

Polska Akademia Nauk  
Instytut Ochrony Przyrody

# STUDIA NATURAE 48



**OTWORNICE I PALEOŚRODOWISKO  
FORMACJI BADENIANU (MIOCEN ŚRODKOWY)  
NA OBSZARZE GÓRNEGO ŚLĄSKA**

**FORAMINIFERIDA AND PALAEOENVIRONMENT  
OF THE BADENIAN FORMATIONS (MIDDLE MIOCENE)  
IN UPPER SILESIA (POLAND)**

MAŁGORZATA GONERA



STUDIA NATURAE 48

STUDIA NATURAE jest seryjnym wydawnictwem Instytutu Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk w Krakowie, ukazującym się od 1967 roku. Jego celem jest publikowanie oryginalnych prac, których problematyka wiąże się z ekologicznymi podstawami ochrony przyrody, stanem zagrożenia świata roślin, zwierząt i przyrody nieożywionej oraz analizą ich aktualnego zabezpieczenia, zwłaszcza w formie ochrony rezerwatowej; zamieszczane są również prace stanowiące dokumentację istniejących i proponowanych przedmiotów ochrony. Każdy zeszyt Studia Naturae poświęcony jest jednemu problemowi i zawiera jedną lub kilka prac; często są to wyniki badań zespołowych. Do niedawna pismo składało się z dwóch serii: seria A zawierała prace naukowe, seria B – prace popularnonaukowe. W 1993 roku zrezygnowano z wydawania serii B. Pismo kontynuuje linię programową serii A, zachowując jej numerację. Prace wydawane są w języku polskim ze streszczeniem w języku angielskim lub w języku angielskim ze streszczeniem polskim.

STUDIA NATURAE is the serial publication of the Institute of Nature Conservation of the Polish Academy of Sciences in Cracow, coming out since 1967. Its main purpose is the dissemination of original papers dealing mainly with ecological foundations of nature conservation, analysis of threats to flora, fauna and inanimate nature, and of the state of their conservation. There are also published documentation works on the existing and proposed objects of protection in Poland. Each fascicle of Studia Naturae deals with one problem and it includes one, or several papers, which often describes results of team-research. Until recently the publication had two series: series A handled scientific papers, while series B, popular-scientific ones. In 1993 editing of series B was stopped. The publication has kept the character of series A and its numeration. Papers are published in Polish with English summary, or in English with Polish summary.

**Polska Akademia Nauk**  
Instytut Ochrony Przyrody

# **STUDIA NATURAE 48**

**OTWORNICE I PALEOŚRODOWISKO  
FORMACJI BADENIANU (MIOCEN ŚRODKOWY)  
NA OBSZARZE GÓRNEGO ŚLĄSKA**

**FORAMINIFERIDA AND PALAEOENVIRONMENT  
OF THE BADENIAN FORMATIONS (MIDDLE MIOCENE)  
IN UPPER SILESIA (POLAND)**

MAŁGORZATA GONERA

Kraków 2001

<http://rcin.org.pl>

Redaktor naczelny – Editor in Chief

Róża KAŻMIERCZAKOWA

Zespół redakcyjny – Associate editors

Anna DYDUCH-FALNIOWSKA (z-ca redaktora naczelnego – vice-Editor),  
Małgorzata GONERA, Małgorzata MAKOMASKA-JUCHIEWICZ (sekretarz – secretary)

Rada Redakcyjna – Editorial Board

Zygmunt DENISIUK – Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków

Barbara KAWECKA – Instytut Biologii Wód PAN, Kraków

Adam ŁOMNICKI – Instytut Biologii Środowiskowej, Kraków

Tadeusz NIEDŹWIEDŹ – Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Kraków

Elżbieta PANCER-KOTEJOWA – Wydział Leśny AR, Kraków

Stefan SKIBA – Instytut Geografii UJ, Kraków

Stanisław WRÓBEL – Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków

Opracowanie recenzował: Stefan Witold ALEXANDROWICZ

Adres Redakcji: al. Mickiewicza 33, 31-120 Kraków

Copyright by Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków 2001

ISSN 0081-6760

Skład komputerowy:

*Mariusz Markiewicz* – „MarDruk” – Marcin Herzog

ul. Świętokrzyska 12/511, 30-015 Kraków

tel./fax 0(...)12 630-23-57, (0502) 253-259

e-mail: [biuro@margraf.pl](mailto:biuro@margraf.pl)

Druk:

Drukarnia EKODRUK, ul. Konfederacka 4, 30-306 Kraków

nakład: 300 egz.

<http://rcin.org.pl>

## SPIS TREŚCI

|  |     |
|--|-----|
| 1. Wstęp . . . . .   | 7   |
| 1.1. Opinie na temat środowiska basenu sedymentacyjnego w badenianie . . . . . | 7   |
| 1.2. Geologiczne formacje badenianu . . . . .                                  | 10  |
| 1.3. Otwornice jako wskaźniki środowiska . . . . .                             | 12  |
| Podziękowanie . . . . .  | 14  |
| 2. REJON BADAŃ I ANALIZOWANY MATERIAŁ . . . . .                                | 15  |
| 2.1. Regionalne uwarunkowania geologiczne . . . . .                            | 15  |
| 2.2. Lokalizacja profili . . . . .   | 17  |
| 2.3. Podstawy zastosowanego podziału biostratygraficznego . . . . .            | 18  |
| 2.4. Litologia i opróbowanie profili . . . . .                                 | 23  |
| 2.5. Stratotypy formacji badenianu i problem ich ochrony . . . . .             | 30  |
| 3. OTWORNICE PLANKTONICZNE. . . . .  | 41  |
| 3.1. Taksonomia . . . . .  | 41  |
| 3.2. Kategorie faunistyczne jako wskaźniki środowiska pelagialu . . . . .      | 50  |
| 3.3. Pionowa zmienność planktonu otwornicowego w profilach . . . . .           | 55  |
| 3.4. Paleośrodowisko pelagialu. . . . .  | 82  |
| 4. OTWORNICE BENTONICZNE . . . . .   | 97  |
| 4.1. Kategorie faunistyczne jako wskaźniki środowiska bentalu . . . . .        | 97  |
| 4.2. Pionowa zmienność bentosu otwornicowego w profilach . . . . .             | 108 |
| 4.3. Paleośrodowisko bentalu . . . . .   | 145 |
| 5. EWOLUCJA PALEOŚRODOWISKA BADENIANU. . . . .                                 | 157 |
| 5.1. Uwarunkowania lokalne . . . . .   | 157 |
| 5.2. Typy cyrkulacji. . . . .  | 164 |
| 5.3. Zmiany klimatu . . . . .  | 169 |
| 6. PODSUMOWANIE I UWAGI KOŃCOWE . . . . .                                      | 173 |
| PIŚMIENNICTWO . . . . .  | 183 |
| SUMMARY . . . . .  | 205 |

## CONTENTS

|  |     |
|--|-----|
| 1. INTRODUCTION . . . . .  | 7   |
| 1.1. Opinion formulated on the environment of the Badenian sedimentary basin . . . . . | 7   |
| 1.2. Geological formations of the Badenian. . . . .                                    | 10  |
| 1.3. Foraminifers as palaeoenvironmental indicators . . . . .                          | 12  |
| Acknowledgements . . . . .   | 14  |
| 2. STUDY AREA AND MATERIAL . . . . .   | 15  |
| 2.1. Regional geological setting . . . . .   | 15  |
| 2.2. Location of studied sections. . . . .   | 17  |
| 2.3. Biostratigraphic framework . . . . .  | 18  |
| 2.4. Lithology of the cores and sampling of sections . . . . .                         | 23  |
| 2.5. Stratotypes of the Badenian and their conservation . . . . .                      | 30  |
| 3. PLANKTONIC FORAMINIFERS . . . . .   | 41  |
| 3.1. Taxonomic remarks . . . . .   | 41  |
| 3.2. Faunal categories as indicators of the sea-surface environment . . . . .          | 50  |
| 3.3. Down-core variation in planktonic foraminiferal faunas . . . . .                  | 55  |
| 3.4. Sea-surface palaeoenvironment . . . . .   | 82  |
| 4. BENTHIC FORAMINIFERS . . . . .  | 97  |
| 4.1. Faunal categories as indicators of the sea-bottom environment . . . . .           | 97  |
| 4.2. Down-core variation in benthic foraminiferal faunas. . . . .                      | 108 |
| 4.3. Sea-bottom palaeoenvironment . . . . .  | 145 |
| 5. EVOLUTION OF THE BADENIAN PALAEOENVIRONMENT . . . . .                               | 157 |
| 5.1. Local circumstances . . . . .   | 157 |
| 5.2. Circulation patterns . . . . .  | 164 |
| 5.3. Climate changes . . . . .   | 169 |
| 6. RECAPITULATION OF RESULTS AND CONCLUDING REMARKS . . . . .                          | 173 |
| REFERENCES . . . . .   | 183 |
| SUMMARY . . . . .  | 205 |

**Treść:** W pracy opisano otwornice badenianu (miocenu środkowego) z osadów morza epikontynentalnego (północno-zachodnia część Paratetydy). Skład taksonomiczny fauny otwornic podlegał w tym czasie radykalnym transformacjom. Kolejne stadia tego procesu (zespoły otwornicowe) mają rangę biostratygraficzną i zostały zinterpretowane paleoekologicznie. Uzyskano tą metodą obraz ewolucji środowiska w basenie sedymentacyjnym. Przyczyną zmian warunków środowiska i transformacji zespołów otwornicowych badenianu były zmiany klimatu, które powodowały wahania poziomu morza i zmiany typu cyrkulacji w zbiorniku. W badanym przedziale czasu zmianie ulegał chemizm, temperatura, batymetria oraz trofia zbiornika. W paleontologicznym zapisie formacji badenianu występuje generalny podział na asocjacje pochodzące z wód ciepłych o niskiej produktywności (niższa część formacji ze Skawiny) oraz asocjacje wód chłodniejszych o wysokiej produktywności (odpowiadające pozostałej części profilu badenianu). Ta najsilniejsza transformacja wiąże się ze zniknięciem zespołu IIA-B i odpowiada środkowioceńskiemu ochłodzeniu na przełomie biozony N9/N10. Pod wpływem zmian środowiska następowały migracje poszczególnych populacji i tworzyły się nowe zespoły najlepiej przystosowane do aktualnie panujących warunków. Kolejne etapy zmian środowiska okazały się bardzo użyteczne w stratygrafii; posłużyły do przeprowadzenia korelacji badanych utworów epikontynentalnych z obszarem oceanicznym, gdzie podstawą biostratygrafii jest ewolucja progresywnych grup otwornic planktonicznych. Globalne procesy zmian środowiska są obiecującym narzędziem jako metoda stratygraficznej korelacji tych dwu rejonów. W trakcie badań dostrzeżono, że rewizji wymagają pewne stereotypowe poglądy dotyczące np. wskaźnika P/B jako indykatora batymetrii, relacji pomiędzy *Velapertina* i *Praeorbulina*, kierunku zwinienia osobników *Globigerina bulloides*, wpływu wulkanizmu na żyźność środowiska, wyodrębniania taksonów otwornic planktonicznych charakterystycznych dla wód umiarkowanego klimatu oraz relatywności pewnych otwornic bentonicznych jako wskaźników głębokości.

Aby profile wzorcowe (stratotypy) mogły należycie pełnić swoją rolę w badaniach naukowych, nie powinny być wyznaczane w rdzeniach wiertniczych lecz w odslonięciach podlegających ochronie konserwatorskiej. Istnieje pilna potrzeba prawnego uregulowania kwestii ochrony odslonień występujących na obszarach górniczych, gdyż prawo geologiczne i górnicze (Ustawa z 1994 r.) w żadnym ze swoich postanowień nie nawiązuje do ochrony przyrody (Ustawa z 1991 r.), mimo że ten typ działalności podmiotów gospodarczych wpływa negatywnie na przyrodę.

**Słowa kluczowe:** otwornice, Paratetyda, badenian, miocen środkowy, paleośrodowisko, zmiany klimatu, cyrkulacja morska, geochrona, stratygrafia, Polska Południowa.

**Abstract:** The study provides a description of the Middle Miocene foraminifers from the deposits of the epicontinental sea (northwestern part of Paratethys). In this period, the taxonomic composition of the foraminifers underwent radical transformations. The consecutive stages of the process (foraminiferal assemblages) are of a biostratigraphic rank and are interpreted in terms of palaeoecology. This method provides an insight into the evolution of the environment in the sedimentary basin. The reason behind the changes in environmental conditions and the transformations of the foraminiferal associations of the Badenian were changes in climate, i.e. the process which caused fluctuations in the sea level and affected the type of water circulation in this basin. During the period under study (Badenian), the chemistry, temperature, bathymetry and trophic status of this basin underwent changes. The palaeontological record of the Badenian shows a general division into the associations derived from warm water of low productivity (lower part of the Skawina Formation) and associations of cooler waters with higher productivity (corresponding to the upper part of the Badenian). This most profound transformation is associated with the disappearance of association IIA-B and matches the Middle Miocene cooling at the boundary of biozone N9/N10. Under these changes in the environment, various populations migrated and new associations emerged, those best adapted to the current conditions. The series of changes in the environmental regime proved very useful in stratigraphy as they served to track correlations of the studied epicontinental deposits with the oceanic area, where the basis of the biostratigraphy is provided by the evolution of the progressive groups of planktonic foraminifers. The global processes of environmental changes provide a promising method for the correlation of these two areas. In the course of the study it was found that some stereotype views needed to be revised, e.g. regarding the P/B coefficient as an indicator of bathymetry, the relationship between *Velapertina* and *Praeorbulina*, the direction of coiling in individuals of *Globigerina bulloides*, the effects of volcanic activity on the nutrient availability in the environment, the classification of the taxa of planktonic foraminifers characteristic for waters in the mesic temperate climate region, and the relative importance of some benthonic foraminifers as indicators of depth.

In order to assure the appropriate role in scientific research for the stratotypes, they should not be determined in drilling cores but in exposures and be covered by nature conservation schemes. There is an urgent need to regulate by law, the issue of protecting the exposures occurring in mining areas. This is because the relevant geology and mining law (Act of 1994) does not contain provisions corresponding with nature conservation issues (Act of 1991), even though the mining operations always involve a major impact on nature.

**Key words:** foraminifera, Paratethys, Badenian, Middle Miocene, palaeoenvironments, climate change, circulation patterns, Earth heritage conservation, stratigraphy, southern Poland.



## 1. Wstęp

Osady formacji litostratygraficznych, których dotyczy to opracowanie, powstały kilkanaście milionów lat temu i w geologicznych dziejach obszaru Polski są pozostałością ostatniego zalewu morskiego (ryc. 1). Zajmowany przez nie rejon znajdował się wówczas w peryferycznej bioprowincji Tetydy, nazwanej przez Laskareva (1924) Paratetydą. Obszar wokółkarpacki należy do centralnej części Paratetydy (Seneš 1971, Steininger *et al.* 1985). Różnorodne osady, które powstawały na terenie zajmowanym wówczas przez morze, obecnie tworzą zwartą pokrywę na obszarze Niziny Śląskiej i Sandomierskiej (zapadlisko przedkarpackie) oraz – jako izolowane płyty – występują na skłonach okalających je wzniesień Pogórza Karpackiego i Wyżyny Śląsko-Małopolskiej. Osady te są źródłem wielu surowców mineralnych (Kubica 1998), a najbardziej chyba znanym złożem z tamtego okresu jest sól kamienna wydobywana w Wieliczce i Bochni. Wiertnicze poszukiwania surowców mineralnych na obszarze Górnego Śląska, prowadzone w latach sześćdziesiątych przez Przedsiębiorstwo Geologiczne w Katowicach, dostarczyły materiału skalnego, dokumentującego pełną sekwencję występujących tam warstw miocenu. Umożliwiło to zebranie wyjątkowo bogatej i kompletnej kolekcji materiału badawczego do ustalenia biostratygrafii tych osadów (Alexandrowicz 1963c). Nie wykorzystana wówczas część materiału dokumentacyjnego tego zbioru została przez prof. S. W. Alexandrowicza przekazana autorce, co przyczyniło się do powstania obecnego opracowania.

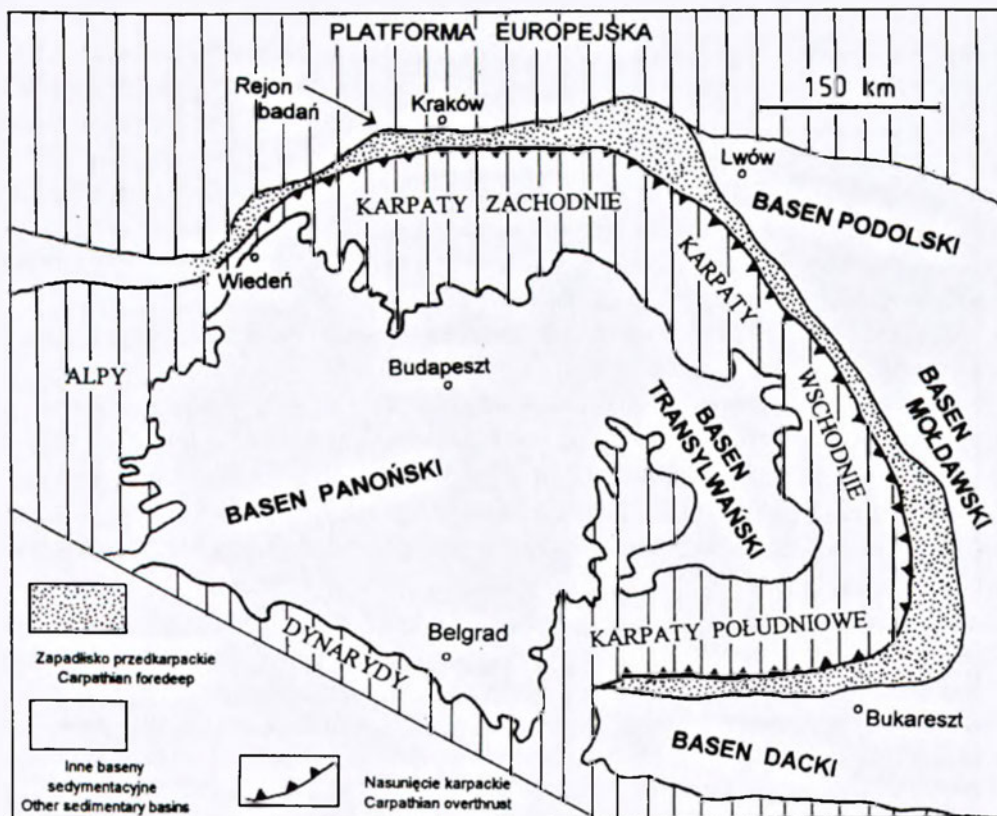
### 1.1. Opinie na temat środowiska basenu sedymentacyjnego w badanie

Paleośrodowisko, czyli warunki, w jakich osadzały się utwory miocenu zapadliska przedkarpackiego, były dotychczas interpretowane różnymi metodami. Rozmieszczenie litofacji tych osadów daje – do pewnego stopnia – możliwość odtworzenia zarysu linii brzegowych (m.in. na podstawie zasięgu występowania biogenicznych wapieni i piasków z fauną) czy lokalizacji obszarów głębokowodnych (dokumentowanych m.in. przez turbidytowe iłowce bez fauny). Z tych danych daje się zrekonstruować zarys zbiornika morskiego, składającego się z dwu części (wschodniej i zachodniej) przedzielonych przewężeniem w okolicach Krakowa (Ney 1968). Oś centralna tego zbiornika, wyznaczona przez linię największych jego głębokości, przebiegała w przybliżeniu równoległe do obecnego brzegu Karpat (ryc. 2). Ten bardzo ogólny obraz został uszczegółowiony badaniami paleontologicznymi, które nadały mu ponadto bardziej precyzyjny wymiar czasowy. Na podstawie wyników tych badań wyodrębnione zostały trzy główne fazy geologicznej historii tego zbiornika: otwierająca (środowisko słodkowodno-brakiczne), pełnego rozwoju (warunki normalnego morskiego zasolenia) oraz zamykająca (środowisko brakiczno-słodkowodne). W aspekcie dziejów geologicznych regionu, czyli pod względem chronostratygraficznym, wymienione fazy uzyskały rangę pięter, opatrzonych kolejno nazwami: karpatian, badenian, sarmatian (ryc. 1). Ta geologiczna przeszłość posiada „zapis” litostratygraficzny w formie

| CZAS (w mln. lat)<br>(in Ma)<br>CHRONOLOGIC SCALE | CHRONOSTRATYGRAFIA CHRONOSTRATIGRAPHY |   | PIĘTRO STRATYGRAFICZNE OMAWIANE W TEJ PRACY<br>THE STAGE DISCUSSED IN THIS PAPER |  | LOKALIZACJA PROFILI<br>WZORCOWYCH   |  |
|---|---------------------------------------|---|--|--|---|--|
|   | EPOKA<br>EPOCH                        | Obszar Śród-<br>ziemnomorski<br>TETYDY<br>Mediterranean<br>TETHYS | PIĘTRO STAGES  | BIOZONY OTWORNIC<br>PLANKTONICZNYCH          | BIOSTRATIGRAPHIC<br>STANDARD ZONATION<br>based on PLANKTONIC<br>FORAMINIFERA<br>(Cicha et al. 1975) | POSITION OF SUBSTAGES<br>STRATOTYPES<br>(Seneš 1978) |
| 11  | GÓRNY<br>(część)<br>LATE<br>(pars)    | TORTONIAN   | PANNONIAN  |  |   |  |
| 12  |                                       |   | SARMATIAN  |  |   |  |
| 13  | ŚRODKOWY<br>MIOCENE                   | SERRAVALLIAN  | BADENIAN   | KOSOVIAN                                     | Velapertina indigena  | Kosov<br>(Ukraina,<br>Ukraine)                       |
| 14  |                                       |   |  | WIELICIAN                                    | Globigerina druryi -<br>Globigerina decoraperta   | Wieliczka<br>(Polska,<br>Poland)                     |
| 15  |                                       | LANGHIAN  | MORAVIAN   | Orbulina suturalis<br>Praeorbulina glomerosa | Oslovaný<br>(Czechy,<br>Czech)  |  |
| 16  | DOLNY<br>(część)<br>EARLY<br>(pars)   | BURDIGALIAN   | KARPATIAN<br>OTTNANGIAN<br>EGGENBURGIAN  |  |   |  |
| 17  |                                       |   |  |  |   |  |
| 18  |                                       |   |  |  |   |  |

Ryc. 1. Geochronologia miocenu. Korelacja jednostek stratygraficznych Tetydy i Paratetydy według Rögl 1996. Radiometryczny wiek pięter Tetydy według Berggren *et al.* 1995.

Fig. 1. Miocene time framework. Chronologic relationship between time-stratigraphic units in Mediterranean and Paratethys basins after Rögl 1996. Radiometric age of Tethys stages after Berggren *et al.* 1995.



Ryc. 2. Rozmieszczenie morskich osadów środkowego miocenu w otoczeniu Karpat (Paratetyda Centralna); pola zakreskowane oznaczają obszary bez tych osadów.

Fig. 2. Simplified sketch-map showing the distribution of Middle Miocene marine deposits in the circum-Carpathians province (Central Paratethys); the hatched area represents the area barren of Miocene deposits.

różnorodnych osadów oraz „zapis” biostratygraficzny w postaci skamieniałości. Podział tych dziejów według kryterium litologicznego dokonywany jest poprzez jednostki zwane formacjami, a według kryterium paleobiologicznego na jednostki zwane biozonami (poziomami biostratygraficznymi). Kryterium do wyodrębnienia fazy pełnomorskiej stanowi obecność planktonicznej fauny otwartego morza (otwornice, promienice, ślimaki skrzydłonogie, nektoniczne małże Pectinidae). Przedziałowi czasu, w którym występowały warunki pełnomorskie, nadano nazwę „badenian” – nawiązując do miejscowości Baden w Austrii, gdzie zaproponowany został dla nich wzorcowy profil geologiczny (Seneš 1978).

Wnioski odnoszące się do parametrów środowiska morskiego badenianu formułowane były w oparciu o różnorodne przesłanki litologiczne (m.in. wspomniana wyżej batymetria), ale przede wszystkim stosowano w tym celu metody paleontologiczne. Te ostatnie opierano na rozmaitych grupach skamieniałości obecnych w tych utworach. Jednak nie wszystkie skamieniałości mają jednakową wartość jako indykatory środo-

wiska, a ponadto skamieniałości rozpatrywane z pominięciem danych tafonomicznych i biostratonomicznych mogą być źródłem mylnych informacji. Stąd zdarzają się rozbieżne opinie na temat warunków tworzenia się poszczególnych litosomów badenianu; stropowa część tych osadów interpretowana jest bądź to jako utwory przybrzeżne pozbawione jakichkolwiek morskich wpływów, bądź jako głębokowodne osady otwartego morza (Gedl 1997 *versus* Szczechura 1998). Nawet jeżeli rozpatrywane są skamieniałości grup organizmów ogólnie uznanych za dobre indykatory środowiska, to zdarza się, że wnioski odnośnie do paleośrodowiska są rozbieżne; w warstwach chodenickich fauna planktonicznych otwornic wskazuje na wody chłodne (Łuczkowska 1958, Szczechura 1982), podczas gdy zespół promienic wskazuje na warunki klimatu gorącego (Barwicz-Piskorz 1978).

Zamiarem tej pracy było zastosowanie otwornic do określenia stanu środowiska, w jakim tworzyły się osady pod- i nadewaporytowe rejonu Gliwic, Pilchowic i Rybnika, które to osady zaklasyfikowane zostały jako formacja ze Skawiny i formacja z Gliwic (Alexandrowicz 1997). Zbadane zostały biostratygraficzne zespoły otwornicowe tych formacji (Alexandrowicz 1963c), pojawiające się kolejno od spągu ku stropowi profilu.

Zadanie to zostało zrealizowane poprzez oddzielne rozpatrzenie środowiska toni wodnej (pelagialu) i dna (bentalu). Fizyczne warunki tych dwu środowisk morza są tak odmienne, że zarówno w świecie zwierząt jak i roślin nie mają one praktycznie wspólnych organizmów. Populacje otwornic zasiedlające te dwa środowiska określane są kolejno jako planktoniczne i bentoniczne. Dla otwornic planktonicznych, podobnie jak dla innych, biernie unoszonych w toni morskiej mikroorganizmów (m.in. radiolari i kokolitowatych), środowiskiem życia jest wierzchnia warstwa oceanu (do głębokości około 200 m). Czyni to z nich bardzo dobre wskaźniki m.in. temperatury środowiska oceanicznego. Otwornice bentoniczne, czyli przystosowane do życia na dnie morskim, są na stałe związane z podłożem (formy sesylne), bądź przemieszczają się w obrębie swojego siedliska (formy wagilne). W naturalny sposób ich zespoły są *in situ* dla badanej próbki osadu. Ta adaptacja powoduje, że są one wskaźnikami szeregu cech fizyko-chemicznych środowiska związanego z daną głębokością i typem podłoża mineralnego. W zespole kopalnym, skamieniałości obydwu tych grup występują łącznie, choć ich populacje zajmowały oddzielne części środowiska morskiego. Znajdujące się w osadzie asocjacje planktonicznych oraz bentonicznych otwornic są dwoma oddzielnymi i do pewnego stopnia niezależnymi źródłami informacji o środowisku morskim. Połączenie uzyskanych tą drogą wyników badań dało obraz lokalnych uwarunkowań oraz możliwość interpretacji przyczyn zmian zachodzących w środowisku.

## 1.2. Geologiczne formacje badenianu

Próby ustalenia chronologicznego następstwa morskich osadów badenianu według kryterium litologicznego (litostratygrafia) podejmowane są od początku XX w. (Kowalewski 1958 *cum bibl.*). Zgodnie z nowym kodeksem nomenklatury stratygraficz-

| BIOSTRATYGRAFIA OTWORNICOWA<br>FORAMINIFERAL BIOSTRATIGRAPHY |  | LITOSTRATYGRAFIA<br>LITHOSTRATIGRAPHY |                          |  |   |  |   |  |  |
|--|--|---------------------------------------|--------------------------|--|---|--|---|--|--|
| PODPIĘTRA<br>SUBSTAGES                                       | Kirchner<br>(1956b)                                  | Alexandrowicz<br>(1958a, 1963c)       | Łuczowska<br>(1964)      | Kowalcwski<br>(1958)   | Alexandrowicz<br>(1965b)  | Ney<br>(1968)                                    | Kuciński<br>(1969)  | Alexandrowicz<br>et al. (1982)   | Alexandrowicz<br>(1997)                                |
| KOSOVIAN   | ZONA<br>z Bulimina<br>Bulimina ZONE                  | III β                                 | Hanzawaia<br>crassispata | Warstwy<br>pektenowe<br>Pecten Beds  | Iły zc Spirialis<br>Warstwy<br>z Pecten<br>Warstwy<br>grabowickie<br>Piaski<br>Spirialis Clays<br>Pecten Beds<br>Grabowicc Beds<br>Bogowicc Sands | Zlepicięce<br>radyckie<br>Radycz<br>Conglomerate | Warstwy<br>tamowski<br>Tamów<br>Beds                                    | Formacja z Machowa<br>(część)<br>Machow Formation<br>(pars)<br>Formacja z Chmicznika<br>(część)<br>Chmicznik Formation<br>(pars) | Formacja<br>z Gliwicz<br>Gliwicz Formation             |
|  | ZONA II<br>z Dendrophya<br>Dendrophya ZONE<br>II     | III B                                 |                          |  |   | Warstwy<br>grabowickie<br>Grabowicc<br>Beds      |   |  |  |
|  | ZONA<br>z Globigerina<br>Globigerina ZONE            | III A, III σ                          | Nebulimina<br>longa      |  | Warstwy<br>chodnickie<br>Chodnicc Beds  | Warstwy<br>elohodnickie<br>Elhodnicce<br>Beds    | Warstwy<br>bocheńskie<br>Bochnia<br>Beds                                |  |  |
| MORAVIAN (część)<br>MORAVIAN (pars)                          | ZONA I z Dendrophya<br>Dendrophya ZONE I             | II D, II δ                            | Globigerina<br>costai    | Osady cwaporytowe<br>Evaporite deposits  |   |  |   | Formacja z Wieliczki<br>i Krzyżanowic<br>Wieliczka and<br>Krzyżanowice Fm.   | Formacja<br>z Krzyżanowic<br>Krzyżanowice<br>Formation |
|  | SUBZONA<br>z Bulimina<br>Bulimina<br>SUBZONE         | II C, II β                            |                          | Warstwy<br>ze Skawiny<br>Skawina Beds  | Warstwy<br>przemyskie<br>Przemysł<br>Beds   | Warstwy<br>skawiniskie<br>Skawina<br>Beds        | Formacja z Skawiny<br>Formacja z Pińczowa<br>Formacja z Nowego<br>Sącza | Formacja z Skawiny<br>z Skawiny<br>Skawina<br>Formation  |  |
|  | SUBZONA<br>z Valvulineria<br>Valvulineria<br>SUBZONE | II B<br>II A                          | Candorbulina<br>sutralis | Warstwy<br>baranowski<br>Baranów<br>Beds<br><br>Warstwy<br>litolamiowc<br>Rhodolitic<br>bearing Beds |   |  |   | Skawina Formation<br>Pińczów Formation<br>Nowy Sącz Formation  |  |

Ryc. 3. Stratygrafia badenianu na obszarze polskiej części zapadliska przedkarpackiego.

