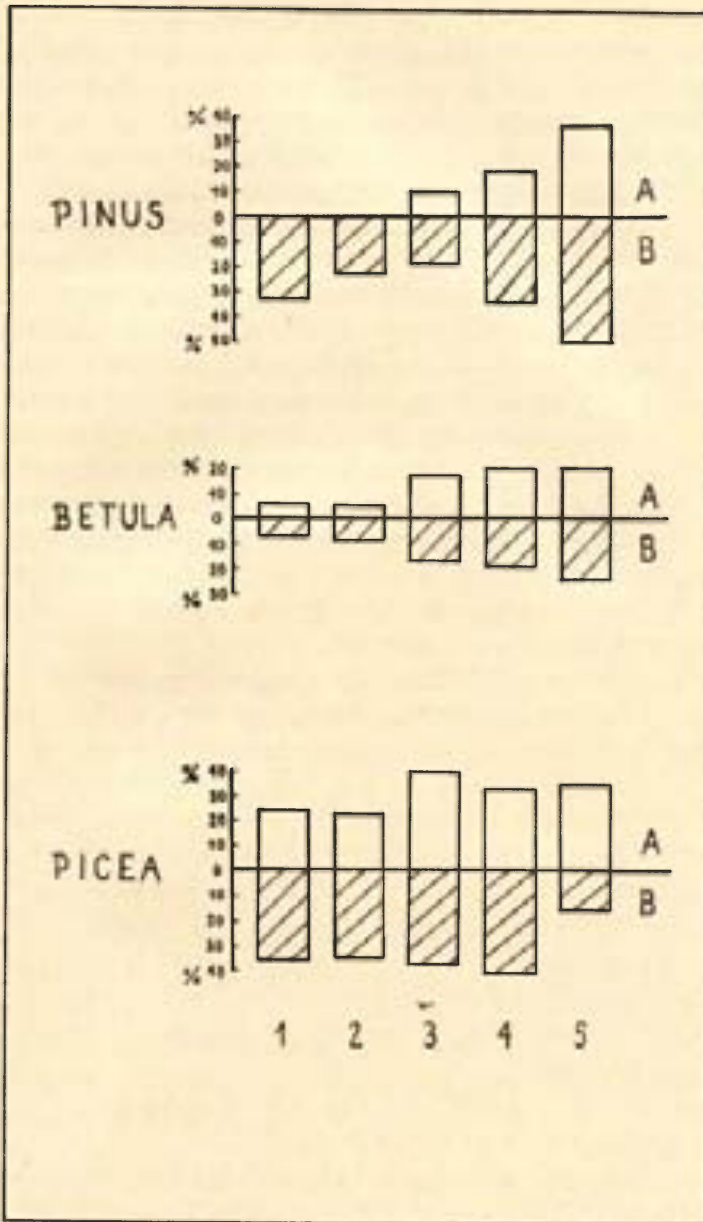
Sosna w zbiorowiskach borów mieszanych posiada w spektrach pył-

<sup>75</sup> Dyakowska, *op. cit.*, s. 67.

<sup>76</sup> Borowik-Dąbrowska, *op. cit.*, s. 23—30.

<sup>77</sup> F. Pohl, *Die Pollenerzeugung der Windblüher*, „Beihefte Botanische Centralblatt”, t. 56: 1937, s. 673—692.

<sup>78</sup> Brem, Sobolewska, *op. cit.*



Ryc. 7. Średni procentowy udział drzew w drzewostanie (A) i średni udział pyłku drzew w spektrach pyłkowych 5 zbiorowisk leśnych (B)

Objaśnienia: 1 — łęg (*Circaeo-Alnetum*); 2 — grąd (*Quercus-Carpinetum*); 3 — bór mieszany wilgotny (*Quercus-Piceetum*); 4 — bór mieszany świeży (*Pino-Quercetum*); 5 — bór sosnowo-świerkowy (*Vaccinio myrtilli-Pinetum*)

Fig. 7. Average participation of trees in crown layer (A) and average AP frequencies in pollen spectra of 5 forest communities (B)

Explanation: 1 — ash wood (*Circaeo-Alnetum*); 2 — hornbeam-oak (*Quercus-Carpinetum*); 3 — oak-spruce (*Quercus-Piceetum*); 4 — Scots pine-oak (*Pino-Quercetum*); 5 — Scots pine-spruce (*Vaccinio myrtilli-Pinetum*)

kowych dwukrotnie wyższy udział niż jej procentowe wartości w drzewostanie. W grądach i olesach, gdzie nie ma sosny w drzewostanie, jej pyłek występuje w ilości 20-30%. W borze sosnowo-świerkowym jest wszędzie nadreprezentacja i dopiero w przypadku udziału w spektrum większego od 30% można uważać, że występowała w bliskim otoczeniu. Podobny wynik przytacza A. Kriesl<sup>79</sup>, podając udział 20-30% pyłku przy braku sosny w drzewach. A. Scamoni<sup>80</sup> dopiero 60% udział uważa za pewną obecność drzew. A zatem w odniesieniu do sosny potwierdza się nadreprezentacja, dla świerka zaś obniżenie reprezentacji.

Wniosek, jaki wypływa z powyższych danych, jest następujący: dla określenia faktycznych stosunków roślinności ze spektrum pyłkowego należy oznaczyć typ zbiorowiska, z jakim mamy do czynienia. Można to wykonać na podstawie analizy ekologicznej grup typów sporomorf o przeważającym udziale. Interpretując spektra pyłkowe z głębszych warstw profilów glebowych należy brać pod uwagę szczególnie rozkład selektywny i infiltrację. Pewną pomocą będzie tu bezsprzecznie udział roślin zielnych, których część, stosunkowo łatwa do określenia, jest pochodzenia lokalnego z zupełnie niewielkiego obszaru — kilkunastu do kilkudziesięciu metrów kwadratowych<sup>81</sup>.

Stosowanie tzw. przeliczników do spektrów pyłkowych wydaje się ciągle bardzo ryzykowne i winno ograniczać się do określonych terenów. Na przykład dane S. Th. Andersena<sup>82</sup> odnieść należy do terenu Draved i do mieszanego lasu liściastego. Jako przykład można podać przelicznik dla brzozy z najbliższego otoczenia kurhanu. Według mapy i opisu urządzenia leśnego na obszarze 2 ha dookoła kurhanu zajmuje ona powierzchnię 0,05 ha, a więc 2,5%. Natomiast w spektrum powierzchniowym jej udział stanowi 20,6%, a więc przelicznik frekwencji przez wielkość powierzchni czyli — współczynnik korekcyjny wynosi blisko 8. Na obszarze zaś 50 ha dookoła kurhanu teren zajęty przez drzewa brzozy stanowi 3 ha, to jest 6% powierzchni. Przelicznik wynosiłby tym razem ponad 3.

Należy podkreślić, że zarówno rozważania i wyniki badań wymienionych tu badaczy, jak i autorki niniejszej pracy nie mogą być pomocne przy interpretowaniu diagramów pyłkowych z torfowisk i jezior.

<sup>79</sup> A. Kriesl, *Peloanalytický průzkum lesního humusu v okolí Červených Janovic u Kutné Hory*, „Práce Vyzoký Ústav Lesnický ČSR”, t. 17: 1959, s. 183—216.

<sup>80</sup> Scamoni, *op. cit.*

<sup>81</sup> Borowik-Dąbrowska, *op. cit.*, s. 86.

<sup>82</sup> Andersen, *Tree Pollen...*; tenże, *The Relative Pollen...*

## Sporomorfy NAP

Analiza źródeł pochodzenia pyłku drzew i przyjętego podziału na pyłek lokalny i obcy została zastosowana do sporomorf NAP. Podstawę podziału stanowiły listy roślinności boru sosnowo-świerkowego A. W. Sokołowskiego<sup>83</sup> i roślinności antropogenicznej J. B. Falińskiego<sup>84</sup>. Część sporomorf łatwo zaklasyfikować jako lokalne. Natomiast niektóre typy pyłkowe obejmujące rodzaj, a nawet rodzinę, zawierają gatunki o zupełnie różnych wymogach ekologicznych i pochodzeniu, np. różowate (*Rosaceae*), motylkowate (*Papilionaceae*), śliwa (*Prunus*) itp., i tych nie można dokładniej oznaczyć.

Większość sporomorf NAP stanowią typy pochodzące z lokalnych krzewów i roślin dna lasu. Dotychczasowe badania i obserwacje wykazały<sup>85</sup>, że możliwości wydostania się pyłku i spor NAP ponad korony drzew, szczególnie w okresie letnim, przy ulistnionym drzewostanie są bardzo niewielkie. Również istnieje niewielkie prawdopodobieństwo wyniesienia pyłku gatunków wiatropylnych i spor przenoszonych prądem powietrza ze względu na małą prędkość wiatru w lesie. F. Firbas i S. Th. Andersen<sup>86</sup> uważają, że przeniesienie sporomorf dalej niż kilka metrów jest mało prawdopodobne; zdaniem tego drugiego badacza nieco dalej transportowany jest pyłek roślin wyższego wzrostu, jak wiązówka (*Filipendula*) czy pępawa (*Crepis*). Andersen podaje za R. Bastin<sup>87</sup>, że pyłek NAP znaleziony w odległości dalszej niż 25 m od brzegu lasu przypuszczalnie jest przeniesiony ponad koronami drzew.

Ziarna pyłku roślin owadopylnych, stanowiących większość flory, mają szanse przeniesienia związane ze zdolnością poruszania się owadów, a więc najczęściej na odległość co najmniej kilkudziesięciu metrów.

Na diagramach pyłkowych uszeregowano sporomorfy NAP w grupach ekologiczno-fitosocjologicznych. Grupę pierwszą stanowią typy pyłku, których rośliny macierzyste zajmują siedliska wilgotne. Składa się na nie pyłek pochodzący z roślin owadopylnych i przenoszone wiatrem zarodniki paprotnikowatych (*Polypodiaceae*), torfowców (*Sphagnum*) i widłaków (*Lycopodium*), które przypuszczalnie zajmowały stanowisko oddalone o 40-70 m.

<sup>83</sup> Sokołowski, *Fitosocjologiczna...*

<sup>84</sup> J. B. Faliński, *Roślinność dróg leśnych w Białowieskim Parku Narodowym*, „Acta Societatis Botanicorum Poloniae”, t. 30: 1961, nr 1, s. 163—185; tenże, *Antropogeniczna roślinność Puszczy Białowieskiej*, Warszawa 1966, s. 255.

<sup>85</sup> Faegri, Iversen, *op. cit.*, s. 34.

<sup>86</sup> F. Firbas, *Über die Bestimmung der Walddichte und der Vegetation waldloser Gebiete mit Hilfe der Pollenanalyse*, „Planta”, t. 22: 1934, s. 109—145; Andersen, *The Relative Pollen...*

<sup>87</sup> Andersen, *op. cit.*, s. 40.

Do drugiej grupy włączono typy sporomorf pochodzące od gatunków z boru sosnowo-świerkowego (od *Anthericum ramosum* po *Calluna* włącznie). W czwartej grupie zebrano rodzaje pyłku pochodzące od roślin światłolubnych, występujących na polanach czy porębach: wierzbownicy (*Epilobium*), rutewki (*Thalictrum*), pszeńca (*Melampyrum*), macierzanki (*Thymus*) i dziurawca (*Hypericum*).

Wskaźniki antropogeniczne stanowiące trzecią grupę potraktowano jako pochodzące z transportu, a zatem pyłek obcy. Przypuszczalnie pyłek szczawiu polnego (*Rumex acetosella*) mógłby w diagramach pyłkowych (patrz podrozdział: „Interpretacja diagramów pyłkowych”) pochodzić od roślin występujących na kurhanie, gdyż egzemplarze szczawiu występowały we współczesnym stadium zarastania kurhanu (tab. 2).

Bardziej istotną kwestią jest pochodzenie pyłku wszystkich pozostałych roślin, a więc zbóż, synantropów i chwastów. Rośliny macierzyste dostarczające pyłek stanowią grupę wtórnie wiatropylną<sup>88</sup>, stąd ich zdolność rozprzestrzeniania się jest znaczna. Najwyraźniej i z całą pewnością może być przedstawione pochodzenie zbóż z Polany Białowieskiej, oddalonej ca 5 km (tab. 10).

W tabeli 10 zestawiono koncentrację pyłku zbóż w poszczególnych próbkach wraz z chronologicznymi danymi o wzroście powierzchni Polany Białowieskiej. Wykorzystano do tego dane J. B. Falińskiego<sup>89</sup>. W próbie z głębokości 6-8 cm uwidacznia się wyraźny skok udziału pyłku zbóż. Wyjaśnienie tego można odnaleźć w opracowaniu E. Więckiego<sup>90</sup>, który podaje, że według pomiaru Puszczy Białowieskiej z lat 1870-1871 nastąpiło wówczas zmniejszenie ogólnej powierzchni lasów o ok. 21 tysięcy hektarów w porównaniu do r. 1869. Spowodowane to było nadaniem ludności chłopskiej gruntów uprawnych, a częściowo lasów i nieużytków w wyniku realizacji ukazu uwłaszczeniowego z 1869 r.

W ostatniej kolumnie tab. 10 umieszczono wyliczenie przypuszczalnego czasu infiltracji ziarn pyłku zbóż przez warstwę o miąższości 1 cm. Wynosi on ok. 15 lat i jest mniej więcej stały w górnym profilu gleby, a tylko dla pierwszych 6 cm jest nieco mniejszy; dotyczy to warstw narastającego złoża próchnicznego.

Jak chodzi o rośliny łąkowe i pozostałe, to trudno jest określić jednoznacznie pochodzenie pyłku. Biorąc pod uwagę sposób rozprzestrzeniania się NAP, o czym informowano powyżej, większość z nich należy traktować jako pochodzące z lokalnego źródła.

<sup>88</sup> W. Szafer, *Kwiaty i zwierzęta*, Warszawa 1969, s. 76.

<sup>89</sup> Faliński, *Antropogeniczna roślinność...*, s. 30.

<sup>90</sup> Więcko, *op. cit.*, s. 301.

## Znaczenie stosunku NAP do AP

Stosunek sumy NAP do sumy AP używany jest do określenia charakteru formacji roślinnych: otwartych i zamkniętych<sup>91</sup>. Według H. Jonassena<sup>92</sup> suma NAP wynosi poniżej 50% z powierzchni leśnych, a w bardziej otwartych zbiorowiskach, które buduje np. brzoza, jest wyższa. Przy dużej ilości wrzosowatych w runie można znaleźć w spektrum pyłkowym do 100% ziarn pyłku tychże<sup>93</sup>. A. J. Havinga<sup>94</sup> odnośnie do spektrów z gleb piaszczystych wyraża obawę, czy możliwe jest określenie otwartego charakteru zbiorowiska przy przypadkowej nadprodukcji — nadreprezentacji (*arbitrary over-representation*). Jako przykład podaje wysokie procenty pyłku wrzosu. W złożu piaszczystym mogą one być wynikiem obfitej lokalnej produkcji oraz rozkładu selektywnego.

Faegri i Iversen<sup>95</sup> omawiając źródła błędu analizy pyłkowej jako pierwszy problem rozpatrują właśnie lokalną nadreprezentację pyłku (*local over-representation*). Nieznaczną możliwość rozprzestrzeniania większości NAP stwarza według autorów niebezpieczeństwo miejscowej nadreprezentacji w diagramie niedrzew, nawet większej niż w przypadku AP; z drugiej strony łatwiej jest jednak sprawdzić występowanie producentów pyłku NAP w macierzystej formacji.

Faegri<sup>96</sup> podaje wartości NAP dla zachodniej Norwegii: przeciętnie 5% w obszarach leśnych, a do 50% w obszarach bezleśnych (dla diagramów totalnych). L. Aario<sup>97</sup> dla lasu sosnowego z Petsamo podaje 20%, W. P. Griczuk<sup>98</sup> dla lasu sosnowego z Karelii 15%, natomiast K. Mamakowa<sup>99</sup> również dla lasu sosnowego w Norwegii do 40% NAP.

Dane spektrów powierzchniowych<sup>100</sup> z borów sosnowo-świerkowych wykazały średnio 10% NAP dla oznaczeń totalnych, w granicach od 2 do 20%, a dla AP = 100% od 2 do 25%.

W spektrum próby powierzchniowej kurhanu występuje 9,6% NAP, co wskazuje na zwarty drzewostan i rzeczywiście najbliższa powierzchnia

<sup>91</sup> Faegri, Iversen, *op. cit.*, s. 119.

<sup>92</sup> Jonassen, *op. cit.*

<sup>93</sup> F. Firbas, *Ein nordböhmischer Beitrag zur pollenanalytischen Behandlung der Heidefrage*, „Natur und Heimat”, t. 8: 1937, s. 10—16.

<sup>94</sup> Havinga, *A Palynological Investigation...*, s. 44.

<sup>95</sup> Faegri, Iversen, *op. cit.*, s. 116.

<sup>96</sup> Faegri, Iversen, *op. cit.*, s. 117.

<sup>97</sup> L. Aario, *Über die Pollenanalytischen Methoden zur Untersuchung von Waldgrenzen*, „Geologiska Föreningens Stockholm Förhandlingar”, t. 66: 1944, s. 337—354.

<sup>98</sup> W. P. Gričuk, *Rastitel'nost' russkoj ravniny v niže- i srednečetvertičnoe vremja*, „Trudy Instituta Geografii Akademii Nauk SSSR”, t. 46: 1950.

<sup>99</sup> Mamakowa, *op. cit.*

<sup>100</sup> Morowik-Dąbrowska, *op. cit.*

dookoła kurhanu miała zadrzewienie ca 60%. Przyjmując, że stosunki sum NAP do AP były podobne we wcześniejszych okresach, próba pobrana z głębokości 2-4 cm może być uważana częściowo za leśną (23% NAP). Natomiast wszystkie pozostałe, gdzie suma NAP stanowiła od 31 do 39%, a w diagramie AP = 100% od 45 do 66%, wskazywałyby na niewielkie zadrzewienie otoczenia kurhanu, a raczej na istnienie tu polany niezbyt dużych rozmiarów, być może z pojedynczym drzewem.

Jako miary nieleśnych stosunków mogą posłużyć stosunki spektrów z opadu deszczu pyłkowego z polany śródleśnej (punkt badań 45) w tym samym oddziale. Stosunek ten średnio za lata 1960 do 1963 dla przeliczeń procentowych totalnych wynosi 37%. W tym zestawieniu potwierdzałyby się zatem charakter rozwarcia polany. Rozmiary polany są ca  $100 \times 25-30$  m, czyli ok. 3000 m<sup>2</sup> powierzchni (patrz ryc. 6).

Zastrzeżenia A. J. Havinga<sup>101</sup> o nadprodukcji pyłku wrzosu nie mają znaczenia w przypadku rozważanego profilu, gdyż ilości pyłku, który tu wystąpił, w diagramie totalnym wynoszą maksymalnie 28%, a przy AP = 100% osiągają 46%.

#### KOROZJA I ROZKŁAD SPOROMORF

W literaturze palinologicznej dość często znajdujemy wzmianki o stanie zachowania sporomorf, ale dopiero w ostatnich latach podjęto systematyczne badania tego zjawiska<sup>102</sup>.

Problem ma dwa aspekty: pierwszy to korozja — niszczenie sporomorf widoczne w zniekształceniach powierzchni różnego typu, jako korozja perforowana, pęknięcie, cieniienie itp., i drugi, będący konsekwencją pierwszego, doprowadzający do rozkładu — znikania — na skutek rozpadania się sporomorf na części nierozpoznawalne.