Fig. 3. Stratigraphy of the Badenian in the Polish part of Carpathian Foredeep.

nej, podstawową jednostką klasyfikacji litostratygraficznej jest formacja geologiczna i w tym aspekcie najnowsze próby uporządkowania badenianu proponują rozdzielenie tych utworów na trzy formacje (ryc. 3). Jest to podział stosowany obecnie w praktyce, mimo że nie spełnia wszystkich wymogów formalnych, na przykład nie jest unormowana kwestia wzorcowych profili dla wyodrębnionych jednostek (Alexandrowicz *et al.* 1982).

Formacja z Krzyżanowic (*vel* z Wieliczki) jest bodaj najbardziej spektakularnym etapem w dziejach morskiego zbiornika badenianu. To w tym właśnie czasie, na obszarze zapadliska przedkarpackiego doszło do sedymentacji utworów ewaporytowych – m.in. gipsów Ponidzia i soli kamiennych wydobywanych w kopalniach Wieliczki i Bochni. Obecność utworów tej formacji jest wynikiem czasowej transformacji normalnego basenu morskiego w salinę, czyli zbiornik o wysokiej koncentracji soli. W znaczeniu chronostratygraficznym, ten etap historii geologicznej rozdziela badenian na część przed- i poewaporacyjną. Wydarzenie to znajduje odzwierciedlenie we wszystkich stratygraficznych podziałach badenianu (lito-, bio- i chronostratygraficznym), aczkolwiek opinie odnośnie do korelacji tych podziałów są rozbieżne (ryc. 3).

Jak już wspomniano, granica górna i dolna badenianu ma silny aspekt środowiskowy: w spągu jest to początek transgresji z bogatym inwentarzem oceanicznej fauny, a w stropie zniknięcie tej fauny na skutek wysłodzenia się zbiornika (Rögl 1975). Podstawą wszystkich biostratygraficznych podziałów badenianu jest bądź zasięg taksonów, bądź obecność skamieniałości wskazywanych jako przewodnie. Aspekt środowiskowy (tzn. stan paleośrodowiska) jest brany pod uwagę w procedurach biostratygraficznych tylko w jednym przypadku – w odniesieniu do osadów ewaporytowych. Jedynie w tej części profilu badenianu aspekt środowiskowy wskazywany jest *explicitie* jako podstawowa przyczyna i przesłanka do wydzielenia tej jednostki stratygraficznej (Alexandrowicz 1958a, 1997).

### 1.3. Otwornice jako wskaźniki środowiska

Otwornice (Foraminiferida) – czyli organizmy, na które powołuje się to opracowanie – są pierwotniakami (Protozoa) morskimi. Należą do meiofauny i są jednym z elementów ogniwa znajdującego się pomiędzy autotroficznym a heterotroficznym poziomem łańcucha pokarmowego (Lipps, Valentine 1970). Ze względu na liczebność i szerokie rozprzestrzenienie można o nich powiedzieć, że osiągnęły sukces ewolucyjny, gdyż zasiedlają bardzo zróżnicowane środowiska ekosystemu morskiego: od wysłodzonych ujść rzecznych po głębiny abysalu. W aspekcie biologicznym, są to organizmy bardzo silnie warunkowane przez środowisko, aczkolwiek, mimo ogromnej liczby danych na temat rozmieszczenia ich populacji, niewspółmiernie mało wiadomo o ich biologii (Anderson 1988; Lee, Anderson 1991). Dzięki dobrze rozpoznanemu ich rozmieszczeniu w środowisku, sprecyzowana została pewna liczba potencjalnie ważnych czynników, które to rozmieszczenie determinują (Phleger 1960; Boltovskoy, Wright 1976; Lee 1976; Haynes 1981; Walton, Sloan 1990). Nadal jednak brakuje

modelu, który w jednoznaczny sposób uzasadniałby sposób ich rozmieszczenie w morzu. Do czynników, które wpływają na populacje otwornic, zaliczane są: zasolenie medium (ze względu na osmotyczny sposób pobierania pokarmu), obecność soli odżywczych (warunkujących odpowiedni poziom produkcji pierwotnej), światło (ze względu na symbiozę z fitoplanktonem), ilość tlenu i dwutlenku węgla, poziom pH, zawartość detrytus (w strefie oddziaływania turbidytów). Czynniki te zależne są przede wszystkim od takich cech środowiska, jak: batymetria, temperatura, chemizm i dynamika. W odniesieniu do różnorodnych czynników ekologicznych, poszczególne gatunki otwornic mają charakterystyczne dla swojej biologii zakresy tolerancji. Dla procesu reprodukcji są one najważniejsze i nazywane są warunkami optimum. Szerszy nieco zasięg mają warunki, w których przebiega wzrost osobnika, a najszerszy zakres – granice tolerancji, w których osobniki żyją (a raczej wegetują), jednakże nie są zdolne do wzrostu, a tym bardziej do reprodukcji. W warunkach naturalnych ma miejsce interakcja między wymienionymi wyżej biologicznymi procesami a czynnikami środowiska; tolerowane przez gatunek zasolenie będzie miało nieco inny zakres w wodach o niskiej temperaturze niż w wodach o wysokiej temperaturze. Otwornice, dzięki swojemu bardzo ścisłemu, ekologicznemu związkowi z biotopem, są dobrymi wskaźnikami warunków środowiska, aczkolwiek precyzyjne i jednoznaczne określenie fizyko-chemicznych cech środowiska na podstawie obecności określonych taksonów otwornic jest utrudnione między innymi z powodu tych wieloskładnikowych zależności.

Cechy współczesnych środowisk morskich mogą być określane za pomocą otwornic (Phleger 1964); organizmy te bywają również używane jako wskaźniki antropogenicznych przemian poszczególnych obszarów morskich (Bandy *et al.* 1964; Altenbach, Sarnthein 1989; Altenbach 1992). Różne fragmenty współczesnego środowiska morskiego, określane na podstawie kryterium geograficznego (jak na przykład: wysłodzone estuarium, hipersalinarna zatoka, delta rzeki, morze w strefie szelfowej itp.) mogą być do pewnego stopnia również interpretowane w odniesieniu do przeszłości geologicznej, czyli kopalnych środowisk naturalnych. Paleocenozy (zespoły kopalne) otwornic dobrze służą temu celowi (np. Ruddiman 1985; Hallock, Glenn 1986; Murray 1995; Schafer 2000), a określenie cech środowiska kopalnego jest realizowane za pomocą procedur paleoekologicznych (Bandy, Amal 1960; Murray 1973, 1991; Culver, Goshorn 1996). Naczelną zasadą w działaniach tego typu jest reguła aktualizmu Lyella (Dodd, Stanton 1981). Pomocne są przy tym wielorakie procedury statystyczne, które umożliwiają porządkowanie dużej liczby danych (Shi 1993). W odniesieniu do interpretacji paleośrodowiska za pomocą otwornic, najczęściej stosowana jest analiza składu taksonomicznego i struktury populacji; ważne jest przy tym uwzględnienie procesów redepozycji i resedymtacji (Wright *et al.* 1978). Ze względu na proces ewolucji, reguła aktualizmu, w zakresie analogii taksonomicznych, ograniczać się musi tylko do pewnego czasu geologicznego. Wśród otwornic miocenu, ewolucyjnie najbardziej progresywną grupą jest plankton; dlatego analogie taksonomiczne ze współczesnymi gatunkami Globigerinina są w tej grupie skamieniałości bardzo zawężone (Cifelli 1969; Thunell 1981; Wei Kuo-Yen, Kennett 1986). Analogie morfolo-

giczne (homeomorfizm) pomiędzy współczesnymi i mioceńskimi taksonami otwornic bentonicznych są powszechne. Mylące jest jednak, że na ogół tego typu taksony, noszą odmienne nazwy gatunkowe. Do rekonstrukcji paleośrodowiska wykorzystywane są również metody analizy geochemicznej skorupki oraz ich struktury i morfologii funkcjonalnej.

**Podziękowanie.** Chciałabym złożyć wyrazy podziękowania Panu Profesorowi Stefanowi Alexandrowiczowi za uprzejme udostępnienie prób. Z wdzięcznością odnoszę się również do innych, nie zawsze znanych mi z nazwiska osób, które w latach sześćdziesiątych wykonały mozolną pracę, prowadzącą od pobrania próbek skalnych z rdzeni wiertniczych, poprzez dostarczanie ich do laboratorium aż do uzyskania residuum do badań mikropaleontologicznych. Dzisiaj, w dobie wszechstronnych ułatwień, trudno sobie wyobrazić, ile trzeba było wysiłku i pasji badawczej, aby tego wszystkiego wówczas dokonać.

Serdecznie dziękuję panu prof. dr. hab. Stefanowi Alexandrowiczowi oraz pani doc. dr. hab. Róży Kaźmierczakowej za krytyczne i konstruktywne uwagi do tekstu.

Pan mgr inż. Piotr Sośnicki wykonał ryc. 6–19, a pan mgr inż. Kszysztof Miśkiewicz wykonał załącznik 4. Fotografie SEM do ryc. 20–24 zostały wykonane w ramach grantu KBN Nr 6PO4D00911, kierowanego przez prof. Tadeusza M. Peryta.

Praca została wykonana w Instytucie Ochrony Przyrody PAN w Krakowie.

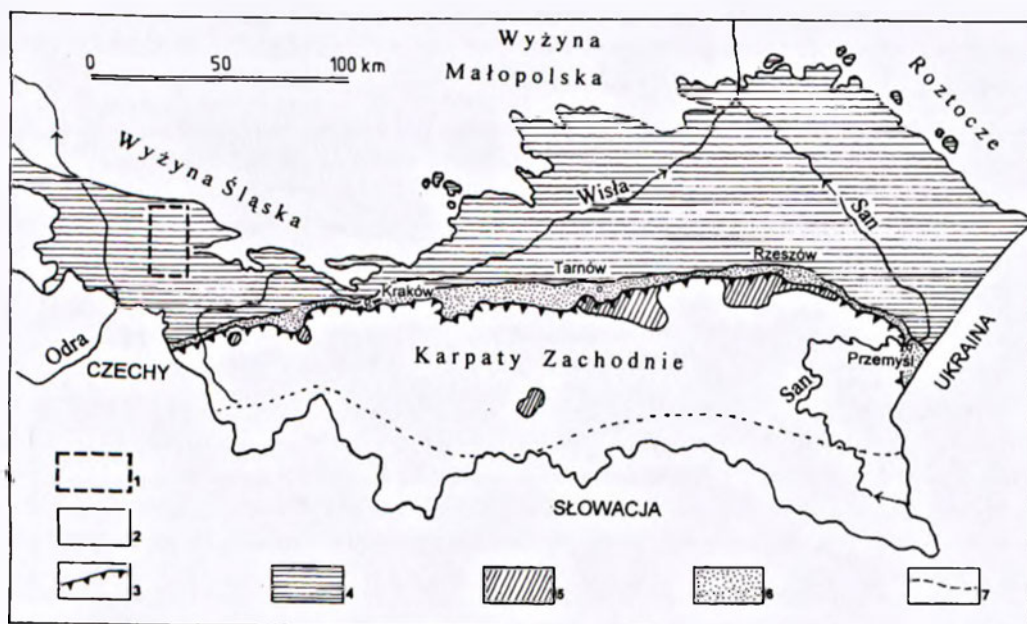


## 2. Rejon badań i analizowany materiał

### 2.1. Regionalne uwarunkowania geologiczne

Zapadlisko przedkarpackie – rejon, gdzie morskie osady badenianu reprezentowane są najpełniej – jest najmłodszą jednostką geologiczną alpidów, uformowaną na skutek zapadania się platformy wschodnioeuropejskiej na kontakcie z geosynkliną alpejską (Oszczypko 1995, 1997). Ruch obniżający podłoża objął na terenie przedpola Karpat następujące struktury platformy: nieckę górnośląską, fragment monokliny śląsko-kra-kowskiej, nieckę miechowską, zrąb dolnego Sanu (ryc. 4).

Osady gromadziły się w tym obniżeniu podczas dolnego i środkowego miocenu (Ney 1968; Łuczkowska 1998). W tym czasie (późnoalpejskie fazy orogeniczne) oś depozycyjna zapadliska przemieszczała się z południa na północ, jako reakcja na procesy geotektoniczne w regionie – tzn. kolizję dwu płyt kontynentalnych: apulijskiej i euroazjatyckiej (Szénás 1972; Krzywiec, Jachym 1997). W wyniku finalnych procesów orogenicznych część osadów miocenu (eggenburg, otnang i częściowo karpat) spoczywa obecnie pod strukturami fliszu karpackiego (ryc. 4), podczas gdy młodsze



Ryc. 4. Szkic rozmieszczenia morskich osadów miocenu w polskiej części zapadliska przedkarpackiego. 1 – rejon badań, 2 – obszary bez osadów miocenu. 3 – nasunięcie fliszu karpackiego; osady miocenu: 4 – autochtoniczne, 5 – paraautochtoniczne, 6 – alochtoniczne; 7 – przypuszczalny zasięg osadów miocenu pod Karpatami.

Fig. 4. Distribution of Middle Miocene marine deposits in the Polish part of Carpathian Foredeep. 1 – area of study, 2 – area barren of marine Miocene deposits, 3 – Carpathian Overthrust; Miocene deposits: 4 – autochthonous, 5 – overlying the Carpathian nappes (paraautochthonous), 6 – folded in front of the Carpathian flysch (allochthonous); 7 – presumable extension of the Miocene deposits below the Carpathians.

utwory miocenu zostały tylko częściowo przykryte tymi strukturami i w przeważającej części wypełniają zewnętrzną część zapadliska przedkarpackiego (tzn. położoną na północ od brzegu nasunięcia karpackiego).

Procesy tektoniczne w stopniu bardzo zróżnicowanym oddziaływały na utwory miocenu w tym rejonie. Większość z tych osadów spoczywa na miejscu swojej depozycji (miocen autochtoniczny) i tylko w niewielkim stopniu została przemieszczona uskokiemi (Krzywiec 1997). Pewna część utworów zapadliska została bardzo silnie zafałdowana i oderwana od podłoża, na którym sedymentowała, przez co wykazuje typ tektoniki analogiczny do jednostek fliszowych (miocen alochtoniczny) i w tym aspekcie należy ona do najbardziej peryferycznej części orogenu karpackiego (Kotlarczyk 1985a, 1985b). Są również osady miocenu, które tworzyły się na powierzchni sfałdowanego fliszu (miocen paraautochtoniczny) a następnie zostały wraz z fliszowym podłożem przemieszczone na północ, nieznacznie zafałdowane i dyslokowane uskokiemi (Alexandrowicz 1971; Gonera 1994a, 1995). W obrębie wymienionych części zapadliska przedkarpackiego udział pięter stratygraficznych jest zróżnicowany. W autochtonicznym miocenie pod fliszem karpackim oraz w obrębie utworów alochtonicznych (jednostka stebnicka s.l.) występują osady od eggenburga po dolny sarmat, natomiast w części zapadliska położonej na północ od głównego nasunięcia karpackiego oraz w części paraautochtonicznej są reprezentowane utwory od karpatianu po góry sarmat.

Miąższość osadów miocenu w Polskiej części Paratetydy jest bardzo zróżnicowana: od kilkunastu metrów na zrębie krakowskim, do 3400 m we wschodniej części zapadliska zewnętrznego. Zróżnicowanie to występuje również w obrębie poszczególnych jednostek litostratygraficznych, gdzie w niewielkiej odległości różnice miąższości sięgają kilkuset metrów (Ney *et al.* 1974). Są to w przeważającej części utwory siliklastyczne pochodzenia deltowego i turbidytowego (Oszczypko, Ślaczka 1989). Proces ich sedymentacji był warunkowany tyleż tempem obniżania się podłoża, co intensywnością dostawy materiału z obszarów alimentacyjnych – wydźwigniętych terenów platformy (na północy) oraz Karpat (na południu). Wapienne osady biogeniczne powstawały tylko w częściach peryferycznych zbiornika, głównie w pobliżu północnej granicy zasięgu ich występowania, oraz w mniejszym stopniu na fliszu karpackim (Radwański 1968, 1969, 1973; Musiał 1987; Gonera 1994b), a lokalnie miała miejsce sedymentacja utworów fitogenicznych (Kasiński, Piwocki 1994). Bardzo szerokie rozprzestrzenienie na omawianym obszarze Paratetydy mają badenijskie osady salinarnie (Garlicki 1979; Czapowski 1994); w niewielkiej ilości występują one również we wczesnym miocenie (eggenburgian). We wszystkich formacjach, a szczególnie w utworach badenianu, powszechne są przewarstwienia tufitów i domieszki materiału piroklastycznego (Alexandrowicz, Parachoniak 1956; Alexandrowicz 1957b; Gabzdyl, Kapuściński 1972; Alexandrowicz, Pawlikowski 1978).

Standardowa biozonacja otwornicowa (Blow 1969; Berggren *et al.* 1995) ma bardzo ograniczone zastosowanie dla miocenu Paratetydy ze względu na peryferyczne położenie tego zbiornika sedymentacyjnego w stosunku do obszaru oceanicznego (Tetydy). W miocenijskich osadach Paratetydy, poza nielicznymi wyjątkami, brak oce-

anicznej fauny planktonu otwornicowego, tożsamej z indeksowymi taksonami obydwu wymienionych wyżej standardowych skal biostratygraficznych. Wydziela się na tym obszarze biozony oparte o inne taksony otwornic (Cicha *et al.* 1975), a ich korelacja z obszarem Tetydy jest nadal dyskutowana (Seneš, Steininger 1985).

Górnośląski basen Paratetydy wypełniony jest autochtonicznymi osadami miocenu i pliocenu (Oszczypko *et al.* 1989). Jest to część zapadliska przedkarpackiego, gdzie badenian – czyli to spośród pięter miocenu, w którym miała miejsce największa morska transgresja w Paratetydzie – jest w pełni reprezentowany. Na obszarze Górnego Śląska wszystkie podpiętra badenianu, za wyjątkiem utworów salinarnych (formacja z Krzyżanowic), reprezentowane są przez osady z fauną morską. Ten neogeński zbiornik łączy się zarówno z basenem wiedeńskim (stratotypowym obszarem badenianu) jak i ze wschodnią częścią zapadliska, a na zachodzie jego osady zazębiają się z neogeńskimi utworami Niżu Polskiego (Alexandrowicz, Kleczkowski 1974; Odrzywołka-Bieńkowska 1977), gdzie panowała sedymentacja limniczna z dużym udziałem osadów fitogenicznych (Ważyńska 1998). Basen Górnośląski można więc z tych powodów uznać za optymalny i reprezentatywny jeśli chodzi o studiowanie morskiego środowiska badenianu na obszarze polskiej części Paratetydy.

## 2.2. Lokalizacja profili

Na zachód od zrębu krakowskiego, podłożem osadów miocenu autochtonicznego jest waryscyjski oraz alpejski kompleks strukturalny zapadliska górnośląskiego i monokliny śląsko-krakowskiej. Bezpośrednim podłożem osadów miocenu na tym obszarze są utwory paleozoiczne oraz mezozoiczne (Kotas 1982). Przeważają wśród nich górnokarbońskie osady formacji produktywnej oraz dolnokarbońskie utwory facji kulumu. Mniejszy zasięg mają osady permu i triasu oraz – marginalnie – dolna jura. Znaczna luka stratygraficzna (od 270 do 140 milionów lat) oddziela więc osady miocenu od ich podłoża. Deniwelacje spągu miocenu są na tym obszarze znaczne; utwory paleozoiczno-mezozoiczne bądź odsłaniają się na powierzchni, bądź znajdują się pod kilkusetmetrową pokrywą utworów neogenu (Alexandrowicz 1964a). Fałdowe struktury paleozoicznego i mezozoicznego piętra strukturalnego pocięte są licznymi generacjami uskoków, a najmłodsze z nich, związane z późnymi fazami orogenezy alpejskiej, obejmują również utwory miocenijskie. Co do oddziaływania synsedymenacyjnej i postmiocenijskiej dysjunktywnej tektoniki na obszarze zapadliska opinie są podzielone. Przypisywana jest im bądź znacząca, bądź marginalna rola w kształtowaniu paleomorfologii podłoża miocenu (Kuciński, Mitura 1958 *versus* Kotas 1982). Znaczne deniwelacje poziomów korelacyjnych, obecność osadów o charakterze brekcji przyuskokowych oraz duże różnice miąższości poziomów stratygraficznych w utworach miocenu są przytaczane jako dowody przemawiające za pierwszą z tych hipotez (Alexandrowicz 1964a).

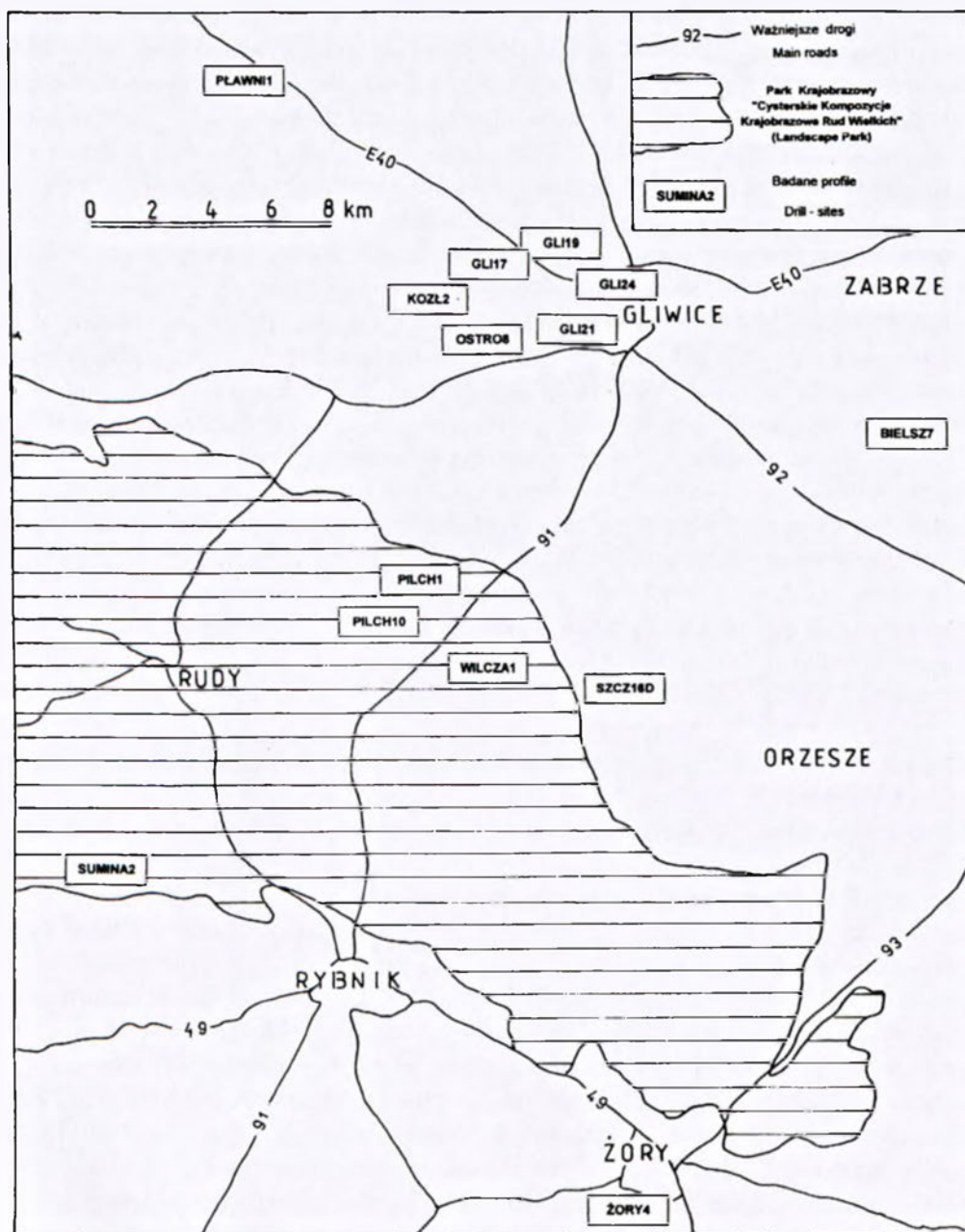
Badania prezentowane w tym opracowaniu dotyczą zachodniej części zapadliska górnośląskiego. Analizowane profile wierceń pochodzą z obszaru o powierzchni około

600 km<sup>2</sup> i są zlokalizowane w pobliżu Gliwic, Pilchowic i Rybnika (ryc. 5). Jest to rejon, gdzie w podłożu miocenu przebiega zachodnia granica zasięgu formacji produktywnej Górnosląskiego Zagłębia Węglowego i pojawiają się utwory karbonu dolnego, wykształcone w facji kulmu. Na tym obszarze, w osadach neogenu występują dwa znaczne uskoki zrzutowe: bełcki (między Orzeszem i Żorami) i kłodnicki (na południe od Bielszowic) oraz dwa mniejsze, w okolicy Pławniowic i na zachód od Bielszowic (Alexandrowicz 1964a). Głębokość podłoża osadów miocenu w badanych profilach wynosi od 112,8 m (BIELSZOWICE7) do 640,2 m (PILCHOWICE10), a miąższość tych utworów waha się od 59,8 m (BIELSZOWICE7) do 628,2 m (PILCHOWICE10) (załącznik 1). Większość badanych profili położona jest na obszarze nazywanym strefą tektoniki fałdowej Górnosląskiego Zagłębia Węglowego (Kotas 1982). W skład tej struktury wchodzi strome fałdy i nasunięcia o kierunkach osi NNE-SSW (niecka jejkowicka, siodło michałkowicko-rybnickie, niecka chwałowicka, siodło orłowsko-boguszowickie). Wschodnia część rejonu badań położona jest w strefie tektoniki dysjunktywnej (*op. cit.*), gdzie utwory podłoża miocenu (niecka główna) charakteryzują się łagodnymi wygięciami warstw, których osie mają kierunek W-E. Szczegółowe dane dotyczące badanych profili znajdują się w Archiwum Przedsiębiorstwa Geologicznego w Katowicach.

### 2.3. Podstawy zastosowanego podziału biostratygraficznego

Powstało dotychczas wiele biostratygraficznych podziałów morskich osadów miocenu Paratetydy. Jako jedne z pierwszych – mające obecnie już tylko wartość historyczną – utworzono podziały oparte na ewolucyjnych przemianach morskiej małży (Friedberg 1932, Krach 1957). Obecnie biostratygrafia opiera się głównie na mikroskamieniałościach (Berggren 1978, Brasier 1992). Dla obszaru oceanicznego (Tetyda) skonstruowane zostały skale biostratygraficzne o zasięgu globalnym, których podstawą są ewolucyjnie progresywne grupy tych organizmów (Funnel, Riedel 1971). W odniesieniu do osadów badenianu najczęściej używane są biozonacje oparte na następujących grupach mikroorganizmów: kokolitowate (Coccolithophyceae), otwornice (Foraminiferida), promienice (Actinopoda), małżoraczkowate (Ostracoda), bruzdnice (Dinophyceae) oraz bolboformy (*Bolboforma*) – te ostatnie są wymarłą grupą organizmów o nieznanym przynależności systematycznej (*incertae sedis*). W stosowaniu tych biozonacji na obszarze Paratetydy obserwuje się dwie tendencje. Jedną z nich respektuje specyficzność tego basenu morskiego – to znaczy jego epikontynentalny charakter, spowodowany peryferycznością i do pewnego stopnia izolacją od oceanu Tetydy. Wyrazem tej tendencji jest biostratygrafia otwornicowa (Blow 1970, Cicha 1975). Pozostałe z wymienionych skal biostratygraficznych ignorują ten stan rzeczy.

Sięgające XIX w. początki badań nad otwornicami miocenu Paratetydy (d'Orbigny 1846; Papp, Schmid 1985) uzyskiwały z czasem coraz szersze zastosowanie w stratygrafii (*vide* Alexandrowicz 1963c, str. 14–20). Do połowy obecnego stulecia stosowano w praktyce bardzo wiele biostratygraficznych podziałów osadów miocenu opartych



Ryc. 5. Szkic lokalizacyjny badanych profili: BIELSZOWICE7 (BIELSZ7), GLIWICE17 (GLI17), GLIWICE19 (GLI19), GLIWICE21 (GLI21), GLIWICE24 (GLI24), KOZŁÓW2 (KOZŁ2), OSTROPA8 (OSTRO8), PILCHOWICE1 (PILCH1), PILCHOWICE10 (PILCH10), PŁAWNIOWICE1 (PŁAWN1), SUMINA2, SZCZYGŁOWICE16D (SZCZ16D), WILCZA1, ŻORY4.

Fig. 5. General location of the studied drill-sites: BIELSZOWICE7 (BIELSZ7), GLIWICE17 (GLI17), GLIWICE19 (GLI19), GLIWICE21 (GLI21), GLIWICE24 (GLI24), KOZŁÓW2 (KOZŁ2), OSTROPA8 (OSTRO8), PILCHOWICE1 (PILCH1), PILCHOWICE10 (PILCH10), PŁAWNIOWICE1 (PŁAWN1), SUMINA2, SZCZYGŁOWICE16D (SZCZ16D), WILCZA1, ŻORY4.

na otwornicach; były to głównie podziały o lokalnym znaczeniu. Potrzeba ich korelacji spowodowała, że uzgodniono jednostki chronostratygraficzne jednolite dla obszaru Paratetydy Centralnej (Baldi 1968; Cicha, Senes 1968; Papp *et al.* 1968) i skorygowano korelację biozon Paratetydy z globalnym podziałem neogenu (Cicha 1970, Cicha *et al.* 1971, Steininger *et al.* 1976).

Na obszarze występowania morskich osadów badenianu wydzielone zostały trzy poziomy biostratygraficzne (biozony) oparte na planktonie otwornicowym, sygnowane następującymi taksonami wskaźnikowymi: *Orbulina suturalis*, *Globigerina druryi* (oraz *G. decoraperta*), *Velapertina indigena*. Te trzy następujące po sobie biozony określone zostały początkowo jako zony biostratygraficzne typu niesamoistnego, tzn. ewolucyjne pojawienie się każdego z wymienionych taksonów znaczy spąg kolejnej biozony (Brzobohatý, Cicha 1975). W znaczeniu chronostratygraficznym jednostki te oznaczają kolejne podpiętra badenianu (ryc. 1): moravian, wielician, kosovian (Cicha *et al.* 1975). Stosowanie w praktyce koncepcji niesamoistnych poziomów biostratygraficznych badenianu okazało się utrudnione, gdyż w wielu rejonach Paratetydy taksony wskaźnikowe nie występują, na przykład ze względu na środowisko sedymentacji. Zaproponowana została reklasyfikacja ich typu na biozony zespołowe, to znaczy takie, które składają się z naturalnego zespołu skamieniałości (Steininger 1977).

Badania nad otwornicami z osadów miocenu polskiej części Paratetydy zapoczątkowane zostały w latach sześćdziesiątych (Małecki 1952; Kirchner 1953, 1956a; Łuczowska 1953, 1955, 1958, 1969; Alexandrowicz, Parachoniak 1956; Alexandrowicz, Odrzywolska-Bieńkowska 1960; Alexandrowicz, Krach 1963; Alexandrowicz 1957a, b; 1958a, b; 1959a–c; 1960a, b; 1961a–d; 1962; 1963a, b; 1964a, b; 1965a; 1966; 1968b; 1969a; 1972b). Skład taksonomiczny fauny otwornicowej w osadach miocenu zapadliska przedkarpackiego jest bardzo zróżnicowany, głównie w zależności od facji. Zauważono, że skład ten jest również zróżnicowany w poszczególnych pionowych ciągłych profilach litologicznie jednorodnych osadów. Te wyraźnie różniące się od siebie zespoły otwornic zachowują ponadto swoje charakterystyczne cechy również na innych obszarach – czyli wykazują pewną ciągłość lateralną. Zaobserwowana zmienność składu taksonomicznego w pionowym profilu utworów miocenu dała podstawy do biostratygraficznego zastosowania tej grupy skamieniałości. Skonstruowane zostały podziały biostratygraficzne oparte na zespołach otwornic, które zgodnie z zasadami kodeksu stratygraficznego są biozonami zespołowymi (Kirchner 1956b; Alexandrowicz 1963c; Łuczowska 1964). Mimo odmiennego nazewnictwa i konotacji, są one łatwo dającymi się korelować biostratygraficznymi ekwiwalentami (Alexandrowicz 1963c). Natomiast nie ma jednomyślności co do ich korelacji z opisanym wyżej ortobiostratygraficznym podziałem badenianu opartym na planktonie otwornicowym (Alexandrowicz 1968a; Kuciński 1974, 1976; Łuczowska 1974b, 1978b).

Poszczególne, wyraźnie zindywidualizowane zespoły otwornic, jakie występują w profilach pionowych jeden nad drugim, zostały zdefiniowane między innymi na obszarze śląsko-krakowskim (Alexandrowicz 1958a, 1963c). Prócz tego, że stanowią one naturalne zespoły skamieniałości, posiadają bardzo istotną dla stratygrafii właści-

wość – nie powtarzają się w profilu pionowym. Jest to atrybut, który zapewnia im rangę jednostek biostratygraficznych. Pełnią one rolę biostratygraficznych poziomów, mimo że opatrzone są nieadekwatną dla biozon nazwą formalną. Ta ostatnia, wymagana dla tego typu jednostek, powinna zawierać nazwę wskaźnikowego taksonu (lub taksonów). Omawiane zespoły nie spełniają tego wymogu, gdyż zostały zdefiniowane przed ukazaniem się kodeksu regulującego zasady nazewnictwa stratygraficznego (Birkenmajer 1975). Z tego powodu posiadają one status nieformalnych biozon zespołowych i z formalnego punktu widzenia – do czasu redefinicji tych nazw – nie powinny być one opatrywane terminem „biozona” (np. biozona IIA-B). Jednak w tym opracowaniu, zważywszy na ich realne znaczenie stratygraficzne, termin ten stosowany jest *expressis verbis* do omawianych zespołów otwornicowych.

Zony otwornicowe w omawianym schemacie biostratygraficznym mają dwuskładnikowy symbol (*op. cit.*). Pierwszy składnik oznacza chronostratygraficzne piętro. W osadach miocenu wyróżniano wówczas cztery takie piętra (opol dolny, opol górny, grabow, buhłow) i w omawianym schemacie biostratygrafii otwornicowej noszą one kolejno symbole od I do IV. W obrębie tych pięter występują od dołu ku górze zindywidualizowane zespoły otwornic, którym nadano symbole literowe jako drugi składnik ich nazwy; litery alfabetu łacińskiego (A, B, C, D) odnoszą się do zespołów o rozległym zasięgu lateralnym, a litery alfabetu greckiego ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ ) do zespołów o zasięgu lokalnym w obrębie zespołów regionalnych. Niektóre spośród zespołów regionalnych wyróżniają się bardzo szerokim rozprzestrzenieniem lateralnym i stałością składu taksonomicznego – tym zespołom nadano dodatkowo nazwę pochodzącą od miejscowości, gdzie są one najpełniej reprezentowane: zespół krakowski (IIA, IIB, IIAB), wielicki (IID), gliwicki (IIIB). Zespoły opolu dolnego zaliczają się obecnie do karpatianu (Alexandrowicz 1968a, 1969b, c; Łuczowska 1974b), natomiast piętro, buhłow włączone zostało do sarmatianu; w obrębie badenianu pozostaje więc jedenaście zespołów (ryc. 3). W formacji ze Skawiny znajdują się biostratygraficzne poziomy: krakowski (IIA, IIB, IIAB), II $\beta$ , IIC, wielicki (IID) i II $\delta$ . Pozostałe cztery występują w obrębie formacji z Gliwic: IIIA, III $\alpha$ , gliwicki (IIIB) oraz III $\beta$ .

Poniżej przedstawiono krótką charakterystykę tych zespołów, tak jak zostały one zdefiniowane (Alexandrowicz 1963c). Oryginalny opis zawiera informacje odnośnie do składu taksonomicznego oraz ogólne sformułowania co do ilościowych relacji pomiędzy taksonami w poszczególnych zespołach. W profilach badenianu prezentowanych w tym opracowaniu zidentyfikowano ich zasięgi pionowe (ryc. 6–19), określono ich pełny skład taksonomiczny i zbadano relacje procentowe pomiędzy poszczególnymi taksonami (dane u autorki).

**Zespół krakowski** (IIA, IIB, IIAB). Otwornice planktoniczne dominują ilościowo. Są tutaj reprezentowane *Globorotalia* spp., *Orbulina suturalis*, *Globigerinoides* spp., *Globigerina* spp. Relacje ilościowe między nimi są rozmaite: może to być równorzędny udział wszystkich wymienionych taksonów bądź dominacja tylko niektórych z nich. Otwornice bentoniczne tego zespołu to przede wszystkim przedstawiciele rodziny Nodosaridae i Vaginulinidae (dominują wśród nich *Lenticulina*, *Planula*

ria, *Marginulina*, *Nodosaria*, *Lingulina*, *Vaginulina*). Mniej licznie reprezentowane są *Plectofrondicularia*, i *Dimorphina*. Występują ponadto *Bulimina buchiana*, *Bolivina antiqua*, *B. vienensis*, *Uvigerina acuminata*, *U. laubeana*, *Siphonodosaria hirsuta*, *S. scalaris*, *S. venusta*, *Eponides schreibersiana*, *Ehrenbergina serrata*, *Lenticulina ariminensis*, *Fontbotia wuellersdorfi* oraz *Cibicides pseudoungerianus* i *C. conspiciendus*. Aglutynujące otwornice nie są w tym zespole liczne, a najbardziej charakterystyczne z nich to: *Spiroplectinella carinata*, *Karreriella gaudryinoides*, *Liebusella rudis*.

**IIβ.** Udział form planktonicznych w tym zespole dochodzi do 50%. Przewagę ilościową mają wśród nich *Globigerina bulloides* i *G. concinna*. Obecne są również niewielkie ilości *Globorotalia* spp., *Orbulina suturalis* i *Globigerinoides* spp. Wśród bentosu otwornicowego występują prawie wyłącznie formy wapienne. Najliczniej reprezentowane są *Elphidium* (*E. fichtelianum*, *E. macellum*, *E. crispum*) oraz *Melonis pampilioides* i *Nonion fabum*. Licznie występują również osobniki *Discorbis* spp., *Eponides* spp., *Bulimina* spp., *Uvigerina* spp., *Reusella* spp. Charakterystyczną cechą tego zespołu jest obecność *Amphistegina mamilla*, *Heterostegina costata* oraz *Lobatula lobatula*.

**IIc.** Jest to zespół bardzo ubogi, zarówno ze względu na liczbę osobników otwornic w reziduum, jak i skład taksonomiczny. Wśród planktonu dominują *Globigerina bulloides* a osobniki taksonów występujących w starszych zespołach reprezentowane są akcesorycznie. Bentos składa się wyłącznie z form wapiennych. Ilościowo dominuje tutaj *Valvulineria complanata*. Występują ponadto bardzo niewielkie ilości *Bulimina elongata*, *Cibicides ungerianus*, *Ammonia beccarii*, *Asterigerina planorbis*, *Nonion fabum*, *Elphidium macellum*.

**Wielicki (IID).** Zespół bogaty zarówno ze względu na liczbę osobników w reziduum jak i skład taksonomiczny. Otwornice planktoniczne, aczkolwiek liczne (mogą stanowić nawet 80% zespołu), należą jednak niemal wyłącznie do jednego tylko taksonu – *Globigerina bulloides*. Zespół bentoniczny składa się z form zarówno wapiennych jak i aglutynujących. Taksony charakterystyczne dla pierwszej z tych grup to: *Nodosaria rudis*, *N. longiscata*, *Bulimina striata*, *Uvigerina asperula* (*U. orbignyana*), *U. brunensis*. Mniej licznie reprezentowane są: *Valvulineria complanata*, *Epistomina elegans*, *Pullenia miocenica*, *Sphaeroidina bulloides*, *Cibicides ungerianus*. Wśród bentonicznych otwornic aglutynujących charakterystyczne są osobniki należące do *Pseudotriplasia*.

**IIδ.** Plankton występuje w ilościach śladowych i są to wyłącznie osobniki *Globigerina bulloides*. Dominują tutaj otwornice bentoniczne należące do Miliolina (*Quinqueloculina*, *Triloculina*, *Pyrgo*). Podrząd Rotaliina reprezentowany jest przez *Elphidium* (*E. fichtelianum*, *E. macellum*), *Discorbis patelliformis*, *Eponides boueanus*, *Lobatula lobatula* oraz *Heterostegina costata* i *Amphistegina mamilla*.

**IIIA.** Specyficzną cechą tego zespołu jest jego wybitnie planktoniczny charakter. Składa się on z otwornic *Globigerina bulloides* oraz masowo tutaj występujących pelagicznych ślimaków (Pteropoda) i promienic (Radiolaria). Występują również ślado-



we ilości wapiennego bentosu otwornicowego: *Valvulineria complanata*, *Bulimina elongata*, *Elphidium macellum*, *Cibicides* spp.

**III $\alpha$ .** Składa się ten zespół prawie wyłącznie z wapiennych otwornic bentonicznych. Najliczniejsze wśród nich są: *Lobatula lobatula*, *Elphidium* spp., *Criboelphidium dolfussi*, *Nonion granosum*, *Discorbis orbicularis*, *Asterigerina planorbis* var. *minuta*, *Bulimina elongata*, *Triloculina consorbina*. Sporadycznie występują niewielkie ilości *Globigerina bulloides* i, podobnie jak w zespole IIIA, licznie reprezentowane są pelagiczne ślimaki (Pteropoda).

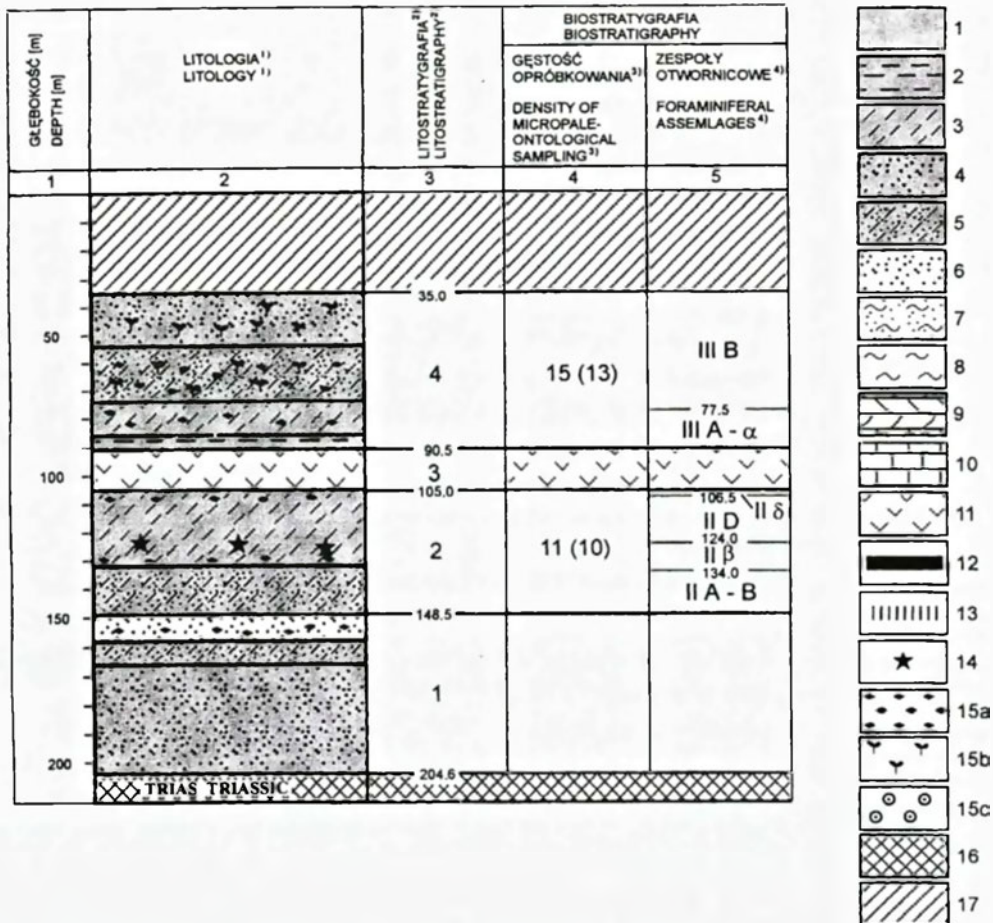
**Gliwicki (IIIB).** Jest to zespół o bardzo licznym i taksonomicznie zróżnicowanym składzie otwornic, jednak o wyraźnej dominacji bentosu. Wśród form aglutynujących występują: *Spiroplectammina carinata* var. *scaligera* i *Siphotextularia inopinata*. Formy wapienne, charakterystyczne dla tego zespołu, to: *Bulimina aculeata*, *B. insignis*, *Reusella spinulosa*, *Uvigerina bellicostata*, *U. hispido-costata*, *Asterigerina planorbis* var. *minuta*, *Discorbis imperatoria*, *Cassidulina punctata*, *Cibicides crassiseptatus*, liczne osobniki z rodziny Ellipsolagenidae, *Nonion fabum*, *Elphidium* spp., *Valvulineria complanata*, *Heterolepa* spp., *Epistomina elegans*, *Sphaeroidina bulloides*. Udział form planktonicznych jest w tym zespole niewielki, występują w nim wyłącznie *Globigerina bulloides* oraz sporadycznie *Velapertina indigena*.

**III $\beta$ .** Jest to pod względem taksonomicznym słabo zróżnicowany zespół otwornic. Składa się prawie wyłącznie z *Bulimina* (*B. elongata*, *B. gibba*, *B. insignis*), które stanowią 80–90% osobników. Akcesorycznie występują tutaj *Elphidium macellum*, *Asterigerina planorbis*, *Eponides omnivagus*.

## 2.4. Litologia i opróbowanie profili

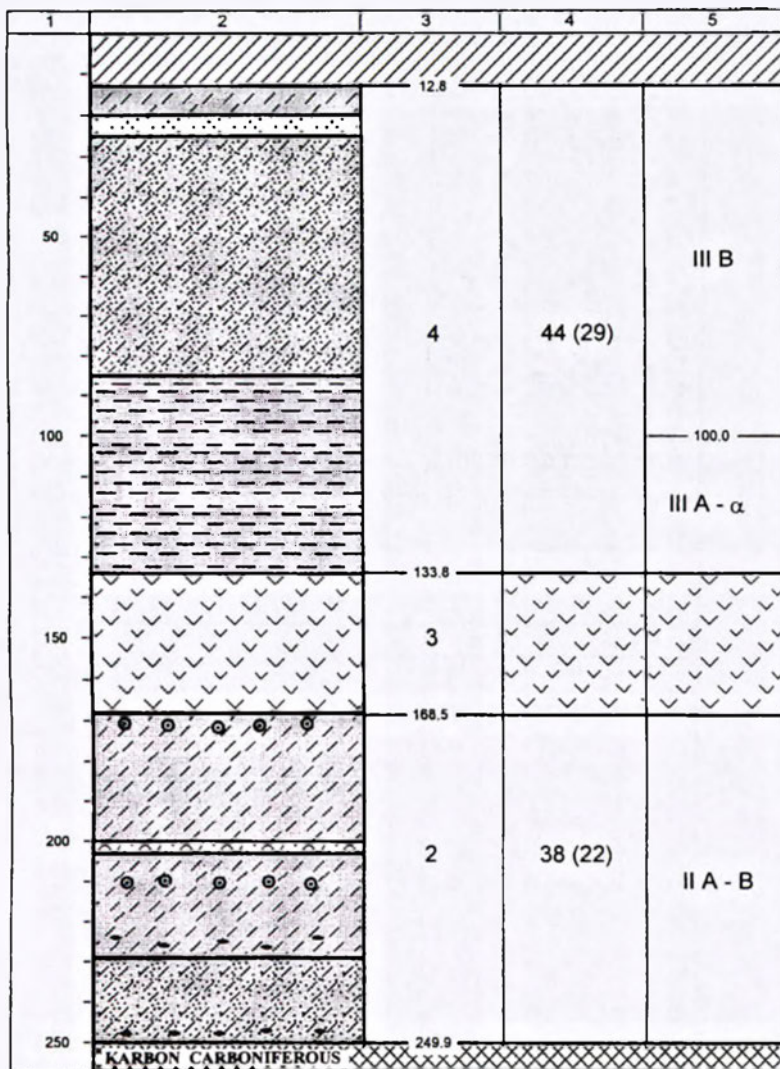
W badanych profilach reprezentowane są osady wszystkich trzech, wymienianych wcześniej, formacji badenianu. Za wyjątkiem profilu BIELSZOWICE7 oraz ŻORY4, gdzie brak utworów formacji z Gliwic, we wszystkich pozostałych profilach obecna jest kompletna ich sekwencja (ryc. 6–19).

Na badanym obszarze miąższość utworów formacji ze Skawiny wynosi od 8,5 m (OSTROPA8) do 161,5 m (PILCHOWICE10). Są to w przeważającej części dwa rodzaje osadów ilastych: szare, homogeniczne (czyli pozbawione warstwowania), wapniste ilowce, noszące nazwę „tegel” oraz szare, zapiaszczone ily z przewarstwieniami mułowców i piasków o nazwie „szlir”. Rozprzestrzenienie tych facji w osadach miocenu zapadliska przedkarpackiego sięga aż do okolic Wiednia (Alexandrowicz 1961a; Papp, Steininger 1978). Te dwa podstawowe litotypy reprezentują gros utworów formacji ze Skawiny w badanych profilach (ryc. 6–19). Podrzędnie występują w obrębie tej formacji również inne osady. Przede wszystkim są to wapienie i margle organodetrytyczne oraz wapienie krasnorostowe (litotamniowe), obecne w wyższej części tej formacji (PILCHOWICE10, GLIWICE17, GLIWICE19, GLIWICE21, GLIWICE24, BIELSZOWICE7). Przeważnie tworzą one liczne przewarstwienia o miąższości kilku do kilkudziesięciu centymetrów, rzadziej warstwy



Ryc. 6. Litologia i stratygrafia profilu PŁAWNIOWICE1. Objaśnienia do rycin 6–19: 1 – ily, 2 – ily laminowane, 3 – ily margliste, 4 – ily zapiaszczone, 5 – ily margliste zapiaszczone, 6 – piaski, 7 – piaszkowce margliste, 8 – margle, 9 – lacustrine chalk, 10 – wapień organogeniczne, 11 – ily i łupki ilaste z laminami anhydrytu i warstwami krystalicznych gipsów, 12 – węgle brunatne, 13 – dolomity ilaste, 14 – tufity, 15 – skamieniałości (a – mięczaki, b – uwęglone szczątki roślin, c – glony wapienne), 16 – podłoże miocenu, 17 – polodowcowe osady czwartorzędu. <sup>1)</sup> według opisu Przedsiębiorstwa Geologicznego w Katowicach, uproszczone. <sup>2)</sup> jednostki litostratygraficzne według Alexandrowicza, 1997 (1 formacja z Kłodnicy, 2 – formacja ze Skawiny, 3 – formacja z Krzyżanowic, 4 – formacja z Gliwic, 5 – formacja z Kędzierzyna). <sup>3)</sup> w nawiasach podano, dla jakiej ilości analizowanych prób została wykonana analiza ilościowa składu taksonomicznego otwornic. <sup>4)</sup> zespoły otwornicowe według definicji Alexandrowicza, 1963c.

Fig. 6. Lithology and stratigraphy of the section PŁAWNIOWICE1. Explanations to figures 6–19: 1 – clay, 2 – laminated clay, 3 – marly clay, 4 – sandy clay, 5 – marly clay with sand, 6 – sand, 7 – marly sand, 8 – marl, 9 – lacustrine chalk, 10 – biogenic limestone, 11 – gypsiferous sediments (claystone, shale, laminated anhydrite, gypsum), 12 – brown coal, 13 – dolostone, 14 – tuffites, 15 – fossils (a – molluscs, b – plant debris, c – rhodoliths), 16 – basement of the Miocene, 17 – Quaternary deposits. <sup>1)</sup> after Przedsiębiorstwo Geologiczne in Katowice, simplified. <sup>2)</sup> lithostratigraphic unit after Alexandrowicz, 1997 (1 – Kłodnica Formation, 2 – Skawina formation, 3 – Krzyżanowice Formation, 4 – Gliwice Formation, 5 – Kędzierzyn Formation). <sup>3)</sup> in brackets is shown how many of them have been quantitatively analysed. <sup>4)</sup> foraminiferal assemblages as defined by Alexandrowicz, 1963c.

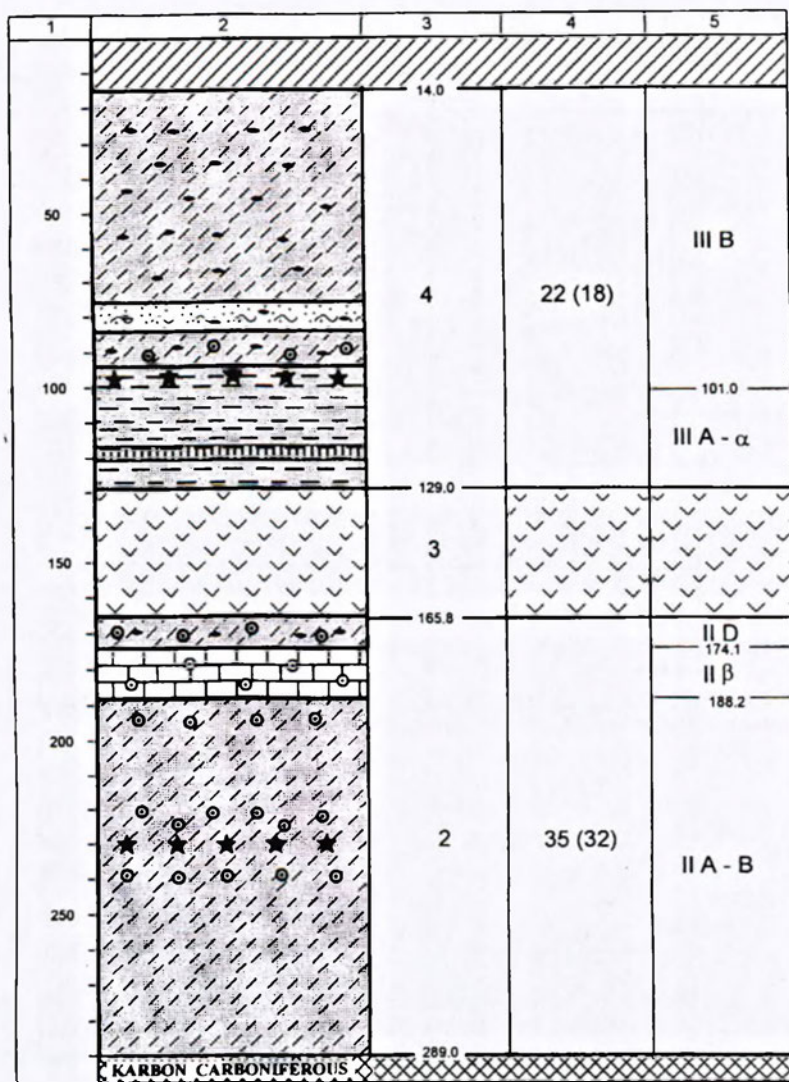


Ryc. 7. Litologia i stratygrafia profilu GLIWICE17. Objasnienia jak do ryc. 6.

Fig. 7. Lithology and stratigraphy of the section GLIWICE17. Explanation as in Fig. 6.

o grubości kilku metrów; największą miąższość (25,0 m) osiągają te utwory w profilu GLIWICE21. W profilach KOZŁÓW2 oraz OSTROPA8 formacja ze Skawiny rozwinięta jest jako margle glaukonitowe. Laminy i cienkie warstewki tufitu i detrytu skorup mięczaków są częstymi składnikami utworów ilastych – zarówno facji te glu, jak szliru.

Formacja z Krzyżanowic reprezentowana jest w badanych profilach osadami o miąższość od 14,5 m (PŁAWNIOWICE1) do 57,2 m (PILCHOWICE10). Są to utwory salinarnie, w których przeważają ropy z gipsem i anhydrytem oraz łupki anhydrytowe. Wśród tych utworów występują niekiedy inne facje osadowe: gipsy gru-

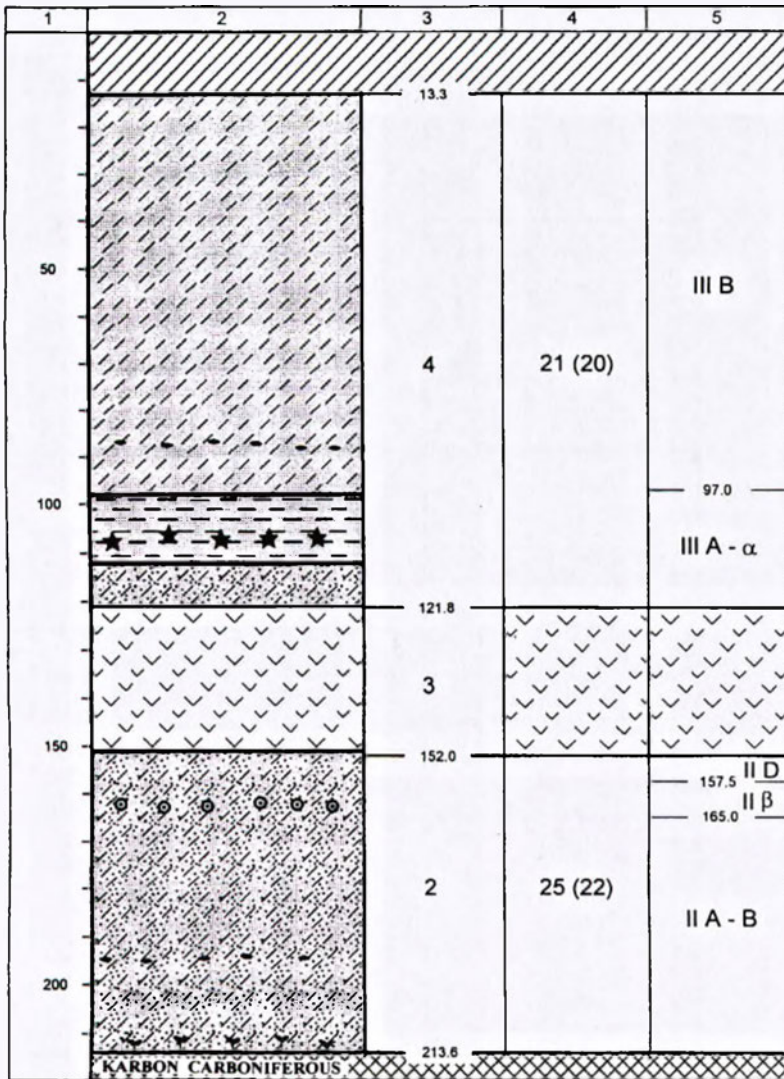


Ryc. 8. Litologia i stratygrafia profilu GLIWICE19. Objaśnienia jak do ryc. 6.

Fig. 8. Lithology and stratigraphy of the section GLIWICE19. Explanation as in Fig. 6.

bokrystaliczne (profil PILCHOWICE1, BIELSZOWICE7), warstwowane iły (GLIWICE17) oraz iły zapiaszczone (PŁAWNIOWICE1). W profilu GLIWICE21, wśród typowych utworów tej formacji występuje warstwa wapienia organogenicznego.

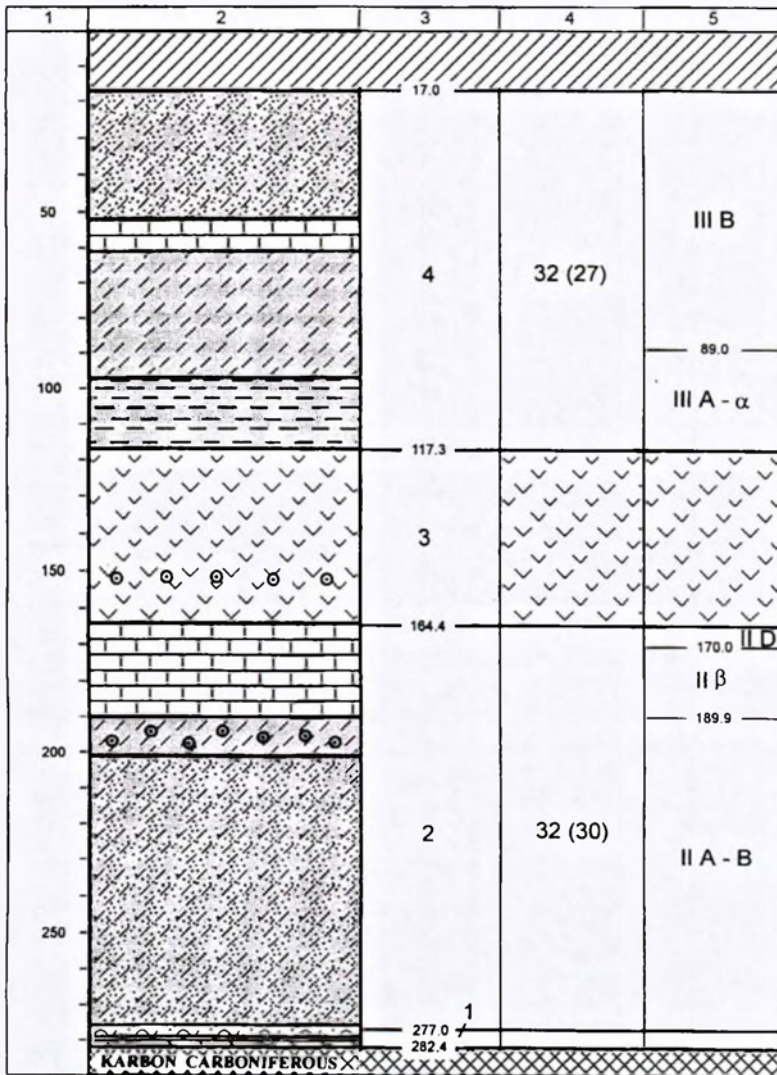
Mięszkość utworów formacji z Gliwic wynosi w badanych profilach od 54,0 m (WILCZA1) do 343,3 m (PILCHOWICE10). Osady są tutaj wykształcone jako bezwapniste iły, iły margliste, iły zapiaszczone oraz droбноziarniste i pylaste piaski. W niższej części formacji osady ilaste są laminowane tufitem, piaskiem bądź pyłem



Ryc. 9. Litologia i stratygrafia profilu GLIWICE24. Objaśnienia jak do ryc. 6.