Czynniki powodujące niszczenie sporomorf opisał A. J. Havinga<sup>103</sup> i sformułował wnioski wyjaśniające udziały pewnych typów sporomorf. W zbieliowanej glebie piaszczystej najważniejszym procesem jest stopniowe cieniienie ścian ziarn pyłku i spor w wyniku utleniania, co A. J.

<sup>101</sup> H a v i n g a, *A Palynological Investigation...*

<sup>102</sup> A. G. S a n g s t e r, H. M. D a l e, *A preliminary Study of Differential Pollen Grain Preservation*, „Canadian Journal Botany”, t. 39: 1961, s. 35—43; tychże, *Pollen-grain Preservation; Underrepresented Species in Fossil Spectra*, tamże, t. 42: 1964, s. 437—449; H a v i n g a, *Investigation...*; tenże, *Palynology...*; tenże, *An Experimental...*; W. C. E s i k, *Degradation of Arcs in a Fossil Alnus Pollen Grain*, „Nature”, t. 209: 1966, s. 825; A. J. C u s h i n g, *Evidence for Differential Pollen Preservation in Late Quaternary Sediments in Minnesota*, „Review of Palaeobotany and Palynology”, t. 4: 1967, s. 87—101.

<sup>103</sup> H a v i n g a, *Palynology, passim*.



Havinga potwierdził zarówno w eksperymentach<sup>104</sup>, jak i w kopalnych profilach glebowych<sup>105</sup>. Natomiast perforacja ścian prawie nigdy nie występuje w ziarnach pyłku w bielicach, nawet przy bardzo dużym zniszczeniu tych ziaren. Perforacja ścian sporomorf pojawia się w wyniku ataku mikrobiologicznego w glebach z dużą aktywnością biologiczną, natomiast bielice są w tym względzie ubogie.

Po spaleniu pokrywy roślinnej pyłek pozostały w glebie jest przedmiotem różnych typów utleniania, powstają różne stopnie uszkodzenia i znacznie zredukowana jest koncentracja. Bardzo rzadko pyłek zostaje zniszczony zupełnie<sup>106</sup>.

Havinga<sup>107</sup> przedstawił sekwencję wzrastającej wrażliwości na korozję i utlenianie niektórych typów sporomorf, opartą na badaniach własnych i źródłach publikowanych, w odniesieniu do ubogich gleb piaszczystych. Kolejność ta przedstawia się następująco:

Widłak goździsty	<i>Lycopodium clavatum</i>
Paprotka zwyczajna	<i>Polypodium vulgare</i>
Sosna zwyczajna	<i>Pinus silvestris</i>
Woskownica europejska	<i>Myrica gale</i>
Lipa	<i>Tilia</i> sp.
Olsza czarna	<i>Alnus glutinosa</i>
Mniszek lekarski	<i>Taraxacum officinale</i>
Leszczyna (orzech laskowy)	<i>Corylus avellana</i>
Wyczyniec łąkowy	<i>Alopecurus pratensis</i>
Brzoza brodawkowata	<i>Betula verrucosa</i>
Wrzos zwyczajny	<i>Calluna vulgaris</i>
Grab zwyczajny	<i>Carpinus betulus</i>
Jałowiec pospolity	<i>Juniperus communis</i>
Wiąz pospolity	<i>Ulmus carpinifolia</i>
Topola	<i>Populus</i> sp.
Dąb szypułkowy	<i>Quercus robur</i>
Cis pospolity	<i>Taxus baccata</i>
Buk zwyczajny	<i>Fagus sylvatica</i>
Jesion wyniosły	<i>Fraxinus excelsior</i>
Borówka czarna	<i>Vaccinium myrtillus</i>
Jawor	<i>Acer pseudoplatanus</i>
Wierzba	<i>Salix</i> sp.

Autor ten uzupełnia wnioski po eksperymencie polowym<sup>108</sup> podając, że cis (*Taxus*) i paprotka (*Polypodium*) są silnie niszczone, również źle przechowuje się dąb. Potwierdził zatem swoją interpretację kopalnych

<sup>104</sup> Havinga, *An Experimental, passim*.

<sup>105</sup> Havinga, *A Palynological, passim*.

<sup>106</sup> Havinga, *Palynology...*, s. 83.

<sup>107</sup> Havinga, *op. cit.*, s. 86.

<sup>108</sup> Havinga, *An Experimental, passim*.

diagramów bielcowych<sup>109</sup>, w której ustalił, że silnie zaznaczona dominacja pyłku olszy wraz z wysokim udziałem pyłku wrzосу są rezultatem zaginięcia pyłku dębu, który początkowo był obecny w dużych ilościach. Jest to przypuszczalnie wynikiem odczynu środowiska, co wykazało doświadczenie laboratoryjne, w którym pyłek *Quercus* był bardziej gwałtownie niszczone w kwaśnym środowisku, natomiast olsza w alkalicznym<sup>110</sup>. Wszystkie przytoczone wyżej wnioski nie ujmują niestety zjawisk cyfrowo i trudno je stosować do przeliczeń w spektrach pyłkowych.

W badanym profilu notowano sporomorfy, które wykazywały jakikolwiek stan zaatakowania korozją, wyróżniając jedynie sporomorfy nierozpoznawalne jako zniszczone i zmięte, bez uwzględniania rodzajów korozji. W obrębie każdego oznaczonego typu sporomorfy zanotowano dane określające liczbę skorodowanych ziarn (tab. 8). Na diagramach koncentracyjnych oznacza je krzywa wyrażająca liczbę; na diagramach procentowych — krzywa wyliczonego procentu dla danego typu sporomorfy.

Najbardziej dotknięte korozją są sporomorfy w warstwie profilu od 25 do 58 cm, gdzie dochodzi ona do 35% (dla spektrów totalnych), a dla pyłku drzew 40% (ryc. 3 i 13). Występuje tu najniższa koncentracja sporomorf, wynikająca z tego, że opad deszczu pyłkowego na pozbawioną jeszcze roślinności i swobodnie wysuszoną powierzchnię usypanego kurhanu był najbardziej narażony na proces gwałtownego rozkładu — utlenienia powietrznego. Dodatkowym czynnikiem mogło być zmniejszenie produkcji pyłku NAP na skutek wypalenia runa w otoczeniu. Pozostałe sporomorfy zostały przesunięte w dół wraz z wodą opadową ulegając rozdziałowi selektywnemu według rozmiaru ziarn (patrz podrozdział „Koncentracja sporomorf”). Stąd zniekształcone są stosunki roślinności wyrażone w fazie 3 na diagramach procentowych, co pokazują zmiany liczb koncentracji typów pyłku: olszy, lipy, brzozy i leszczyny o podobnej średnicy od 17 do 37 mikronów, a zanikanie pyłku o dużych rozmiarach: świerka i sosny; te ostatnie posiadają polleninę<sup>111</sup>, która długo wystawiona na powietrze może ulegać samoutlenieniu.

Warstwa na głębokości 58-70 cm zawiera sporomorfy zniszczone dodatkowo pożarem i skorodowane. Prócz tego zwiększenie procentu skorodowanych sporomorf w próbkach z głębokości 64-67 cm, 67-70 cm i nawet być może 70-75 cm jest także rezultatem mechanicznego znisz-

<sup>109</sup> H a v i n g a, *A Palynological...*

<sup>110</sup> H a v i n g a, *op. cit.*, s. 29.

<sup>111</sup> F. Zetsche, O. Kälin, *Untersuchungen über die Membran der Sporen und Pollen, Zur Autooxydation der Sporopollenine*, t. 4, „*Helvetica Chim. Acta*”, t. 14: 1931, s. 517—519, za: H a v i n g a, *Palynology*, s. 83.

czenia. Część sporomorf, bardziej zniszczonych (cieńszych), ulegała przesuwaniu wraz z opadem deszczu w okresie przed usypaniem kurhanu, a po wypaleniu ognisk. A zatem udział ilościowy w głąb skorodowanych sporomorf w starszym profilu glebowym (58-80 cm) jest wynikiem: a) przepalenia, b) rozkładu w czasie, c) niszczenia mechanicznego w trakcie przesuwania podczas wmycia razem z węglami i drobnymi piaskami (do 25% Ag), prawdopodobnie pod działaniem ulewnego deszczu. Próba z głębokości 75-80 cm, tak jak i z głębokości 50-58 cm, posiada niższy procent sporomorf skorodowanych. Jest on przypuszczalnie wynikiem rozłożenia zupełnego poprzednio skorodowanych ziarn pyłku i spor.

Dane o ilości sporomorf skorodowanych w stosunku do wszystkich, obliczone dla każdego typu, pozwalają na przypuszczenie dość ryzykownie brzmiące: im większa jest ilość ziarn skorodowanych zaatakowanych, tym niższy jest rozkład. Otóż wysoka ilość zaatakowanych sporomorf świadczy o względnej odporności, natomiast sporomorfy wrażliwe szybciej ulegają rozpadowi — zanikają. Sekwencja wynikająca z układu typów pyłku według zmniejszającej się maksymalnej korozji jest dość podobna do sekwencji A. J. Havinga:

Sosna ( <i>Pinus</i> )	— 93%	Olsza ( <i>Alnus</i> )	— 37%
Świerk ( <i>Picea</i> )	— 80%	Dąb ( <i>Quercus</i> )	— 36%
Lipa ( <i>Tilia</i> )	— 53%	Wrzos ( <i>Calluna</i> )	— 34%
Grab ( <i>Carpinus</i> )	— 46%	Leszczyna ( <i>Corylus</i> )	— 31%
Brzoza ( <i>Betula</i> )	— 37%		

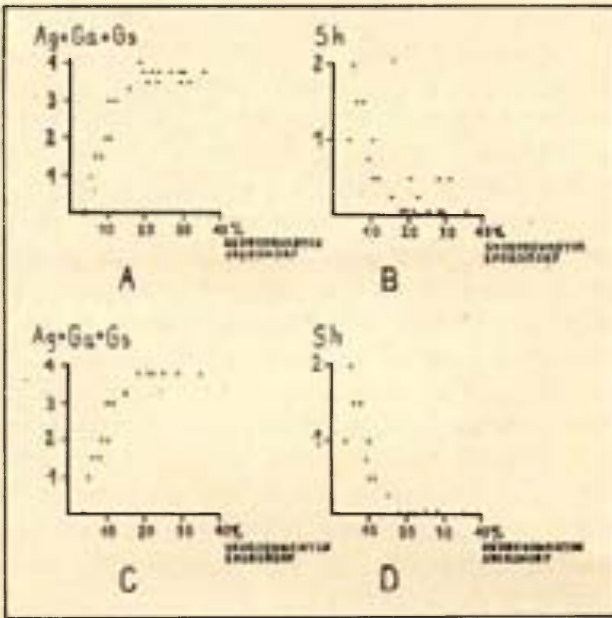
Niektóre typy sporomorf występowały w bardzo niewielkiej ilości, stąd nie wszystkie można było pomieścić w sekwencji i układ jej może być dyskusyjny.

Kwasowość złoża jest czynnikiem hamującym zniszczenie. Przy pH od 4 do 5,5 ilość skorodowanych sporomorf nie przekracza 12,3% dla pyłku drzew, 9,7% dla NAP (ryc. 2 i 3). Podobną zależność znaleźli G. W. Dimbleby i A. J. Havinga<sup>112</sup>. Wzrost udziału części mineralnych koreluje wprost proporcjonalnie do ilości sporomorf skorodowanych. Korelacje na ryc. 8 przedstawiają wymienione związki, szczególnie wyraźnie dla młodszego profilu glebowego (C i D).

#### INTERPRETACJA DIAGRAMÓW PYŁKOWYCH

Dane z protokołów stanowią podstawę do obliczeń zamieszczonych w tabelach i przedstawionych graficznie na diagramach. Podstawowe dane zawarte są także w diagramie koncentracyjnym, informującym o ilość-

<sup>112</sup> Dimbleby, *Pollen Analysis of Terrestrial...*; Havinga, *Investigation...*; tenże, *Palynology...*



Ryc. 8. Zależność ilości skorodowanych sporomorf (wyrażonych procentowo) od składu gleby

Objaśnienia: Zależność procentu skorodowanych sporomorf od: A — składników mineralnych; B — zawartości substancji humusowych; C — piasków średnich i grubych (dla profilu młodszego); D — substancji humusowych (Sh) (dla profilu młodszego)

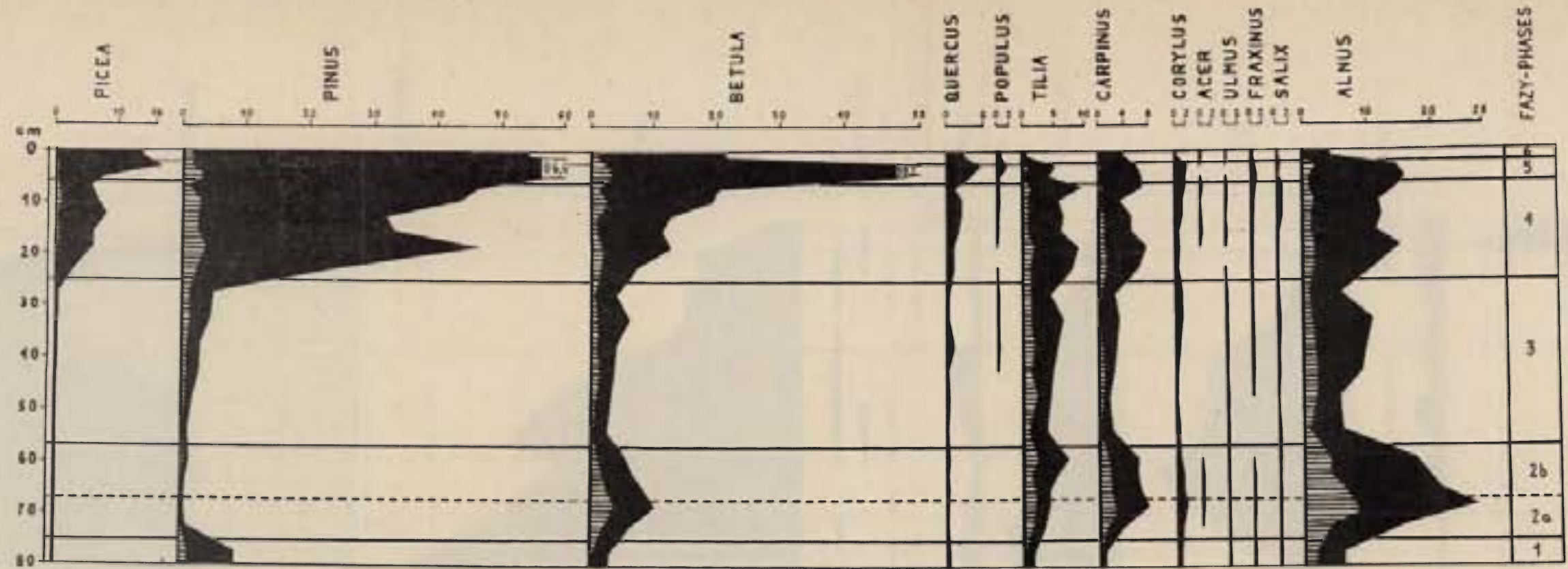
Fig. 8. Relation between quantity of corroded sporomorphs (in percentage) and soil components

Explanation: Relation between percentage of corroded sporomorphs and: A — mineral particles (Ag + Ga + Gs); B — humous substance; C — mineral particles 0,06-2 mm (for the upper part of profile); D — humous substance (for the upper part of profile)

ci sporomorf różnych typów (ryc. 9 i 10) oraz ich sumie (ryc. 3) oszacowanej dla 1 cm<sup>3</sup> osadu (APC). Z tych danych obliczono procentowe występowanie drzew — AP = 100% (ryc. 11 i 12), oraz drzew i roślin zielnych potraktowanych łącznie — diagram totalny (ryc. 13, 14 i 15).

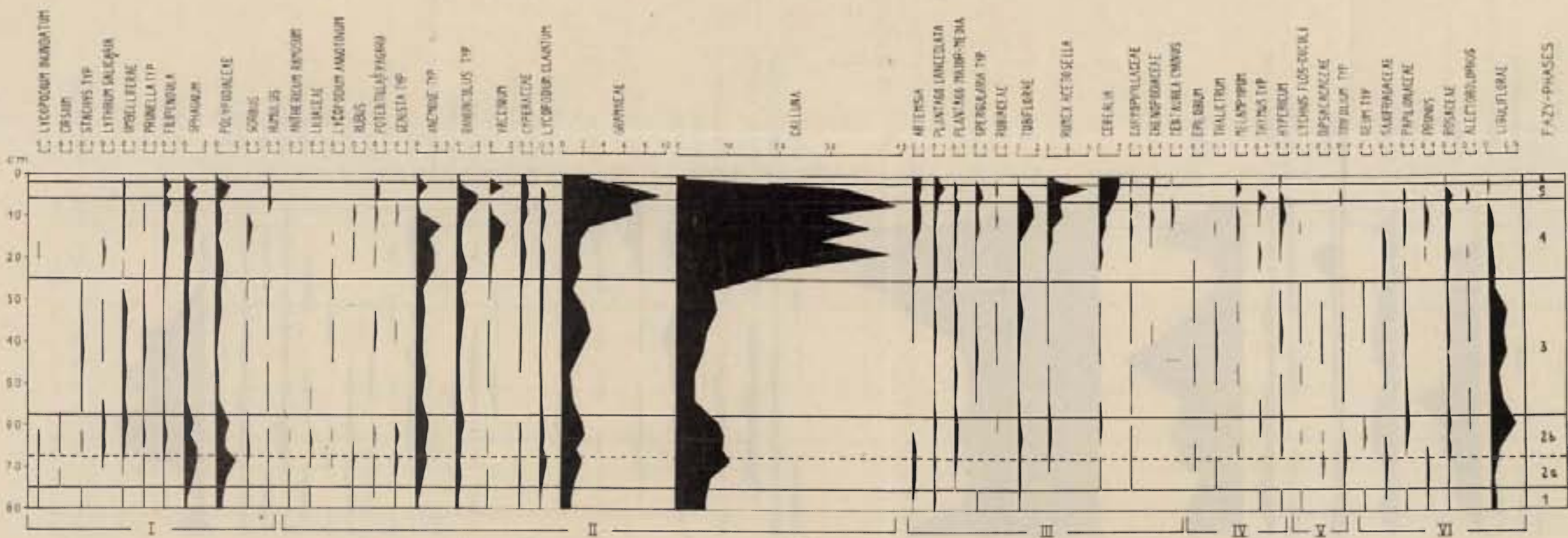
Diagram koncentracyjny jest ilustracją zmian ilościowego wystąpienia sporomorfy danego typu w układzie pionowym profilu. Natomiast diagram totalny przedstawia stosunki częstości występowania sporomorf różnych typów, które połączono w jedną grupę, głównie w celu uchwycenia występowania i wzajemnego stosunku formacji zbiorowisk leśnych i otwartych (AP : NAP). Diagram procentowy pyłku drzew AP = 100% przedstawia częstość różnych rodzajów pyłku i wykonano go w celu zilustrowania zmian w obrębie warstwy drzew.