Fig. 9. Lithology and stratigraphy of the section GLIWICE24. Explanation as in Fig. 6.

kwarcowym. Często zawierają one również grubsze wkładki tufitów, mierzące przeważnie od kilku milimetrów do kilku centymetrów. Największe miąższości (do 0,5 m) mają wkładki tufitowe w profilu PILCHOWICE10. W tej niższej części formacji z Gliwic występują ponadto dolomity ilaste. Grubość ich warstw wynosi przeważnie kilkadziesiąt centymetrów, najgrubsza z nich występuje w profilu PILCHOWICE1 i ma miąższość 1,3 m. Również w tej części formacji występuje masowe nagromadzenie aragonitowych skorup pelagicznych ślimaków (Pteropoda). Natomiast warstewki wapieni litotamniowych występują tutaj jedynie w profilu GLIWICE21 i PILCHOWI-

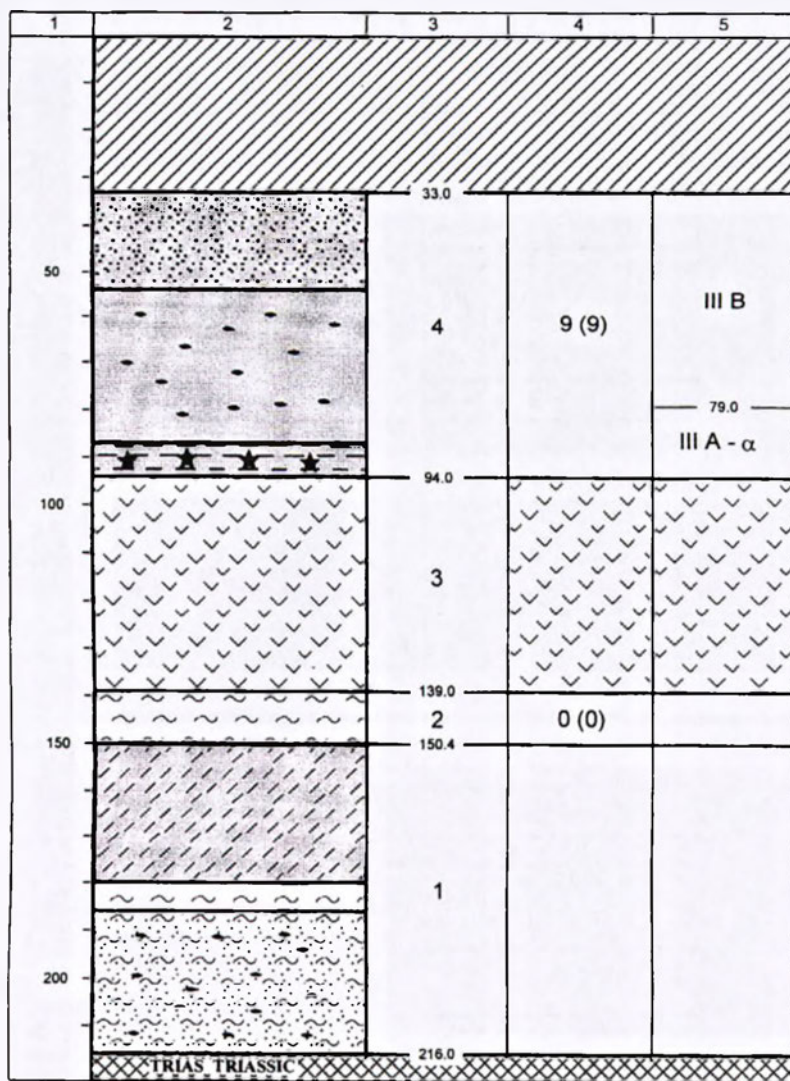


Ryc. 10. Litologia i stratygrafia profilu GLIWICE21. Objaśnienia jak do ryc. 6.

Fig. 10. Lithology and stratigraphy of the section GLIWICE21. Explanation as in Fig. 6.

CE10 a detrytus roślinny w profilu SUMINA2. W wyższej, niewarstwowanej części osadów formacji z Gliwic, detrytus roślinny oraz drobne fragmenty skorup mięczaków występują powszechnie. Składniki te są na ogół bezładnie rozmieszczone wśród ilów, a tylko niekiedy tworzą nagromadzenia w formie warstw; występowanie wapieni organodetrytycznych bądź piasku z fauną stwierdzone zostało w profilu GLIWICE19, GLIWICE21 oraz GLIWICE24.

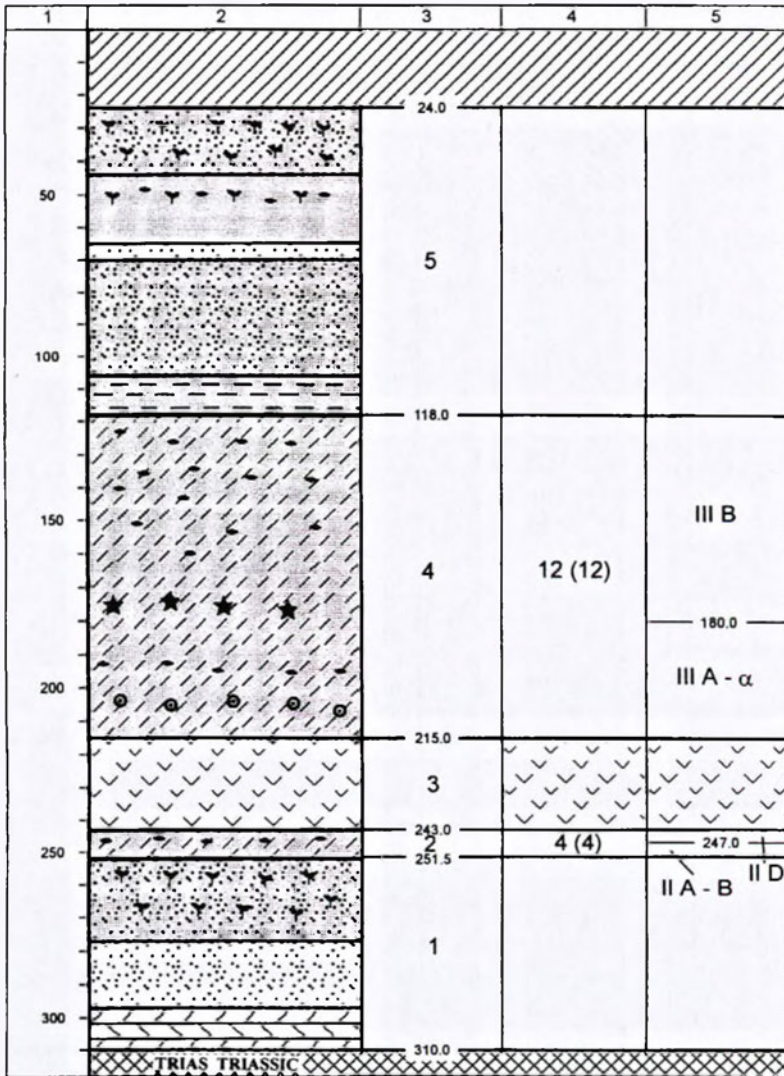
Wstępna analiza mikropaleontologiczna profili obejmowała określenie granic poszczególnych pięter miocenu. Zbadano 597 prób, wyznaczając zasięg występowania



Ryc. 11. Litologia i stratygrafia profilu KOZŁÓW2. Objasnienia jak do ryc. 6.

Fig. 11. Lithology and stratigraphy of the section KOZŁÓW2. Explanation as in Fig. 6.

otwornicowych zespołów karpatianu, badenianu i sarmatianu. Spośród 532 prób pochodzących z osadów badenianu wybrano 414 (załącznik 1), w których otwornice były na tyle liczne, aby można było wykonać taksonomiczną analizę ilościową. Otwornice bentoniczne reprezentowane były w 412 z nich (załącznik 2). Tylko dwie próbki zawierały formy wyłącznie planktoniczne: w profilu PŁAWNIOWICE1 (próbka z głębokości 115,0 m) oraz w profilu PILCHOWICE1 (próbka 268,0 m). Plankton występował w mniejszej ilości próbek, tzn. w 342, co stanowi 82,0% całkowitej ich liczby.



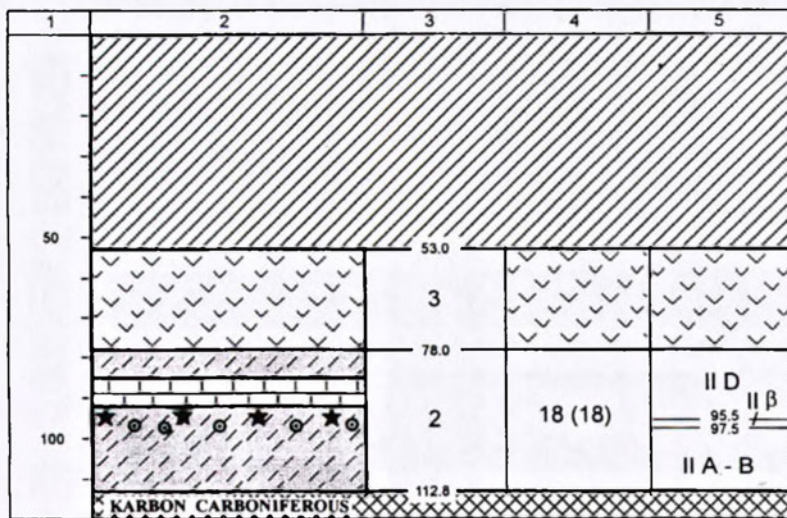
Ryc. 12. Litologia i stratygrafia profilu OSTROPA 8. Objaśnienia jak do ryc. 6.

Fig. 12. Lithology and stratigraphy of the section OSTROPA 8. Explanation as in Fig. 6.

## 2.5. Stratotypy formacji badenianu i problem ich ochrony

Zgodnie z zasadami kodeksu stratygraficznego (Birkenmajer 1975), integralną częścią procedury wydzielenia formacji geologicznych jest określenie ich statotypów (profilu wzorcowych) oraz hipostatotypów (profilu odniesienia). Profile takie, zaproponowane dla badenianu (Łuczowska 1974a, 1978b) oraz sarmatianu (Alexandro-



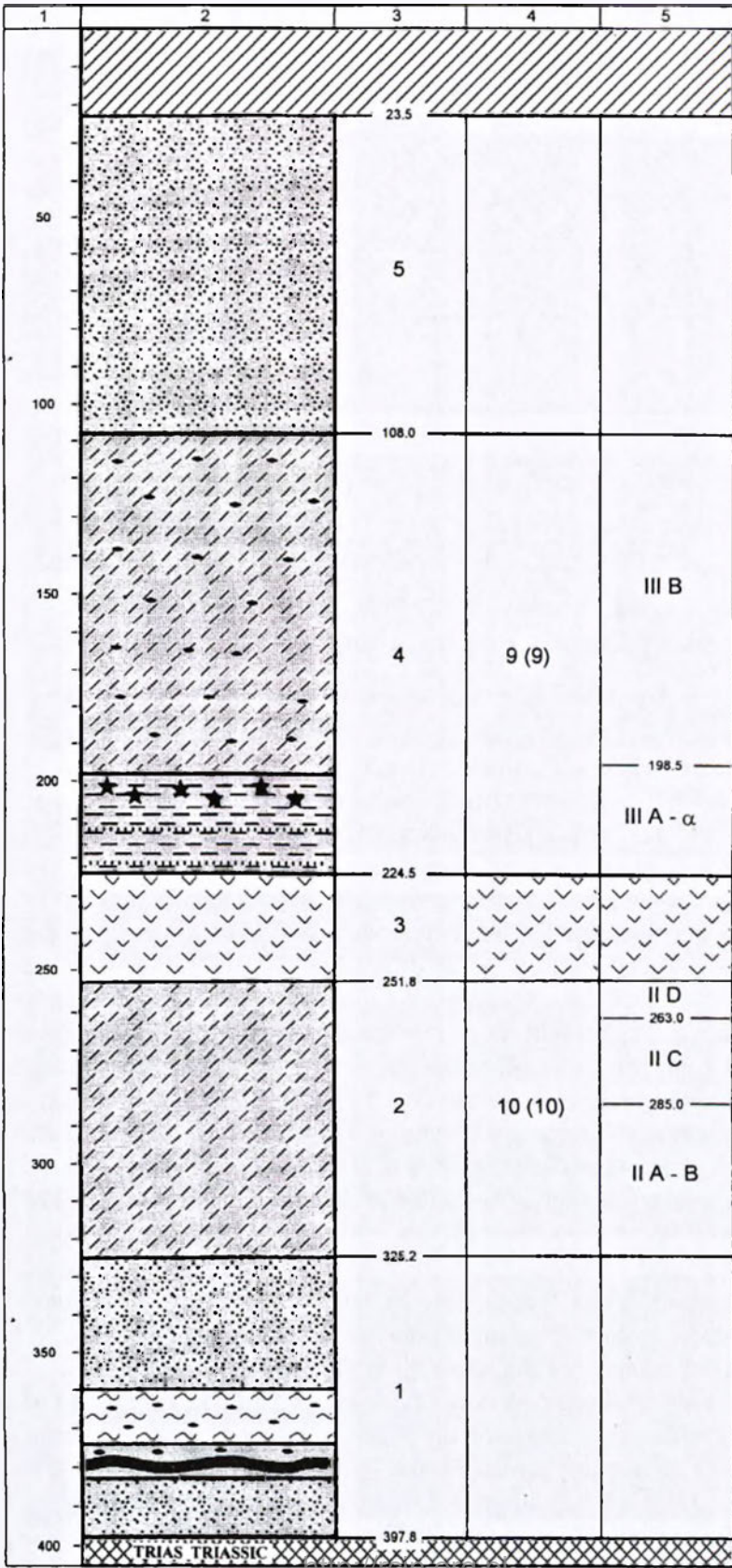


Ryc. 13. Litologia i stratygrafia profilu BIELSZOWICE7. Objasnienia jak do ryc. 6.

Fig. 13. Lithology and stratigraphy of the section BIELSZOWICE7. Explanation as in Fig. 6.

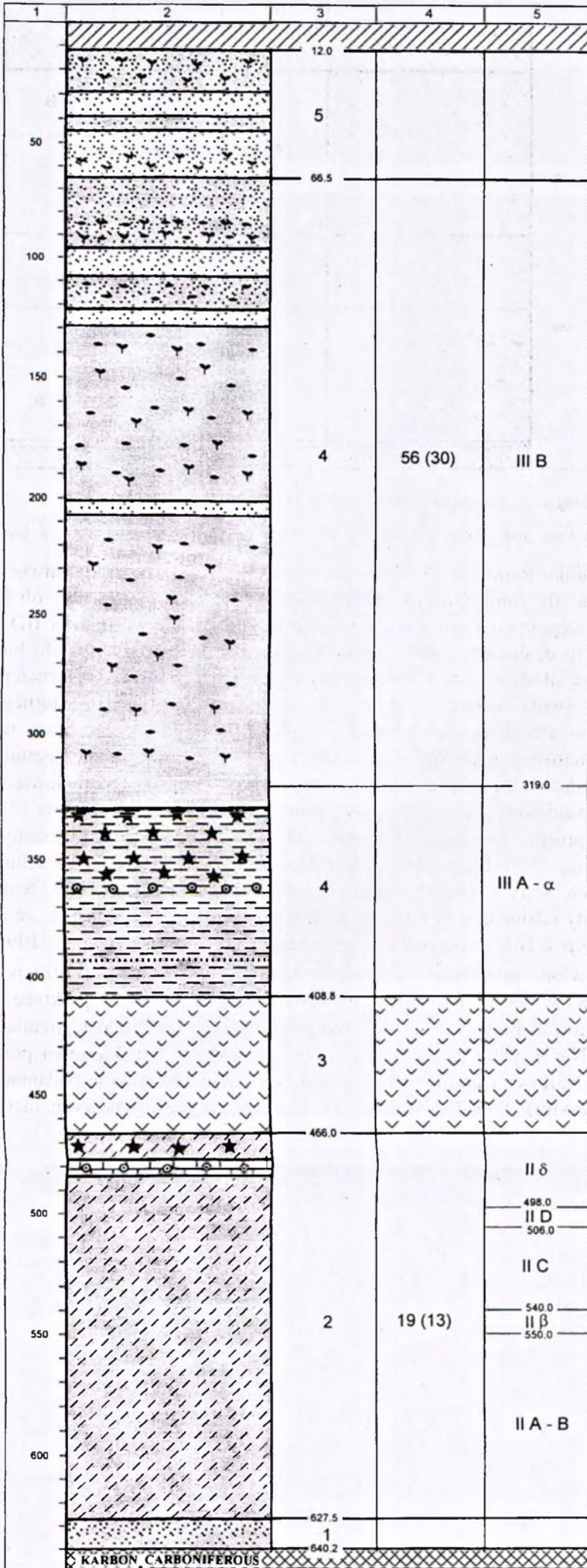
wicz 1972a), były rdzeniami wiertniczymi, które obecnie już nie istnieją – uległy zniszczeniu.

Profil rdzeniowy wiercenia „Borek Szlachecki” koło Skawiny wskazywany był jako stratotyp formacji ze Skawiny (Alexandrowicz 1965b, 1973) a szereg profili zlokalizowanych m.in. w Żorach (Alexandrowicz 1960a), Krywałdzie (Krach 1956; Alexandrowicz 1963c; Łuczowska 1974a; Szewczyk 1975), Brzezówce (Alexandrowicz 1963b) i Czechowicach (Alexandrowicz 1960b) rekomendowanych zostało jako profile odniesienia tej formacji (Alexandrowicz 1997). Również one są rdzeniami wiertniczymi – niestety obecnie już niedostępnymi; a przynajmniej nie jest znane miejsce ich przechowywania. Propozycja alternatywna, czyli wskazanie stratotypu formacji ze Skawiny w odstonięciu powierzchniowym, nie została dotychczas wysunięta, a jest to konieczne ze względu na cele, jakim służą stratotypy formacji geologicznych (m.in. pobieranie prób do badań i rewizji). Jednym z nielicznych odstonięć ilowcowych utworów formacji ze Skawiny, w których zespół krakowski (IIA-B) posiada najbardziej typowe wykształcenie, jest odkrywka osadów znanych pod nazwą „ity z *Ostrea cochlear*” w miejscowości Raclawice koło Krakowa (Krach 1947; Gónera, Kulka 1979). Stanowisko to mogłoby spełniać rolę profilu stratotypowego dla formacji ze Skawiny oraz *locus typicus* dla zespołu krakowskiego (IIB). Inne odstonięcie utworów tej formacji, które znajduje się na terenie Krakowa (kamieniołom na Zakrzówku) mogłoby spełniać rolę hipostatotypu tej jednostki. Na obszarze Górnego Śląska, jako profil odniesienia dla formacji ze Skawiny należałoby wskazać stanowisko tych utworów udokumentowane w Chełmie Wielkim nad Przemszą (Alexandrowicz 1976; Alexandrowicz, Pawlikowski 1978). Stratotypowy profil formacji z Wieliczki znajduje się w Kopalni Soli Wieliczka (Łuczowska 1978a). Zlokalizowany zo-



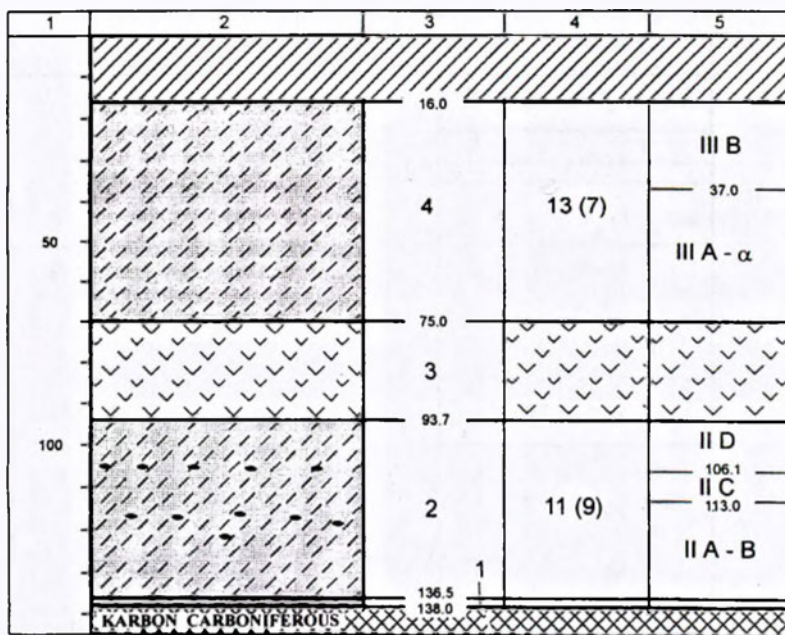
Ryc. 14. Litologia i stratygrafia profilu PILCHOWICE1. Objasnienia jak do ryc. 6.

Fig. 14. Lithology and stratigraphy of the section PILCHOWICE1. Explanation as in Fig. 6.



Ryc. 15. Litologia i stratygrafia profilu PILCHOWICE10. Objasnienia jak do ryc. 6.

Fig. 15. Lithology and stratigraphy of the section PILCHOWICE10. Explanation as in Fig. 6.

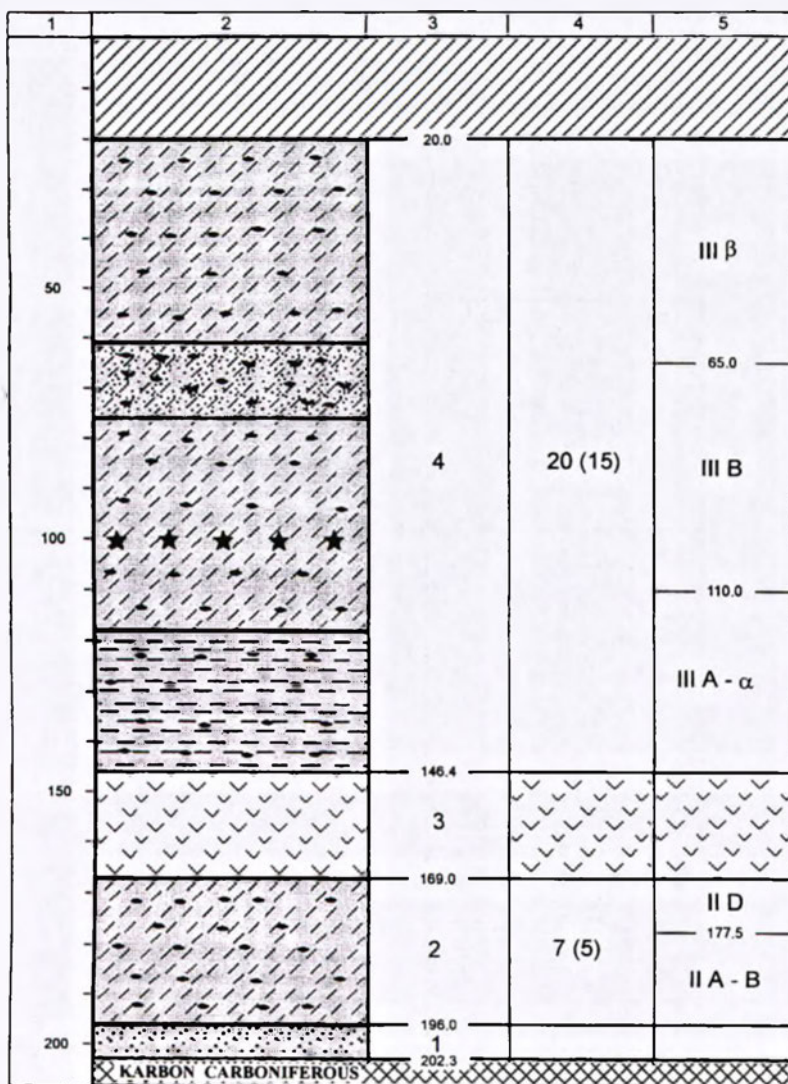


Ryc. 16. Litologia i stratygrafia profilu WILCZA1. Objaśnienia jak do ryc. 6.

Fig. 16. Lithology and stratigraphy of the section WILCZA1. Explanation as in Fig. 6.

stał w chodniku Rarańcza (II niższy poziom tej kopalni) i obejmuje utwory bryłowej części złoża: ility solne (zubry), iłowce wapniste, margle oraz bryły soli kamiennej. W iłach występują tutaj otwornice reprezentujące poziom otwornicowy IID (wielicki), pełni więc to odsłonięcie jednocześnie rolę *locus typicus* tego zespołu biostratygraficznego. Najmłodsza z litostratygraficznych jednostek badenianu – formacja z Gliwic – poprzez swoją nazwę bezpośrednio nawiązuje do obszaru Górnego Śląska. W północno-zachodniej części regionu występują silikoklastyczne osady tej formacji o kilkusetmetrowej miąższości (Alexandrowicz 1963c). Wysunięta ostatnio propozycja (Alexandrowicz 1997), aby jej stratotypem było wiercenie „Pilchowice”, nie wydaje się uzasadniona z uwagi na niewiadome miejsce przechowywania (? niedostępność) tego profilu. Jako hipostratotypowy obszar dla tej formacji wskazany został region Gliwic (*op. cit.*). Fragment profilu tej formacji był dostępny w cegielni położonej w Gliwicach Starych (Krach 1954; Śmigielska 1955; Oszast 1960; Szafer 1961). Obecnie, gdy odsłonięcie w Gliwicach Starych nie istnieje, wydaje się, że rolę stratotypu formacji z Gliwic powinna pełnić cegielnia w Ostropie (Gonera 1992).

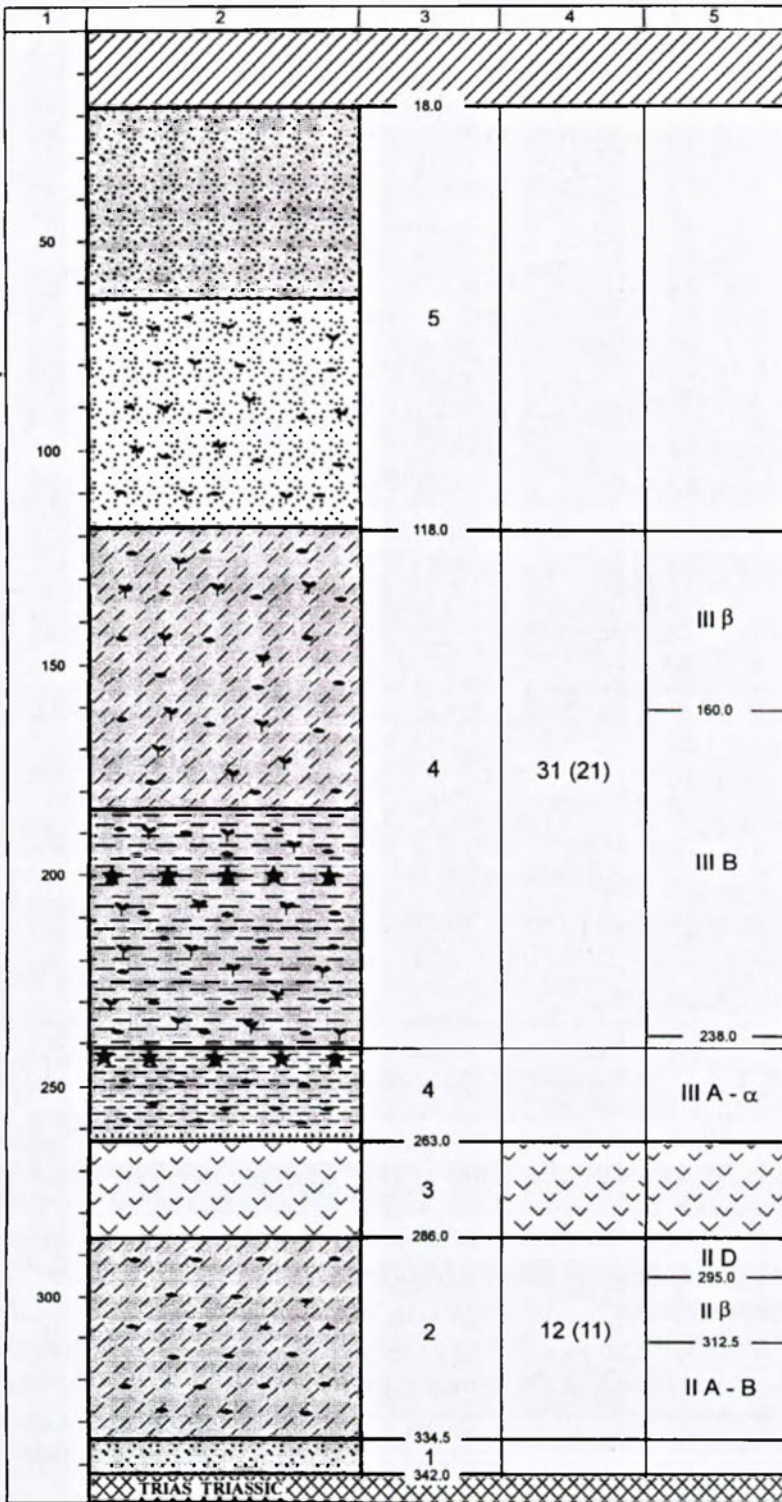
Przedstawione przykłady pokazują, że trwałość i dostępność profili wzorcowych (stratotypów) w formie rdzeni wiertniczych nie sprawdza się w praktyce. W Polsce brak unormowań prawnych co do przechowywania i zasad udostępniania tego typu materiału. Nie w pełni powiodły się próby czynione w tym kierunku przez Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo (wiodące przedsiębiorstwo w badaniach metodami wiertniczymi). Ponadto, względu ekonomiczne i rozwój nowych metod badaw-



Ryc. 17. Litologia i stratygrafia profilu SZCZYGŁOWICE16D. Objaśnienia jak do ryc. 6.

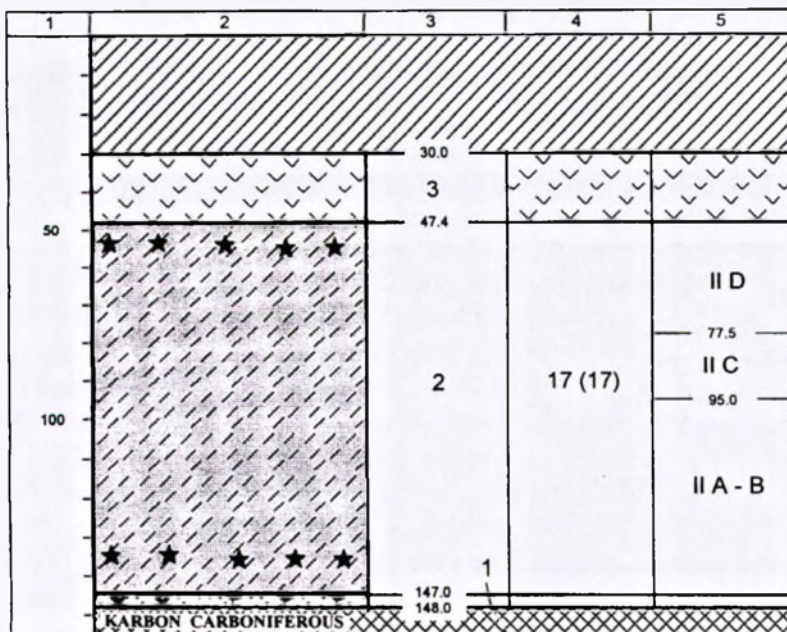
Fig. 17. Lithology and stratigraphy of the section SZCZYGŁOWICE16D. Explanation as in Fig. 6.

czych prowadzą do radykalnego ograniczenia pozyskiwania tego typu materiału. Tradycyjne źródło informacji w badaniach geologicznych, jakim są odsłonięcia, jest nadal aktualne. Choć niektóre z nich wydają się bardzo trwałymi elementami powierzchni Ziemi, odsłonięcia są jednak zagrożone z wielu powodów. Destrukcja może nastąpić na skutek naturalnych procesów przyrodniczych (rozwój gleby i szaty roślinnej, dynamika powierzchni ziemi, wietrzenie, erozja). Najczęściej jednak przyczynia się do tego działalność człowieka (regulacja potoków, gospodarcza eksploatacja, trwała zabudowa, nieodpowiednia rekultywacja).



Ryc. 18. Litologia i stratygrafia profilu SUMINA2. Objasnienia jak do ryc. 6.

Fig. 18. Lithology and stratigraphy of the section SUMINA2. Explanation as in Fig. 6.



Ryc. 19. Litologia i stratygrafia profilu ŻORY4. Objaśnienia jak do ryc. 6.

Fig. 19. Lithology and stratigraphy of the section ŻORY4. Explanation as in Fig. 6.

Najlepszym sposobem zachowania odsłoneń geologicznych jest ochrona konserwatorska. Daje ona pewność, że obiekty tego typu będą zabezpieczone i właściwie wykorzystywane jako część dziedzictwa geologicznego. Znaczenie tego ostatniego terminu w kontekście omawianych tutaj profili wzorcowych wymaga wyjaśnienia, gdyż niekiedy rozumiane jest zbyt stereotypowo. Traktowane jest ono na ogół jako dobra użytkowe (kopaliny i surowce) które służą gospodarce, i w tym znaczeniu było tematem programu „Ochrona Litosfery” (Kozłowski 1993a, b). Zwrócono w nim uwagę na potrzebę racjonalnego gospodarowania tymi zasobami Ziemi, stanowią one bowiem jedną z podstaw rozwoju cywilizacyjnego i dalszego bytu człowieka. Nieco inną konotację uzyskuje ten termin w kontekście krajobrazu, gdzie dziedzictwo geologiczne stanowi podstawę, fundamentalny komponent krajobrazu. Sam krajobraz podlega różnorodnym formom ochrony (park narodowy, park krajobrazowy, obszar chronionego krajobrazu, zespół przyrodniczo-krajobrazowy), jednak w opracowaniach dotyczących tych form ochrony obszarowej kraju, geologiczny aspekt krajobrazu traktowany jest na ogół marginalnie. Zjawisko to w najlepszym wypadku można usprawiedliwić *per analogiam* do tego, co spotyka teorię względności – jest ona podstawą licznych rozważań związanych z czasem i przestrzenią, jednak nikt bezpośrednio nie cytuje Einsteina.

Trzeci, najbardziej wysublimowany aspekt dziedzictwa geologicznego wiąże się z poznaniem. Wiedza jest niewątpliwie czynnikiem, który ukształtował człowieka. I należy żywić przekonanie, iż mimo pewnych niepokojących trendów socjologicznych proces ten będzie kontynuowany. Obiekty geologiczne (m.in. odsłoneńca), które

służą do naukowej dokumentacji w procesie rozpoznania historii Ziemi i biosfery, są więc integralną częścią dziedzictwa geologicznego i zasługują na zachowanie. Część stanowisk ma rangę unikalnych (ze względu na reprezentowanie procesów geologicznych, bądź dokumentowanie swoistych etapów w przeszłości Ziemi) a inne przedstawiają aspekt typowy dla jednostek geologicznych rozmaitej rangi (np. paleontologicznych, litologicznych, strukturalnych). Odsłonięcia, nawet jeśli stanowią uboczny produkt działalności człowieka (jako tzw. odkrywki sztuczne), są źródłem informacji o geologicznej historii Ziemi i jako takie stają się dobrem wspólnym, gdyż dostęp do informacji jest jednym z warunków postępu badań. Logiczną zatem konsekwencją jest, że obydwa rodzaje odsłonieć, zarówno te, które reprezentują unikalne i specyficzne, jak również te, które reprezentują typowe aspekty georóżnorodności, mają podstawy, aby uzyskać status obiektów ochrony konserwatorskiej. Polska tradycja w tym względzie jest bardzo bogata a formy ochrony stale są udoskonalane. Obecnie strategia ochrony tych miejsc ma podstawę prawną w Ustawie o Ochronie Przyrody (Dziennik Ustaw nr 114 z 1991r, poz. 492 oraz Dziennik Ustaw nr 3 z 2001 r., poz. 21), która oferuje dwie szczególnie odpowiednie do tego celu formy ochrony: stanowisko dokumentacyjne przyrody nieożywionej (Alexandrowicz 1991) oraz pomnik przyrody. Zarząd gminy właściwy ze względu na miejsce znajdowania się takiego obiektu jest ustawowo zobligowany do uwzględniania tych miejsc w planie zagospodarowania przestrzennego i jest odpowiedzialny za ich należyte utrzymanie. Dlatego bardzo istotne i niezbędne dla nauki i edukacji jest umieszczenie wszystkich ważnych stanowisk geologicznych w rejestrze obiektów podlegających ochronie konserwatorskiej. Ta prawda powinna być oczywista w społeczności geo(morfo)logów posługujących się w swej pracy (badaniach) profilami terenowymi.

Umieszczenie odsłonięcia na tej elitarniej liście nie zawsze jest łatwe. Bywa, że – mimo dość prostej procedury – realizacja tego zadania napotyka na przeszkody. Z praktyki wynika, że występują w tym względzie dwa węzłowe problemy. Pierwszym z nich jest rozpoznanie walorów stanowiska geologicznego i sporządzenie wniosku w sprawie jego ochrony. Bez tego podstawowego kroku, administracyjna procedura nie może zostać wszczęta i adresatem, do którego ta banalna prawda powinna dotrzeć, jest społeczność geo(morfo)logów. Dbłość o przedmiot swoich badań pozostaje niestety bardzo często poza ich świadomością. Być może jest to wynikiem przeświadczenia o trwałości odsłonieć, a być może inne, bardziej trywialne powody sprawiają, że refleksja pojawia się dopiero wówczas, gdy któreś z aktualnie potrzebnych odsłonieć ulega destrukcji lub staje się niedostępne. Założenia polityki zrównoważonego rozwoju realizowane są m.in. przez edukację (Kozłowski 1993c) i z tej perspektywy ochrona geostanowisk – dążenie do zachowania pewnych wartościowych dla tego celu odsłonieć – wykracza już poza indywidualne zainteresowania naukowe a staje się obowiązkiem. Taka procedura – jako integralna część działalności badawczej – powinna stać się normą postępowania specjalistów zajmujących się badaniem geologicznych dziejów Ziemi. Dostrzeganie tej potrzeby znalazło praktyczne wdrożenie w inicjatywie powoływania sieci odsłonieć reprezentatywnych dla budowy geologicznej pewnych regionów (np. Alexandrowicz 1999; Alexandrowicz, Poprawa 2000).



Drugie utrudnienie na drodze do objęcia ochroną stanowisk geologicznych pojawia się na etapie formalnego zatwierdzenia wniosku przez organy wykonawcze Ustawy i wiąże się z prawem własności. Ustanowienie przez wojewodę stanowiska dokumentacyjnego czy pomnika przyrody wymaga zgody właściciela terenu. Konserwatorzy przyrody nie mają na ten cel środków z budżetu państwa, dlatego ich pertraktacje bywają z góry skazane na niepowodzenie. Nie jest łatwo nakłonić właściciela nieruchomości gruntowej do włączenia się w nurt geoochrony, nawet jeśli nie wymaga to z jego strony żadnych specjalnych zabiegów, lecz jedynie np. pozostawienia pewnych fragmentów terenu w stanie naturalnym. W Polsce brak w tym względzie tradycji takiej jak np. w Wielkiej Brytanii (Wilson 1994). Zadanie jest uproszczone, jeśli wnioskowany do ochrony obszar jest własnością Skarbu Państwa, bądź znajduje się na terenie zarządzanym przez państwo (np. Lasy Państwowe czy Okręgowe Dyrekcje Dróg Wodnych). Specyficznym zagadnieniem są odsłonięcia powstałe w obrębie obszarów górniczych. Potrzebne są ulgi finansowe lub inne korzyści, jakie użytkownik górniczy miałby zagwarantowane, jeśli na wykorzystywanym przez niego obszarze znajduje się obiekt przyrodniczy podlegający ochronie konserwatorskiej (m.in. stanowisko dokumentacyjne). Dla Skarbu Państwa byłby to kompromis pomiędzy niedostatecznym finansowaniem ochrony przyrody a rezygnacją z części zysków czerpanych z koncesji na wydobywanie kopalin ze złóż. Rozwiązanie to byłoby również dowodem spójności działań Ministerstwa Środowiska wobec obszarów górniczych, gdyż wówczas obydwie akty prawne bezpośrednio związane z tym ministerstwem (ustawa o ochronie środowiska i ustawa o ochronie przyrody) byłyby reprezentowane w zrównoważonych proporcjach. Pierwsza z nich mówi, że „Ochrona przyrody jest obowiązkiem (...) osób prawnych (...) prowadzących działalność wpływającą na przyrodę” (art. 3). Tymczasem żadne z postanowień ustawy „Prawo geologiczne i górnicze” (Dz. U. nr 27 z 1994 r., poz. 96) nie nawiązuje do ochrony przyrody, podczas gdy ochrona środowiska jest w niej bardzo wyeksponowana.

Konserwatorska forma zabezpieczenia odsłonięcia gwarantuje, że obiekt pozostanie trwale dostępny do obserwacji i badań, a jego stan będzie należycie utrzymywany, co w odniesieniu do profili wzorcowych jest szczególnie pożądane. Jedynym jak dotychczas przykładem tego typu ochrony w odniesieniu do stratotypowych utworów badaniarstwa jest formacja z Wieliczki. Profil w poprzeczni Rarańcza (Kopalnia Soli Wieliczka) podlega obecnie ochronie konserwatorskiej jako stanowisko dokumentacyjne przyrody nieożywionej (Gonera 1991; Wiewiórka *et al.* 1994). Dwa odsłonięcia osadów formacji ze Skawiny (w Raclawicach oraz na Zakrzówku w Krakowie) zostały już zgłoszone do ochrony konserwatorskiej jako stanowiska dokumentacyjne przyrody nieożywionej (dokumentacja w Wydziale Ochrony Środowiska Urzędu Wojewódzkiego w Krakowie). Przygotowywane są ponadto wnioski o konserwatorską ochronę wybranych odsłoneń na obszarze Parku Krajobrazowego „Cysterskie Kompozycje Krajobrazowe Rud Wielkich”. Niektóre z nich reprezentują osady formacji z Gliwic i po nadaniu im statusu stanowisk dokumentacyjnych przyrody nieożywionej będą mogły pełnić funkcję profili odniesienia dla formacji z Gliwic oraz *locus typicus* dla zespołu gliwickiego (IIIB).



### 3. Otwornice planktoniczne

#### 3.1. Taksonomia

Plankton otwornicowy (podrząd Globigerinina) występował w 342 spośród 414 przeanalizowanych prób badenianu (załącznik 1, 2). Zidentyfikowano 25 jednostek taksonomicznych (załącznik 3, tabela 1), reprezentujących cztery nadrodziny (Heterohelicacea, Globorotaliacea, Hantkeninacea i Globigerinacea). Opisy form typowych (holotypów) tych taksonów znajdują się w katalogu otwornic (Ellis, Messina 1940). Ponieważ jest to grupa otwornic kluczowa dla biostratygrafii badenianu (ortobiostratygraficzna), uznano za celowe zamieszczenie krótkiej synonimiki powoływanych taksonów wraz z fotografiami SEM (ryc. 20–24).

Tabela 1. Lista gatunków otwornic planktonicznych (Globigerinina) występujących w osadach miocenu Górnego Śląska (zapadlisko przedkarpackie). Kolejność według systematyki Loeblich i Tappan (1988) (załącznik 3). Indeks cyfrowym (1–9) zaznaczono taksony objęte analizą ilościową.

Table 1. Planktonic foraminifers (Globigerinina) in the Miocene deposits of Upper Silesia (Carpathian Foredeep). The sequence according to the systematic concept of Loeblich and Tappan 1988 (Appendix 3). The taxa included in the quantitative analysis are numbered (from 1 to 9).

| Indeks cyfrowy<br>taksonu<br>Taxon index | Takson<br>Taxon  |  |
|--|------------------|--|
|  | Streptochilus    | globigerum (Schwager, 1866)                |
| 1  | Globorotalia     | praescitula Blow, 1959                     |
|  |                  | acrostoma Wezel, 1966                      |
| 2  |                  | mayeri Cushman et Ellisor, 1939            |
|  | Neogloboquadrina | continua (Blow, 1959)                      |
| 3  | Dentoglobigerina | altispira (Cushman et Jervis, 1936)        |
|  | Globoquadrina    | dehiscens (Chapman, Parr et Collins, 1934) |
|  |                  | venezuelana (Hedberg, 1937)                |
| 4  | Velapertina      | indigena (Łuczowska, 1955)                 |
|  | Cassigerinella   | chipolensis (Cushman et Ponton, 1932)      |
| 5  | Globigerina      | bulloides d'Orbigny, 1826 s.l.             |
|  |                  | angustumbilicata (Bolli, 1957)             |
|  |                  | concinna Reuss, 1850                       |
|  |                  | decoraperta Takayanagi et Saito, 1962      |
|  |                  | diplostoma Reuss, 1850                     |
|  |                  | druryi Akers, 1960                         |
|  |                  | woodi Jenkins, 1960                        |
|  | Globigerinita    | uvula (Ehrenberg, 1862)                    |
| 6  | Globigerinella   | obesa (Bolli, 1957)                        |
|  |                  | praesiphonifera (Blow, 1969)               |
| 7  | Globigerinoides  | quadrilobatus (d'Orbigny, 1846) s.l.       |
| 8  | Turborotalita    | quinqueloba (Natland, 1938)                |
| 9  | Orbulina         | bilobata d'Orbigny, 1839                   |
|  |                  | suturalis Bronnimann, 1951                 |
|  | Praeorbulina     | glomerosa circularis (Blow, 1956)          |

**Streptochilus globigerum** (Schwager).

Textilaria globigera Schwager 1866. Novara Exped. 1857–1859 – Geol. Theil 2 (2). s. 252, ryc. 7.100.

1962. Streptochilus guembeliniformis – de Klasz *et* Rérat, s. 177, ryc. 1.1a–c.

1971. Streptochilus globigerum (Schwager) – Brönniman, Resig, s. 1288–1289, ryc. 51.2.

**Globorotalia praescitula** (Blow). Ryc. 20.5–7 (Figs 20.5–7)

Globorotalia scitula (Brady) sub sp. praescitula Blow, 1959. Bull. Amer. Paleont. Ithaca, N.Y. 39 (178), s. 221, ryc. 19.128a–c.

1960. Globorotalia (Turborotalia) bykovae Aisenstat w: Subbotina *et al.*, s. 69, ryc. 13.7a–c.

1983. Globorotalia (Globoconella) praescitula (Blow) – Kennett, Srinivasan, s. 108, ryc. 25.4–6.

1985 Globorotalia bykovae Aisenstat – Rögl, s. 324, ryc. 5, 7.

1998 Globorotalia (Foshella) peripheroronda Blow *et* Banner – Rögl, s. 103, ryc. 39.27–29.

1998 Globorotalia (Obandyella) bykovae (Aisenstat) – Rögl, s. 104, ryc. 39.33–35.

**Globorotalia acrostoma** Wezel.

Globorotalia acrostoma Wezel 1966. Riv. Ital. Paleont. 72 (4), s. 1298, ryc. 1a–c, ryc. 101.1–12.

1983. Globorotalia (Jenkinsella) acrostoma Wezel – Kennett, Srinivasan, s. 176, ryc. 43.7–9.

**Globorotalia mayeri** Cushman *et* Ellisor. Ryc. 20.1–4 (Figs 20.1–4)

Globorotalia mayeri Cushman *et* Ellisor, 1939. Contr. Cushman Lab. Foram. Res. 15 (1), s. 11, ryc. 2.4a–c.

1939. Globorotalia (Jenkinsella) siakensis – LeRoy, s. 262, ryc. 4.20–22.

1982. Globorotalia mayeri Cushman *et* Ellisor – Bolli, Saunders, s. 399–400, ryc. 1.1–39; ryc. 2.1–47; ryc. 3.1–43.

1983. Globorotalia (Jenkinsella) mayeri Cushman *et* Ellisor – Kennett, Srinivasan, s. 174, ryc. 43.4–6.

1983. Globorotalia (Jenkinsella) siakensis LeRoy – Kennett, Srinivasan 1983, s. 172, ryc. 42, ryc. 1, 6–8

**Neogloboquadrina continua** (Blow).

Globorotalia opima subsp. continua Blow, 1959. Bull. Amer. Pal. 39 (178), s. 218, ryc. 19.125 a–c.

1983. Neogloboquadrina continua (Blow) – Kennett, Srinivasan, s. 192, ryc. 47.3–5.

**Dentoglobigerina altispira** (Cushman *et* Jervis). Ryc. 22.5 (Figs 22.5)

Globigerina altispira Cushman *et* Jervis, 1936. Contr. Cushman Lab. Foram. Res. 12 (1), s. 5, ryc. 1.13a–c.

1983. Dentoglobigerina altispira (Cushman *et* Jervis) – Kennett, Srinivasan, s. 188, ryc. 46.4–6.

**Globoquadrina dehiscens** (Chapman, Parr et Collins). Ryc. 22.6 (Figs 22.6)

*Globorotalia dehiscens* Chapman, Parr *et* Collins, 1934. Linn. Soc. London, Jour. Zool., 38 (262), s. 569, ryc. 11.36a–c.

1939. *Globigerina baroemoensis* – LeRoy, s. 263, ryc. 6.1–2.

1960. *Globoquadrina langhiana* – Cita *et* Gelati, s. 242–244, ryc.1, ryc. 1.1–20.

1975. *Globoquadrina dehiscens* Group – Stainforth *et al.* (appendix), s. 266–268, ryc. 13.1–6.

1983. *Globoquadrina dehiscens* (Chapman, Parr *et* Collins) – Kennett, Srinivasan, s. 184, ryc. 45.7–9.

**Globoquadrina venezuelana** (Hedberg).

*Globigerina venezuelana* Hedberg, 1937. Jour. of Paleont. 11 (8), s. 681, ryc. 92.7a–b.

1975. *Globigerina venezuelana* Hedberg – Stainforth *et al.* (appendix), s. 331, ryc.151.1–6.

1983. *Globoquadrina venezuelana* (Hedberg) – Kennett, Srinivasan, s. 180, ryc. 44.5–7.

1985. *Globigerina venezuelana* Hedberg – Bolli, Saunders, s. 180, ryc. 13.20.

**Velapertina indigena** (Łuczkowska). Ryc. 22.3–4 (Figs 22.3–4)

*Globigerinoides indigena* Łuczkowska 1953. Annales Soc. Géol Pologne 23. s. 126–127, ryc. 10.5–7.

1969. *Velapertina cingulata* – Popescu, s. 105, ryc. 1.1–3.

1969. *Velapertina iorgulescui* – Popescu, s. 105, ryc. 2.5–6.

1978. *Velapertina indigena* (Łuczkowska) – Papp, Rögl *et al.*, s. 276, ryc. 5.6–8; ryc. 6.1–12.

**Cassigerinella chipolensis** (Cushman et Ponton).

*Cassidulina chipolensis* Cushman *et* Ponton, 1932. Florida Geol. Surv. Bull. 9, s. 98, ryc.15.2a–c.

1957. *Cassigerinella chipolensis* (Cushman *et* Ponton) – Bolli, s. 108, ryc. 22.3.

**Globigerina bulloides** d'Orbigny s.l. Ryc. 23.1–6 (Figs 23.1–6)

*Globigerina bulloides* d'Orbigny, 1826. Ann. Sci. Nat. Ser. 1. s. 7.

1918. *Globigerina apertura* Cushman, s. 57, ryc.12.8a–c.

1959. *Globigerina praebulloides* Blow, s. 180, ryc. 8.47a–c; ryc. 9.48.

1959. *Globigerina falconensis* Blow, s. 177, ryc. 9.40a–c, 41.

1960. *Globigerina bulloides* d'Orbigny – Banner, Blow, s. 3, ryc. 1.1.

**Globigerina angustumbilicata** Bolli. Ryc. 24.5 (Fig. 24.5)

*Globigerina ciperensis angustumbilicata* Bolli, 1957. U.S. National Museum Bull. 15, s. 109, ryc. 22.12a–13c.

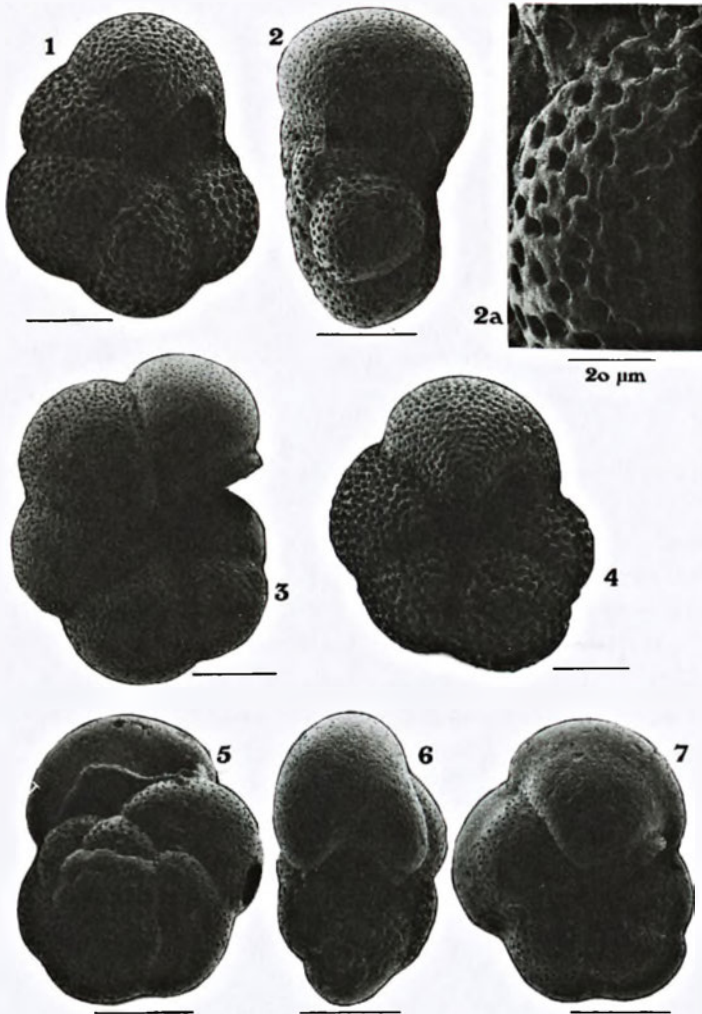
1983. *Globigerina angustumbilicata* Bolli – Kennett, Srinivasan, s. 31, ryc. 4.3–5.

**Globigerina concinna** Reuss. Ryc. 24.7–8 (Fig. 24.7–8)

*Globigerina concinna* Reuss, 1850. Denkschr. Akad. Wiss. Wien, math. – naturwiss. Cl.1. s. 373, ryc. 47.8a–b.

1978. *Globigerina concinna* Reuss – Papp, Rögl *et al.*, s. 270, ryc. 1.12–14.

1985. *Globigerina concinna* Reuss – Rögl, s. 321, ryc. 4.17–20.



Ryc. 20. Taksony otwornic planktonicznych badenianu\*. 1 - *Globorotalia mayeri*, strona umbilikalna, próbka\*\* GLI17 - 187,5 m; 2 - *Globorotalia mayeri*, strona boczna, próbka PŁAWN11 - 139,0 m; 2a - *Globorotalia mayeri*, mikrostruktura powierzchni, próbka PŁAWN11 - 139,0 m; 3 - *Globorotalia mayeri*, strona umbilikalna, próbka GLI17 - 194,5 m; 4 - *Globorotalia mayeri*, strona umbilikalna, próbka PILCH1 - 310,0 m; 5 - *Globorotalia praescitula*, strona zwojowa, próbka PILCH10 - 615,0 m; 6 - *Globorotalia praescitula*, strona boczna, próbka PILCH10 - 615,0 m; 7 - *Globorotalia praescitula*, strona umbilikalna, próbka SUMINA2 - 297,0 m.

\* oprócz 2a, miarka oznacza 100 µm

\*\* objaśnienia jak do ryc. 5

Fig. 20. Taxa of Badenian planktonic foraminifers\*. 1 *Globorotalia mayeri*, umbilical side, sample\*\* GLI17 - 187.5 m; 2 - *Globorotalia mayeri*, lateral side, sample PŁAWN11 - 139.0 m; 2a - *Globorotalia mayeri*, ultrastructure, sample PŁAWN11 - 139.0 m; 3 - *Globorotalia mayeri*, umbilical side, sample GLI17 - 194.5 m; 4 - *Globorotalia mayeri*, umbilical side, sample PILCH1 - 310.0 m; 5 - *Globorotalia praescitula*, spiral side, sample PILCH10 - 615.0 m; 6 - *Globorotalia praescitula*, lateral side, sample PILCH10 - 615.0 m; 7 - *Globorotalia praescitula*, umbilical side, sample SUMINA2 - 297.0 m.

\* scale bar is 100 µm (except for 2a)

\*\* explanation as in Fig. 5.



Ryc. 21. Taksony otwornic planktonicznych badenianu\*. 1 - *Globigerinella obesa*, strona umbilikalna, próbka\*\* GLI24 - 186,4 m; 2 - *Globigerinella obesa*, strona boczna, próbka GLI17 - 210,0 m; 3 - *Globigerinella obesa*, strona zwojowa, próbka ŻORY4 - 120,0 m; 3a - *Globigerinella obesa*, mikrostruktura powierzchni, próbka ŻORY4 - 120,0 m; 4 - *Globigerinoides quadrilobatus* s.l., próbka GLI21 - 190,7 m; 5 - *Globigerinoides quadrilobatus* s.l., próbka OSTRO8 - 251,5 m; 6 - *Globigerinoides quadrilobatus* s.l., próbka BIELSZ7 - 112,0 m; 7 - *Globigerinoides quadrilobatus* s.l., próbka SZCZ16D - 187,0 m; 8 - *Globigerinoides quadrilobatus* s.l., próbka ŻORY4 - 105,0 m.

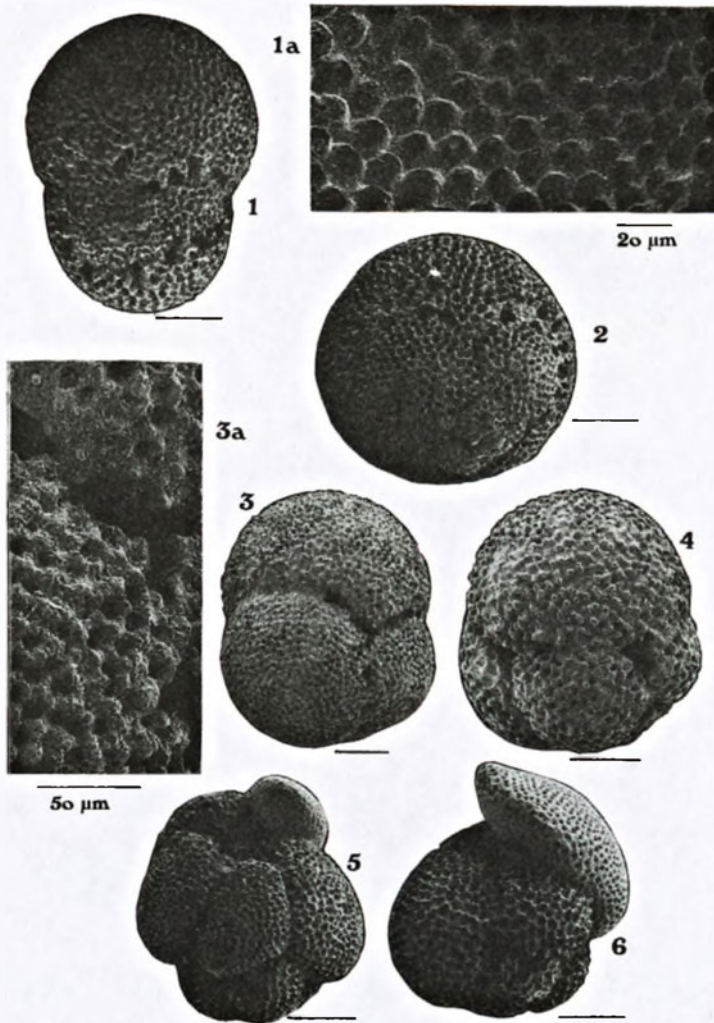
\* oprócz 3a, miarka oznacza 100 μm

\*\* objaśnienia jak na ryc. 5.

Fig. 21. Taxa of Badenian planktonic foraminifera\*. 1 - *Globigerinella obesa*, umbilical side, sample\*\* GLI24 - 186.4 m; 2 - *Globigerinella obesa*, lateral side, sample GLI17 - 210.0 m; 3 - *Globigerinella obesa*, spiral side, sample ŻORY4 - 120.0 m; 3a - *Globigerinella obesa*, ultrastructure, sample ŻORY4 - 120.0 m; 4 - *Globigerinoides quadrilobatus* s.l., sample GLI21 - 190.7 m; 5 - *Globigerinoides quadrilobatus* s.l., sample OSTRO8 - 251.5 m; 6 - *Globigerinoides quadrilobatus* s.l., sample BIELSZ7 - 112.0 m; 7 - *Globigerinoides quadrilobatus* s.l., sample SZCZ16D - 187.0 m; 8 - *Globigerinoides quadrilobatus* s.l., sample ŻORY4 - 105.0 m.

\* scale bar is 100 μm (except for 3a)

\*\* explanation as in Fig. 5.



Ryc. 22. Taksony otwornic planktonicznych badenianu\*. 1 – *Orbulina suturalis*, próbka\*\* GLI19 – 241,0 m; 1a – *Orbulina suturalis*, mikrostruktura powierzchni, próbka GLI19 – 241,0 m; 2 – *Orbulina suturalis*, próbka GLI19 – 190,0 m; 3 – *Velapertina indigena*, próbka GLI19 – 70,0 m; 3a – *Velapertina indigena*, mikrostruktura powierzchni, próbka GLI19 – 70,0 m; 4 – *Velapertina indigena*, próbka PILCH10 – 304,0 m; 5 – *Dentoglobigerina altispira*, strona boczna, próbka GLI24 – 186,4 m; 6 – *Globoquadrina dehiscens*, strona boczna, próbka GLI24 – 178,0 m.

\* oprócz 1a i 3a, miarka oznacza 100 µm

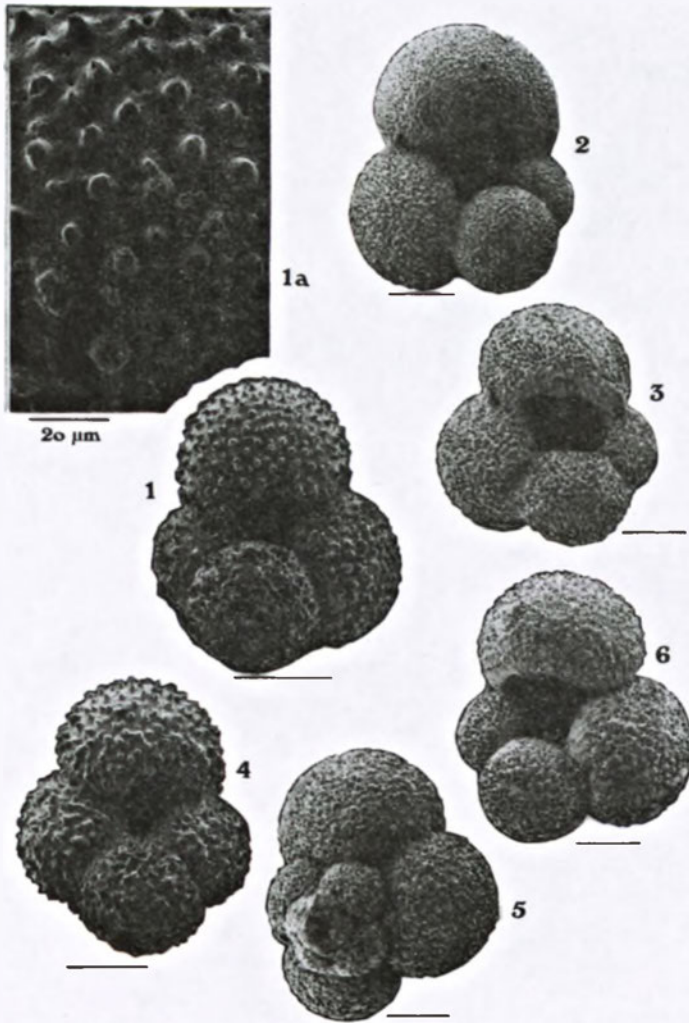
\*\* objaśnienia jak do ryc. 5.