Trzeba dodać, że w niniejszej pracy mamy do czynienia z wynikami



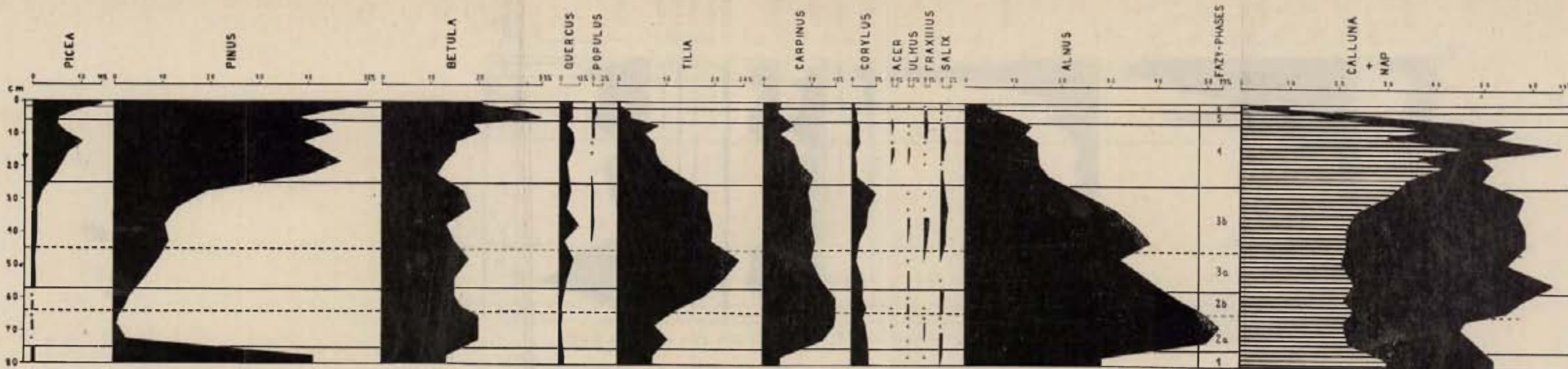
Ryc. 9. Diagramm koncentracyjny AP. Zakreskowana powierzchnia oznacza liczbę skorodowanych sporomorf (dla niektórych typów pyłku drzew). Dane liczbowe sporomorf w tysiącach/cm<sup>3</sup>

Fig. 9. Concentration diagram AP. For some pollen types the numbers of sporomorphs corroded are marked by dashed lines. Numbers refer to thousands of sporomorphs per cm<sup>3</sup>

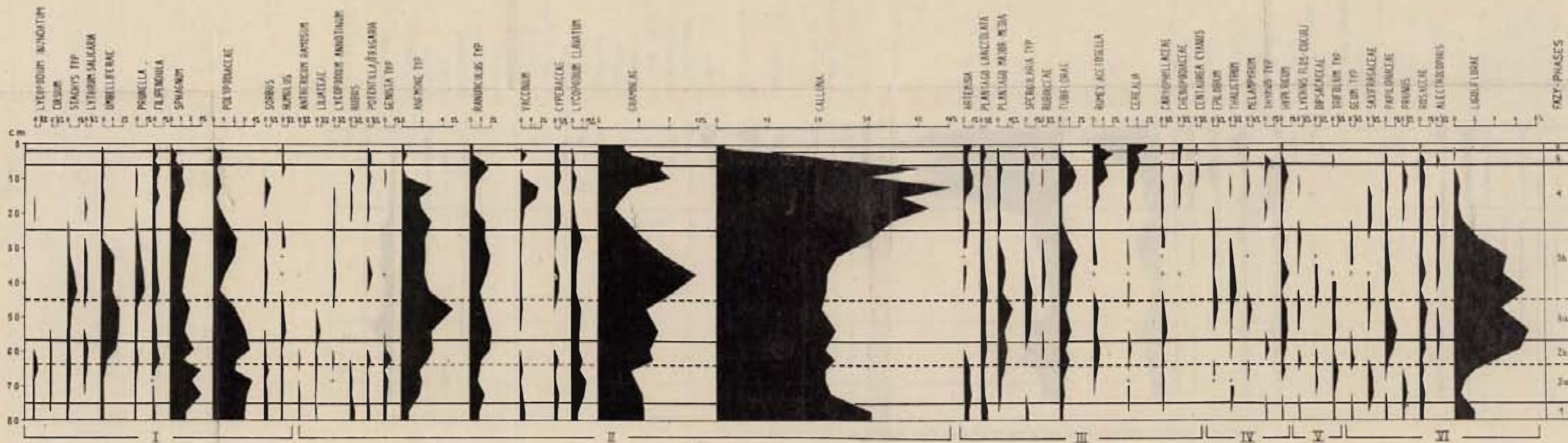


Ryc. 10. Diagramm koncentracyjny typów sporomorf NAP. Dane liczbowe sporomorf w tysiącach/cm<sup>3</sup>

Fig. 10. Concentration diagram of NAP sporomorphs. Number refer to thousands of sporomorphs per cm<sup>3</sup>

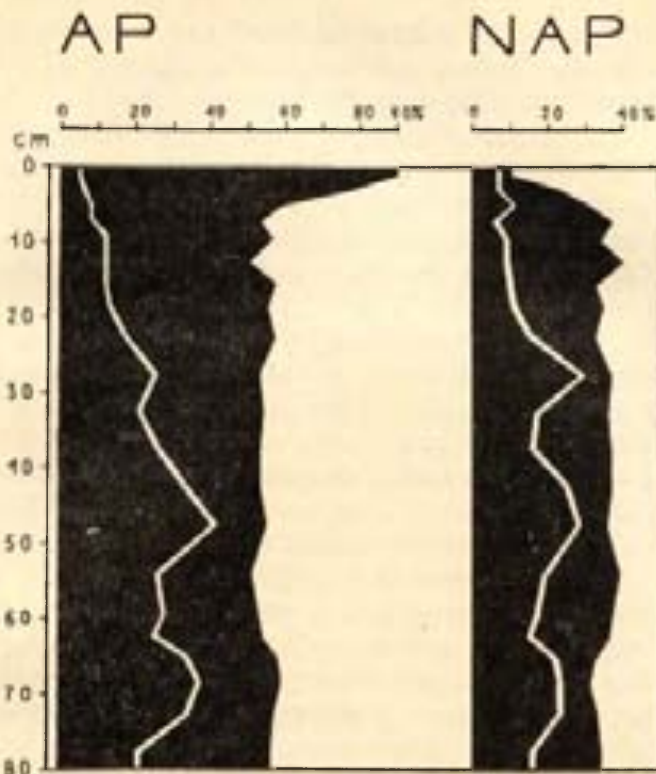


Ryc. 11. Diagram procentowy AP = 100% (suma NAP + Calluna liczona w stosunku do AP)  
 Fig. 11. Diagram of AP pollen = 100% (the sum of NAP with Calluna calculated in relation to AP)



Ryc. 12. Diagram procentowy typów NAP wliczony w stosunku AP = 100%

Fig. 12. Percentage diagram of NAP calculated to AP = 100%



Ryc. 13. Diagram procentowy pyłku drzew (AP) i innych typów sporomorf (NAP). Linia wskazuje procent skorodowanych sporomorf

Fig. 13. Percentage diagram of tree pollen (AP) and the other types of spores (NAP). The percent of spores corroded is marked by line

analizy pyłkowej, które w dużej mierze odbiegają od takowych uzyskiwanych w drodze analizy torfów czy osadów jeziornych. Profil z kurhanu ma bowiem bardzo złożoną genezę. Na samym początku (w warstwach na głębokości poniżej 58 cm) mamy sporomorfy, które przeniknęły do głębszych warstw gleby jeszcze przed usypaniem kurhanu i zniszczeniem warstwy ścióły, butwiny i części warstwy próchnicznej. Następnie w warstwach na głębokości 25-58 cm stwierdza się istnienie nasypu kurhanu stanowiącego jakby surowy materiał, z którego uformowała się nowa gleba. Na jej powierzchni najprawdopodobniej przez długi okres osadzały się sporomorfy, z których większość ulegała samoutlenieniu i rozkładowi, a inne — zależnie od średnicy ziarn lub zarodników — przesuwane były w głąb wraz z wodą opadową. Tak więc w tej warstwie można się doszukiwać spektrów szczątkowych. Do pełnej in-

terpretacji jest potrzebna znajomość przebiegu i nasilenia rozkładu i samoutlenienia ziarn pyłku. Jest to dziedzina nieomal nie znana, a niemniej o podstawowym znaczeniu dla całej palinologii.

Dopiero w następnym etapie, kiedy roślinność leśna opanowała teren, możemy mówić o powstaniu warstwy ściółki i butwiny, warstwy kwaśnego humusu oraz podległej warstwy próchnicznej. Równocześnie zaczyna się proces rozkładu masy organicznej i wraz z utworzonym roztworem koloidalnym gleby powstają warunki do przesuwania w głąb zachowanych w ogromnej ilości ziarn pyłku i spor.

Nie sposób jednak pominąć tradycyjnej techniki pracy palinologa i dlatego trzeba było obok diagramu koncentracyjnego sporządzić zwykłe diagramy pyłkowe. Diagram koncentracyjny różni się od procentowych. Natomiast diagramy procentowe drzew  $AP = 100\%$  i totalny nie przedstawiają zasadniczych różnic. Diagram procentowy drzew ze względu na użytą skalę przedstawia stosunki częstości między ziarnami pyłku tej grupy i w omówieniu składu lasu oparto się przede wszystkim na nim. Drugim momentem przemawiającym za odniesieniem danych do diagramu procentowego drzew jest częstsze używanie go przez palinologów i w związku z tym szersze możliwości porównania wyników. Do grupy AP wliczono także pyłek leszczyny (*Corylus*) i wierzb (*Salix*). Kwitnienie leszczyny i wierzb przebiega zazwyczaj przed ulistnieniem drzew i najczęściej rosną one w lukach między drzewami, a zatem roznoszenie ich pyłku ma miejsce przy nagrzaniu słonecznym, kiedy układy termiczne (radiacyjny i insolacyjny) sprzyjają temu procesowi. Podobnie przebiega to przy kwitnieniu innych drzew, których kwiatostany są rozmieszczone na szczytach wyniesionych koron i duża część pyłku jest unoszona w powietrzu. Niemniej jednak trzeba potraktować koncentrację sporomorf jako pochodzącą od roślinności lokalnej, co omówiono w podrozdziale „Źródła pochodzenia pyłku”. Oddzielnie zilustrowano ją dla AP i NAP (ryc. 3), gdzie w ogólnym zarysie zaznacza się podobny jej przebieg. Jednak jest on bardziej wyraźnie zaznaczony dla drzew, których pyłek występuje w ilościach od 18 do 200 tysięcy na  $\text{cm}^3$ , NAP od 10 do 65 tysięcy.

Dla grupy NAP sporządzono cztery diagramy: koncentracyjny (ryc. 10) i trzy rodzaje procentowych: totalny (ryc. 15), procentowy zielnych w stosunku do drzew (kiedy AP stanowią podstawę do obliczeń równą  $100\%$  — ryc. 12) i osobny, w którym  $NAP = 100\%$  (ryc. 16). Kolejność układu typów NAP wybrano kierując się ich udziałem ilościowym i ekologią roślin macierzystych. Pierwszą grupę sporomorf stanowią te, które wyznaczają siedliska wilgotne: torfowisko, oles i łęg. Następnie grupę II od pajęcznicy gałęzistej (*Anthericum ramosum*) do wrzосу (*Calluna*) włącznie zajmują typy związane z borem sosnowo-świerkowym. Grupę III



wskazującą na roślinność antropogeniczną rozpoczyna bylica (*Artemisia*), następnie inne synantropy, zboża i chwasty. Dalej mamy rośliny światłolubne (grupa IV), jak wierzbownica (*Epilobium*), rutewka (*Thalictrum*), pszeniec (*Melampyrum*), macierzanka (*Thymus*) i dziurawiec (*Hypericum*). Potem grupę V łąkowych: firletka poszarpana (*Lychnis flos-cuculi*), szczeciowate (*Dipsacaceae*), koniczyna (*Trifolium*). Na końcu zaś (grupa VI) zostały umieszczone typy, zajmujące różne siedliska i spotykane w kilku zespołach roślinnych.

Każdy diagram podzielono na fazy i podfazy. Podział został wykonany na podstawie zmian udziału ilościowego głównie typów pyłku drzew, a w mniejszym stopniu wydzielonych grup ekologicznych NAP. Podział na fazy jest zgodny we wszystkich diagramach, natomiast wydzielenie podfaz jest różne, inne na diagramie koncentracyjnym i inne na procentowych. Najłatwiej jest je wydzielić na diagramie koncentracyjnym, gdyż zmiany zaznaczają się tutaj najwyraźniej. Wydzielono 6 faz, które zostaną omówione poniżej. Dodatkowo korzystano także z podziału wynikającego z diagramu AP = 100%.

Faza 2 w diagramie koncentracyjnym została podzielona na dwie podfazy. Podfaza 2b obejmuje próby, które mają zniekształconą koncentrację sporomorf w wyniku wypalenia i sypania kurhanu.

W diagramach procentowych wydzielono podfazy na podstawie zmian dwóch typów pyłku drzew, fazy zaś — więcej niż trzech.

Faza 1 — wydzielono ją na podstawie analizy jednej próby piasku z warstwy na głębokości 75–80 cm. Odznacza się bardzo niską koncentracją sporomorf (APC = 30 734/cm<sup>3</sup>). Ze stosunku pyłku drzew i roślin zielnych wynika, że dominującą rolę odgrywała tu roślinność otwarta. Jeżeli jednak udział pyłku wrzosu potraktować jako wynik selektywnego rozkładu i lokalnej nadprodukcji, to należy przypuszczać, że roślinność leśna istniała w odległości kilkudziesięciu metrów od miejsca badań. Ta interpretacja jest oparta na analogii z wynikami analizy pyłkowej ze śródleśnej polany położonej dość blisko miejsca badań (ryc. 6B), w odległości 230 m na południowy wschód od kurhanu. Z analizy przekroju kurhanu (patrz opis gleby) wynikało, że został on usypany na niewielkim, naturalnym wzniesieniu terenu. W odległości 20 m usytuowano drugi kurhan, co świadczy w pewnej mierze o charakterze polany i jej wielkości, a nawet o spodziewanym kształcie wydłużonej powierzchni nieleśnej. Mamy tu najprawdopodobniej do czynienia z przejściowym poziomem gleby kopalnej — wmycia (B) i skały macierzystej (C). Porównanie spektrum tej próby z deszczem pyłkowym pobliskiej polany (punkt 45 — ryc. 6B) pozwala na stwierdzenie, że totalny udział NAP jest nieomal identyczny: 37% na polanie i 34,4% w fazie 1. Pozwala to na przypuszczenie, że powierzchnia polany z kurhanami była po-

dobna do powierzchni śródleśnej polany (punktu 45), tzn. miała ok.  $100 \times 30$  m (0,3 ha).

Otoczające zbiorowisko leśne stanowił bór sosnowy z brzozą. Olsza występowała w znacznie bliższej odległości niż dziś. Natomiast inne drzewa w dalszym otoczeniu.

Faza 2 — różni się wyraźnie od poprzedniej. Jak to podano na wstępie, zaznacza się tu przerwa w czasie formowania warstwy próchnicznej. Różnica w koncentracji wskazuje raczej na krótki okres. Przerwa ta może być wynikiem zniszczenia drzewostanu, po czym następuje szybki rozkład próchnicy nadkładowej, zachodzący z warunkiem silnego naświetlenia<sup>113</sup>. Zmiana w koncentracji pyłku sosny wskazuje na słuszność tego przypuszczenia. Natomiast ściśle określenie czasu trwania tego procesu nie jest możliwe. Opierając się na pracach historyków<sup>114</sup> można sądzić, że po okresie rzymskim działalność człowieka nastąpiła nie wcześniej jak w X w.

Faza 2 dzieli się na dwie części. Na diagramie koncentracyjnym zaznaczono podfazę 2a, którą wydzielono na podstawie analizy 2 próbek; odznaczają się one koncentracją sporomorf większą niż w fazie 1 o 50% (30 tysięcy, 45 tysięcy, 75 tysięcy). W następnej podfazie (2b) spada ona do 60 tysięcy i utrzymuje się w trzech próbach.

Na podstawie spektrów procentowych można wnosić, że w podfazie 2a sosna została najprawdopodobniej usunięta z pobliskiego drzewostanu, a może z większego terenu. Zwiększona zostaje rola olszy, co wyraża się wzrostem udziału jej pyłku w spektrum AP z 29% do 50% i trzy- do czterokrotnym zwiększeniem jej pyłku na  $\text{cm}^3$  osadu. Jest to niewątpliwie odbiciem jej lokalnego występowania w niewielkim oddaleniu od profilu. N. Wirejski i J. Wostokowa<sup>115</sup> podają, że pojedyncze osobniki olszy rosną na wododziałach i mogą wskazywać na obecność wód zaskórnych na głębokości do 5 m. Zajmuje ona siedliska nieckowatych dolinek, łagodnych stoków i wskazuje na obecność piasków lub piasków gliniastych podścielonych glinami piaszczystymi i bielic oglejonych. Autorzy jako zbiorowisko wskaźnikowe podają las grabowo-dębowy, w którego drugim piętrze występuje olsza, a w runie jeżyna popielica (*Rubus caesius*) paprotkowate, tojeść pospolita (*Lysimachia vulgaris*), wiązówka błotna (*Filipendula ulmaria*) i mszaki (*Musci*). Podobne siedliska istnieją dziś w sąsiedztwie kurhanu nr 2 z tego stanowiska i wchodzą częściowo w jego warstwy spągowe. Na profilu widoczne były poziomy oglejenia przy wyraźnie odznaczonym procesie bielicowania. Łagodny

<sup>113</sup> Musierowicz, Uggla, *op. cit.*

<sup>114</sup> Wiśniewski, *op. cit.*, s. 26.

<sup>115</sup> N. Wirejski, J. Wostokowa, *Określanie składu warstw glebowych i występowania wód*, Warszawa 1965, s. 196.

stek niewielkiej niecki zakryto nasypem kurhanowym; mógł on być zajęty przez olszę. J. Tomaszek<sup>116</sup> stwierdza również, iż olsza może rosnąć na niezbyt suchych miejscach piaszczystych. Zwykle towarzyszy jej leśszczyzna. Znaleziony pyłek zielnych wskazuje na rośliny wilgotnego siedliska. W całej fazie najliczniej występują: ostrożeń (*Cirsium*), wielosił błękitny (*Polemonium coeruleum*), śledziennica (*Chrysosplenium*), kosaćiec żółty (*Iris pseudoacorus*), widłak torfowy (*Lycopodium inundatum*), torfowce (*Sphagnum*) oraz elementy wskaźnikowe przytoczone wyżej z pracy Wirejskiego i Wostokowej.

W dalszym ciągu są obecne wszystkie typy należące do roślin runa borowego. Drzewostan najbliższego otoczenia to mozaika lasu grabowo-dębowego oraz olszyna. Wejście brzozy do drzewostanu jako naturalnego stadium odnowienia na siedlisku boru sosnowego jest niewątpliwie skutkiem braku sosny. Wiązać to należy z działalnością człowieka. W spektrach podfazy 2a występuje pyłek zbóż i licznych synantropów: bylicy, babki lancetowatej. Mamy tu jednakże jeszcze więcej wskaźników wydepczyisk, jak: babka zwyczajna (*Plantago maior*), szczaw polny (*Rumex acetosella*), a z goździkowatych (*Caryophyllaceae*): bniec biały (*Melandrium album*), gwiazdnica trawiasta (*Stellaria graminea*) i pospolita (*S. media*) — „towarzysz kultury”<sup>117</sup> oraz rurkowe ze złożonych (*Compositae* — *Tubiflorae*).

Podfaza 2b, jak to podano w podrozdziale: „Koncentracja sporomorf”, przedstawia spektra zaburzone wypaleniem warstwy runa i usypaniem kurhanu. Wskazuje na to koncentracja sporomorf. Także udział węgla jest tu najwyższy i wykazuje pewne ich wmycie w głąb (10% do 15%). Potwierdza to hipotezę o przerwie czasowej pomiędzy spalaniem a usypaniem nasypu kurhanu. Czy powodem wmycia węgla mógł być np. jednorazowy gwałtowny opad deszczu, czy dłuższy okres deszczowy — trudno określić. Niemniej wydaje się, że okres ten był nie dłuższy niż kilkudniowy. Interpretacja spektrów związana ze zniekształceniami jest bardzo trudna. Na skutek spalania zginęła górna warstwa próchniczna i profil ma postać skróconą.

W składzie roślinności drzewiastej następuje pewna zmiana: rośnie udział lipy, a maleje brzozy i olszy. Natomiast ogólne stosunki wśród panujących zbiorowisk nie ulegają większym zmianom. Ten okres trzeba jednak potraktować bardzo ostrożnie, jak chodzi o interpretację sukcesji roślinności. Spektra mają charakter rozkładowy, co — między innymi — w podfazie 2b wyraża się zwiększeniem koncentracji pyłku zło-

<sup>116</sup> J. Tomaszek, *Botanika leśna*, Warszawa 1966, s. 210.

<sup>117</sup> M. Nowiński, *Problem chwastów i ich zwalczania w oparciu o nauki biologiczne*, „Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk”, t. 18: 1955, s. 146.

zonych jęczyzkowych typu mniszek (typ *Taraxacum*), osiągają one najwyższe ilości 1700 i 2500 ziarn na  $\text{cm}^3$ . W górnej próbce z fazy 2b brak sporomorf roślin borowych, natomiast zwiększa się — obok jęczyzkowych — udział synantropów, głównie babki zwyczajnej i szczawiu polnego, zbóż oraz roślin wskazujących na poręby.

Można więc wnosić, że kurhan sypano na polanie już odkształconej poprzednio, co spowodowało zginiecie elementów boru. Tym samym powstały warunki do zaznaczenia się w deszczu pyłkowym roślin pochodzących z dalszego zasięgu, a więc synantropów i zbóż.

Faza 3 — na genezę spektrów w tym przypadku składa się deszcz pyłkowy opadły na wysuszoną powierzchnię kurhanu. Na skutek dostępu powietrza oraz braku zamknięcia powierzchni przez roślinność nastąpiło utlenienie pyłku i jego rozkład, przyspieszony brakiem humusu, który mógł zahamować proces niszczenia pyłku. Wyraża się to skorodowaniem nieomal połowy zachowanych ziarn. Na glebach neutralnych skorodowanie może być tak silne, że uniemożliwia rozpoznanie sporomorf. Otoczenie kurhanu, które przypuszczalnie miało też zniszczoną powierzchnię, zaczęło się odradzać dopiero po pewnym czasie w formie nieco niekształconej. Rośliny uczestniczące w procesie zarastania rozpoczęły go z nieco dalszej odległości i dlatego początkowo mamy niewielką produkcję i opad pyłku. Zatem nad spaloną powierzchnią warstwa gleby będzie zawierać opad pyłku, który jest wynikiem następujących procesów: a) rozłożenia powierzchniowego, b) przesunięcia z opadem atmosferycznym, czyli infiltracji, i to selektywnej, c) zmniejszenia produkcji pyłku w otoczeniu. W rezultacie następuje zasadnicza zmiana koncentracji, mogąca dochodzić w pewnych przypadkach do całkowitego minimum. Na diagramie koncentracyjnym widać silne zmiany. Wszystkie próbki z tego okresu mają malejącą w głąb koncentrację, która spada do poziomu 26 tysięcy na  $\text{cm}^3$ . Diagramy procentowe wskazują na dwudzielność tej fazy. W podfazie 3a częściej spotyka się pyłek lipy i olszy niż w 3b, natomiast mniej często sosny i leszczyny. Analiza związku koncentracji z charakterem złoża pozwala stwierdzić, że wydzielenie tych podfaz jest związane z procesami rozkładu selektywnego i przesuwaniem w dół sporomorf mniejszych rozmiarów, tj. infiltracji ziarn o średnicy ok. 40 mikronów (por. podrozdział „Koncentracja sporomorf”). Bardzo wyraźnie uwidacznia to przebieg koncentracji pyłku sosny. Liczba ziarn pyłku lipy i olszy na 1  $\text{cm}^3$  osadu nie zwiększa się — jak się to wydaje z diagramów procentowych — a wprost przeciwnie, maleje wraz z głębokością (30-58 cm). Zwiększona koncentracja pyłku olszy pozwala przypuszczać, że w fazie 3 utrzymuje się ona nadal w pobliżu kurhanu, wraz z towarzyszącą jej leszczyną.

Stosunek pyłku drzew do pyłku roślin zielnych na diagramach procentowych wskazuje na początkowe powiększenie powierzchni zbiorowisk otwartych. A zatem można przypuszczać, że nastąpiło rozszerzenie polany, na której usypano kurhan. Nadal obficie występuje wrzos, wzrasta rola traw oraz gatunków należących do jęczyczkowych, o pyłku typu mniszka. Dość licznie reprezentowani są przedstawiciele baldaszkowatych, jaskra (*Ranunculus*), zawilca (*Anemone*). Udział elementów siedlisk borowych i wilgotnych jest mniejszy, natomiast wyraźnie znaczą swą obecność rośliny porębowe, heliofity: wierzbownica, rutewka, dziurawiec, pszeniec i macierzanka oraz grupa łąkowych. W dość znacznej ilości występują synantropy, chwasty i zboża. Najliczniej reprezentują je typy babki średniej i zwyczajnej oraz rurkowych.

W stropowej próbce (z głębokości 30-35 cm) z fazy 3 mamy podniesienie koncentracji sporomorf: brzozy, lipy, olszy i wierzb; jest to wynik mniejszej przepuszczalności złoża, gdyż rośnie tu także udział *Ar-gilla granosa*.

Faza 4 — we wszystkich diagramach zaznacza się pojawienie świerka i sosny. Od tej fazy możemy mówić o rozwoju boru sosnowo-świerkowego w bezpośrednim otoczeniu. Pyłek elementów boru mieszanego, grądu i olesu stanowi jednak połowę  $AP = 100\%$ , a zatem zwarcie drzewostanu nie było jeszcze dostatecznie duże. Dodatkowo potwierdza to udział pyłku zielnych, który w fazie 4 wykazuje pewne wahania. Duże wahania w składzie NAP wskazują w pierwszym rzędzie na rozwój runa wrzosowego z licznymi borówkami i innymi wskaźnikami boru. Pod koniec fazy zaznacza się trawiasta facja runa. Znaczny jest udział wskaźników heliofilnych, z przewagą dziurawca, pszeńca i macierzanki. Natomiast prawie zupełnie znikają rośliny z grupy jęczyczkowych, część elementów hydrofilnych: traw z elementami łąkowymi. Grupa synantropów jest licznie reprezentowana zarówno pod względem ilości typów, jak i ich koncentracji, która stopniowo wzrasta. Interpretować to należy nie jako zmiany związane z wpływem złoża. Najprawdopodobniej istniała już znaczna ilość substancji humusowych, a więc większy udział zbóż i chwastów odzwierciedla przypuszczalnie antropogeniczne zmiany środowiska przyrodniczego. Wśród chwastów występują: chaber bławatek (*Centaurea cyanus*), z grupy goździkowatych: gwiazdnica pospolita i lyszczec baldachogronowy (*Gypsophila fastigiata*) oraz komosowate (*Chenopodiaceae*). Opierając się na analogii współczesnego procesu zarastania polany z kurhanem (zdjęcia fitosocjologiczne w tab. 2) można przypuszczać, że szczaw polny występował na miejscu, podobnie jak i dziurawiec.

Faza 5 — wydzielona na podstawie zwiększonej trzykrotnie koncentracji pyłku brzozy, której udział wzrasta dwukrotnie w diagramach

procentowych. Na tych podstawach można twierdzić, że brzoza weszła do drzewostanu w bezpośrednim otoczeniu kurhanu. Analiza składu surowej próchnicy wykazała obecność szczątków kory i liści brzoźowych. Brzoza jest najbardziej światłolubnym gatunkiem liściastym<sup>118</sup>, nie znosi nawet małego ocienienia<sup>119</sup>, stąd należy wnosić o dużym rozwarciu drzewostanu (patrz też podrozdział: „Znaczenie stosunku NAP do AP”). Od momentu pojawienia się brzozy w runie zaczynają niknąć rośliny światłolubne.

Pod koniec fazy zaznacza się poważny wzrost roli świerka i znikają rośliny światłolubne. W runie przeważa wrzos występujący wraz z trawami. Na zakwaszonych, wyjałowionych miejscach utrzymuje się szczaw polny (gleba pod brzoźami szybko się zadarnia i jałowuje — T. Włoczewski<sup>120</sup>). Na skutek zwiększonego zwarcia drzewostanu zmniejsza się wystąpienie roślin borowych. Natomiast znaczny udział synantropów, zbóż i chwastów jest wskaźnikiem wzrostu gospodarki rolnej rozszerzającej się na Polanie Białowieskiej.

W tym czasie następuje zwarcie drzewostanu na kurhanie, który został opanowany przez świerk.

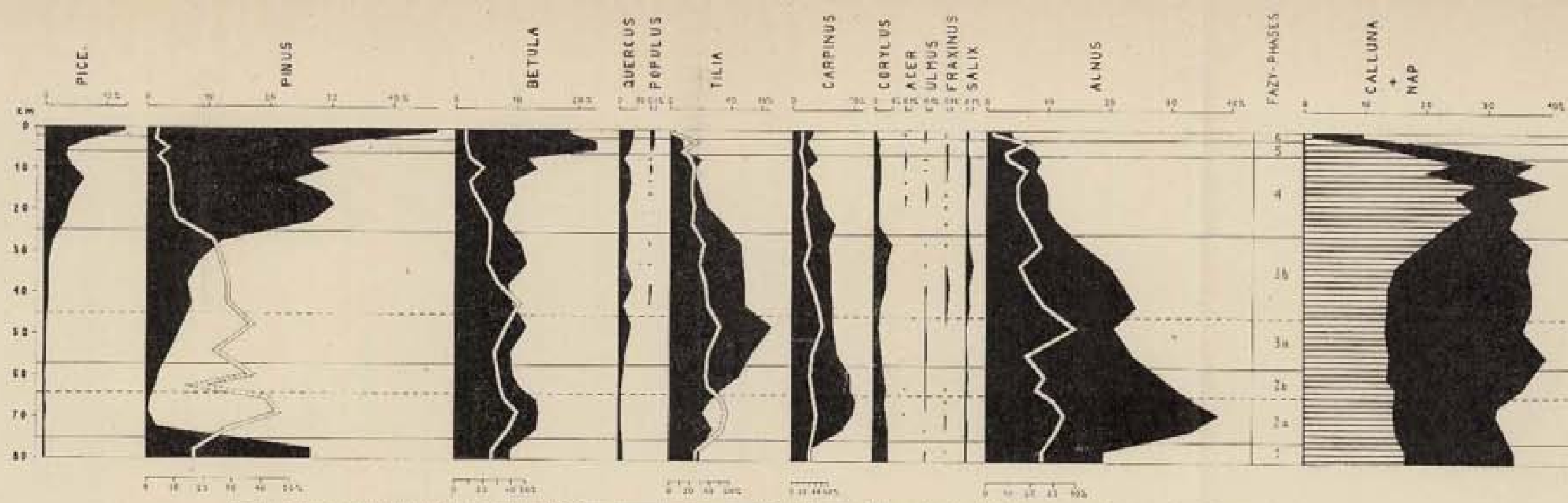
Faza 6 — odbija stosunki współczesnego boru sosnowo-świerkowego ze sporadycznie występującą brzoźą. Skład drzewostanowy i skład spektrum omówione zostały w rozdziale o pochodzeniu pyłku. Zaledwie dziesięcioprocentowy udział pyłku NAP potwierdza dominującą rolę drzew na kurhanie i w bliskim otoczeniu. Wśród roślin runa przeważają trawy i turzyce, natomiast zniknęły zupełnie elementy heliofilne. Pyłek z transportu reprezentują zboża i chwasty oraz synantropijne: bylica, babka lancetowata i szczaw polny.

Reasumując powyższe uwagi, należy stwierdzić, że w wyniku analizy pyłkowej kurhanu można w profilu wydzielić 3 odrębne zjawiska czasowe: a) w warstwach na głębokości 58–80 cm zaznacza się istnienie szczątkowej gleby kopalnej oraz roślinności sprzed powstania kurhanu; b) na podstawie koncentracji sporomorf w poziomie 25–58 cm uchwycono zjawiska ich zniszczenia oraz względnie długotrwałe istnienie przestrzeni otwartej na kurhanie; c) w górnej części młodszego profilu glebowego (na głębokości 0–25 cm) stwierdzono sukcesję roślinności związaną z zarastaniem przez rośliny runa, zmianami drzewostanu oraz bardziej odległymi, rolniczymi wpływami człowieka na Polanie Białowieskiej. Zarówno w warstwie z głębokości 58–80 cm, jak i w górnej części młodszego profilu glebowego występowały podobne przyczyny

<sup>118</sup> Tom █ nek, *op. cit.*, s. 206.

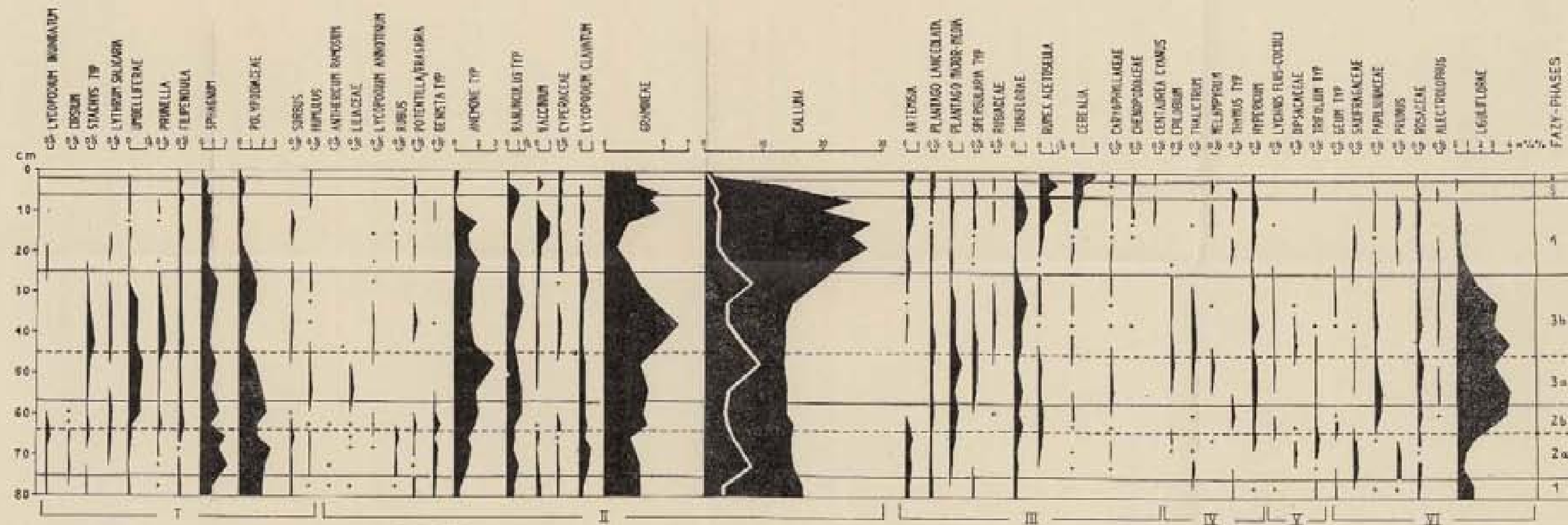
<sup>119</sup> Włoczewski, *op. cit.*, s. 371.

<sup>120</sup> Włoczewski, *op. cit.*, s. 371.



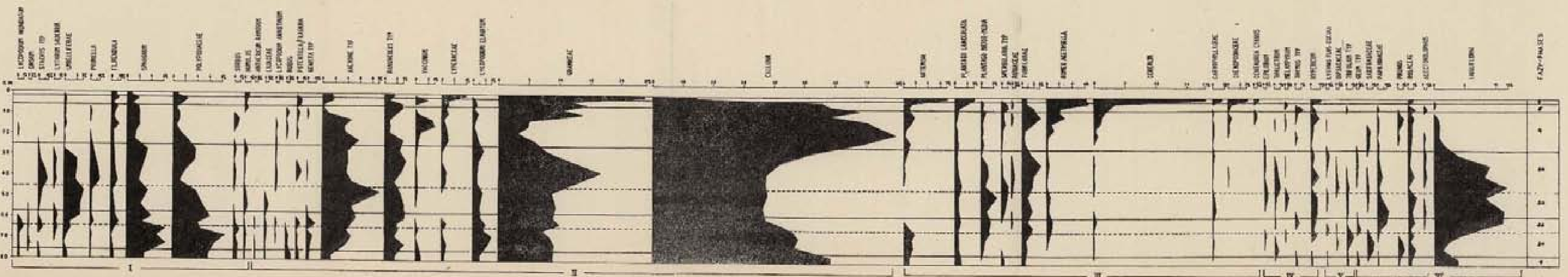
Ryc. 14. Diagram procentowy totalny obejmujące pyłek drzew i krzewów oraz sumę NAP + Calluna. Linia wskazuje udział skorodowanych sporumorf według skali procentowej

Fig. 14. Total pollen diagram. Pollen of trees and shrubs and sum of NAP with Calluna are included. The percent of sporumorphs corroded is marked by line



Ryc. 15. Diagram procentowy totalny typów sporumorf NAP. W typie Calluna linia wskazuje procent skorodowanych sporumorf

Fig. 15. Total diagram of sporumorph types NAP. In Calluna type the percent of sporumorphs corroded is marked by line



Ryc. 16. Diagram procentowy typów sporumorf NAP = 100%

Fig. 16. Diagram of NAP types = 100%

istnienia i przechowywania sporomorf wmywanych w głąb pod działaniem grawitacji oraz substancji humusowych, które w formie koloidalnej zawiesiny warunkują przetrwanie sporomorf.

Natomiast w dolnej partii młodszego profilu glebowego (z głębokości 35-58 cm) ze względu na brak substancji humusowych występują tylko spektra szczątkowe — wynik rozkładu selektywnego i infiltracji. Przy czym to drugie zjawisko jest jeszcze związane ze składem mechanicznym i agregatowym gleby oraz średnicą sporomorf i innymi czynnikami. Średnia koncentracja całkowita sporomorf w górnym profilu wynosi od 120 do 280 tysięcy na  $1\text{ cm}^3$ , w nasypie ok. 40 tysięcy, w glebie kopalnej w części próchnicznej ok. 60 tysięcy ziarn pyłku i spor na  $1\text{ cm}^3$  osadu. Tak więc dynamika procesów rozkładu wydaje się wielka i udowodniona. Pozostaje do wyjaśnienia czynnik czasu i chronologiczne opisanie zarysowanej sukcesji oraz zdarzeń.

## PRÓBA OKREŚLENIA WIEKU KURHANU

### Podstawa palinochronologiczna

Na badanym terenie prowadzi się studia deszczu pyłkowego, których zasadniczym celem jest uchwycenie związków spektrów pyłkowych z otaczającą roślinnością. M. J. Dąbrowski stwierdził<sup>121</sup>, że pyłek drzew osadza się rocznie na  $1\text{ cm}^2$  pojemnika w średniej ilości 15 tysięcy ziarn dla zbiorowisk lasów mieszanych i liściastych. Uzyskaną wartość nazwał stałą osadzania deszczu pyłkowego. Na podstawie analogii zastosował ją do datowania osadów interglacjalnych. Otrzymaną w ten sposób jednostkę czasu, w celu odróżnienia od datowania absolutnego (lat kalendarzowych), nazwał palinochronem, choć termin lat pyłkowych wydaje się bardziej adekwatny. Ilość lat pyłkowych-palinochronów dla danej próbki uzyskuje autor z koncentracji AP/ $\text{m}^3$  pomnożonej przez miąższość próbki i podzielonej przez stałą osadzania.