Fig. 22. Taxa of Badenian planktonic foraminifers\*. 1 – *Orbulina suturalis*, sample\*\* GLI19 – 241.0 m; 1a *Orbulina suturalis*, ultrastructure, sample GLI19 – 241.0 m; 2 – *Orbulina suturalis*, sample GLI19 – 190.0 m; 3 *Velapertina indigena*, sample GLI19 – 70.0 m; 3a – *Velapertina indigena*, ultrastructure, sample GLI19 – 70.0 m; 4 – *Velapertina indigena*, sample PILCH10 – 304.0 m; 5 – *Dentoglobigerina altispira*, lateral side, sample GLI24 – 186.4 m; 6 – *Globoquadrina dehiscens*, lateral side, sample GLI24 – 178.0 m.

\* scale bar is 100 µm (except for 1a and 3a)

\*\* explanation as in Fig. 5.





Ryc. 23. Taksony otwornic planktonicznych badenianu\*. 1 - *Globigerina bulloides*, strona umbilikalna, próbka\*\* ŻORY4 - 65,0 m; 1a - *Globigerina bulloides*, mikrostruktura powierzchni, próbka ŻORY4 - 65,0 m; 2 - *Globigerina bulloides*, strona umbilikalna, próbka SUMINA2 - 242,0 m; 3 - *Globigerina bulloides*, strona umbilikalna, próbka WILCZA1 - 36,0 m; 4 - *Globigerina bulloides*, strona umbilikalna, próbka PILCH10 - 201,0 m; 5 - *Globigerina bulloides*, strona zwojowa, próbka BIELSZ7 - 86,8 m; 6 - *Globigerina bulloides*, strona umbilikalna, próbka KOZŁ2 - 60,0 m.

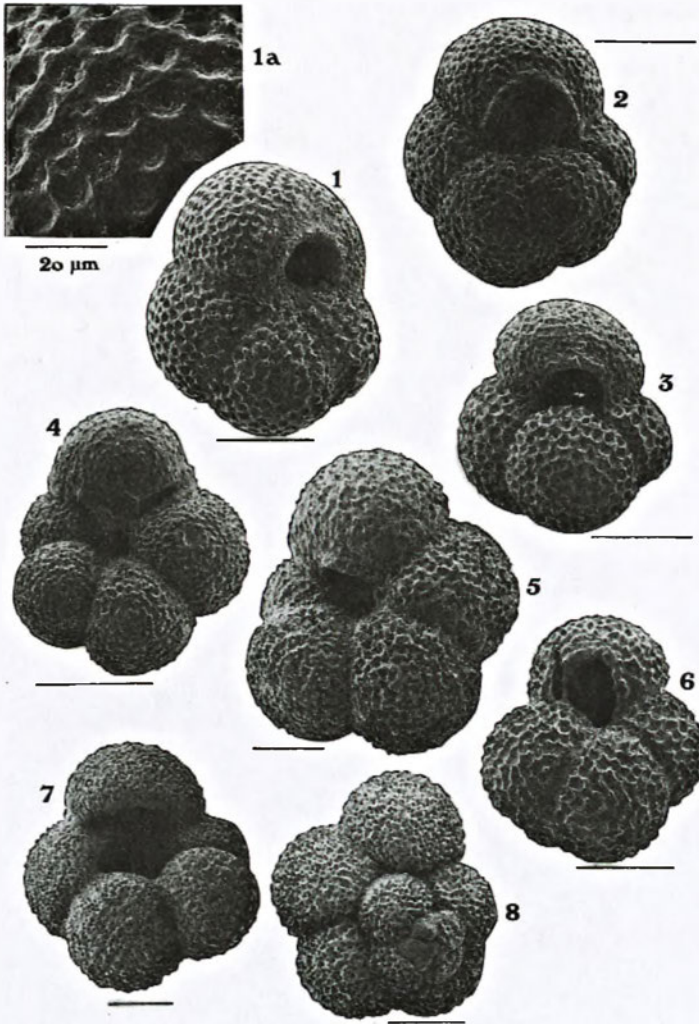
\* oprócz 1a, miarka oznacza 100 µm

\*\* objaśnienia jak do ryc. 5.

Fig. 23. Taxa of Badenian planktonic foraminifers\*. 1 - *Globigerina bulloides*, umbilical side, sample\*\* ŻORY4 - 65.0 m; 1a - *Globigerina bulloides*, ultrastructure, sample ŻORY4 - 65.0 m; 2 - *Globigerina bulloides*, umbilical side, sample SUMINA2 - 242.0 m; 3 - *Globigerina bulloides*, umbilical side, sample WILCZA1 - 36.0 m; 4 - *Globigerina bulloides*, umbilical side, sample PILCH10 - 201.0 m; 5 - *Globigerina bulloides*, spiral side, sample BIELSZ7 - 86.8 m; 6 - *Globigerina bulloides*, umbilical side, sample KOZŁ2 - 60.0 m.

\* scale bar is 100 µm (except for 1a)

\*\* explanation as in Fig. 5.



Ryc. 24. Taksony otwornic planktonicznych badenianu\*. 1 - *Globigerina druryi*, strona umbilikalna, próbka\*\* GLI19 - 210,0 m; 1a - *Globigerina druryi*, mikrostruktura powierzchni, próbka GLI19 - 210,0 m; 2 - *Globigerina druryi*, strona umbilikalna, próbka GLI21 - 233,5 m; 3 - *Globigerina druryi*, strona umbilikalna, próbka GLI19 - 210,0 m; 4 - *Turborotalita quinqueloba*, strona umbilikalna, próbka OSTRO8 - 201,0 m; 5 - *Globigerina angustiumbilitata*, strona umbilikalna, próbka GLI21 - 257,5 m; 6 - *Globigerina woodi*, strona umbilikalna, próbka GLI19 - 179,5 m; 7 - *Globigerina concinna*, strona umbilikalna, próbka GLI24 - 210,0 m; 8 - *Globigerina concinna*, strona zwojowa, próbka GLI24 - 210,0 m.

\* oprócz 1a, miarka oznacza 100  $\mu\text{m}$

\*\* objaśnienia jak do ryc. 5.

Fig. 24. Taxa of Badenian planktonic foraminifers\*. 1 - *Globigerina druryi*, umbilical side, sample\*\* GLI19 - 210.0 m; 1a *Globigerina druryi*, ultrastructure, sample GLI19 - 210.0 m; 2 - *Globigerina druryi*, umbilical side, sample GLI21 - 233.5 m; 3 - *Globigerina druryi*, umbilical side, sample GLI19 - 210.0 m; 4 - *Turborotalia quinqueloba*, umbilical side, sample OSTRO8 - 201.0 m; 5 - *Globigerina angustiumbilitata*, umbilical side, sample GLI21 - 257.5 m; 6 - *Globigerina woodi*, umbilical side, sample GLI19 - 179.5 m; 7 - *Globigerina concinna*, umbilical side, sample GLI24 - 210.0 m; 8 - *Globigerina concinna*, spiral side, sample GLI24 - 210.0 m.

\* scale bar is 100  $\mu\text{m}$  (except for 1a)

\*\* explanation as in Fig. 5.

**Globigerina decoraperta** Takayanagi et Saito.

*Globigerina druryi* Akers *decoraperta* Takayanagi et Saito 1962. Sci. Rep. Tohoku Univ. 2nd ser. (Geol.), Spec. vol. 5, s. 85, ryc. 28.10a–c.

1983. *Globigerina* (*Zeoglobigerina*) *decoraperta* Takayanagi et Saito – Kennett, Srinivasan, s. 48, ryc. 9.4–6.

**Globigerina diplostoma** Reuss.

*Globigerina diplostoma* Reuss, 1850. Denkschr. Akad. Wiss. Wien, math. – naturwiss. Cl.1. s. 373, ryc. 47.9a–b, 10; ryc. 48.1.

1978. *Globigerina diplostoma* Reus – Papp, Rögl et al., s. 269, ryc. 1.9–11.

1985. *Globigerina diplostoma* Reuss – Rögl, s. 321, ryc. 4.3–8.

**Globigerina druryi** Akers. Ryc. 24.1–3 (Figs 24.1–3)

*Globigerina druryi* Akers, 1955. Jour. of Paleont. 29 (4), s. 654, ryc. 65.1a–c.

1983. *Globigerina* (*Zeoglobigerina*) *druryi* Akers – Kennett, Srinivasan, s. 46, ryc. 8.7–9.

1985. *Globigerina druryi* Akers – Iaccarino, s.303, ryc. 5.1a–c.

**Globigerina woodi** Jenkins. Ryc. 24.6 (Fig. 24.6)

*Globigerina woodi* Jenkins, 1960. Micropaleontology 6 (4), s. 352, ryc. 2.2a–c.

1983. *Globigerina* (*Zeoglobigerina*) *woodi* Jenkins – Kennett, Srinivasan, s. 43, ryc. 7.4–6.

1985. *Globigerina woodi woodi* Jenkins – Jenkins, s. 275, ryc. 6.21.

**Globigerinita uvula** (Ehrenberg).

*Pylodexia uvula* Ehrenberg, 1861. k. Preuss. Akad. Wiss. Berlin, Monatsber., Berlin. s. 206–207, 308.

1983. *Globigerinita uvula* (Ehrenberg) – Kennett, Srinivasan, s. 224, ryc. 56.6–8.

1991. *Globigerinita uvula* (Ehrenberg) – Kroon, s. 57, ryc. 7.9–10.

**Globigerinella obesa** (Bolli). Ryc. 21.1–3 (Figs 21.1–3)

*Globorotalia obesa* Bolli, 1957. U.S. National Museum Bull., no. 215, s. 119, ryc. 29.2a–3

1964. *Globigerina obesa* (Bolli) – Parker, s. 629, ryc. 101.11a–b.

1983. *Globigerinella obesa* (Bolli) – Kennett, Srinivasan, s. 234, ryc. 59.2–5.

**Globigerinella praesiphonifera** (Blow).

*Hastigerina siphonifera praesiphonifera* Blow, 1969. Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils, v.1. s. 408, ryc. 54.7–9.

1983. *Globigerinella praesiphonifera* (Blow) – Kennett, Srinivasan, s. 238, ryc. 60.1–3.

**Globigerinoides quadrilobatus** (d'Orbigny) s.l. Ryc. 21.4–8 (Figs 21.4–8)

*Globigerina quadrilobata* d'Orbigny, 1846. Foraminifere fossiles du bassin Tertiaire de Vienne (Autriche). Guide et Comp. Paris, France. p. 164, ryc. 9, ryc. 7–10.

1850. *Globigerina triloba* Reuss, v.1. s. 374, ryc. 47.11a–c.

1884. *Globigerina sacculifera* Brady, s. 604, ryc. 80.11–17; ryc. 81.2; ryc. 82. 4.

1939. *Globigerinoides sacculiferus* (Brady) var. *immaturus* – LeRoy, s. 263, ryc. 3.19–21.

**Turborotalita quinqueloba** (Natland). Ryc. 24.4 (Fig. 24.4)

*Globigerina quinqueloba* Natland, 1938. California Univ. Inst. Oceanogr. Bull. Tech. Ser. 4 (5), s. 149, ryc. 6.7a–c.

1950. *Globigerina tarchanensis* – Subbotina *et* Chutzieva w Bogdanowicz, s. 173, ryc. 5a–b

1978. *Globigerina tarchanensis* Subbotina *et* Chutzieva – Papp, Rögl *et al.*, s. 272–273, ryc. 3.11–14; ryc. 8.1–6, ryc. 8.16–27.

1983. *Globigerina quinqueloba* Natland – Kennett, Srinivasan, s. 32, ryc. 5.4–6.

1985. *Globigerina quinqueloba* Natland – Jenkins, s. 275, ryc. 7.2; ryc. 5.

**Orbulina bilobata** (d'Orbigny).

*Globigerina bilobata* d'Orbigny, 1846. Foraminifere fossiles du bassin Tertiaire de Vienne (Autriche). Guide et Comp. Paris, France. s. 164, ryc. 9.11–14.

1983. *Orbulina bilobata* (d'Orbigny) – Kennett, Srinivasan, s. 88, ryc. 18.1; ryc. 20.7–9.

**Orbulina suturalis** Bronnimann. Ryc. 22.1–2 (Figs 22.1–2)

*Orbulina suturalis* Bronnimann 1951. Contr. Cushman Lab. Foram. Res. 2 (4), s. 135, ryc. 2.1–15; ryc. 3.3–8, 3.11, 3.13–16, 3.18, 3.20–22; ryc. 4.2–4, 4.7–12, 4.15–16, 4.19–22.

1973. *Velapertina luzzkowskiae* – Popescu, (w: Popescu, Cioflica) s. 197, ryc. 8.75–77.

1975. *Velapertina luzzkowskiae* – Popescu, s. 95, ryc. 33a–c.

1987. *Velapertina sphaerica* – Popescu, s. 161, ryc. 5.11–12.

**Praeorbulina glomerosa circularis** (Blow).

*Globigerinoides glomerosa circularis* Blow, 1956. Micropaleontology 2 (1), s. 65, ryc. 2.3–4.

1983. *Praeorbulina glomerosa circularis* (Blow) – Kennett, Srinivasan, s. 84, ryc. 19.1–5.

**3.2. Kategorie faunistyczne jako wskaźniki środowiska pelagialu**

Otwornice podrzędu *Globigerinina* (załącznik 3) są organizmami biernie unoszonymi w toni oceanicznej. Ponadto nie posiadają one mechanizmu aktywnej zmiany ciśnienia osmotycznego (poikiloosmozy), dlatego dla ich biologii, chemizm środowiska jest czynnikiem nadrzędnym – zasiedlają wyłącznie pełnosłone obszary morza (34,0–35,5‰). Ich osobniki przemieszczane są wraz z masami wody aż do granic swojej niszy siedliskowej, poza którą giną. Siedlisko w tym przypadku rozumiane jest jako zespół warunków fizyko-chemicznych, występujących w pewnym obszarze masy wody. Dla tej grupy planktonu warunki te są ograniczone do bardzo wąskiego przedziału (Hemleben *et al.* 1989). Spośród omówionych w części pierwszej czynników ekologicznych, które wpływają na rozmieszczenie Foraminiferida, dla *Globigerinina* kluczową rolę odgrywa temperatura i zasolenie wody. Czynniki te decydują o stanie ich populacji – zarówno strukturze taksonomicznej jak i dynamice (Hecht 1976a; Bé, Hutson 1977). Chociaż jako grupa, zaadaptowały się one ewolucyjnie do szerokiego

zakresu temperatur (od 4,8°C do 28,3°), to jednak poszczególne gatunki zajmują wąskie jego przedziały (Parker 1971; Bé 1977).

Nie mając własnych lokomocyjnych możliwości poszukiwania innych, dogodnych dla siebie warunków, otwornice planktoniczne są – w bardzo dosłownym tego słowa znaczeniu – skazane na wyżej wymienione, fizyko-chemiczne warunki środowiska. Stąd wykazują one bardzo ścisły związek adaptacyjny z siedliskiem o określonych fizyko-chemicznych parametrach, do których dane gatunki są przystosowane. Otwornice planktoniczne odzwierciedlają takie cechy środowiska morskiego, jak na przykład rozkład temperatur w wierzchniej warstwie oceanu światowego, cyrkulacja mas wodnych, występowanie stref prądów wznoszących (Bé, Tolderlund 1971).

Strategia życia planktonu otwornicowego polega na posiadaniu odpowiedniej pławności w siedlisku epipelagicznym. Jest ona uzyskiwana głównie poprzez formę skorupy węglanowej, a tylko w niewielkim zakresie przez doraźną reakcję osobnika (regulowanie pławności przez odpowiedni kształt protoplazmy oraz wytwarzanie m.in. inkluzji gazowych i grudek tłuszczu wewnątrz protoplazmy). Ponieważ ciężar gatunkowy materiału skorupki ( $\text{CaCO}_3$ ), jak również protoplazmy, jest większy niż wody morskiej, osobniki Globigerinina utrzymują się w niszy siedliskowej głównie przez odpowiednią ilość materiału do budowy skorupki oraz taki jej kształt, który zwiększa tarcie.

Rozmieszczenie planktonu otwornicowego w epipelagialu można rozpatrywać w aspekcie jakościowego składu zespołu (poziomego i pionowego rozmieszczenia taksonów w toni wodnej), jak również ilości osobników w jednostce objętości medium. Taksonomiczne rozmieszczenie współczesnych otwornic planktonicznych w oceanie światowym wykazuje ścisły związek (korelację) z prowincjami hydrograficznymi, co jest warunkowane silnym uzależnieniem gatunków tego planktonu od temperatury epipelagialu (Bé 1977). Rozmieszczenie to ma rozkład bipolarny, tzn. występuje w postaci symetrycznych, równoleżnikowych obszarów położonych na północ i południe od strefy równikowej. W strefie tej występują na Ziemi dwa obszary wód zimnych (od biegunów do około 50° szerokości geograficznych), region wód ciepłych (od 40° φ N do 35° φ S) oraz wąskie strefy przejściowe na półkuli południowej i północnej, oddzielające te dwa rodzaje wód. W rozmieszczeniu Globigerinina, podobnie jak wielu innych organizmów, panuje zasada, że taksonomiczne zróżnicowanie biocenozy zmniejsza się wraz ze wzrostem szerokości geograficznej (Stehli *et al.* 1969; Gibson, Buzas 1973; Stevens 1989; Ottens, Nederbragt 1992). Zróżnicowanie gatunkowe w wodach ciepłych (to znaczy takich, których temperatura nie spada poniżej 18°C, a w strefie równikowej dochodzi do 30°C) jest wielokrotnie większe niż w wodach zimnych (to znaczy takich, których temperatura nie przekracza 10°C i spada do 0°C w strefach okołobiegunowych). Wielkość tego zróżnicowania szacowana jest jako 23–40 gatunków dla wód ciepłych oraz 3–4 gatunki dla wód zimnych (Boltovskoy, Wright 1976; Bé 1977; Hemleben *et al.* 1989). Różnice w tej ocenie uzależnione są od przyjmowanych kryteriów taksonomicznych, czyli sposobu rozumienia gatunku jako jednostki taksonomicznej w tej grupie Protozoa (Holzmann 2000), oraz ich wewnątrzgatunkowej zmienności

(Kennett 1968, 1970, 1976; Kahn 1981). W pewnych rejonach skład taksonomiczny otwornic planktonicznych bywa odmienny od typowego dla danej strefy klimatycznej. Spowodowane jest to regionalnymi (lub lokalnymi) uwarunkowaniami; przykładowo, w obrębie silnie zasolonych wód Morza Czerwonego w strefie klimatu ciepłego występują tylko 4 gatunki planktonu otwornicowego (Kroon 1991).

W obrębie epipelagialu ma miejsce głębokościowe rozwarstwienie fauny otwornic planktonicznych oraz pionowa migracja osobników poszczególnych populacji (warunkowana zmianami temperatury i stadiami rozwoju ontogenetycznego). Wyróżnia się tutaj trzy strefy głębokościowe, zasiedlone przez odmienne gatunki Globigerinina (Berger 1969, Bé 1977); prawdopodobną przyczyną tego zjawiska jest zróżnicowana preferencja pokarmowa. Każda z tych grup odznacza się charakterystyczną budową skorupki przystosowanych do pławności w odmiennych gęstościowo wodach. W ciepłej strefie klimatycznej, gdzie wody przypowierzchniowe zasiedlone są przez gatunki w znacznym stopniu związane z fitoplanktonem (zarówno symbioza jak i żerowanie), Globigerinina wykształciły cienkie, często nawet przezroczyste skorupki, ich powierzchnia jest grubo perforowana i zaopatrzona w dodatkowe ujścia. Otwornice te mają sferyczny kształt komór i kolcowate wyrostki. Gatunki zajmujące najgłębszą część epipelagialu tej strefy mają skorupki trochoidalnie zwinięte, ich powierzchnia jest gładka, pokryta niekiedy dodatkową warstwą kalcytu, i posiada bardzo ubogą perforację (otwory są drobne i nieliczne). Oceaniczne wody chłodnej strefy klimatycznej mają słabo rozwiniętą termoklinę i mimo pewnej, nieznacznej stratyfikacji taksonomicznej w przestrzeni epipelagialu, morfologiczne zróżnicowanie Globigerinina jest tutaj niewielkie; wystarczy porównać morfologię taksonów zasiedlających te obszary (Bé 1977; Reynolds, Thunell 1985) z sezonowymi różnicami budowy skorupy w obrębie jednego z nich (Reynolds, Thunell 1986).

Liczba osobników Globigerinina w jednostce objętości wody morskiej jest bardzo zróżnicowana; strefy zimne charakteryzują się większą liczbą osobników przy małym zróżnicowaniu taksonomicznym, podczas gdy wody gorące mają niewiele osobników otwornic lecz ich zróżnicowanie taksonomiczne jest znaczne. W obrębie obydwu tych stref gęstość rozmieszczenia osobników otwornic planktonicznych jest nierównomierna i odznacza się dużymi kontrastami (ang. patchiness), uwarunkowanymi żyznością wód i porą roku. Jednak ten aspekt rozmieszczenia Globigerinina w oceanach nie jest jednoznacznie czytelny w zapisie paleontologicznym (z powodu m.in. tempa sedymentacji), dlatego w dalszej części tego opracowania nie będzie rozważany.

Zamieszczone powyżej informacje o ekologii współczesnych otwornic planktonicznych posłużą do interpretacji kopalnych zespołów tych organizmów w analizowanych osadach badenianu. Użyty zostanie wyłącznie morfologiczno-taksonomiczny aspekt zróżnicowania planktonu otwornicowego we współczesnym oceanie, gdyż w zapisie kopalnym czytelny jest tylko ten filogenetyczny składnik przystosowania się omawianej grupy organizmów do różnorodnych siedlisk epipelagialu. Odczytanie tego zapisu, czyli interpretacja paleośrodowiska na podstawie kształtu i konstrukcji skorupy oraz taksonomicznego składu zespołu otwornic planktonicznych jest zasadna, ponieważ, jak omówiono powyżej, fizyko-chemiczne zróżnicowanie współczesnego środowiska

morskiego znajduje odzwierciedlenie w taksonomicznej różnorodności zespołów otwornic zasiedlających toń oceaniczną.

Jako metoda interpretacji paleoekologicznej zastosowana została koncepcja kategorii faunistycznej, czyli taksonu, lub taksonów indykatywnych dla pewnych warunków (cech) środowiska. Posłużono się przy tym danymi o wymaganiach środowiskowych współczesnych otwornic planktonicznych oraz założeniem, że gatunki tej grupy są do pewnego stopnia konserwatywne pod względem wymagań siedliskowych. Postępowanie zmierzające do wyodrębnienia kategorii faunistycznych uzależnione zostało od stratygraficznego zasięgu taksonów. W tym zakresie, występują trzy rodzaje zależności pomiędzy kopalną a współczesną fauną: takson kopalny jest nadal reprezentowany jako gatunek we współczesnej faunie, jest on przodkiem któregoś ze współczesnych gatunków (zależność filogenetyczna), bądź jest taksonem wyłącznie kopalnym.

Dwa spośród miocenijskich gatunków są reprezentowane we współczesnej faunie otwornic planktonicznych: *Globigerina bulloides* i *Turborotalita quinqueloba*. Przyjęto, że w przeszłości geologicznej miały one wymagania ekologiczne analogiczne jak obecnie.

Pewna ilość miocenijskich taksonów uznawana jest za ogniwa linii filogenetycznych reprezentowanych we współczesnej faunie planktonu otwornicowego (Kennett, Srinivasan 1983). Wychodząc z założenia, że w tego rodzaju liniach rozwojowych utrzymują się zarówno ekologiczne wymagania jak i wynikająca z nich ultrastruktura budowy skorupki (Cifelli 1969; Lewis Steineck, Fleisher 1978), dla form wyjściowych przyjęto wymagania ekologiczne takie, jakie mają współcześni ich przedstawiciele. Do tego typu taksonów, występujących w badanych zespołach skamieniałości środkowego miocenu, zalicza się: *Globigerinoides quadrilobatus* s.l. (taksony należą do poli-filetycznych linii, reprezentowanych współcześnie m.in. przez *G. sacculifer*, *G. conglobata* oraz *G. ruber*), *Globorotalia praescitula* (dała początek wielu liniom filogenetycznym i reprezentowana jest współcześnie między innymi przez takie gatunki, jak: *G. scitula*, *G. inflata*), *Globigerinella obesa* (przodek współczesnej *G. aequilateralis*) oraz *Orbulina suturalis* (forma wyjściowa dla współczesnej *Orbulina universa*).

Do taksonów wymarłych, nie reprezentowanych we współczesnej faunie planktonicznej, należą m.in. miocenijskie *Globorotalia* z podrodzaju *Jenkinsella*, (*G. mayeri*, *G. acrostoma*) oraz *Globoquadrina* s.l. (*Globoquadrina* spp., *Dentoglobigerina altispira*). W osadach kopalnych taksony te są odnajdywane jako komponenty zespołów ciepłolubnych (Sancetta 1978; Srinivasan, Kennett 1981; Thunell, Belyea 1982; Kennett *et al.* 1985; Wright, Thunell 1988). Interpretację głębokości siedlisk zajmowanych przez osobniki rodzaju *Globoquadrina* oraz *Globorotalia mayeri* przeprowadzono za pomocą analizy porównawczej cech strukturalnych skorupki (obecność kolców, rozmieszczenie i kształt otworów oraz rzeźba powierzchni i obecność dodatkowych ujść). U wszystkich trzech występujących w badaniu taksonów globokwadrin, rzeźba na powierzchni komór podobna jest do „plastra miodu” (poligonalna), skorupka nie posiada kolców i ma duże, gęsto rozmieszczone pory, czym przypomina morfologię skorupki współczesnej *Neogloboquadrina dutertrei* – taksonu ciepłolubnego, zasiedlającego głębszą strefę

epipelagialu. *Globorotalia mayeri* ma powierzchnię skorupki podobną do *Globoquadrina*, gruboziarnistą, z poligonalną rzeźbą i dużymi porami, również pozbawioną kolców. U obu wymienionych grup występuje zatem taki rodzaj powierzchni, który jest bardzo zbliżony do wielu współczesnych taksonów zamieszkujących głębsze strefy epipelagialu w ciepłej strefie klimatycznej. Aczkolwiek wstępne badania izotopowe skorup miocenijskich *Globoquadrina* spp. i *Dentoglobigerina altispira* sugerują, że być może poszczególne gatunki tych taksonów zajmowały siedliska o różnej głębokości (Keller 1985), w tym opracowaniu za najbardziej zasadne uznano przyjęcie, że ta grupa planktonu występowała w wodach głębszych epipelagialu (poniżej strefy zasiedlonej przez *Globigerinoides*).

W wyniku zastosowania tych trzech omówionych wyżej metod, spośród 25 jednostek taksonomicznych rangi gatunkowej zidentyfikowanych w osadach badenianu wyodrębniono dziewięć grup taksonów (tabela 1, tabela 2–15), które uznano za składniki faunistyczne indykatywne dla środowiska. Pogrupowano je następnie w kategorie faunistyczne (tabela 16). Przyjęty tutaj podział dotyczy dwu parametrów środowiska: temperatury i zajmowanej głębokości toni wodnej. Analizując zasięg współczesnych gatunków Globigerinina można dostrzec, że omówione wcześniej strefy temperaturowe powierzchniowych wód oceanicznych – ciepła i zimna – nie mają gatunków wspólnych. Obszarem, na którym występują zarówno gatunki wód zimnych jak i większość gatunków wód ciepłych, jest wspomniana wcześniej strefa przejściowa w termicznym gradiencie powierzchniowych wód oceanu. Odpowiada ona strefie klimatu umiarkowanego. Ta przejściowa strefa toni oceanicznej nie posiada żadnego wyłącznie jej właściwego gatunku Globigerinina. W strefie tej nakładają się granice zasięgu zarówno form ciepłolubnych jak i zimnolubnych, tak więc sezonowo rozwijają się tutaj populacje otwornic wód ciepłych i zimnych, a co za tym idzie, w zespołach kopalnych tej strefy występują one łącznie (Bé 1960). To, jak się wydaje, ważne spostrzeżenie zastosowano w tym opracowaniu – w planktonie otwornicowym badanych osadów nie wyodrębniono więc gatunków charakterystycznych dla wód o umiarkowanych temperaturach (tabela 16), co jest niekiedy czynione w interpretacjach paleoekologicznych tej grupy organizmów (np. Spezzaferri 1991, 1992).

Zarówno współcześnie, jak i w odniesieniu do przeszłości geologicznej stwierdzony został związek morfologicznego różnicowania Globigerinina z (paleo)biogeografią (Parker *et al.* 1999). W nawiązaniu do tego, co powyżej zostało powiedziane o współczesnym rozmieszczeniu Globigerinina (brak taksonów swoistych dla wód o umiarkowanych temperaturach), zastosowano tutaj podział na gatunki ciepło- i zimnolubne (tabela 16). W odniesieniu do badanego zespołu ciepłolubnego wydzielono formy powierzchniowe, które odznaczają się dodatkowymi ujściami na szwach międzykomorowych (analogicznie do współczesnych *Globigerinoides*) oraz taksony zajmujące głębsze części epipelagialu. Spośród występujących w badanych osadach taksonów, jedynie *Globorotalia prascitula* wykazuje cechy budowy i strukturę ścianki zbliżoną do taksonów obecnie zajmujących najgłębszą część epipelagialu (m.in. *Globorotalia scitula*, *G. inflata*). W związku z tym przyjęto, że *G. praescitula* występuje

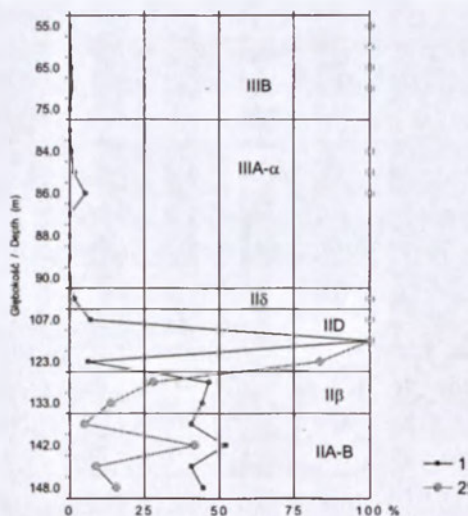


w badanym materiale jako takson zajmujący najniższą część epipelagialu w strefie wód ciepłych. Udziały procentowe dziewięciu wskaźnikowych taksonów (tabela 1) posłużyły jako dane wyjściowe do interpretacji paleośrodowiska badanego obszaru Paratetydy. Poza procedurą analizy ilościowej pozostawiono osobniki tych gatunków, które w badanym materiale były reprezentowane śladowo; w tabeli 1 są to taksony bez cyfrowego indeksu.

### 3.3. Pionowa zmienność planktonu otworniczowego w profilach

#### PLAWNIOWICE1 (ryc. 25-1, tabela 2)

W obrębie biozony IIA-B oraz II $\beta$  stan fauny planktonu otworniczowego wykazuje duże podobieństwo. Udział form planktonicznych wynosi tutaj 40,0–52,0%, a liczba taksonów jest znaczna, bo spośród całkowitej liczby dziewięciu, które były przedmiotem analizy ilościowej, obecnych jest w tej części profilu 5–8 taksonów. Najliczniejsze w składzie zespołu są osobniki *Globigerinoides quadrilobatus* (do 67,0%), przy czym najwięcej ich występuje w II $\beta$ . Drugi, licznie tutaj reprezentowany takson to *Globorotalia mayeri*, przy czym, przeciwnie niż *G. quadrilobatus*, dominuje ona w obrębie biozony IIA-B. *Globigerina bulloides* jest tutaj trzecim pod względem liczebności taksonem. Jest on obecny we wszystkich próbkach tego interwału, chociaż liczba jego osobników podlega dużym wahaniom (od 4,8% do 41,5%). Stale obecnymi składnikami biozony IIA-B i II $\beta$  są *Orbulina suturalis* oraz *Globigerinella obesa*. Osobniki *Globorotalia praescitula* występują w większości próbek, jednak ich



Ryc. 25-1. Pionowa zmienność fauny planktonicznych otwornic w profilu PLAWNIOWICE1. 1 – udział procentowy planktonu w zespole otwornic, 2 – udział procentowy taksonów zimnolubnych (*Globigerina bulloides*, *Turborotalita quinqueloba*).

Fig. 25-1. Down-core variation in planktonic foraminiferal fauna of the PLAWNIOWICE1 section. 1 – percentage of planktonic foraminifera, 2 – percentage of cool-water taxa (*Globigerina bulloides*, *Turborotalita quinqueloba*).

Tabela 2. Udział procentowy taksonów otwornic planktonicznych w profilu PŁAWNIOWICE1. Indeks cyfrowy taksonu jak w tabeli 1.

Table 2. Percentage of planktonic foraminiferal taxa in the section PŁAWNIOWICE1. Taxa index as in Table 1.

| Głębokość<br>Depth | G. praescitula | G. mayeri | Dentoglobigerina<br>Globoquadrina | V. indigena | G. bulloides | G. obesa | G. quadrilobatus | T. quinqueloba | Orbulina | Liczba osobników<br>Number of specimens | Zespół otwornicowy<br>Foraminiferal assemblage |
|--------------------|----------------|-----------|-----------------------------------|-------------|--------------|----------|------------------|----------------|----------|---|--|
|                    | 1              | 2         | 3                                 | 4           | 5            | 6        | 7                | 8              | 9        |   |  |
| 55,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 1                                       | IIIB   |
| 60,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 1                                       |  |
| 65,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 2                                       |  |
| 70,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 3                                       |  |
| 84,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 1                                       | IIIA-α   |
| 85,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 4                                       |  |
| 86,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 17                                      |  |
| 106,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 6                                       | IIδ  |
| 107,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 22                                      | IID  |
| 115,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 136                                     |  |
| 123,0              | 16,7           |           |                                   |             | 83,3         |          |                  |                |          | 6                                       |  |
| 130,0              | 11,4           | 0,3       | 2,9                               |             | 27,7         | 5,2      | 46,3             |                | 6,2      | 307                                     | IIβ  |
| 133,0              | 2,3            | 1,9       | 2,3                               |             | 13,4         | 5,6      | 67,1             |                | 7,4      | 216                                     |  |
| 139,0              |                | 71,4      |                                   |             | 4,8          | 4,8      | 14,3             |                | 4,8      | 105                                     | IIA-B  |
| 142,0              | 0,7            | 22,8      |                                   |             | 41,5         | 0,9      | 12,6             |                | 21,5     | 451                                     |  |
| 146,0              | 6,5            | 30,2      | 8,4                               |             | 7,9          | 4,2      | 38,6             | 0,5            | 3,7      | 215                                     |  |
| 148,0              | 20,5           | 23,2      | 0,4                               |             | 15,2         | 2,2      | 36,6             |                | 1,8      | 224                                     |  |

liczba podlega bardzo dużym wahanom; najliczniej reprezentowany jest ten takson w spągowej części biozony IIA-B oraz w najwyższej części IIβ. Osobniki *Globoquadrina* s.l. są nieliczne i nie w każdej próbce obecne; przeważają wśród nich *Dentoglobigerina altispira*. Śladowo występuje tutaj *Turborotalita quinqueloba*.

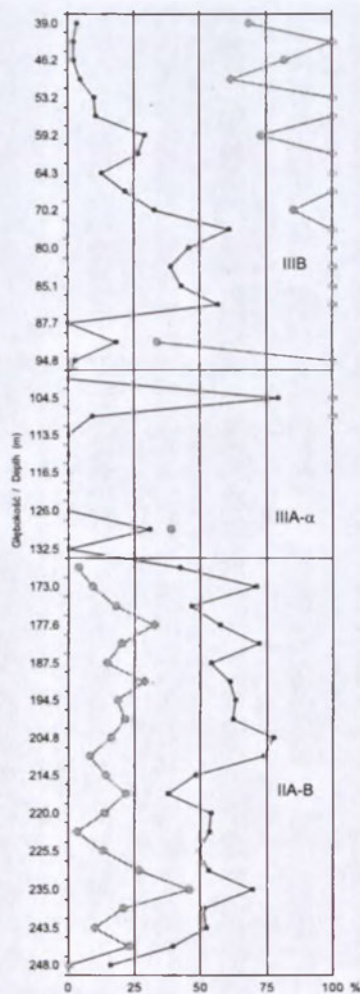
W obrębie biozony IID i IIδ, udział procentowy otwornic planktonicznych jest na ogół niewielki (1,0–7,0%); wyjątek stanowi jedna próbka (115,0 m), w której obecna jest wyłącznie ta grupa otwornic. Liczba taksonów w obrębie tych dwu biozon jest skrajnie niska – przeważnie są to wyłącznie osobniki *Globigerina bulloides*, a tylko w jednej próbce występuje również *Globorotalia praescitula*.

Liczne próbki w obrębie biozon IIIA-α oraz IIIB zawierają wyłącznie bentoniczne

formy otwornic. W próbkach, gdzie otwornice planktoniczne są obecne, stanowią one przeważnie mniej niż 1,0% zespołu i są to osobniki *Globigerina bulloides*.

### GLIWICE17 (ryc. 25-2, tabela 3)

W obrębie biozony IIA-B udział otwornic planktonicznych waha się od 16,0% do 78,0%, a liczba taksonów wynosi 1–8. Próbką, gdzie reprezentowany jest tylko jeden takson – co bardzo odbiega od pozostałych próbek tego profilu, zawierających na ogół minimum pięć taksonów – występuje w spągu biozony. Zawiera ona wyłącznie osobniki *Globorotalia praescitula*, a formy planktoniczne stanowią w niej zaledwie 16,0% zespołu. We wszystkich pozostałych próbkach tej biozony dominują *Globorotalia*. W najniższej i najwyższej części są to osobniki *G. praescitula*, a w części środkowej *G. mayeri*. Stałymi elementami składu taksonomicznego są w tej biozonie *Globigeri-*



Ryc. 25-2. Pionowa zmienność fauny planktonicznych otwornic w profilu GLIWICE17. Objasnienia jak do ryc. 25-1.

Fig. 25-2. Down-core variation in planktonic foraminiferal fauna of the GLIWICE17 section. Explanation as in Fig. 25-1.

Tabela 3. Udział procentowy taksonów otwornic planktonicznych w profilu GLIWICE17. Indeks cyfrowy taksonu jak w tabeli 1.

Table 3. Percentage of planktonic foraminiferal taxa in the section GLIWICE17. Taxa index as in Table 1.

| Głębokość<br>Depth | G. praescitula | G. mayeri | Dentoglobigerina<br>Globoquadrina | V. indigena | G. bulloides | G. obesa | G. quadrilobatus | T. quinqueloba | Orbulina | Liczba osobników<br>Number of specimens | Zespół otwornicowy<br>Foraminiferal assemblage |
|--------------------|----------------|-----------|-----------------------------------|-------------|--------------|----------|------------------|----------------|----------|---|--|
|                    | 1              | 2         | 3                                 | 4           | 5            | 6        | 7                | 8              | 9        |   |  |
| 39,0               |                | 6,3       |                                   |             | 62,5         |          | 25,0             | 6,3            |          | 16                                      | IIIB   |
| 43,6               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 10                                      |  |
| 46,2               | 9,1            |           |                                   |             | 72,7         |          | 9,1              | 9,1            |          | 11                                      |  |
| 51,2               | 19,2           | 11,5      |                                   |             | 61,5         |          | 7,7              |                |          | 26                                      |  |
| 53,2               |                |           |                                   |             | 62,9         |          |                  | 37,1           |          | 62                                      |  |
| 54,4               |                |           |                                   |             | 95,6         |          |                  | 4,4            |          | 45                                      |  |
| 59,2               |                |           |                                   | 27,0        | 73,0         |          |                  |                |          | 141                                     |  |
| 63,4               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 122                                     |  |
| 64,3               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 48                                      |  |
| 68,5               |                |           |                                   |             | 92,0         |          |                  | 8,0            |          | 100                                     |  |
| 70,2               | 11,6           | 1,2       |                                   |             | 85,4         |          | 1,8              |                |          | 164                                     |  |
| 76,4               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 450                                     |  |
| 80,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 286                                     |  |
| 82,8               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 219                                     |  |
| 85,1               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 319                                     |  |
| 87,6               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 502                                     |  |
| 90,0               | 2,7            | 52,7      | 3,6                               |             | 33,6         | 2,7      | 4,5              |                |          | 110                                     |  |
| 94,8               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 12                                      |  |
| 104,5              |                |           |                                   |             | 96,2         |          |                  | 3,8            |          | 684                                     | IIIA-α   |
| 108,2              |                |           |                                   |             | 56,6         |          |                  | 43,4           |          | 53                                      |  |
| 128,0              | 3,4            | 47,2      | 0,6                               | 0,6         | 33,0         | 5,7      | 2,8              | 5,7            | 1,1      | 176                                     |  |
| 168,8              | 42,2           | 4,9       | 7,5                               |             | 3,2          |          | 6,2              | 0,3            | 35,7     | 308                                     | IIA-B  |
| 173,0              | 54,9           |           | 0,1                               |             | 5,6          | 3,2      | 15,4             | 3,2            | 17,4     | 803                                     |  |
| 175,2              | 52,3           | 0,9       | 1,5                               |             | 17,8         | 2,1      | 10,0             |                | 15,4     | 331                                     |  |
| 177,6              | 18,7           | 1,9       | 23,5                              |             | 32,4         | 1,2      | 17,7             |                | 4,6      | 417                                     |  |
| 183,0              | 7,6            | 57,0      |                                   |             | 12,8         | 1,9      | 13,4             | 7,2            |          | 789                                     |  |
| 187,5              |                | 55,0      |                                   |             | 12,8         | 11,2     | 5,5              | 1,6            | 13,8     | 436                                     |  |
| 190,3              |                | 37,8      |                                   |             | 26,2         | 24,2     | 3,8              | 2,5            | 5,5      | 711                                     |  |
| 194,5              | 2,6            | 54,4      |                                   |             | 18,5         | 8,8      | 15,7             |                |          | 491                                     |  |
| 202,5              | 2,5            | 55,4      | 0,3                               |             | 21,3         | 8,0      | 8,3              |                | 4,2      | 361                                     |  |
| 204,8              | 2,2            | 37,0      | 6,0                               |             | 16,1         | 6,4      | 29,3             |                | 2,9      | 1128                                    |  |
| 210,0              | 4,0            | 35,6      | 1,2                               |             | 7,4          | 30,0     | 12,1             | 0,5            | 9,3      | 1012                                    |  |
| 214,5              | 64,9           | 3,0       |                                   |             | 8,6          | 4,6      | 13,6             | 5,3            |          | 302                                     |  |
| 217,0              | 65,3           | 2,6       | 1,6                               |             | 20,8         |          | 9,1              | 0,6            |          | 308                                     |  |
| 220,0              | 26,6           | 6,5       | 0,7                               |             | 9,8          | 3,7      | 47,7             | 3,7            | 1,2      | 428                                     |  |
| 222,3              | 29,5           | 22,7      | 0,7                               |             | 3,1          | 3,3      | 40,6             |                |          | 687                                     |  |
| 225,5              | 77,9           | 1,3       |                                   |             | 11,1         | 1,1      | 6,6              | 1,7            | 0,2      | 458                                     |  |
| 230,0              | 56,7           | 4,0       |                                   |             | 24,0         | 2,5      | 7,6              | 2,9            | 2,2      | 550                                     |  |
| 235,0              | 46,6           | 2,8       |                                   |             | 45,5         | 2,0      | 1,6              |                | 1,5      | 751                                     |  |
| 239,0              | 38,4           | 13,3      | 0,2                               |             | 18,5         | 8,0      | 17,9             | 2,0            | 1,6      | 502                                     |  |
| 243,5              | 57,5           | 9,6       | 0,6                               |             | 9,0          | 5,6      | 15,8             | 0,8            | 1,1      | 355                                     |  |
| 246,3              | 67,6           | 2,5       | 2,2                               |             | 22,6         |          | 5,2              |                |          | 367                                     |  |
| 248,0              | 100,0          |           |                                   |             |              |          |                  |                |          | 56                                      |  |

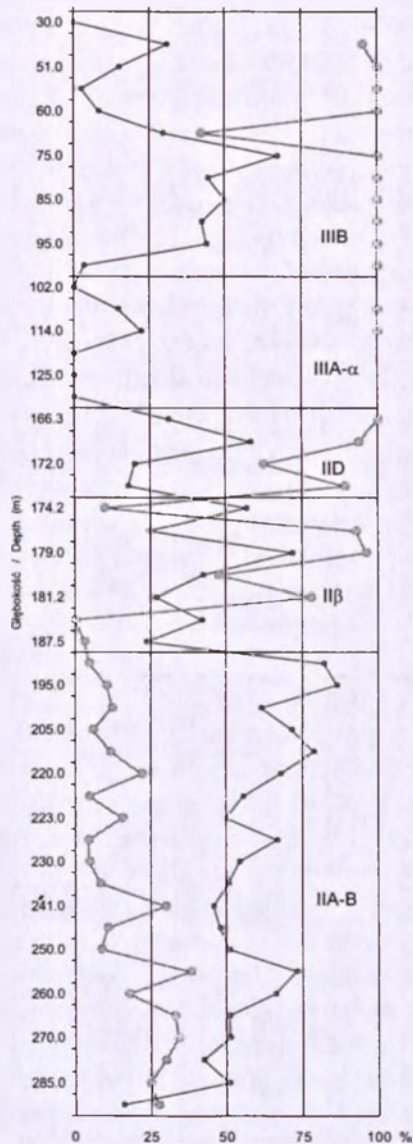
*noides quadrilobatus* i *Globigerina bulloides*. W niektórych próbkach udział osobników tych taksonów dochodzi do 50,0%, a w większości stanowią one kilkanaście procent zespołu. Niemal we wszystkich próbkach obecne są *Globigerinella obesa* i *Orbulina suturalis*. Ich występowanie charakteryzuje się bardzo zróżnicowaną liczbą osobników; w większości próbek stanowią one kilka procent. *G. obesa* występuje najliczniej w środkowej części biozony, natomiast *O. suturalis* w części najwyższej tej biozony. Dwa pozostałe, obecne w tej części profilu taksony: *Globoquadrina* s.l. oraz *Turborotalita quinqueloba* reprezentowane są tylko w niektórych próbkach i na ogół w bardzo niewielkich ilościach. Wyjątek stanowi próbka z wyższej części biozony, gdzie udział *Globoquadrina* s.l. wynosi 23,5% zespołu.

Biozony IIIA- $\alpha$  oraz IIIB mają podobny skład taksonomiczny planktonu otwornicowego. *Globigerina bulloides* reprezentowana jest we wszystkich próbkach, a w przeważającej ich liczbie jest ona jedynym, bądź dominującym taksonem. Sporadycznie występują tutaj również inne taksony, wymienione wcześniej jako składniki biozony IIIA-B. Jednak w tej wyższej części profilu w ich pojawianiu się nie zaznacza się żadna prawidłowość, zarówno jeśli chodzi o skład taksonomiczny i liczebność osobników, jak i obecność w poszczególnych próbkach. Występuje tutaj ponadto *Velapertina indigena*, której udział w jednej z próbek stanowi bardzo znaczną część zespołu.

#### GLIWICE19 (ryc. 25-3, tabela 4)

Udział form planktonicznych w obrębie zespołu IIA-B tego profilu waha się od 16,0% do 86,0% i generalnie zwiększa się od spągu ku stropowi. W większości próbek obecnych jest siedem taksonów, a w całej biozonie ich liczba waha się od 5 do 7. Najliczniej reprezentowany jest *Globigerinoides quadrilobatus*, który w jednej z próbek stanowi 81,5% zespołu, oraz *Globorotalia praescitula*, której udział dochodzi do 61,9%. We wszystkich próbkach obecna jest *Globigerina bulloides*, której osobniki są szczególnie liczne (do 36,6%) w niższej części biozony. Również w tej części biozony występują najliczniejsze skupienia *Globoquadrina* s.l. (do 33,7%). Ilość *Globorotalia mayeri* podlega tutaj dużym wahaniom (0,9–73,4%), przy czym najliczniej jest ona reprezentowana w środkowej części biozony. Pozostałe dwa obecne tutaj taksony: *Globigerinella obesa* i *Orbulina suturalis*, chociaż są stałymi elementami tej biozony, należą do najmniej licznych; w niektórych próbkach ich udział wzrasta jednak na tyle, że stają się taksonem dominującym.

W biozonie II $\beta$  udział planktonu, w porównaniu do IIA-B, zmniejsza się znacznie i podlega dużym wahaniom (od 23,0% do 72,0%). Wszystkie obecne w poprzedniej biozonie taksony występują również i tutaj, chociaż w innych proporcjach ilościowych. Zdecydowanie najliczniejsze są osobniki *Globigerina bulloides* (do 96,0% zespołu), a w próbkach, gdzie ilość *G. bulloides* jest niewielka, dominującym taksonem jest *G. praescitula* (tylko w jednym przypadku jest to *G. mayeri*). Stałym składnikiem zespołu II $\beta$  jest *Globigerinoides quadrilobatus* i *Orbulina suturalis*, jednak ich liczebności podlegają dużym wahaniom; mają one znacznie większy udział w niższej części tej biozony. Osobniki *Globoquadrina* s.l. oraz *Globigerinella obesa* występują w tej biozonie jako składniki akcesoryczne.



Ryc. 25-3. Pionowa zmienność fauny planktonicznych otwornic w profilu GLIWICE19. Objasnienia jak do ryc. 25-1.

Fig. 25-3. Down-core variation in planktonic foraminiferal fauna of the GLIWICE19 section. Explanation as in Fig. 25-1.

Dalszy spadek ilości planktonu występuje w biozonie IID, gdzie udział form planktonicznych wynosi 18,0–51,0%. Również liczba taksonów ulega tutaj radykalnemu zmniejszeniu; tylko najniższa próbka tej biozony odznacza się większą ich liczbą, po czym następuje sukcesywna ich redukcja. *Globigerina bulloides* i *Turborotalita quinqueloba* dominują w tej biozonie; tylko w jednej próbce pojawia się znaczna ilość (35,7%) osobników *Globorotalia praescitula*. W niektórych

Tabela 4. Udział procentowy taksonów otwornic planktonicznych w profilu GLIWICE19. Indeks cyfrowy taksonu jak w tabeli 1.

Table 4. Percentage of planktonic foraminiferal taxa in the GLIWICE19 section. Taxa index as in Table 1.

| Głębokość<br>Depth | G. praescitula | G. mayeri | Dentoglobigerina<br>Globoquadrima | V. indigena | G. bulloides | G. obesa | G. quadrilobatus | T. quinqueloba | Orbulina | Liczba osobników<br>Number of specimens | Zespół otwornicowy<br>Foraminiferal<br>assemblage |
|--------------------|----------------|-----------|-----------------------------------|-------------|--------------|----------|------------------|----------------|----------|---|---|
|                    | 1              | 2         | 3                                 | 4           | 5            | 6        | 7                | 8              | 9        |   |   |
| 45,0               | 3,4            |           | 1,4                               |             | 95,3         |          |                  |                |          | 148                                     | IIIB  |
| 51,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 55                                      |   |
| 55,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 8                                       |   |
| 60,0               |                |           |                                   |             | 55,9         |          |                  | 44,1           |          | 34                                      |   |
| 70,0               |                |           |                                   | 58,0        | 42,0         |          |                  |                |          | 131                                     |   |
| 75,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 500                                     |   |
| 76,5               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 195                                     |   |
| 85,0               |                |           |                                   |             | 83,3         |          |                  | 16,7           |          | 144                                     |   |
| 90,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 261                                     |   |
| 95,0               |                |           |                                   |             | 83,5         |          |                  | 16,5           |          | 182                                     |   |
| 100,0              |                |           |                                   |             | 33,3         |          |                  | 66,7           |          | 18                                      |   |
| 106,0              |                |           |                                   |             | 34,6         |          |                  | 65,4           |          | 26                                      | IIIA-α  |
| 114,0              |                |           |                                   |             | 50,7         |          |                  | 49,3           |          | 67                                      |   |
| 166,3              |                |           |                                   |             | 22,7         |          |                  | 77,3           |          | 220                                     | IID   |
| 169,0              | 0,2            |           | 0,5                               |             | 74,9         | 5,8      |                  | 18,6           |          | 431                                     |   |
| 172,0              | 35,7           |           |                                   |             | 36,7         |          | 1,0              | 25,5           | 1,0      | 98                                      |   |
| 173,5              | 1,0            | 2,0       |                                   |             | 29,0         |          | 6,0              | 60,0           | 2,0      | 100                                     |   |
| 174,2              | 59,7           | 1,0       | 3,9                               |             | 6,2          | 3,4      | 12,1             | 3,6            | 10,1     | 387                                     | IIβ   |
| 177,0              |                |           |                                   |             | 92,6         |          | 3,7              |                | 3,7      | 27                                      |   |
| 179,0              | 3,4            |           |                                   |             | 96,0         |          | 0,3              |                | 0,2      | 885                                     |   |
| 179,5              | 5,2            | 3,1       | 11,3                              |             | 47,4         | 6,2      | 23,7             |                | 3,1      | 97                                      |   |
| 181,2              | 2,7            |           | 2,7                               |             | 74,1         | 3,6      | 12,5             | 3,6            | 0,9      | 112                                     |   |
| 183,2              | 29,4           | 30,7      | 2,1                               |             |              | 0,4      | 15,1             |                | 22,3     | 238                                     |   |
| 187,5              | 51,5           |           |                                   |             | 3,1          | 2,1      | 30,9             |                | 12,4     | 97                                      |   |
| 190,0              | 20,9           | 6,5       | 5,4                               |             | 4,6          | 1,4      | 24,0             |                | 37,2     | 646                                     | IIA-B   |
| 195,0              | 37,9           | 34,3      |                                   |             | 8,9          | 5,4      | 5,1              | 1,4            | 7,0      | 1107                                    |   |
| 200,0              | 24,2           | 0,9       | 4,8                               |             | 12,0         | 16,4     | 41,4             |                | 0,2      | 664                                     |   |
| 205,0              | 6,9            |           | 0,6                               |             | 5,8          | 5,2      | 81,5             |                |          | 362                                     |   |
| 210,0              | 2,6            | 73,4      | 2,0                               |             | 11,4         | 3,3      | 7,0              |                | 0,3      | 613                                     |   |
| 220,0              | 1,0            | 11,5      | 17,8                              |             | 21,8         | 6,7      | 41,2             |                |          | 505                                     |   |
| 222,0              | 61,9           | 2,3       | 8,6                               |             | 2,8          | 7,8      | 5,3              | 1,7            | 9,5      | 640                                     |   |
| 223,0              |                | 46,2      | 2,6                               |             | 15,5         | 2,0      | 14,9             |                | 18,7     | 342                                     |   |
| 227,0              | 25,4           | 21,7      | 6,5                               |             | 4,3          | 1,1      | 38,0             |                | 2,9      | 276                                     |   |
| 230,0              | 58,9           | 10,3      | 1,9                               |             | 4,7          | 9,4      | 14,4             |                | 0,5      | 620                                     |   |
| 237,0              | 29,9           | 26,1      | 0,6                               |             | 7,0          | 4,1      | 29,0             | 1,2            | 2,3      | 345                                     |   |
| 241,0              | 18,4           | 9,5       | 1,5                               |             | 29,8         | 3,1      | 17,2             |                | 20,6     | 326                                     |   |
| 245,0              | 3,0            | 25,1      | 0,3                               |             | 10,8         | 26,7     | 29,9             |                | 4,3      | 371                                     |   |
| 250,0              | 30,1           | 6,4       | 10,4                              |             | 8,4          | 3,8      | 32,9             |                | 8,1      | 346                                     |   |
| 255,0              | 26,3           | 14,3      | 5,9                               |             | 36,6         | 6,1      | 9,5              | 1,3            |          | 391                                     |   |
| 260,0              | 36,2           | 19,6      | 10,7                              |             | 17,8         | 5,6      | 9,6              |                | 0,5      | 428                                     |   |
| 265,0              | 33,1           | 12,9      | 4,0                               |             | 32,8         | 4,0      | 12,4             |                | 0,8      | 396                                     |   |
| 270,0              | 1,8            | 3,3       | 33,7                              |             | 34,2         | 1,8      | 24,0             |                | 1,3      | 392                                     |   |
| 275,0              | 11,0           | 11,3      | 26,6                              |             | 29,8         |          | 21,3             |                |          | 282                                     |   |
| 285,0              | 8,7            | 13,9      | 17,1                              |             | 24,7         | 2,3      | 33,3             |                |          | 469                                     |   |
| 289,0              | 51,3           |           | 6,0                               |             | 27,4         |          | 11,1             |                | 4,3      | 117                                     |   |

próbkach występują akcesorycznie *Globorotalia mayeri*, *Globoquadrina* s.l., *Globigerinella obesa*, *Globigerinoides quadrilobatus* i *Orbulina suturalis*.

IIIA- $\alpha$  oraz IIIB – dwie najwyższe biozony tego profilu, charakteryzują się ubogim składem taksonomicznym; występują tutaj tylko osobniki *Globigerina bulloides* i *Turborotalita quinqueloba*.

#### GLIWICE24 (ryc. 25-4, tabela 5)

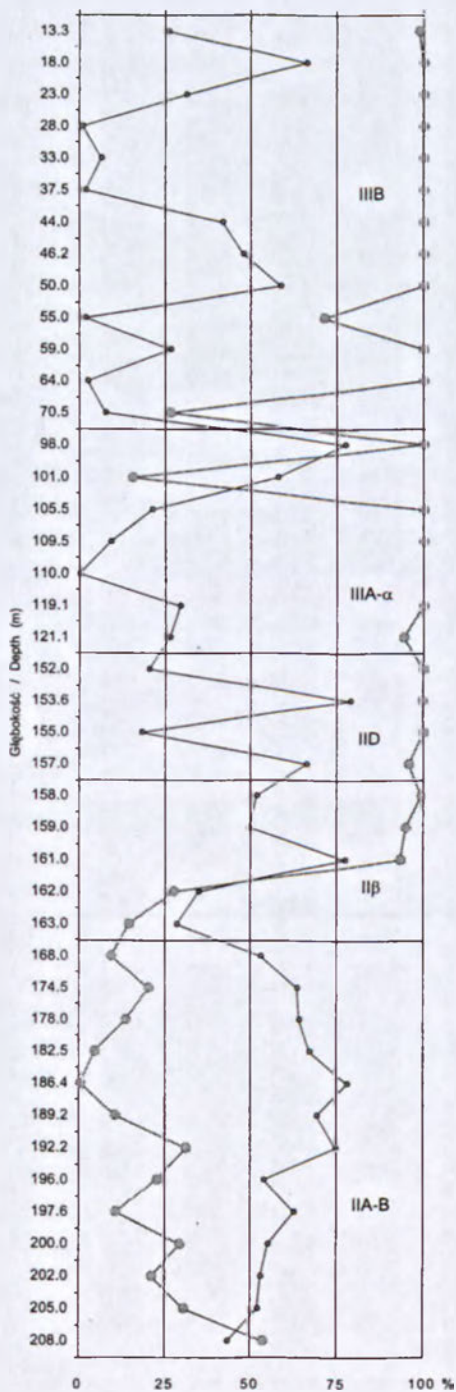
W obrębie biozony IIA-B udział form planktonicznych waha się od 43,0% do 78,0%, a liczba taksonów wynosi 6–7. W niższej części tej biozony dominują *Globorotalia praescitula* (21,6–66,9%) oraz *Globigerina bulloides* (10,4–53,5%), a w części wyższej *Globorotalia mayeri* (do 45,2%), *Globigerinella obesa* (do 40,9%) oraz *Globigerinoides quadrilobatus* (do 44,1%). Niemal we wszystkich próbkach jest obecna *Orbulina suturalis* i stanowi ona na ogół kilka procent zespołu; tylko w dwu próbkach jej udział jest znacznie większy. *Globoquadrina* s.l. występuje tylko w niektórych próbkach, a liczba osobników tego taksonu podlega bardzo dużym wahaniom (od 0,2% do 39,1%).

Biozona II $\beta$  charakteryzuje się dwudzielnością, jeśli chodzi o stan planktonu otwornicowego. W jej niższej części występuje duża liczba taksonów, chociaż udział otwornic planktonicznych jest niewielki (28,0–35,0%). W tej części biozony reprezentowane są przede wszystkim dwa taksony: *Globorotalia praescitula* i *Turborotalita quinqueloba*; trzecim, pod względem liczebności, taksonem jest tutaj *Globigerina bulloides*. W wyższej części tej biozony udział planktonu jest zdecydowanie wyższy (50,0–77,0%), chociaż liczba taksonów pozostaje niewielka. Zdecydowanie dominuje tutaj *Globigerina bulloides* (92,1–98,6%). Akcesorycznie reprezentowane są *Globorotalia praescitula*, *Globoquadrina* s.l., *Globigerinoides quadrilobatus*, *Turborotalita quinqueloba* oraz *Orbulina suturalis*.

Liczba taksonów w biozonie IID wynosi 2–4. Tylko dwa z nich – *Globigerina bulloides* i *Turborotalita quinqueloba* – obecne są we wszystkich próbkach i stanowią niemal całość osobników planktonu otwornicowego. Inne obecne w tej biozonie taksony, które pojawiają się akcesorycznie tylko w niektórych próbkach to *Globigerinoides quadrilobatus* i *Globigerinella obesa*.

Zasadniczą cechą zespołów IIIA- $\alpha$  oraz IIIB jest występowanie niemal wyłącznie tylko jednego taksonu – *Globigerina bulloides*. W przeważającej części próbek stanowi on całość planktonu. Zdarzają się jednak w tych biozonach próbki, gdzie obecne są także inne taksony. W obrębie biozony IIIA- $\alpha$  są to *Turborotalita quinqueloba* i *Globigerinoides quadrilobatus*, a w biozonie IIIB, oprócz nich obecne są również osobniki: *Globorotalia praescitula*, *Globorotalia mayeri*, *Globoquadrina* s.l., *Velapertina indigena*, *Globigerinella obesa*, *Orbulina suturalis*. Jest prawdopodobne, że w obrębie tej najwyższej biozony są to egzemplarze pochodzące z redepozycji, gdyż ich występowanie przypada na próbki, w których obecność planktonu jest śladowa (2,0–7,0%).





Ryc. 25-4. Pionowa zmienność fauny planktonicznych otwomic w profilu GLIWICE24. Objasnienia jak do ryc. 25-1.

Fig. 25-4. Down-core variation in planktonic foraminiferal fauna of the GLIWICE24 section. Explanation as in Fig. 25-1.