Jak podano we wstępie, profil pyłkowy gleby odzwierciedla roślinność lokalną. Należało zatem uzyskać dane dla boru sosnowo-świerkowego i polany śródleśnej. Punkty badań opadu deszczu pyłkowego w stosunku do płatu z kurhanem umieszczone były w odległościach: nr 13 — 110 m od środka kurhanu, nr 14 — 530 m, nr 15 — 1150 m, jak wskazuje ryc. 6. Średnia kilkuletnia z tych punktów boru sosnowo-świerkowego wynosi 9335 ziarn pyłku AP na rok. W próbie powierz-

<sup>121</sup> M. J. Dąbrowski, *Palynochronological Materials-Eemian Interglacial*, „Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences”, t. 19: 1971, nr 1, s. 29—36.



niowej pobranej na głębokości 0-2 cm mamy 207 484 ziarn AP, co daje 22,2 palinochrony. Część profilu, z zawartością chroniących pyłek substancji humusowych na głębokości 2-25 cm, pod względem zachowania pyłku możemy traktować jako bliską profilowi torfowemu. Z interpretacji diagramu wynikało, że miejsce badań w tym okresie należy charakteryzować jako drzewostan rozwarły i dlatego za podstawę przyjęto średnią liczbę ziarn pyłku drzew z boru sosnowo-świerkowego i punktu na polanie śródleśnej nr 45 odległego o 230 m. Średnia dla punktu 45 wynosi 5299, z boru i polany — 7317 (przyjęto po zaokrągleniu 7300). Całość opadu pyłku na głębokości 2-25 cm wynosi 2 273 587 ziarn pyłku, co podzielone przez 7300 daje wynik 311,45 — w zaokrągleniu przyjęto 311 palinochronów. Wraz z próbą powierzchniową daje to 333 palinochrony — lata pyłkowe.

Następny odcinek profilu (na głębokości 25-58 cm) reprezentuje przerwę pomiędzy usypaniem kurhanu a utworzeniem warstwy próchnicznej. Budują go głównie piaski, zatem przedstawia okres, w którym sporomorfy opadłe na powierzchnię podlegały najsilniejszemu niszczeniu i rozkładowi, a potem przemyciu w dół złoża. Największą szansę pozostania miały ziarna pyłku lipy. Havinga<sup>122</sup> stwierdził, że są one najbardziej odporne na rozkład w glebach zbielicowanych. Średnie rozmiary ziarna pyłku lipy wynoszą  $20 \times 34$  mikrony i łatwo są przesuwane w głąb. Suma ziarn pyłku lipy za okres 311 palinochronów wynosi 158 111, czyli 508 ziarn palinochron, natomiast na głębokości 25-58 cm — 155 393, co przedstawia 306 palinochronów. Oszacowany czas wynosi tym sposobem 639 palinochronów—lat pyłkowych.

Płat grądowy z dużą ilością lipy znajduje się w południowo-zachodniej części tego samego oddziału 256, gdzie usytuowany jest kurhan, a skraj jego rozpoczyna się w odległości ok. 200 m na SE od kurhanu. Drzewostan płatu opisał J. Paczoski<sup>123</sup> w 1928 r. jako las stary o małym zwarciu. Znajdowało się tam 29 lip o przeciętnej grubości 75,5 cm (od 50 do 105 cm). Jest to zatem drzewostan wiekowy o nie spotykanej ilości lipy w drzewostanie zarówno w Puszczy, jak i w Parku Narodowym, zachowany do współczesności. Najprawdopodobniej ze względu na dość znaczną odległość od osiedli lipy na płacie były mniej użytkowane na łyko i chronione przez bartników jako drzewo miododajne. Mieszkańcom osiedli Budy, Teremiski i Pogorzelce bliżej było do lasów należących dziś do nadleśnictwa Zwierzyniec, podobnie mieszkańcom Białowieży do lasów nadleśnictwa Białowieskiego.

<sup>122</sup> Havinga, *An Experimental*, s. 456.

<sup>123</sup> Paczoski, *op. cit*

## Współczynnik rozpadu

W niniejszej części oparto się na następujących sformułowaniach:  $R = ae^{-\lambda t}$ , gdzie  $R$  oznacza ilość pyłku przemieszczoną w głąb,  $a$  — stopień przemieszczenia,  $t$  — czas,  $\lambda$  — współczynnik zniszczenia,  $e$  — liczbę stałą. Warto dodać, że w podobnej formie matematycznej ujmuje się np. zjawisko rozpadu pierwiastków promieniotwórczych, a H. Rempe<sup>124</sup> użył także identycznej funkcji do określenia zjawiska rozprzestrzeniania się pyłku jodły roznoszonego w przestrzeni i pochodzącego od określonego źródła (czyli drzewa).

Omawiając podany wzór możemy stwierdzić, że ilość pyłku przemieszczonego w głąb zależy od pewnej stałej przemieszczenia, a także od jego zdolności do przetrwania oraz czasu. W celu wyznaczenia współczynnika zniszczenia należy funkcję zlogarytmować:

$$\log R = \log a - \lambda t \log e, \text{ stąd } \lambda = \frac{\log R}{t \log e} - \frac{\log a}{t \log e}.$$

Jak widać z tego przekształcenia, współczynnik zniszczenia zależy wprost od logarytmów wartości pyłku, jakie znajdujemy w próbce górnej warstwy piasku oraz w najniższej, gdyż z różnicy tych logarytmów możemy bezpośrednio uzyskać wskazania dotyczące ilości przemieszczonego pyłku. Tak więc:

$$\lambda = \frac{\log (\text{próbki najwyższej}) - \log (\text{próbki najniższej})}{t (\text{czas}) \log e}.$$

W podanym przykładzie czas przemieszczenia ziarn pyłku w głąb piasku wynosi 639 lat z oszacowań palinochronologicznych, a więc dla uproszczenia możemy wyznaczyć  $\lambda$  w ten sposób, że:

$$\lambda = \frac{\log \text{ próbki najwyższej} - \log \text{ próbki najniższej}}{639 \times \log e, \text{ czyli } 0,43428}$$

czyli

$$\lambda = \frac{\log (0) - \log (n)}{277,50492}.$$

Dla przykładu ilość pyłku lipy w próbce piasku wynosiła 6279/cm<sup>3</sup>, w najniższej 3496/cm<sup>3</sup>, a więc:

<sup>124</sup> H. Rempe, *Untersuchungen über die Verbreitung des Blütenstaubes durch die Luftströmungen, Inaugural-Dissertation*, Göttingen 1937, s. 147.

$$\lambda = \frac{\log 6279 - \log 3496}{277,50492} = \frac{3,7979 - 3,5436}{277,50492} = \frac{0,2543}{277,50492} = \frac{1}{1091}$$

Mamy zatem wyznaczony współczynnik zniszczenia ziarn pyłku lipy i wynosi on jedno ziarno na 1091 w jednym roku. Ogólna liczba ziarn pyłku lipy, które wystąpiły na głębokości 25-58 cm, wynosi 155 393. Jest to ilość, do której trzeba dodać ziarna zniszczone, jak to wynika ze współczynnika zniszczenia. W tym celu 155 393 dzielimy przez 1091 i otrzymujemy wartość 142 ziarna, które ulegają zniszczeniu w każdym roku. Mnożymy je przez 306,5 lat (wyliczone palinochrony) i otrzymujemy 43 452 ziarna pyłku. Jak poprzednio podano, w roku osadzało się 508 ziarn, a więc 43 452 podzielone przez 508 obejmuje 85,535 lat, stanowiąc poprawkę, którą trzeba dodać do oszacowania wieku kurhanu. Tym samym wyniósłby on 639 plus 85,5, czyli 724,5 roku. Po odjęciu od daty eksplorowania kurhanu 1969 — 724,5 = 1244,5. Zatem 1245 rok wyznacza przybliżony czas założenia tego obiektu.

#### Pomiar dendrochronologiczny

W bezpośrednim sąsiedztwie kurhanu rosła sosna, której korona obejmowała zasięgiem powierzchnię kurhanu. W roku 1967 została ona złamana przez wiatr i burzę. Obliczenie wieku zrzynka tej sosny wykonane przez M. Michniewicz wykazało, że liczy ona 323 lata. Należy dodać, że drzewo nie zostało ścięte przy samej szyi korzeniowej, doliczyć zatem trzeba kilkanaście lat, co daje ponad 340 lat. Jest to przeciętny wiek długości życia sosny — 300 do 350, rzadziej do 500<sup>125</sup>. Sosna zaczyna kwitnąć w otwartym miejscu (a takie przedstawiała polana z kurhanem) w wieku 15 lat<sup>126</sup>.

Na diagramie koncentracyjnym wyraźny skok liczby ziarn pyłku występuje właśnie od próby pobranej na głębokości 20-25 cm, do której oszacowano czas bezwzględny na 333 palinochronów. Na diagramie procentowym AP od tej samej próby następuje zasadnicza zmiana w stosunkach udziału pyłku sosny z 19 na 40%. Z poprzednich badań autorki<sup>127</sup> wynikało, że przy braku drzew sosny w bliskim otoczeniu spektra pyłkowe profilów glebowych z siedlisk sosnowo-świerkowych

<sup>125</sup> Tom nek, *op. cit.*, s. 140.

<sup>126</sup> Tom nek, *op. cit.*, s. 140.

<sup>127</sup> Borowik-Dąbrowska, *op. cit.*

zawierają do 30% pyłku tego rodzaju. A. Kriesl<sup>128</sup> podaje w podobnych warunkach 20-30%, a A. Scamoni<sup>129</sup> nawet do 40% pyłku sosny w spektrum pyłkowym. Przytoczone dane dają podstawę do twierdzenia, że od początku fazy '4 zarejestrowanej na głębokości 20-25 cm sosna znajdowała się tuż przy kurhanie.

#### Ocena bezwzględna i względna wieku

Tak więc oszacowanie palinochronologiczne profilu kurhanu do głębokości 25 cm jest potwierdzone pomiarem dendrochronologicznym i przedstawia 333 palinochrony—lata. Błąd oszacowania jest większy niż 1%. Natomiast datowanie odcinka profilu na głębokości 25-58 cm na podstawie udziału pyłku lipy i jej współczynnika rozpadu nie ma mocnych podstaw i wymaga potwierdzenia dodatkowym pomiarem.

Wyliczony na 1245 rok moment założenia kurhanu należy traktować z pewną tolerancją. Można powiedzieć, że znacznym prawdopodobieństwem, że fakt ten miał miejsce w połowie XIII w. Na lata 1255 do 1269 J. Wiśniewski<sup>130</sup> przyjmuje zanik osadnictwa na terenie dzisiejszej Puszczy Białowieskiej.

Przerwa pomiędzy usypaniem nasypu kurhanu a założeniem warstwy próchnicznej wynosi ponad 400 lat. G. W. Dimbleby<sup>131</sup> określa hipotetycznie taką przerwę w szerokiej granicy od dwóch do tysiąca lat. Wpływ na nią miał niewątpliwie brak zadrzewienia. Drzewostan jest bowiem czynnikiem przyspieszającym zwiększenie wilgoci i pojawienie się siewek drzew i roślin będących głównym czynnikiem glebotwórczym. Badania gleboznawców<sup>132</sup> wykazały zależność między zwarciem drzewostanu a tworzeniem się i grubością butwiny i warstwy próchnicznej. Przy braku drzew powstająca próchnica ulega szybkiej mineralizacji. Nasyp kurhanu miał glebę przesuszoną i, jak wskazuje skład, o przewadze piasków średnich, a więc warstwach przepuszczających wodę<sup>133</sup>. Współcześnie zachodzące zjawisko opisane w podrozdziale „Opis kurhanu i roślinności współczesnej”, polegające na zniszczeniu i wdepnaniu pojawu roślin przez zwierzyńę płową, mogło mieć miejsce tym bardziej wcześniej, kiedy penetracja ludzka była z pewnością mniejsza niż obecnie w Parku Narodowym.

<sup>128</sup> Kriesl, *op. cit.*

<sup>129</sup> Scamoni, *op. cit.*

<sup>130</sup> Wiśniewski, *op. cit.*

<sup>131</sup> Dimbleby, *Pollen Analysis*, [w:] *Science...*, s. 145.

<sup>132</sup> Musierowicz, Uggla, *op. cit.*

<sup>133</sup> Włoczewski, *op. cit.*, s. 284.

Czterystuletnia przerwa wyraża się również zmniejszeniem koncentracji sporomorf w próbach na głębokości 25-58 cm, a wspomniany uprzednio skok liczby ziarn pyłku sosny w próbie z głębokości 20-25 cm związany jest z pojawieniem się sosny koło kurhanu. Potwierdza się to na diagramie procentowym w fazie 4. Od tego momentu zaczyna się tworzenie warstwy próchnicznej i substancji humusowych. W podrozdziałach „Metody badań”, „Opis profilu glebowego” i „Koncentracja sporomorf” uzasadniono istnienie przerwy pomiędzy paleniem ognisk, które spowodowało spalenie warstw butwiny i próchnicy, a usypaniem nasypu kurhanu. Nie dysponujemy danymi, które pozwoliłyby określić długość czasu potrzebną do przemycia drobnych węgielków i części sporomorf. Być może wystarczył ulewny deszcz jedno- czy wielokrotny.

W wyniku zniszczenia górnej części starszego profilu glebowego nie można szacować długości czasu jego istnienia metodą palinochronów. Przerwa chronologiczna pomiędzy warstwą mineralną a próchniczną pomiędzy próbami z głębokości 25-58 cm występuje analogicznie między przedostatnią a ostatnią próbą starszego profilu glebowego. Suma koncentracji sporomorf nie spada tu jednak tak gwałtownie, bo z 45 na 30 tysięcy, natomiast szczegółowy diagram koncentracyjny wykazuje zasadniczą zmianę elementów tworzących spektrum. Stąd wniosek, że przerwa ta była raczej krótka w porównaniu z poprzednią, obejmującą fazę 3 na diagramach koncentracyjnych i procentowych i podobna do występującej w glebach współczesnych. J. S. Hallam<sup>134</sup> pokazał podobny przebieg z Cook's Study na przejściu gleby mineralnej z mikrolitami pokrytej warstwą surowego humusu. Niestety, podobnie jak Hallam nie rozporządzamy danymi pozwalającymi oszacować czas w latach bezwzględnych.

Niniejsze opracowanie jest pierwszą próbą datowania obiektu archeologicznego metodą palinochronologiczną. Jest więc rzeczą oczywistą, że dopiero dalsze badania mogą dostarczyć odpowiednich potwierdzeń w tym zakresie. Staną się one tym cenniejsze, gdy obiekty archeologiczne będą zawierały specyficzne wyznaczniki chronologii.

#### WYNIKI

1. Szczegółowy opis kurhanu wykonany w terenie oraz analiza laboratoryjna, a przede wszystkim oszacowanie koncentracji sporomorf na 1 cm<sup>3</sup> osadów pozwalają wydzielić w nim dwa profile glebowe. Górny,

<sup>134</sup> Hallam, *op. cit.*

młodszy na głębokości 0-58 cm i dolny, starszy na głębokości 58-80 cm; obie gleby są typu skrytobelicowego.

Profil gleby starszej jest zniekształcony, co wykazano na podstawie analizy kierunku zmian APC (absolutna koncentracja pyłku) i APF (absolutna frekwencja pyłku) — ryc. 4. Brak w nim poziomów  $A_1$  i  $A_2$ , które zostały spalone. Poziom bielicowania —  $A_2$  — jest częściowo zniszczony przez ogień i zaburzony przez sypanie kurhanu. W poziomach  $A_2$  i B (wymycia) widoczne jest namycie węgielków. Stąd można wnosić, że profil dolny po spaleniu był odkryty przez pewien czas.

2. Profil młodszy na głębokości, 0-58 cm powstał po usypaniu kurhanu. Występujące w nim liczne węgle (od 5 do 25% objętości próbki) nie wiążą się z redukcją koncentracji sporomorf, jak to wykazali w badaniach A. J. Havinga i G. W. Dimbleby<sup>135</sup>. Wnosić należy, że pochodzą one z wcześniejszego okresu i zostały zmieszane z podglebiem w czasie sypania kurhanu. W stropie (0-25 cm) mamy najwyższą koncentrację sporomorf (od 94 do 257 tysięcy na  $cm^3$ ). Są one przesuwane w zawieszynie humusowej w dół. Druga część profilu (25-58 cm) ma najniższe koncentracje, co pozwala na przypuszczenie, że kurhan zbudowano z podgleby zawierającej niewielkie ilości sporomorf. Większość z nich pochodzi przede wszystkim z deszczu pyłkowego osadzonego na wysuszoną, swobodną powierzchnię gleby. Te ziarna i spory były narażone na gwałtowny rozkład spowodowany utlenianiem przez powietrze. Infiltracja nie była zahamowana, a tylko zależała od wielkości sporomorf i przestworów gl by.

3. Pochodzenie pyłku drzew wyznaczono na podstawie elementów obcych, nie rosnących w borze sosnowo-świerkowym. Wyznaczono powierzchnię reprezentatywną dla spektrum i ustalono, że wynosi ona ok. 2 ha (czyli jej promień ma 80 m). Tak zwany transport bliski zaznacza się z odległości 350 do 400 m, czyli obejmuje ok. 50 ha. Transport dalszy — z odległości ponad 1 km, a daleki nie przekracza 0,3% AP i może być całkowicie pominięty w rozważaniach. Dotyczy pyłku buka i modrzewia.

4. Podobnie pyłek roślin zielnych podzielono na pochodzący od roślin rosnących na miejscu i obcy. W pierwszej grupie umieszczono również typy sporomorf, których rośliny macierzyste występują na siedliskach wilgotnych, a które niegdyś istniały w odległości 40-70 m od kurhanu. Pyłek obcy stanowią wskaźniki antropogeniczne. Zmiany ilościowe koncentracji zbóż (*Cerealia*) wiążą się bardzo wyraźnie ze wzrostem powierzchni Polany Białowieskiej.

<sup>135</sup> Havinga, A *Palynological...*; Dimbleby, *Pollen Analysis*, [w:] *Science...*

5. Korozja sporomorf notowana dla wszystkich typów jest największa na głębokości 25–58 cm i dochodzi do 40% dla pyłku drzew. Tam też rejestruje się najniższą koncentrację sporomorf. Rosnąca sekwencja typów pyłku otrzymana ze wzrostu stosunku sporomorf skorodowanych do przeliczonych jest następująca: sosna, świerk, lipa, grab, brzoza, olsza, dąb, wrzos, leszczyna. Wysoka liczba zaatakowanych sporomorf pośrednio świadczy także o odporności, gdyż ziarna wrażliwe ulegają szybciej rozkładowi — zanikają. Korozja jest większa w próbkach mineralnych, o większych przestworach powietrznych wynikających z większej średnicy ziarn mineralnych.

Kwasowość złoża jest czynnikiem hamującym korozję — przy pH 4 do 5,5 nie przekracza ona 12%.

#### WNIOSKI

1. Interpretacja diagramów pyłkowych: koncentracyjnego i procentowych pozwala na odtworzenie roślinności w wydzielonych fazach:
  - Faza 1 — polany śródleśnej otoczonej borem sosnowym z brzozą oraz olszyną rosnącą w pobliżu.
  - Faza 2 — na terenie polany giną elementy borowe, a pojawiają się rośliny porębowe (głównie w 2b). Ponadto występują elementy wydepczyskowe (od 2a).
  - Faza 3 — obejmuje okres po usypaniu kurhanu, a więc spektra pyłkowe zniekształcone przez samoutlenianie, korozję i rozkład oraz selektywną infiltrację. Można wnosić, że roślinność otoczenia nie uległa większej zmianie. Nadal utrzymują się gatunki porębowe i światłolubne.
  - Faza 4 — otoczenie kurhanu zarasta bór sosnowo-świerkowy o niewielkim zwarcie. Przy samym kurhanie rośnie pojedynczy egzemplarz sosny.
  - Faza 5 — zadrzewienie boru zwiększa się na polanie z kurhanem, na którym zaczynają rosnąć świerki.
  - Faza 6 — panuje bór sosnowo-świerkowy bardzo podobny do dzisiejszego.
2. Dokonano próby datowania zjawisk na podstawie:
  - a) palinologicznej z uwzględnieniem współczynnika rozkładu,
  - b) dendrochronologicznej.Dane palinologiczne i dendrochronologiczne obliczone dla próbek pobranych na głębokości 0–25 cm pokrywają się bardzo dokła-

dnie. Ilość palinochronów wynosi 333, a wiek sosny szacuje się na 340 do 345 lat, od których trzeba odjąć 15 na rozpoczęcie kwitnienia, co daje 330 lat. Różnica stanowi zatem ca 1%.

Dla warstw z głębokości 25-58 cm oszacowanie wieku oparto na koncentracji pyłku lipy i wyznaczono, że sedymentowała ona przez 306,5 palinochronów plus 85,5 wyliczonych ze współczynnika rozkładu. W sumie szacuje się powstanie kurhanu na 724,5 polinochronów od 1967 r. Zatem 1245 r. wyznacza przybliżony czas założenia tego obiektu, co należy traktować z pewną tolerancją. Można powiedzieć, że znacznym prawdopodobieństwem, że fakt ten miał miejsce w połowie XIII w.



Table 1. *Vaccinio Myrtilli* — *Pinetum Typicum* s. *Białowieskiego Parku Narodowego*  
 Table 1. *Vaccinio Myrtilli* — *Pinetum Typicum* from the *Białowieża National Park*

Nr kolejno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Stalok — Constancy
Nr adjęcia	3065	6	6	13	5	7	19	12	9	11	
Pokrycie warstwy drzew	65	60	50	60	40	10	40	30	60	66	
Pokrycie warstwy kraszew	+	10	20	50	10	+	30	30	30	30	
Pokrycie warstwy ziół	10	50	40	40	30	50	40	60	30	36	
Pokrycie warstwy mechów	60	60	70	30	70	70	40	10	20	+	
Por. adjęcia	300	200	200	150	61	30	28	22	42	42	
Liczba gatunków	23	31	34	33	29	17	21	12	18	14	
K — kurhan — barrow				K	K	K	K	K	K	K	
Drzewa — Trees:											
++ <i>Pinus excelsa</i>	4.5	3.5	6.2	2.1	2.1	1.1	2.1	2.1	0.2	0.2	V
	+	1.1	1.1								II
	+		1.1			F	F		+		III
+ <i>Pinus silvestris</i>	2.2	1.2	2.2	2.2			2.1		2.1	2.1	IV
<i>Betula verrucosa</i>	+	2.1	1.1	1.1		1.1					III
			+2			+					I
<i>Quercus robur</i>	+	1.1	1.2	+	+2	1.1		+	+		I
											IV
<i>Tilia cordata</i>				1.1					1.1		I
				1.2					1.2		I
	+								+2		II
<i>Populus tremula</i>											I
											I
											I
											I
<i>Alnus glutinosa</i>		1.2	2.2						1.1		I
<i>Carpinus betulus</i>		+2	+	3.2	1.2			2.2	2.2	2.2	IV
	+					r		1.2	+2	1.2	III
<i>Sorbus aucuparia</i>											II
											II
<i>Acer platanoides</i>	+	1.1	1.1	+	+2						II
	+	+2		+2							II

Gat. ch. zw. — Charact. sp. of the alliance — *Dicrano-Pinion* (+):

<i>Dicranum undulatum</i>	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	IV
<i>Vaccinium myrtillus</i>	+2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	2.2	+2	1.2
<i>Empetrum nigrum</i>	4.4	2.2	2.2	1.2	2.2	2.2	2.2	2.2	+2	2.2
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	+	1.2	+	+2	1.2	+2	1.1		+2	
<i>Hylocomium splendens</i>	1.2	2.2	2.2	1.2	2.2					
<i>Goodyera repens</i>		1.2	+	1.2	+				+	1.2
<i>Trientalis europaea</i>	+	1.1	+				1.1			
<i>Melampyrum pratense</i>	1.2	+								
<i>Pitroid secunda</i>	+2									+2
<i>Pellaea eriole castrensis</i>	+2									

Gat. ch. rz. i kl. — Charact. sp. of the order and class — *Vaccinio-Piceetia* (++):

<i>Vaccinium myrtillus</i>	1.1	1.1	1.1	+2	+	+	+	+	+	+	V
<i>Rubus saxatilis</i>	2.2	+2	1.2	+2	+	+2	1.2	1.2	1.1	1.2	V
<i>Viola Riviniana</i>	+2		+2								III
<i>Calluna vulgaris</i>	+2	+2	1.2								III
<i>Solidago virga aurea</i>	1.2	1.2	+2	+2	+2						II
<i>Præcoxium arvense</i>											I

## Gat. wyróżniająco — Diff. species:

<i>Cerastium majella</i>											
<i>Rubus saxatilis</i>											
<i>Viola Riviniana</i>											
<i>Calluna vulgaris</i>											
<i>Solidago virga aurea</i>											
<i>Præcoxium arvense</i>											

## Gat. towarzyszące — Accompanying species:

<i>Molinia caerulea</i>	+2	2.2	+2	+2	1.2	2.2	1.2	1.2	1.2	+2	+2	V
<i>Majanthemum bifidum</i>	+	1.2	+2	1.1	1.2	1.1		1.1	+2	+2		V
<i>Luzula pilosa</i>	+	+2	+2	+2	+2	1.2	+2					IV
<i>Carex ericetorum</i>		+2	+2	2.2			2.2	2.2	2.2	2.2		III
<i>Dicranum scoparium</i>		+2	+2	1.2			+2					III
<i>Mnium effusum</i>		1.2	1.2	+2	1.2	+2	1.2					III
<i>Pteridium aquilinum</i>	+2	+2	+2	+2	+2			2.2	+2	+2		III
												II

od. tab. I

<i>Polytrichum commune</i>	+2	1,2	+2	1,2	II
<i>Scorocera humilis</i>	+2	+2	1,2		II
<i>Desopteria spinulosa</i>	+2	+2	+2	+2	II
<i>Anemone nemorosa</i>			+2	r	I
<i>Mentha sylvestris</i>			1,2	+2	I
<i>Fragaria vesca</i>	+	+			I
<i>Corylus avellana</i>		+	+		I

Gatunki sporadyczne — Sporadic species: *Polytrichum attenuatum* +3; *Pinguicula vulgaris* +3; *Lophocolea heterophylla* +2; *Brachythecium Starbkei* var. *explanatum* +2 — w zdj. (in rec.) 1; *Serratula tinctoria* r; *Daphne mezereum* r; — w zdj. (in rec.) 2; *Rubus idaeus* +2; *Ranunculus acris* r; *Poa sp.* +2 — w zdj. (in rec.) 4; *Succisa pratensis* +2; *Hieracium umbellatum* +2; *Lilium martagon* r; *Festuca ovina* +2 — w zdj. (in rec.) 5; *Carex digitata* +2; *Polytrichum formosum* 1,2 — w zdj. (in rec.) 7; *Calamagrostis epigeios* +2 — w zdj. (in rec.) 10.

Tabela 2. Spis roślinności występującej na kurhanie 1, stanowisko 21, oddział 256  
 Table 2. The 1st of the vegetation of the barrow Nr 1, site 21, compartment 256

	Powierzchnie przekopane Excavating surfaces	Świadek Undisturbed surface
C — Pokrycie warstwy ziół Cover of herb layer	30%	50%
D — Pokrycie warstwy mchów Cover of moss layer	50%	90%
C — <i>Rumex acetosella</i>	1.2 K	
<i>Hypericum perforatum</i>	+	+
<i>Oenothera biennis</i>	+	
<i>Luzula pilosa</i>	+2	+2
<i>Luzula pallescens</i>	1.2 K	1.2
<i>Vaccinium myrtillus</i>	+1	2.2
<i>Betula pubescens</i>	+2	1.1
<i>Pinus silvestris</i>	+	+
<i>Populus tremula</i>	+	
<i>Calluna vulgaris</i>	+2	+2
<i>Poa</i> sp.	+2	
<i>Senecio silvaticus</i>	1.1 K	
<i>Hieracium pilosella</i>	+	
<i>Rubus idaeus</i>	+	+
<i>Juncus</i> sp.	+2	
<i>Veronica officinalis</i>	+	
<i>Potentilla cf. erecta</i>	+	
<i>Fragaria alnea</i>		+
<i>Carex digitata</i>		1.2
D — <i>Polytrichum commune</i>	1.2	2.2
<i>Polytrichum attenuatum</i>	1.2	2.2
<i>Brachythecium velutinum</i>	2.2	3.2
<i>Mnium affine</i>	+2	

K — rośliny kwitnące — flowering plants

Tablica 2. Skład słabo kurbiana—  
Table 2. Composition of sediments of borrow's profile

Numer próby Number of sample	Głębokość w cm Depth in cm	Skład sedymentu Composition of sediments
1	6—8	próchnica surowa, iglasto-mazysta, Th 1, Th 1, Dl +, Dh 1, Dg 1, Ga + + +, Ag +, (pojedynczy węgielki), (Sh 2)
2	3—4	próchnica surowa, iglasto-mazysta z drobną piasku i węglkami, Th 1, Th 1, Dl + + +, Dh 0,5, Dg 1, Ld + + +, Ga 1, Ag +, Gs + + +, (anth. 5%), (Sh 2)
3	4—6	piasek próchniczny, ciemnoszary z węglkami, Th 1, Dh + + +, Dg 0,5, Ld 1, Ga 1,5, Gs + + +, Ag + +, (anth. 5%), (Sh 1,5)
4	6—8	piasek próchniczny, ciemnoszary z węglkami, Th 0,5, Dh + + +, Dg 0,5, Ld 1,5, Ga 1,5, Ag + + +, (anth. 5%), (Sh 1,5)
5	8—11	piasek próchniczny, ciemnoszary z węglkami, Th 0,5, Dh +, Dg + + +, Ld 1,5, Ga 2, Ag + + +, (anth. 5%), (Sh 1)
6	11—14	piasek próchniczny, szary z niewielką ilością węgla, Th 0,5, Dg + + +, Ld 1, Ga 2, Ag + + +, (anth. ca 3%), (Sh 0,75)
7	14—17	piasek słabo próchniczny, popielatoszary z węglkami, Th 0,5, Dg + +, Ld 0,5, Ga 2,75, Ag 0,25, (anth. 10%), (Sh 0,5)
8	17—20	piasek słabo próchniczny, popielatoszary z liźnymi węglami, Th 0,5, Dg + +, Dh + + +, Ld 0,5, Ga 2,5, Ag 0,5, (anth. 20%), (Sh 0,5)
9	20—25	piasek bardzo słabo próchniczny, popielatoszary z odzieniem bezowym z węglkami, Th 0,5, Dg +, Ld 0,25, Ga 3, Ag 0,25, (anth. 15%), (Sh 0,25)

10	25—26	piasek bardzo słabo próchniczny, popielato-szaro-białawy z węgielkami, Th 0,25, Ld + + +, Dg +, Ga 3,5, Ag 0,25, (anth. 10%), (Sb + + +)
11	30—32	piasek bełwosznary z węgielkami, Th 0,25, Ld + + +, Lf +, Ga 3,25, Ag 0,5, Gs + + +, (anth. 5%), (Sb + + +)
12	35—40	
13	40—45	
14	45—50	
15	50—58	piasek bełwosznary z odcięciem żółtym, Th + + +, Lh + + +, Lf + +, Ga 3,25, Ag 0,5, Gs + + +, (anth. 5%), (Sb +)
16	58—61	piasek słabo próchniczny, ciemno-szaro-popielaty z odcięciem bełwosznym z węgielkami, Th + + +, Lh 0,5, Gs 3, Ag 0,5, Gs + + +, (anth. 10%), (Sb 0,25)
17	61—64	piasek słabo próchniczny, ciemno-szaro-popielaty z węgielkami, Th +, Lh 0,5, Ga 3, Ag 0,5, Gs + + +, (anth. 10%), (Sb 0,5)
18	64—67	piasek słabo próchniczny, ciemnoszary z popielatym odcięciem z licznymi węgielkami, Th +, Lh 0,5, Ga 3, Ag 0,5, Gs + + +, (anth. 15%), (Sb 0,5)
19	67—70	piasek słabo próchniczny, ciemnoszary z węgielkami, Th +, Lh 0,5, Ga 3,75, Ag 1, Gs + + +, (anth. 10%), (Sb 0,5)
20	70—75	piasek szary z niewielką ilością węgla, Lh 0,25, Ag 0,5, Ga 3, Gs 0,25, (anth. 5%), (Sb + + +)
21	75—80	piasek bełwosznary z bardzo nielicznymi węgielkami, Lh + + +, Ag 0,25, Ga 3,5, Gs 0,25, (anth. 5%), (Sb +)

Tabela 4. Porównanie oszacowania występowania sporonur w próbach metodą wagową i objętościową  
 Table 4. A comparison of sporonur's quantities by the weighing and aliquot methods

Numer próbki Number of sample	Ciężar próbki w g Weight of sample in g	Ciężar zawieszki na preparatach w g Weight of suspension placed on slides in g	Liczba sporonur na preparatach Number of sporonur found on slides	Suma sporonur w próbach oszacowania z preparatów The total concentration of sporonur in sample evaluated from slides	Różnica oszacowań sporonur na preparatach w % The difference in the evaluation in percentages	Objętość próbki w cm <sup>3</sup> Volume of sample in cm <sup>3</sup>	Objętość zawieszki na preparatach w cm <sup>3</sup> Volume of suspension placed on slides in cm <sup>3</sup>	Suma sporonur w próbach oszacowania z preparatów Number of sporonur evaluated from slides	Różnica oszacowań w % The difference in the evaluation in percentages
10	0.60581	A — 0.02926 B — 0.02677	868 712	19 003 17 575	11.3	0.6	0.020 0.021	28 048 20 942	28.6
11	0.54727	0.02471 0.02700	1380 1245.5	27 206 27 272	26.4	0.45	0.022 0.021	34 364 28 832	18.2
12	0.42718	0.01891 0.01816	1323.5 1345.5	29 090 31 009	8.9	0.4	0.018 0.018	35 282 35 806	1.7
13	1.03174	0.02428 0.02764	597.5 620.5	25 206 23 162	8.3	0.8	0.021 0.022	22 762 23 162	0.9
14	0.96062	0.02738 0.02842	431 488	14 177 14 514	2.4	0.8	0.021 0.022	18 419 16 655	1.1
15	1.30125	0.03229 0.03045	448 436	14 865 15 482	2.9	0.8	0.021 0.024	17 067 14 533	17.4
16	1.12261	0.02918 0.05017	729 1100.5	20 898 24 625	17.8	0.8	0.020 0.020	19 446 29 347	50.9

17	1.07705	0.04130	1297.5	32 723	6.6	0.0200	33 533	15.0
		0.03804	1093.5	30 961		0.0200	29 103	
18	1.14733	0.03504	1093.5	35 070	7.6	0.023	31 309	2.6
		0.03247	1060	37 736		0.023	30 514	
19	6.87468	0.03210	1027	41 265	0.9	0.023	33 175	5.0
		0.02276	1433.5	38 080		0.023	39 238	
20	6.56049	0.03424	1061.5	26 026	1.4	0.023	22 746	1.3
		0.03330	1047.5	27 326		0.023	22 448	
21	0.40349	0.03010	909	13 182	23.0	0.027	13 467	27.7
		0.02394	1204	15 159		0.023	17 200	
Średnia różnica ocenowań wagowych The average difference of evaluation					11.09%			14.32%



Tabela 5. Ilość ziarn pyłku i spor na  $\text{cm}^2$  preparatu i absolutna koncentracja w  $1 \text{ cm}^3$  próbekTable 5. The number of sporomorphs on  $\text{cm}^2$  of slide and the absolute concentration in  $1 \text{ cm}^3$  in samples

Numer próby Number of sample	Głębokość w cm Depth in cm	Powierzchnia preparatów, na której przeliczono sporomorfy (w $\text{cm}^2$ ) Area of slides where sporomorphs were counted (in $\text{cm}^2$ )	Liczba przeliczonych sporomorf Number of sporomorphs counted	Gęstość sporomorf na $\text{cm}^2$ The density of sporomorphs on $\text{cm}^2$ of slides	Absolutna koncentracja pyłku (liczba w $1 \text{ cm}^3$ ) Absolute pollen concentration (number in $1 \text{ cm}^3$ )
1	0—2	7.12	1317.5	185	114 810
2	2—4	5.68	2220	509	256 650
3	4—6	4.32	1461	338	219 200
4	6—8	2.88	1479	513	172 185
5	8—11	2.88	1378.5	479	145 678
6	11—14	2.88	2099	729	135 022
7	14—17	2.88	1683	504	114 267
8	17—20	2.99	1544.5	516	151 417
9	20—25	9.68	2020	209	94 375
10	25—30	9.68	1530	163	38 837
11	30—35	9.68	3028.5	312	82 770
12	35—40	9.68	2668	275	44 481
13	40—45	9.68	1218	126	27 764
14	45—50	9.68	889	92	27 567
15	50—55	9.68	824	91	26 193
16	55—61	15.36	1820.5	119	60 963
17	61—64	15.36	2251	153	62 694
18	64—67	15.36	2163.5	141	61 814
19	67—70	15.36	2980.5	194	74 512
20	70—75	15.36	2119	136	45 192
21	75—80	9.68	2113	218	30 734

Tabela 6. Absolutna koncentracja pyłku w 1 cm<sup>3</sup>

Table 6. The concentration of AP grains in 1 cm<sup>3</sup> of sample

№ próby	№ of sample	Głębokość w cm	Depth in cm	AP	MAP	APC	PICTA	PINUS	SALEX	BETULA	CORYLUS	POPULUS	QUERCUS	TILIA	CLEMUS	ACER	FRAXINUS	QUERC. MINT.	ALNUS	CAMPIDUS	FAGUS	LARIX	JUNIPERUS
1		0-3	0-3	103 742	11 008	134 816	84 779	83 868	392	21 868	438	459	7 705	658	175	29	29	8 908	4 444	8 823	207		363
2		3-4	3-4	198 278	57 863	250 650	168 478	98 571	295	38 185	3 193	8 772	8 248	8 182	218		292	11 915	14 027	8 180	207		171
3		4-6	4-6	143 870	68 223	269 478	7 428	68 118	146	17 868	8 438	8 772	8 248	8 182	218		719	8 696	18 208	7 202			
4		6-8	6-8	109 681	68 188	172 158	8 328	86 108	821	28 142	8 028	3 408	1 987	9 187	148	222	592	11 225	14 905	8 688			
5		8-11	8-11	95 882	88 688	143 478	8 148	83 208	748	18 208	8 278	4 22	2 888	3 388	168	108	428	8 655	11 688	8 388	121		
6		11-14	11-14	81 208	53 278	128 862	8 228	81 748	171	13 488	8 288	384	7 442	8 228	222	88	129	8 671	12 811	5 147		29	
7		14-17	14-17	78 882	87 682	118 862	8 868	82 288	288	11 182	8 13	87	1 982	8 178	222	108	82	8 158	11 472	8 288			
8		17-20	17-20	80 008	52 882	121 471	8 178	48 888	98	11 818	888		1 478	8 822		198	198	10 488	18 888	7 612			
9		20-22	20-22	82 828	38 882	84 821	8 822	38 821	278	7 222	898		1 058	8 202		88	42	8 488	10 652	8 472			
10		22-25	22-25	86 888	14 288	89 182	8 88	4 228	288	4 171	3 181	88	88	8 361	84		28	8 171	8 888	8 288			
11		25-31	25-31	88 884	18 888	82 778	8 278	4 188	88	6 138	3 181	122	888	8 278	88	78	8 888	10 872	8 881				
12		31-38	31-38	88 884	18 888	81 884	8 88	8 882	288	8 817	888	182	1 888	8 487	88	388	8 888	8 987	8 433				
13		38-41	38-41	88 884	18 888	87 282	8 882	8 774	288	8 185	822		218	8 888	88	128	4 882	8 147	8 442				
14		41-51	41-51	17 288	9 288	47 882	77	1 088		8 282	188		887	8 188	88		8 118	8 288	8 288				
15		51-55	51-55	18 882	19 881	28 882	108	1 022	88	2 888	88		882	8 088	88		8 882	8 058	8 028				
16		55-61	55-61	28 888	22 887	88 882	88	1 882	888	8 282	888		884	8 822	88		7 882	17 887	8 888				
17		61-68	61-68	48 881	22 883	88 884	128	988	147	6 288	8 288		887	8 114	108	17	8 288	19 822	8 027				
18		68-87	68-87	62 827	18 827	81 814	88	814	88	8 882	8 132		888	8 171	88		8 421	28 817	8 871				
19		87-98	87-98	41 882	28 828	74 812	128	887	188	10 171	3 288		888	8 088	88		158	4 825	28 882	7 872			
20		98-101	98-101	30 828	14 828	43 182	88	288	148	2 882	8 882		871	8 188	88		8 881	12 888	8 888				
21		101-102	101-102	28 888	19 824	88 214	128	8 214	88	2 288	881		888	8 148	88		28	1 718	8 482				

Tabela 7. Koncentracja pyłku siewnych NAW w 1 cm<sup>3</sup>  
 Table 7. The concentration of NAW grains in 1 cm<sup>3</sup> of sample

nr próby - nr of sample	głębokość w cm Depth in cm	CALUNA VILGAMIS	VACCINIUM TYP	CEREALIA	SECALE CEREALE	TRITICUM TYP	GRAMINEAE	CYPERACEAE	RUWEK ACTOBIELLA	RUWEK NR.	PLANTAGO LANCEOLATA	PLANTAGO MAJOR-MEDIA	ARTEMISA	CHENOPODIACEAE	CARYOPHYLLACEAE	LYCIGNES FLOSCUCULLI	SPERGULARIA TYP	STELLARIA MEDIA	TURFLOMAE	LAGELIIFLORAE	CENTAUREA CYANUS	CHIMBUM TYP	HANDICULUS TYP	ANEMONE TYP
1	0-2	1 267		673	734	339	2 013	433	697	340	315	276	240	240	315	0	0	0	47	171	171	171	171	
2	3-6	31 880	1 100	1 243	267	448	6 062	672	8 819	3 005	267	790	267	790	267	0	0	0	444	171	171	171	171	
3	7-8	27 639		1 757	1 719	1 430	8 331	1 719	1 430	4 832	144	373	144	373	144	0	0	0	1 286	1 030	1 030	1 030	1 030	
4	6-8	43 814		1 164	1 164	1 164	6 148	608	3 271	349	678	699	699	699	110	0	0	0	1 341	653	653	653	653	
5	9-11	39 039		1 034	1 034	1 034	6 784	629	3 271	311	371	615	615	615	110	0	0	0	1 046	616	616	616	616	
6	11-14	26 043		1 034	1 034	1 034	3 659	694	268	65	229	788	65	229	65	0	0	0	1 046	616	616	616	616	
7	11-17	26 043		1 134	1 134	1 134	1 750	672	1 068	138	138	138	138	138	62	0	0	0	266	279	279	279	279	
8	17-20	46 272	202	26	196	196	1 569	611	98	195	148	148	148	148	62	0	0	0	266	279	279	279	279	
9	20-25	21 202	148	26	196	196	1 817	622	47	148	148	148	148	148	62	0	0	0	274	282	282	282	282	
10	25-30	7 205	74	26	196	196	1 068	74	74	49	49	74	74	74	62	0	0	0	274	282	282	282	282	
11	30-35	7 065	74	26	196	196	2 285	68	68	68	68	17	17	17	62	0	0	0	266	279	279	279	279	
12	35-40	6 192	20	10	10	10	2 784	633	16	10	10	10	10	10	62	0	0	0	217	1 233	1 233	1 233	1 233	
13	40-45	3 142	21	24	24	24	1 797	63	63	133	93	133	133	133	62	0	0	0	248	1 645	1 645	1 645	1 645	
14	45-50	4 629	21	24	24	24	637	63	63	62	148	62	148	62	62	0	0	0	248	1 645	1 645	1 645	1 645	
15	50-55	4 704	21	24	24	24	1 067	208	208	100	267	100	267	100	62	0	0	0	179	1 156	1 156	1 156	1 156	
16	55-60	4 223	27	27	27	27	1 147	157	157	100	267	100	267	100	62	0	0	0	206	1 407	1 407	1 407	1 407	
17	61-64	9 287	27	27	27	27	1 272	28	111	29	16	267	16	267	62	0	0	0	1 603	1 693	1 693	1 693	1 693	
18	64-67	6 085	26	26	26	26	1 495	10	68	125	158	125	158	125	62	0	0	0	1 603	1 693	1 693	1 693	1 693	
19	67-70	10 875	26	26	26	26	1 495	10	68	125	158	125	158	125	62	0	0	0	1 603	1 693	1 693	1 693	1 693	
20	70-75	6 024	26	26	26	26	1 323	107	65	65	61	113	113	113	62	0	0	0	1 790	1 519	1 519	1 519	1 519	
21	75-80	6 126	27	27	27	27	662	61	61	192	192	192	192	192	62	0	0	0	1 790	1 519	1 519	1 519	1 519	

ACHELLEA TYP 500; ALCHIMILLA TYP 1000; 4000; CALTHA TYP 400; CAMPANULA 300; CENTAUREA JACEA 1200; CENTAU-  
 REA JACEA X SCAMOSA 100; CIBIBYSSOPLENUM 800; 800; CUNYLLARIA MAJALIS 500; CONVALLARIA MAJALENTHUM  
 100; ERYTHRAEA 100; FAGOPYRUM 200; GYPSOPHILA FASTIGIATA 400; GYPSOPHILA FASTIGIATA X MURALIS 200; HORBDEUM  
 TYP 600; IRIS PSEUDOACORUS TYP 400.

Nr próby - Nr of sample	Głębokość w cm Depth in cm	TRIACTINUM	UMDELLIFERAE	LILIACEAE	ANTHRACUM HAMOSUM	ROSACEAE	QUERCUS TYP.	POTENTILLAPRAGARIA TYP.	FILIPENDULA	FICUS TYP.	HORUS TYP.	RORBUS AUCUPARIA	SOMBUS TYP.	PAPILONACEAE	GENIBIA TYP.	TRIPODUM TYP.	LABIATAE	PURNITA TYP.	THYMUS TYP.	STACHYSALTEPUS TYP.	ALCANTOROLPHUS	MELAMPYRUM	RUBRICEAE	GALLUM
11	75-80		42	58	11	14	48	14	55	11	15	53	52	91	44	52	52	52	52	52	52	52	52	52
12	70-75		58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
13	65-70	55	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
14	60-65	55	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
15	55-60	55	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
16	50-55	55	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
17	45-50	55	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
18	40-45	55	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
19	35-40	55	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
20	30-35	55	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
21	25-30	55	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
22	20-25	55	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
23	15-20	55	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
24	10-15	55	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
25	5-10	55	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
26	0-5	55	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
27		55	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58

SRBI: LYRIMACHIA THYRIFLORA, SRBI: LYRIMACHIA VULGARIS SRBI: MAJANTHEMUM TYP SRBI: MELANTRIUM ALBUM SRBI: ONONIS TYP SRBI, SRBI: PAPAVERTACEAE SRBI, SRBI: POLYCOMA TUM/CONVALLARIA SRBI: POLYGONACEAE SRBI: POLYGONUM AVICULARE SRBI, SRBI: POLYGONUM RECT. BISTORTA SRBI: POLYCOMA CONVALLARIA SRBI: PRUNUS PADER SRBI, SRBI: PTERIDIUM AQUILINUM SRBI;  
 SRB: LYRIMACHIA THYRIFLORA, SRB: LYRIMACHIA VULGARIS SRB: MAJANTHEMUM TYP SRB: MELANTRIUM ALBUM SRB: ONONIS TYP SRB, SRB: PAPAVERTACEAE SRB, SRB: POLYCOMA TUM/CONVALLARIA SRB: POLYGONACEAE SRB: POLYGONUM AVICULARE SRB, SRB: POLYGONUM RECT. BISTORTA SRB: POLYCOMA CONVALLARIA SRB: PRUNUS PADER SRB, SRB: PTERIDIUM AQUILINUM SRB;



Tabela 8. Liczba skorodowanych ziarna i spor różnych typów oszacowana dla 1 cm<sup>3</sup> próbki

Table 8. The number of corroded spores of different type estimated for 1 cm<sup>3</sup> of sample

Nr próbki	Depth in cm	AP	NAP	EUKA	AP + NAP	PICEA	PICEA 1/2	PINUS	PINUS 1/2	SALEX	NETULA	CONYLIUS	POPULUS	QUERCUS	TILIA	ULMUS	FRAXINUS	ALNUS	CARPINUS	FAGUS	CALUNA	Zusammen (Estimated)	Zusatz (Corrected)	Nazwa (Given)
1	0-2	8 147	108	8 255	828	7 169	1 491	10 818	1 828	1	1 828	78		47		88	88	87	323	88	3 108	1 528	1 578	
2	2-4	8 905	8 198	16 103	88	8 861	1 771	10 716	3 528	178	3 528	178		69	3 185	88		3 225	908	88	3 108	1 528	1 578	
3	4-6	8 121	6 478	14 108	628	8 144	8 828	17 628	8 485	144	8 485	144		184	412	88		1 155	678	88	3 108	1 528	1 578	
4	6-8	7 681	3 871	11 058	808	8 784	1 808	17 678	1 628	116	1 628	116		187	747	88		1 888	678	88	3 108	1 528	1 578	
5	8-11	88 798	4 014	94 742	628	8 868	8 868	18 908	8 871	211	1 688	206		181	1 688	88		1 888	628	88	3 108	1 528	1 578	
6	11-14	8 678	4 181	12 858	868	8 728	8 728	15 281	1 891		1 891			182	3 378	88		1 888	897	88	3 108	1 528	1 578	
7	14-17	8 455	3 828	11 781	808	8 444	8 888	16 698	1 891		1 891			178	3 288	88		1 884	1 088	88	3 108	1 528	1 578	
8	17-20	88 188	8 088	11 354	888	4 212	8 588	16 884	8 881	88	8 881	88		188	8 881	88		8 888	8 714	88	3 108	1 528	1 578	
9	20-25	88 188	4 838	14 488	882	8 688	8 828	18 871	1 821	188	1 821	188		188	1 677	88		8 888	8 811	88	3 108	1 528	1 578	
10	25-30	8 842	4 828	8 868	88	8 844	1 881	1 888	8 881	88	8 881	88		88	1 488	88		1 882	888	88	3 108	1 528	1 578	
11	30-35	8 842	3 188	8 782	78	8 868	1 881	1 821	8 881	71	1 878	188		188	1 778	88		1 882	841	88	3 108	1 528	1 578	
12	35-40	8 817	3 828	8 438	78	8 848	8 881	8 724	8 881	87	1 888	188		188	1 688	88		1 887	828	88	3 108	1 528	1 578	
13	40-45	7 888	3 218	11 028	78	7 711	7 888	8 842	8 881	88	1 888	88		88	1 788	88		8 888	887	88	3 108	1 528	1 578	
14	45-50	7 885	3 088	8 888	88	7 711	8 888	8 888	8 888	88	1 888	88		155	1 888	88		8 888	871	88	3 108	1 528	1 578	
15	50-55	8 811	1 888	8 887	88	74	871	871	871	88	871	88		88	1 871	88		1 881	888	88	3 108	1 528	1 578	
16	55-60	88 888	3 888	11 888	87	88	888	818	818	88	1 888	188		87	3 888	88		8 888	887	88	3 108	1 528	1 578	
17	60-65	8 888	3 888	11 888	88	88	888	888	888	88	1 888	188		88	4 018	87		8 888	887	88	3 108	1 528	1 578	
18	65-70	88 888	4 888	11 888	88	88	888	888	888	88	1 888	188		88	3 888	88		8 888	887	88	3 108	1 528	1 578	
19	70-75	88 888	3 888	11 888	88	88	888	888	888	88	1 888	188		88	3 888	88		8 888	887	88	3 108	1 528	1 578	
20	75-80	88 888	3 888	11 888	88	88	888	888	888	88	1 888	188		88	3 888	88		8 888	887	88	3 108	1 528	1 578	
21	80-85	88 888	3 888	11 888	88	88	888	888	888	88	1 888	188		88	3 888	88		8 888	887	88	3 108	1 528	1 578	

Tablica 9. Koncentracja i frekwencja sporowatki kilku profilow glebowych  
 Table 9. The concentration and frequency of sporomorphs in some soil profiles.

Głębokość Depth cm	Międzywiera ATC na 1 cm <sup>2</sup>	Międzywiera ATP na 1 g	Cośk heads na 1 g	Distal II na 1 g	Distal IV na 1 g	Distal V na 1 g	Koc I	Koc II	Koc III
1	114 080	60 200	221 020	2 600/013		28 000			
2			827 060						
3	556 050	203 017	2 018 810		3 200				
4			1 344 250						
5	310 100	93 051	197 370	203 010		4 500			
6			505 000	203 000	1 250				
7	472 050	94 402	225 200						
8			109 200						
9	133 420	43 701	15 828	100 000		170			
10			7 400						
11			1 695						
12			604						
13	135 423	50 305	4 227		5				
14			22 000						
15			22 000	63 000	30				
16	154 307	53 943	1 863						
17			304						
18			2 150		400				
19	528 117	20 304	5 491						
20			7 300						
21				6 000					
22	91 325	20 840							
23									
24									
25									
26									
27				1 000					
28									
29									
30									
31									
32	52 770	38 679							
33									
34									
35									
36									
37									
38	41 464	21 505							





Tabela 10. Przesuwanie ziarn pyłku zbóż przez 1 cm warstwy  
 Table 10. The infiltration of Cerealia pollen through 1 cm layer

Nr próby Nr of sample	Głębokość w cm Depth in cm	Ilość pyłku zbóż/cm <sup>2</sup> APC of cereals	Powierzchnia Polany Białostockiej w km <sup>2</sup> The change of the Białostocka Clearing-area in km <sup>2</sup>	Rok Year	Oszacowany czas przesuwania się ziarna pyłku zbóż przez 1 cm profilu (w latach) The calculated time of infiltration through 1 cm (years)
1	0—2	2094	13,67	1949	31,2
2	2—4	1854			
3	4—6	1728	13,67	1902	
4	6—8	1164		(1870—1871)	
5	8—11	634			14,75
6	11—14	309	7,05	1784	
7	14—17	67			
8	17—20	30	0,12	1696	14,7
9	20—25			1420	15,2

MARIA BOROWIK-DĄBROWSKA

PALYNOLOGICAL STUDY OF THE BARROW IN THE  
BIAŁOWIEŻA NATIONAL PARK

## Summary

## DESCRIPTION OF THE AREA INVESTIGATED, THE BARROW AND THE VEGETATION

The Primaeval forest of Białowieża is situated between longitude 23°21'E and 24°21'E and between longitude 52°29'N and 52°57'N. It covers about 1400 km<sup>2</sup> and is the largest forest in the lowlands of Central Europe. Almost in its centre lies the Białowieża National Park, which was established in 1921 and has an area of about 50 km<sup>2</sup>. It is generally believed that the structure and composition of the vegetation is very close to that which would occur in the natural state in this region. But even within the forest traces of human activity can be found and this paper represents the study of one of several barrows. These barrows have been investigated by archaeologists since 1915<sup>21\*</sup> and recently, because many new sites have been discovered, their study has been renewed.<sup>23, 24</sup> The largest barrow which has recently been excavated and lies in compartment number 256 (Fig. 1) has been the subject of a palynological study. This barrow was almost circular with the diameter varying from 18 to 16 m; the height of the barrow above the surrounding ground is approximately 0.80 m. The structure of the barrow was investigated by I. Górska in 1969 and 1970. In the central part and occupying an area approximately 5 × 8.5 m, he traced the remains of a wooden fence. Surrounding the barrow and forming a shallow depression 3 m wide there was the remains of a ditch which is now filled with a black soil; this was apparently the origin of the sand which was used to build the barrow. Archaeological finds in the barrow comprised only fragmentary pieces of charcoal, ash and traces of the timber construction, apparently fencing; comparisons with other materials suggested that the barrow dates from the early mediaeval period.<sup>27</sup> From the analysis of the archaeological profile it would appear that the barrow was built in a glade or small hill whose slope was about 10°.

The vegetation which surrounds the barrow at the present time belongs to the association of *Vaccinium myrtillus* and *Pinus sylvestris* (*Vaccinio myrtilli-Pinetum* of Braun-Blanquet and Vlieger 1939<sup>20</sup>). It occurs on podzolised soils or deep soils regarded as cryptopodzols developed on sand which is deficient in calcium carbonate and with the ground water-table at a considerable depth below the surface. In the A and B horizons there is a small content of clay. This plant association generally occurs on areas which are raised above the general level and on sites where the soil is freely drained and therefore subject to an increased rate of leaching. The A horizon is acid but the acidity decreases rapidly with depth. The soils are generally moist but sometimes dry.<sup>30 31</sup>

Phytosociological analyses were made by the method of Braun-Blanquet (Table 1) to demonstrate the composition of the vegetation and to find the difference in the composition of the vegetation of the barrows but these in fact proved to be relatively slight. After excavation the succession of plants on the site was described

---

\* Numbers refer to notes in the Polish text.

(Table 2). So far only synanthropic elements are present such as *Rumex acetosella*, *Oenothera biennis* and many light-demanding species including *Hypericum perforatum*, *Senecio silvaticus*, *Potentilla erecta*, *Hieracium pilosella*, *Luzula pallescens* and others. In September 1971, the pioneer vegetation was destroyed completely by red-deer during their rut as the males choose open spaces and raised ground for their fighting.

#### MATERIAL AND METHODS

The profile exposed in the section was as follows:

- 0—4 cm — raw-humus composed of mosses and needles — A<sub>1</sub>
- 4—14 cm — accumulation layer — A<sub>1</sub>
- 14—25 cm — eluvial layer with slightly developed podzoiil — A<sub>2</sub>
- 25—58 cm — iluvial layer — A/B
- 58—67 cm — disturbed accumulation layer — A<sub>1</sub> — with charcoal
- 67—70 cm — podzoiil — A<sub>2</sub>
- 70—80 cm — iluvial layer and maternity soil — B/C

Samples of the mineral material were analysed by the method of J. Troels-Smith<sup>36</sup> (Fig. 2 and Table 3). There are two soil profiles, one above the other, and they are well separated. The upper and younger one from 0—58 cm shows gradual transition of the genetic horizons and was formed in loose sand. The illuvial layer is marked by iron-patches (*Limus ferrugineus*). In the lower and older profile (58—80 cm) fragmentary plant remains were found in the A<sub>1</sub> horizon (58—80 cm) together with charcoal which comprised up to 15% of the sample volume: this is a good indication that burning destroyed the A<sub>1</sub> and A<sub>2</sub> and part of the A<sub>2</sub> horizons. The microscopic size of the charcoal remains in the B horizon is evidence of inwash from the top of the profile and one may conclude that after burning the site was left open for an unknown period.

Then the barrow was constructed from the subsoil obtained from the immediately surrounding area. This forms the parent material for the upper soil.

In acid soils, the activity of small animals, such as worm and arthropods, is reduced in well-illuminated places.<sup>40, 41</sup> 21 samples for pollen analysis were collected within 3 m of the centre of the barrow and the thickness of the layer sampled (2.3—5 cm) depends on variations in the profile down to 80 cm below the surface. The two lowest samples are from the parent material. All the samples were treated by acetolysis, according to the method used in the National Museum, Department of Natural Sciences, Copenhagen, and by flotation.<sup>37</sup> For determination of pollen grains and counting a Zeiss-Jena microscope was used with working magnification of  $\times 400$  and  $\times 1000$ . Two slides were prepared from each sample and all pollen grains were counted and identified giving from 900—3000 grains for each sample. These form the basic data (Table 5). For each sample, the absolute pollen concentration (APC) was established and expressed in terms of 1 cm<sup>3</sup> of fresh material and for 1 g of soil. The values are referred to as absolute pollen frequency (APF).<sup>38</sup> The original results of the counts are kept in the Palynological laboratory. A comparison of the quantities of pollen derived from the weighting and aliquot methods is set out in Table 4. The original values for APC are presented in Tables 6 and 7 and Figs 3, 9 and 10. The number of pollen grains found in unit volume varies from 26 to  $257 \times 10^3$ . The highest concentration is from 0—25 and then from 58—70 cm below the surface. The APF values vary from 9 to  $204 \times 10^3$  pollen grains per g of sample (Table 9).

## ABSOLUTE POLLEN CONCENTRATION

The advantage of knowing precisely the concentration of different types of sporomorphs in 1 cm<sup>3</sup>, rather than in 1 g of material has been discussed by M. J. Dąbrowski and the author.<sup>44</sup> The absolute pollen frequency measured per g may give a uniform basis for comparisons but it can not be related to the rate of accumulation and expressed in units of depth. The influx of sporomorphs on to the soil surface and their inwash into it are strictly linked with units of depth.

The drying out of soils of the type used in this analysis, may cause a considerable error in evaluation, especially as both mineral and organic sediments have been examined. They vary in their water content and this is an important factor which affects preservation of pollen.

Fægri and Iversen<sup>45</sup> express the opinion that the simplest indication of APF values is obtained by noting the number of pollen grains per unit area of microscopic preparations. In practice, we try to have sporomorphs uniformly distributed on the slide and at a density suitable for a particular worker. Therefore APF values seldom exceed certain minimum densities. For example, K. Mamakowa<sup>46</sup> in the profile from Lille Bukken gives the AP and NAP frequencies as lower than 1000 per unit area. M. J. Dąbrowski<sup>47</sup> arranges the maximal density not to exceed 1300 per cm<sup>2</sup> of the slide in samples from peat. In fact, only minimal numbers of APF indicate minimal quantities of pollen preserved in mineral materials of late glacial and analogous periods.

In this paper the density of pollen found on slides is at a maximum (729 per cm<sup>2</sup> — Table 5) but it does not reflect the highest concentration. The densities on slides varies from 92 to 729. Absolute pollen concentration differ from absolute pollen frequencies in relation to the amount of sand present; this is because the specific gravity of sand is 2—5 times greater than that of humus (Table 9). The change of the concentration with the depth of the profile is related to the proportions of humus and sand. This can be seen in both the younger and older profiles (Fig. 3).

The variations of concentration (APC) and of frequency (APF) are shown in Fig. 4 on a logarithmic scale and are compared with profiles II and V from Delzijl. There seems to be a clear relation to the humidity of soil and that from Białowieża is certainly the driest. The tendency of APC to increase in the layers which contain charcoal is not simply explained. According to A. J. Havinga<sup>51</sup> the concentration should be lowest when the amount of charcoal is greatest. This has also been found by Dimbleby.<sup>52</sup> In the upper profile from Białowieża, there is no such correlation and therefore one may conclude that charcoal was carried on to the barrow from another place, where it became mixed with the sand used in building the barrow. In the old profile at 58—70 cm charcoal forms up to 15% of the sample. APC increases with depth as the influence of the fire decreases. That APC is almost double in this horizon, when compared with the overlying layer (25—58 cm), is the only proof that it is the humus layer of an old soil. Many common types of pollen grains in this sample show selective destruction and intense corrosion; this indicates that the soil surface was exposed for some time. APC increases with the mixture of humus substances and partly with the increasing amount of silt, clay and fine sand particles (from 0.002 to 0.06 mm diameter). It decreases in coarse and medium sand (from 0.06 to 0.6 mm diameter and from 0.6 to 2.0 mm diameter). This is illustrated in Figs 2 and 5. These

changes are probably related to the open pore-space which form air channels in the soil. In loose sand they attain a diameter between twenty and ninety micrones and seldom less. When the A<sub>2</sub> horizon is formed of fine sand in both soils (17—20 cm and 67—70 cm<sup>2</sup> respectively), the diameter of the air channels is small and therefore infiltration is slowed down and the concentration becomes relatively higher. The infiltration is quicker along humified roots and in cavities left by the decay of underground organs.<sup>58</sup> In this type of woodland, the main mass of roots penetrates to 30 cm and seldom reaches 50 cm.<sup>59</sup> In the profile of the barrow, roots penetrated to 25 cm and only 5% to 50 cm. The roots also form a dense net and to some extent this slows down the infiltration of soil suspension.

APC reaches a maximum in the A<sub>1</sub> horizon (0—4 cm), the A<sub>2</sub> horizon (4—14 cm) and the A<sub>2</sub> horizon (14—25 cm) and there is a second maximum in the A<sub>2</sub> horizon of the old soil (58—70 cm). The lowest values are in the horizon at 25—58 cm and this indicates that the barrow was built of sub-soil. Following its construction pollen-grains and spores were deposited on its open surface where the majority of them rapidly decayed and autooxidised. The infiltration was of a selective character and pollen grains 17—37 micrones in diameter of (lime, alder, birch and hazel) are those which have been preserved.

#### SOURCES OF POLLEN

It is important to know where the pollen grains and spores have been derived. In other words how great is the area represented by a pollen spectrum? There is considerable disagreement in answering this question. Some authors believe that the area represented is a circle of about 10 m diameter (Faegri, Iversen<sup>65</sup>), 20 m (Birse<sup>66</sup>), 20—30 m (Andersen<sup>67</sup>), a few hundred m (Jonassen, Scamoni<sup>68</sup>), or half a kilometre (Bertsch, Brem and Sobolewska<sup>69</sup>). In Białowieża forestry maps to a scale of 1:10000 can be used and compared with field-analyses made by the author. The pattern of vegetation of the barrow is illustrated in Fig. 6.

Based on pollen analyses of 17 humus profiles from the whole territory of the Park, and on the relation of surface spectra to surrounding vegetation of Scots pine and Spruce wood, we can conclude that the representative area is about 2 ha.<sup>73</sup> This can be deduced from the % of AP grains representing genera of trees that do not grow in the close vicinity of the site and are called foreign elements. In a stand whose area is 0.5 ha they form 35% of AP, for a stand of area 0.9 ha, 28.5%, for a stand of 2 ha, 14%, and in much larger areas of woodland of this type, from 4—12%. Consequently, one may conclude that the plant community in an area of 2 ha is represented in the pollen spectrum by local plants and the admixture of foreign grains will not exceed 15% of AP. This area is about seven times greater than the area suggested by S. Th. Andersen.<sup>71</sup> Similar results have been obtained by M. J. Dąbrowski<sup>74</sup> in his studies of recent pollen rain in Białowieża National Park. In surface samples from the barrow profile, foreign elements comprise 13% of AP and among them, alder has the highest frequency (4.3%). It grows at a distance of 320—350 m away from the barrow. Deciduous woodland elements are at a distance of about 150 m from the site. This allows short distance transport to be determined as coming from 350—400 m (equivalent to an area of 30—50 ha). The middle distant transport was measured by grains of *Juniperus* of which the nearest shrubs are growing about 1 km from the barrow. Long distant transport was evaluated from the occurrence of larch

and beech; these form 0.3% of AP spectra and can be neglected in the interpretation.

The dominance of local deposition of AP grains can be shown additionally by frequencies of spruce. In this wood, they are only half the size of those in other types of wood (Fig. 7) and this results in lower productivity of pollen by the local trees because, as they are thin, poorly grown and not very tall, flowers and cones are very sparse and restricted to the top of their crowns.

The correction factor for spruce is around 0.3—0.4, for birch close to 1 and for Scots pine, which is certainly over-represented, 2—3. In places where Scots pine is not growing its AP frequencies are smaller than 30%.

These factors are only applicable to this type of vegetation and can not be used for the interpretation of past vegetation from data derived from peat- and lake-sediments. It would be impossible to use them for northeast Poland, just as results from Draved can not be used for north-west Europe.<sup>64</sup>

The analysis of NAP was made in the same way. Phytosociological analyses were made and lists of herbaceous plants are available. Many types are strictly local but sometimes a certain morphological type has a broad ecological meaning, for example, types of Rosaceae, Papilionaceae. NAP grains are seldom able to move in or above the crown-layer.<sup>65</sup> According to F. Firbas and S. Th. Andersen<sup>66</sup> they are deposited within a few metres from the source and only insect-pollinated plants can be transported further, but the distance rarely exceeds 100 m.

NAP is expressed in 4 different ways: first their concentration is given (Fig. 10), then their frequencies were calculated on the basis of AP forming 100% (Fig. 12) then a total diagram is given (Fig. 15) and in the last figure (Fig. 16) NAP is treated as its own specific group. Six different ecological groups of pollen types are separated: the first is formed of plants of wet places which occur in alder and ash woods, the second group are local plants from the surrounding forest, the third group are anthropogenic elements, the fourth group are light demanding species which occur after the woodland has been cut over, the fifth group are species of pasture and the sixth miscellaneous species.

Anthropogenic species are not of local origin and come only from long distance transport as the clearing surrounding the village of Białowieża (Fig. 1) is about 5 km from the barrow. In table 10 the concentration of Cerealia pollen is given with the dates of the development of the area cleared around the village.

The ratio of AP to NAP can be treated as a measure of forest-cover and in a forest region, NAP seldom exceeds 50% of the total. In surface samples from the Białowieża National Park this is around 9:1. The pollen spectrum from the surface of the barrow contains 9.6% NAP and the dominance of trees is about 60%. In samples from 2—4 cm deep, there is 23% NAP and this indicates that the wood was then more open. When the ratio is about 6—7:3—4, it may be regarded as an indication of the opening up of woodland and the area of the glade would be about 0.3 ha.

#### CORROSION

The corrosion of sporomorphs is highest in the 25—58 cm layer and reaches 40% of AP. It is illustrated in Figs. 3, 13, 9, 14 and 15 and in Table 8 where the numbers of grains are given. Pollen types may be arranged in sequence from those which are most resistant to those which are very sensitive to corrosion.

The sequence is as follows: Scots pine, spruce, lime, horn-beam, birch, alder, oak, heather and hazel. The high number of corroded grains can be treated as evidence of resistance, because sensitive grains quickly decay and disappear. Corrosion is more frequent in mineral samples with larger pore-channels (Fig. 8). If the pH is below 5.5, corrosion is usually not more than 12%.

#### INTERPRETATION OF POLLEN DIAGRAMS

The basic data comprise the concentration are given in Fig. 3. The calculations were made for AP frequencies (Fig. 11, 12) and the diagrams for all the data (Fig. 13, 14 and 15) were drawn.

In the APC diagram changes in the numbers of sporomorphs are shown on the vertical axis. The total diagram illustrates change in frequencies of different types. These have been grouped with the intention of showing the relationship between woods and glades (AP:NAP). Percentages of AP (=100%) provide information about changes in the composition of the tree layer. The pollen analyses presented in this paper are not quite similar to those of peat- or lake-samples. The origin of the profile of the barrow is much more complicated. At the beginning (samples from 58 cm downwards), there is an old soil and infiltration of grains has taken place into a layer of accumulation. Then from 25–58 cm the main structure of the barrow is formed of subsoil. Grains were deposited on its surface for a long time but the majority of them were destroyed and only part (the smaller grains) filtered deeper into the soil. Oxidation processes of pollen are still not very well understood by palynologists.

When the barrow was covered by woodland, formation of raw humus began, accompanied by the accumulation of the acidified remains of organic matter. This allowed the sedimentation of grains into the new soil.

It seems difficult to avoid using the traditional method of presentation therefore different diagrams have been drawn and the zonation is based mainly on APC-values, but the AP-diagram is also important and the NAP-diagrams have already been described.

Phase 1 — represented by a single spectrum based on the sample 75–80 cm below the surface. APC is very low  $C. 31 \times 10^3$ . NAP total frequency is 34.4% indicating the existence of a glade. The analogy with the recent glade (no. 45 in Fig. 6B) which is in the close vicinity is very striking. This was a period of open vegetation dominating a small area of around 0.3 ha. In the vicinity, there was woodland dominated by Scots pine with a mixture of birch: the nearest living alders were closer to the barrow than they are now.

Phase 2 — sub-divided into 2 parts. 2a is based on a period after the clearance of Scots pine and this tree disappeared from the broader belt surrounding the barrow. Locally alders were more common. This tree indicates the presence of ground water at 5 m deep and sandy soils with clays giving gley-podzols. In sandy profiles the gley horizons are easily recognised. Among herbaceous plants *Cirsium*, *Polemonium coeruleum*, *Chrysosplenium*, *Iris pseudoacorus* and *Sphagnum* most probably reflect a rise in ground water. There are traces of Birch and the dominance of herbaceous plants which exist along tracks and paths, such as *Plantago maior*, *Rumex acetosella*. The pollen spectra of 2b differ and are interpreted as evidence of burning. It seems likely that the barrow was built in a glade from which boreal species disappeared but occurrence of synanthrops should not be linked only with this as they are easier deposited in open space.

Phase 3 — represented by 25—58 cm is the most difficult to describe as oxidation of grains prevails throughout deposition. A slight increase in the cover of forest appears to be discernable. The representation of alder is unchanged and is accompanied by hazel in the shrub layer.

Phase 4 — this clearly represents a wood composed of Scots pine and spruce which is the association developing immediately on the barrow, but the density of crowns is still low so that there are many foreign elements in NAP. *Calluna* and other *Ericaceae* form a layer of dwarf shrubs and towards the end this layer becomes dominated by grasses. Many light-demanding species are still present e.g. *Hypericum*, *Melampyrum*, *Thymus* and others. Synanthrops are frequent and include *Centaurea cyanus*, *Gypsophila fastigiata* and *Chenopodiaceae* which indicate the presence of arable land at some distance.

Phase 5 — birch is much more plentiful than at the present time. Its bark and leaves were present in samples. It is the most light-demanding tree in this region but light-demanding herbaceous species decrease. The increase of spruce among the trees on the barrow is marked.

Phase 6 — this reflects the composition of the recent woodland.

#### AGE OF BARROW

Studies on recent pollen rain in Białowieża were used by M. J. Dąbrowski<sup>121</sup> to determine the influx of grains and the so-called constant of deposition has been applied as a method for dating sediments of the Eemian interglacial from the same region.

In this paper, the influx has been established for woodland of Scots pine and spruce and samples from the immediate vicinity of the barrow were measured (see Fig. 6B for the localities used in the studies of pollen rain). The constant of deposition has been based on these measurements and has been found to be 9335 AP/cm<sup>2</sup>/year. In surface samples, the total of 27484 grains present in the layer 2 cm deep give an estimate of the time of accumulation as being about 22.2 palynochrones, or, more simply palynological years. The part of the profile down to 25 cm of acid humus is analogous to a peat profile. In this part of the profile the woodland is sparse and therefore values for deposition in a glade were used. This means, that the constant of deposition was changed to 7300 AP/cm<sup>2</sup>/year. The age of the layer from 2 to 25 cm is therefore approximately 311 palynological years and this, together with the surface sample, gives 333 years.

Grains found in the layers from 25 to 58 cm date from the period after the barrow was built and before the main accumulation of humus. Among the grains deposited on the open surface of the mineral soil, only those of *Tilia* are sufficiently resistant to infiltrate into the sand. Their diameter is around 20 × 34 microns. In the upper soil, 158111 grains of *Tilia* were found to have accumulated during 311 palynological years. This means an average rate of 500 grains in one year so that total of 155393 grains represents 306 palynological years and the total age becomes 639 palynochrones.

One can not neglect corrosion and destruction. To establish its range a special formula of calculation is proposed:  $R = ae^{-\lambda t}$  where  $R$  represents quantity of infiltrated pollen,  $a$  — the coefficient of infiltration,  $e$  — the exponential constant,  $t$  — time and  $\lambda$  — the coefficient of corrosion. This is a relationship used by Rampe<sup>122</sup> to calculate the distribution of *Abies* pollen, to count the radioactivity,



and is, in fact, a time growth function. By the use of logarithms the infiltration can be measured:

$$\log R = \log a - \lambda t \log e \text{ and then } \lambda = \frac{\log R}{t \log e} = \frac{\log a}{t \log e}$$

This means that the difference of logarithms between the uppermost and the lowest samples indicates the rate of the destruction process:

$$\lambda = \frac{\log(i) - \log(n)}{\frac{\text{time}}{\log e}}$$

In this case, time has been established as being close to 630 palynochrones and the values for *Tilia* 6279 in 0 cm — sample and 3496 in n — sample:

$$\lambda = \frac{\log 6279 - \log 3496}{277,50492} = \frac{3,7979 - 3,5436}{277,50492} = \frac{0,2543}{277,50492} = \frac{1}{1091}$$

The destruction of grains of *Tilia* is about 1 per 1091 per year. If 155393 is divided by 1091 then 142 grains were completely destroyed and after 306,5 years the number would be about 43450 grains. This value divided again by 508 gives the additional age as 85 years. The total time is then about 725 palynochrones and subtracting this from 1969 would give the date of the barrow as 1245 A.D.

Very close to the barrow a single Scots pine was growing until it was broken off in 1967. The age of this tree was estimated from the number of annual rings at about 1 m above ground-level. There were 323 rings so that the age of the tree would be about 340—345 years. Trees of Scots pine normally live 300—350 years and sometimes as long as 500 years: in open situations they begin to flower when they are 15 years old.

In the APC diagram, there is a marked change in the concentration of Scots pine pollen at a depth of 20—25 cm, so that this would suggest the age of the total thickness to 25 cm is about 333 palynochrones. In the AP diagram, there is an increase in the frequency of Scots pine from 19 to 40%. These events can be reasonably linked and establish the age within a 1% error. This striking correlation of dendrochronology and palynochronology covers 333 palynological years. The rate of deposition of pollen grains of *Tilia* into the horizon from 25—58 cm provides an estimate of an additional 392 palynochronological years. The estimated age of the barrow would therefore again be about 1245 A.D. and this date fits well with that suggested by historians who placed the period between 1255 and 1269 A.D. as of unsettlement.

The delay in the formation of raw humus is about 400 years and this is in agreement with the results of Dimbleby<sup>181</sup> who has shown that it may take up to two thousand years.

This is essentially a preliminary study of this archaeological monument by palynological and palynochronological methods. It is hoped that further studies and developments of these methods to provide a sound chronology will be valuable in solving similar archaeological problems.

*Translated by Mieczysław Jan Dąbrowski*

Adres autorki: Dr Maria Borowik-Dąbrowska  
Zakład Epoki Kamienia — Palinologia  
Instytutu Historii Kultury Materialnej PAN  
00-140 Warszawa, Al. Świerczewskiego 105