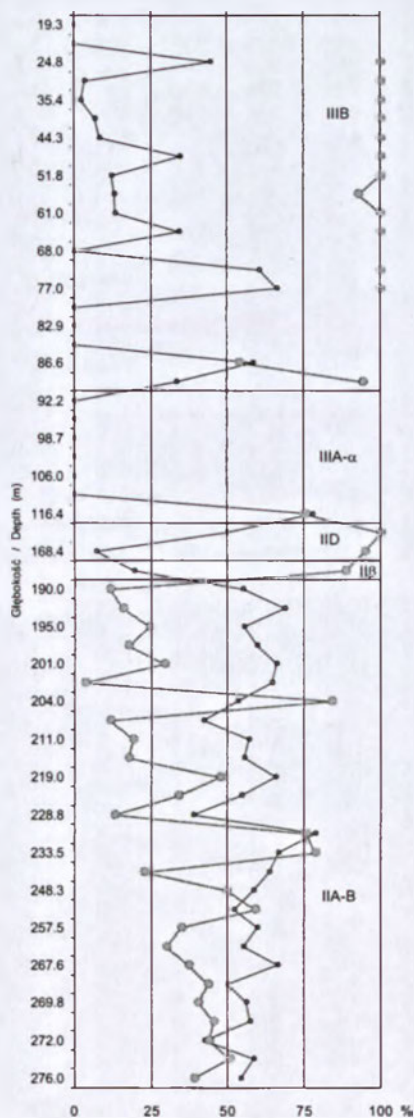
Tabela 5. Udział procentowy taksonów otwornic planktonicznych w profilu GLIWICE24. Indeks cyfrowy taksonu jak w tabeli 1.

Table 5. Percentage of planktonic foraminiferal taxa in the GLIWICE24 section. Taxa index as in Table 1.

| Głębokość<br>Depth | G. praescitula | G. mayeri | Dentoglobigerina<br>Globoquadrina | V. indigena | G. bulloides | G. obesa | G. quadrilobatus | T. quinqueloba | Orbulina | Liczba osobników<br>Number of specimens | Zespół otwornicowy<br>Foraminiferal<br>assemblage |
|--------------------|----------------|-----------|-----------------------------------|-------------|--------------|----------|------------------|----------------|----------|---|---|
|                    | 1              | 2         | 3                                 | 4           | 5            | 6        | 7                | 8              | 9        |   |   |
| 13,3               |                |           |                                   |             | 98,6         | 1,4      |                  |                |          | 74                                      | IIIB  |
| 18,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 336                                     |   |
| 23,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 155                                     |   |
| 28,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 4                                       |   |
| 33,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 27                                      |   |
| 37,5               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 5                                       |   |
| 44,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 261                                     |   |
| 46,2               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 238                                     |   |
| 50,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 447                                     |   |
| 55,0               |                | 14,3      |                                   |             | 57,1         | 14,3     |                  | 14,3           |          | 7                                       |   |
| 59,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 117                                     |   |
| 64,0               |                |           |                                   |             | 90,0         |          |                  | 10,0           |          | 10                                      |   |
| 70,5               | 20,0           |           | 10,0                              | 3,3         | 16,7         | 23,3     | 10,0             | 10,0           | 6,7      | 30                                      |   |
| 98,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 966                                     | IIIA-α  |
| 101,0              |                |           |                                   |             | 11,2         |          | 84,7             | 4,2            |          | 313                                     |   |
| 105,5              |                |           |                                   |             | 81,5         |          |                  | 18,5           |          | 54                                      |   |
| 109,5              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 22                                      |   |
| 119,1              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 22                                      |   |
| 121,1              |                |           |                                   |             | 94,1         |          | 5,9              |                |          | 17                                      |   |
| 152,0              |                |           |                                   |             | 90,3         |          |                  | 9,7            |          | 103                                     | IID   |
| 153,6              |                |           |                                   |             | 97,5         |          | 0,3              | 2,2            |          | 903                                     |   |
| 155,0              |                |           |                                   |             | 50,0         |          |                  | 50,0           |          | 74                                      |   |
| 157,0              |                |           |                                   |             | 91,7         | 3,9      | 0,3              | 4,1            |          | 739                                     |   |
| 158,0              |                |           |                                   |             | 98,6         |          | 0,5              | 0,9            |          | 216                                     | IIβ   |
| 159,0              | 2,3            |           | 1,1                               |             | 92,1         |          | 1,4              | 2,8            | 0,3      | 354                                     |   |
| 161,0              | 1,2            |           |                                   |             | 92,7         | 4,4      | 1,0              | 0,7            |          | 1003                                    |   |
| 162,0              | 32,3           | 5,5       |                                   |             | 13,4         | 1,6      | 28,3             | 14,2           | 4,7      | 127                                     |   |
| 163,0              | 36,9           | 5,6       | 2,5                               |             | 14,4         | 1,3      | 36,3             |                | 3,1      | 160                                     |   |
| 168,0              | 10,9           | 45,2      | 1,2                               |             | 9,5          | 1,9      | 22,7             |                | 8,7      | 485                                     |   |
| 174,5              | 20,6           | 6,4       | 0,2                               |             | 20,4         | 5,2      | 44,1             |                | 3,1      | 481                                     | IIA-B   |
| 178,0              | 3,6            | 1,0       | 39,1                              |             | 13,6         | 10,8     | 20,6             |                | 11,3     | 631                                     |   |
| 182,5              | 0,4            | 44,6      |                                   |             | 4,6          | 40,9     | 8,8              |                | 0,7      | 828                                     |   |
| 186,4              |                | 38,8      | 7,3                               |             | 0,2          | 22,8     | 14,1             |                | 16,8     | 1426                                    |   |
| 189,2              | 1,7            | 32,4      |                                   |             | 10,5         | 26,1     | 4,2              |                | 25,2     | 602                                     |   |
| 192,2              |                | 16,1      | 0,2                               |             | 31,2         | 19,5     | 1,0              |                | 32,0     | 989                                     |   |
| 196,0              | 42,7           | 5,8       | 2,7                               |             | 22,7         | 4,4      | 18,7             |                | 3,1      | 225                                     |   |
| 197,6              | 44,1           | 24,6      |                                   |             | 10,4         | 2,9      | 14,1             |                | 3,9      | 517                                     |   |
| 200,0              | 32,0           | 9,7       |                                   |             | 29,4         | 7,1      | 11,2             |                | 10,8     | 269                                     |   |
| 202,0              | 66,9           | 3,2       |                                   |             | 21,2         | 3,5      | 0,5              |                | 4,7      | 405                                     |   |
| 205,0              | 21,6           | 7,5       |                                   |             | 30,4         | 9,9      | 22,4             |                | 8,2      | 670                                     |   |
| 208,0              | 23,4           | 4,8       | 14,1                              |             | 53,9         | 3,3      | 0,7              |                |          | 269                                     |   |

GLIWICE21 (ryc. 25-5, tabela 6).

W biozonie IIA-B udział form planktonicznych waha się od 39,0–68,0%; reprezentują one 6–8 taksonów. *Globigerina bulloides* i *Globigerinoides quadrilobatus* dominują w niższej części tej biozony. Trzecim taksonem, który ma tutaj znaczną liczbę osobników, jest *Globoquadrina* s.l. (do 26,7%). *Globorotalia praescitula* i *Globorotalia mayeri* są stale obecne w tej niższej części profilu, chociaż ich udział rzadko przekracza 10,0%. Jeszcze mniej liczna jest *Globigerinella obesa*,



Ryc. 25-5. Pionowa zmienność fauny planktonicznych otwornic w profilu GLIWICE21. Objasnienia jak do ryc. 25-1.

Fig. 25-5. Down-core variation in planktonic foraminiferal fauna of the GLIWICE21 section. Explanation as in Fig. 25-1.

Tabela 6. Udział procentowy taksonów otwornic planktonicznych w profilu GLIWICE21. Indeks cyfrowy taksonu jak w tabeli 1.

Table 6. Percentage of planktonic foraminiferal taxa in the GLIWICE21 section. Taxa index as in Table 1.

| Głębokość<br>Depth | G. praescitula | G. mayeri | Dentoglobigerina<br>Globoquadrina | V. indigena | G. bulloides | G. obesa | G. quadrilobatus | T. quinqueloba | Orbulina | Liczba osobników<br>Number of specimens | Zespół otwornicowy<br>Foraminiferal assemblage |
|--------------------|----------------|-----------|-----------------------------------|-------------|--------------|----------|------------------|----------------|----------|---|--|
|                    | 1              | 2         | 3                                 | 4           | 5            | 6        | 7                | 8              | 9        |   |  |
| 24,8               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 327                                     | IIIB   |
| 31,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 11                                      |  |
| 35,4               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 10                                      |  |
| 40,1               |                |           |                                   |             | 67,6         |          |                  | 32,4           |          | 37                                      |  |
| 44,3               |                |           |                                   |             | 14,5         |          |                  | 85,5           |          | 55                                      |  |
| 51,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 162                                     |  |
| 51,8               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 39                                      |  |
| 54,8               |                |           |                                   |             | 35,7         | 7,1      |                  | 57,1           |          | 42                                      |  |
| 61,0               |                |           |                                   |             | 51,1         |          |                  | 48,9           |          | 45                                      |  |
| 66,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 181                                     |  |
| 72,8               |                |           |                                   |             | 74,4         |          |                  | 25,6           |          | 528                                     |  |
| 77,0               |                |           |                                   |             | 98,6         |          |                  | 1,4            |          | 277                                     |  |
| 86,6               |                |           |                                   | 9,5         | 49,5         | 7,1      | 1,0              | 4,4            | 28,5     | 295                                     |  |
| 88,7               |                |           |                                   |             | 85,1         | 0,6      | 1,1              | 9,2            | 4,0      | 174                                     |  |
| 116,4              | 8,1            |           | 1,0                               |             | 75,4         | 7,2      | 7,5              |                | 0,8      | 897                                     | IIIA-α   |
| 166,7              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 410                                     | IID  |
| 168,4              |                |           |                                   |             | 95,0         |          | 5,0              |                |          | 40                                      |  |
| 181,0              |                |           |                                   |             | 88,7         | 1,0      | 10,3             |                |          | 97                                      | IIβ  |
| 190,0              | 27,8           | 5,3       | 1,4                               |             | 10,6         | 4,6      | 38,3             | 0,9            | 11,2     | 436                                     | IIA-B  |
| 190,7              | 12,0           |           | 1,9                               |             | 15,3         | 11,6     | 58,5             | 0,3            | 0,4      | 692                                     |  |
| 195,0              |                | 28,2      | 3,9                               |             | 24,3         | 5,5      | 37,1             | 0,3            | 0,8      | 383                                     |  |
| 198,0              | 9,7            | 13,8      | 1,4                               |             | 17,5         | 9,7      | 30,6             |                | 17,3     | 434                                     |  |
| 201,0              |                | 24,8      | 1,1                               |             | 29,3         | 5,6      | 29,1             |                | 10,1     | 447                                     |  |
| 202,2              | 45,0           | 2,5       |                                   |             | 3,2          | 2,9      | 46,1             |                | 0,4      | 560                                     |  |
| 204,0              | 0,8            | 1,6       | 0,4                               |             | 84,0         | 4,0      | 8,4              |                | 0,8      | 250                                     |  |
| 206,0              | 30,0           | 5,2       | 0,9                               |             | 11,3         | 8,0      | 43,7             | 0,3            | 0,6      | 327                                     |  |
| 211,0              | 43,3           | 20,6      | 0,6                               |             | 19,0         | 2,5      | 4,0              |                | 10,0     | 321                                     |  |
| 216,0              | 24,5           | 1,6       | 0,8                               |             | 13,5         | 37,8     | 17,7             | 4,2            |          | 498                                     |  |
| 219,0              | 27,1           | 12,0      |                                   |             | 47,4         | 9,0      |                  |                | 4,6      | 458                                     |  |
| 224,3              | 2,5            | 28,8      | 0,4                               |             | 33,9         | 12,0     | 21,7             |                | 0,6      | 475                                     |  |
| 228,8              | 59,0           | 12,4      | 1,4                               |             | 13,1         | 2,8      | 10,2             |                | 1,1      | 283                                     |  |
| 233,3              | 3,2            | 2,2       | 7,0                               |             | 75,4         | 2,2      | 9,3              |                | 0,6      | 626                                     |  |
| 233,5              | 1,7            | 0,7       | 0,4                               |             | 77,2         | 4,9      | 12,8             | 1,5            | 0,9      | 758                                     |  |
| 243,0              | 42,9           | 11,7      | 2,0                               |             | 17,2         | 13,8     | 7,0              | 5,4            |          | 557                                     |  |
| 248,3              | 6,6            | 10,8      | 15,2                              |             | 49,6         | 6,9      | 10,8             |                |          | 361                                     |  |
| 252,7              | 9,9            | 9,9       | 7,5                               |             | 58,8         | 3,7      | 7,8              |                | 2,4      | 294                                     |  |
| 257,5              | 11,0           | 2,9       | 26,7                              |             | 34,5         | 1,4      | 22,4             | 0,2            | 1,0      | 420                                     |  |
| 263,0              | 12,0           | 4,1       | 20,2                              |             | 27,1         | 8,8      | 24,4             | 2,9            | 0,5      | 410                                     |  |
| 267,6              | 0,3            | 10,5      | 12,8                              |             | 37,2         | 1,5      | 37,8             |                |          | 344                                     |  |
| 267,8              | 2,2            | 6,4       | 5,8                               |             | 43,5         | 1,3      | 38,3             |                | 2,6      | 313                                     |  |
| 269,8              | 3,0            | 3,9       | 7,1                               |             | 38,7         | 16,1     | 28,3             | 1,5            | 1,5      | 336                                     |  |
| 271,4              | 3,0            | 5,4       | 11,8                              |             | 45,3         |          | 33,0             |                | 1,5      | 203                                     |  |
| 272,0              | 11,6           | 11,0      | 3,7                               |             | 37,8         | 5,5      | 23,2             | 6,1            | 1,2      | 164                                     |  |
| 273,0              | 6,4            | 12,7      | 4,5                               |             | 50,0         | 2,3      | 22,7             | 0,5            | 0,9      | 220                                     |  |
| 276,0              | 5,0            | 5,0       | 4,5                               |             | 38,0         | 7,5      | 39,0             | 1,0            |          | 200                                     |  |

która stanowi przeważnie kilka procent zespołu, a tylko w jednym przypadku wzrasta do 16,1%.

W wyższej części biozony IIA-B największą liczebność wykazuje *Globigerinoides quadrilobatus* (do 58,5%), a *Globorotalia praescitula* jest dość liczna (do 59,0%), choć nie we wszystkich próbkach reprezentowana. *Globorotalia mayeri* występuje w tej części biozony w znacznie większej liczbie (do 28,8%) niż w niższej części biozony. Znacząco wzrasta tutaj udział *Orbulina suturalis* (do 17,3%), natomiast *Globoquadrina* s.l. oraz *Turborotalita quinqueloba* obecne są akcesorycznie (przeważnie mniej niż 1,0% zespołu). *Globigerinella obesa* stanowi we wszystkich próbkach kilka procent składu zespołu i tylko w nielicznych próbkach znacznie przekracza tę wartość. Sporadycznie w tej części biozony IIA-B taksonem dominującym staje się *Globigerina bulloides* (75,4–84,0%), a na ogół jej udział nie przekracza kilkunastu procent.

W zespole II $\beta$  tego profilu otwornice planktoniczne mają niewielki udział (19,0%) i reprezentowane są tylko przez trzy taksony. Dominuje wśród nich *Globigerina bulloides*, a w niewielkiej liczbie reprezentowane są *Globigerinoides quadrilobatus* oraz *Globigerinella obesa*.

Dwie próbki, jakie w tym profilu należą do biozony IID, wykazują analogiczny skład taksonomiczny otwornic planktonicznych (dominuje *Globigerina bulloides*), a równocześnie zdecydowanie odmienny udział tej grupy w całym zespole (7,0 i 50,0%).

Jedyna próbka w tym profilu, która reprezentuje biozonę IIIA- $\alpha$ , charakteryzuje się dużym udziałem otwornic planktonicznych i dominacją *Globigerina bulloides*. Znaczny udział mają ponadto *Globorotalia praescitula*, *Globigerinella obesa* oraz *Globigerinoides quadrilobatus*. Akcesorycznie reprezentowana jest *Orbulina suturalis* i *Globoquadrina* s.l.

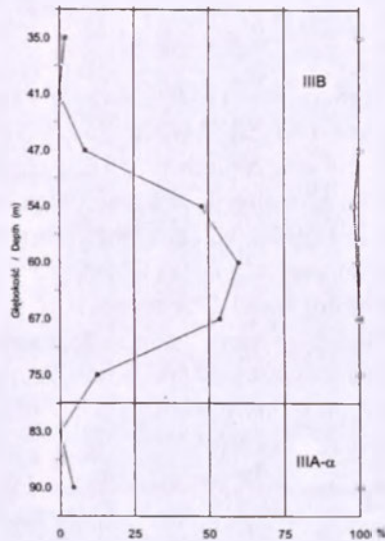
W biozonie IIIB ilość otwornic planktonicznych tylko w trzech próbkach przekracza 50,0% zespołu, a w pozostałych jest zdecydowanie mniejsza. Dominuje na ogół *Globigerina bulloides*, choć w niektórych próbkach występują w znacznej liczbie *Turborotalita quinqueloba*. Obecne są tutaj: *Globigerinella obesa*, *Globigerinoides quadrilobatus*, *Orbulina suturalis* i *Velapertina indigena*, jednak ich udział nie przekracza kilku procent; jedynie *Orbulina suturalis* tworzy w jednej z próbek znaczne skupienie osobników.

#### KOZŁÓW2 (ryc. 25-6, tabela 7)

Reprezentowane są tutaj wyłącznie dwie biozony: IIIA- $\alpha$  oraz IIIB, w których udział otwornic waha się od 2,0% do 60,0%. Występują tutaj prawie wyłącznie osobniki *Globigerina bulloides*. W dwu próbkach stwierdzono ponadto śladową obecność *Globigerinoides quadrilobatus* i *Velapertina indigena*.

#### OSTROPA8 (ryc. 25-7, tabela 8)

W biozonie IIA-B udział otwornic planktonicznych waha się od 44,0–63,0%; repre-



Ryc. 25-6. Pionowa zmienność fauny planktonicznych otwornic w profilu KOZŁÓW2. Objasnienia jak do ryc. 25-1.

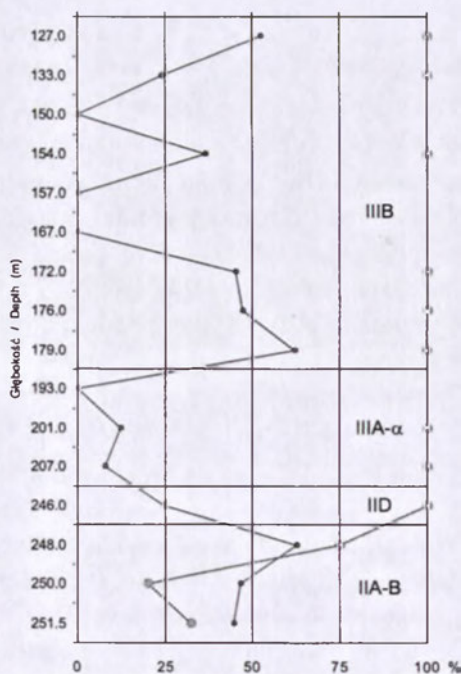
Fig. 25-6. Down-core variation in planktonic foraminiferal fauna of the KOZŁÓW2 section. Explanation as in Fig. 25-1.

Tabela 7. Udział procentowy taksonów otwornic planktonicznych w profilu KOZŁÓW2. Indeks cyfrowy taksonu jak w tabeli 1.

Table 7. Percentage of planktonic foraminiferal taxa in the KOZŁÓW2 section. Taxa index as in Table 1.

| Głębokość<br>Depth | G. praescitula | G. mayeri | Dentoglobigerina<br>Globoquadrina | V. indigena | G. bulloides | G. obesa | G. quadrilobatus | T. quinqueloba | Orbulina | Liczba osobników<br>Number of specimens | Zespół otwornicowy<br>Foraminiferal assemblage |
|--------------------|----------------|-----------|-----------------------------------|-------------|--------------|----------|------------------|----------------|----------|---|--|
|                    | 1              | 2         | 3                                 | 4           | 5            | 6        | 7                | 8              | 9        |   |  |
| 35,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 7                                       | IIIB   |
| 47,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 35                                      | IIIB   |
| 54,0               |                |           |                                   | 1,2         | 98,5         |          | 0,3              |                |          | 329                                     | IIIB   |
| 60,0               |                |           |                                   |             | 99,3         |          | 0,7              |                |          | 458                                     | IIIB   |
| 67,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 297                                     | IIIB   |
| 75,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 43                                      | IIIB   |
| 90,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 11                                      | IIIA-α   |

zentują one 5–7 taksonów. Dominują *Globigerina bulloides* i *Globigerinoides quadrilobatus*. We wszystkich próbkach obecne są *Globorotalia praescitula* i *Globorotalia mayeri*, których udział wynosi przeważnie kilka do kilkunastu procent. *Globoquadrina* s.l. stanowi na ogół bardzo niewielką część zespołu, aczkolwiek w jednej próbce



Ryc. 25-7. Pionowa zmienność fauny planktonicznych otwornic w profilu OSTROPA8. Objasnienia jak do ryc. 25-1.

Fig. 25-7. Down-core variation in planktonic foraminiferal fauna of the OSTROPA8 section. Explanation as in Fig. 25-1.

Tabela 8. Udział procentowy taksonów otwornic planktonicznych w profilu OSTROPA8. Indeks cyfrowy taksonu jak w Tabeli 1.

Table 8. Percentage of planktonic foraminiferal taxa in the OSTROPA8 section. Taxa index as in Table 1.

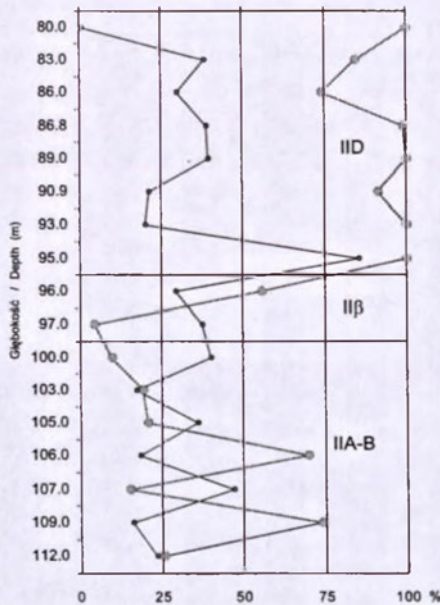
| Głębokość<br>Depth | G. praescitula | G. mayeri | Dentoglobigerina<br>Globobuccina | V. indigena | G. bulloides | G. obesa | G. quadrilobatus | T. quinqueloba | Orbulina | Liczba osobników<br>Number of specimens | Zespół otwornicowy<br>Foraminiferal assemblage |
|--------------------|----------------|-----------|----------------------------------|-------------|--------------|----------|------------------|----------------|----------|---|--|
|                    | 1              | 2         | 3                                | 4           | 5            | 6        | 7                | 8              | 9        |   |  |
| 127,0              |                |           |                                  |             | 100,0        |          |                  |                |          | 153                                     | IIIB   |
| 133,0              |                |           |                                  |             | 100,0        |          |                  |                |          | 72                                      |  |
| 154,0              |                |           |                                  |             | 100,0        |          |                  |                |          | 181                                     |  |
| 172,0              |                |           |                                  |             | 100,0        |          |                  |                |          | 216                                     |  |
| 176,0              |                |           |                                  |             | 100,0        |          |                  |                |          | 330                                     |  |
| 179,0              |                |           |                                  | 0,2         | 99,8         |          |                  |                |          | 646                                     |  |
| 201,0              |                |           |                                  |             | 53,6         |          |                  | 46,4           |          | 28                                      | IIIA-α   |
| 207,0              |                |           |                                  |             | 100,0        |          |                  |                |          | 10                                      |  |
| 246,0              |                |           |                                  |             | 100,0        |          |                  |                |          | 66                                      | IID  |
| 248,0              | 12,9           | 0,6       | 0,2                              |             | 75,1         | 0,2      | 8,0              |                | 3,0      | 473                                     | IIA-B  |
| 250,0              | 8,2            | 11,3      | 29,2                             |             | 19,9         |          | 31,3             |                |          | 291                                     |  |
| 251,5              | 6,1            | 10,2      | 3,4                              |             | 32,2         | 0,8      | 40,5             |                | 6,8      | 264                                     |  |
| 251,5              | 6,1            | 10,2      | 3,4                              |             | 32,2         | 0,8      | 40,5             |                | 6,8      | 264                                     |  |

staje się ona taksonem niemal dominującym. W omawianym zespole występują ponadto w niewielkiej liczbie osobników *Orbulina suturalis* oraz *Globigerinella obesa*.

W biozonie IID znajduje się niewiele, bo zaledwie 25,0%, planktonicznych otwornic i są to wyłącznie osobniki *Globigerina bulloides*. Dalszy spadek ilości planktonu (8,0–12,0%) występuje w biozonie IIIA- $\alpha$ , a jej skład taksonomiczny jest równie ubogi jak biozony poprzedniej. Reprezentowana jest tutaj prawie wyłącznie *Globigerina bulloides*; w jednej próbce pojawia się *Turborotalita quinqueloba*. W obrębie biozony IIIB udział otwornic planktonicznych wynosi 24,0–62,0% i tutaj również reprezentują one jeden takson – *Globigerina bulloides*. Tylko w jednej z próbek śladowo występują osobniki *Velapertina indigena*.

#### BIELSZOWICE7 (ryc. 25-8, tabela 9)

Udział otwornic planktonicznych w obrębie biozony IIA-B waha się od 16,0% do 47,0%, a liczba taksonów w części niższej jest nieco mniejsza (4–7) niż w części górnej (w której we wszystkich próbkach występuje siedem taksonów). W niższej części tej biozony dominują *Globigerina bulloides* i *Globigerinoides quadrilobatus*, a osobniki *Globoquadrina* s.l. osiągają tutaj swoje najliczniejsze skupienia w profilu (do 28,7%). W wyższej części tej biozony dominującą rolę odgrywają *Orbulina suturalis* i *Globigerinoides quadrilobatus*. Podobnie jak w jej niższej części, znaczący udział mają tutaj *Globigerina bulloides*, *Globorotalia praescitula*, *Globorotalia mayeri* oraz niewielki *Globigerinella obesa* i *Globoquadrina* s.l.



Ryc. 25-8. Pionowa zmienność fauny planktonicznych otwornic w profilu BIELSZOWICE7. Objasnienia jak do ryc. 25-1.

Fig. 25-8. Down-core variation in planktonic foraminiferal fauna of the BIELSZOWICE7 section. Explanation as in Fig. 25-1.



Tabela 9. Udział procentowy taksonów otwornic planktonicznych w profilu BIELSZOWICE7. Indeks cyfrowy taksonu jak w tabeli 1.

Table 9. Percentage of planktonic foraminiferal taxa in the BIELSZOWICE7 section. Taxa index as in Table 1.

| Głębokość<br>Depth | G. praescitula | G. mayeri | Dentoglobigerina<br>Globoquadrina | V. indigena | G. bulloides | G. obesa | G. quadrilobatus | T. quinqueloba | Orbulina | Liczba osobników<br>Number of specimens | Zespół otwornicowy<br>Foraminiferal assemblage |
|--------------------|----------------|-----------|-----------------------------------|-------------|--------------|----------|------------------|----------------|----------|---|--|
|                    | 1              | 2         | 3                                 | 4           | 5            | 6        | 7                | 8              | 9        |   |  |
| 80,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 3                                       | IID  |
| 83,0               | 6,6            |           |                                   |             | 84,7         |          | 8,8              |                |          | 137                                     |  |
| 86,0               |                |           |                                   |             | 74,2         |          | 21,2             |                | 4,5      | 66                                      |  |
| 86,8               |                |           |                                   |             | 99,2         |          | 0,8              |                |          | 253                                     |  |
| 89,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 139                                     |  |
| 90,9               |                |           | 1,1                               |             | 91,4         |          | 7,5              |                |          | 93                                      |  |
| 93,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 64                                      |  |
| 95,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 628                                     |  |
| 96,0               |                | 2,5       | 7,4                               |             | 55,6         |          | 23,5             |                | 11,1     | 81                                      | IIβ  |
| 97,0               | 1,4            | 2,8       | 1,4                               |             | 4,2          |          | 35,2             |                | 54,9     | 71                                      |  |
| 100,0              | 2,1            | 15,8      | 7,4                               |             | 9,5          | 3,2      | 28,9             |                | 33,2     | 190                                     | IIA-B  |
| 103,0              | 5,9            | 7,4       | 5,9                               |             | 19,1         | 5,9      | 25,0             |                | 30,9     | 68                                      |  |
| 105,0              | 45,3           | 10,9      | 0,7                               |             | 20,4         | 6,6      | 11,7             |                | 4,4      | 137                                     |  |
| 106,0              | 8,6            | 5,7       | 7,1                               |             | 70,0         |          | 7,1              |                | 1,4      | 70                                      |  |
| 107,0              | 6,0            | 21,1      | 28,7                              |             | 15,1         | 1,6      | 21,1             |                | 6,4      | 251                                     |  |
| 109,0              |                | 2,2       | 8,7                               |             | 73,9         |          | 15,2             |                |          | 46                                      |  |
| 112,0              | 6,8            | 13,6      |                                   |             | 25,4         |          | 54,2             |                |          | 59                                      |  |

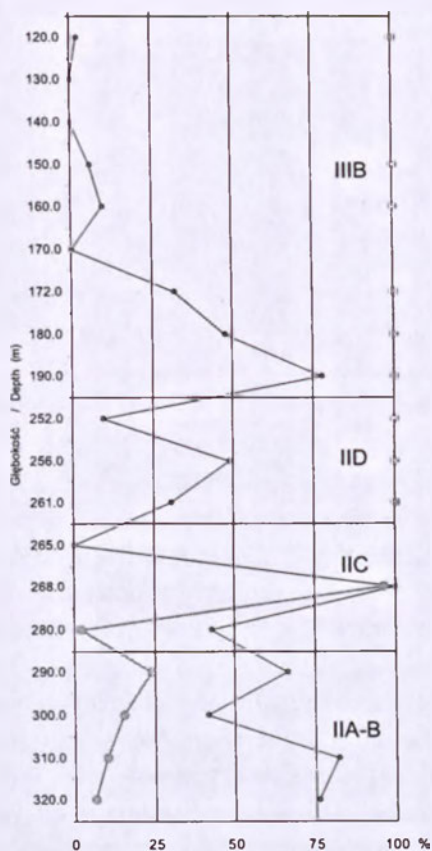
W biozonie IIβ udział otwornic planktonicznych stanowi 29,0–37,0%, a liczba taksonów wynosi 5–6. Skład taksonomiczny niższej części tej biozony jest podobny jak w wyższej części biozony IIA-B; dominującą rolę odgrywają tutaj *Orbulina suturalis* i *Globigerinoides quadrilobatus*. Wyższa część biozony IIβ charakteryzuje się dominacją *Globigerina bulloides* i znacznym udziałem *Globigerinoides quadrilobatus*. Ponadto są tutaj obecne *Globorotalia praescitula*, *Globorotalia mayeri* i *Globoquadrina* s.l., jednak udział tych taksonów jest niewielki.

W biozonie IID otwornice planktoniczne stanowią od 1,0% do 86,0% i występuje tylko 1–3 taksonów. We wszystkich próbkach dominuje *Globigerina bulloides* – i w wielu próbkach reprezentowany jest tylko ten jeden takson. W niektórych próbkach występują również w niewielkiej liczbie *Globorotalia praescitula*, *Globoquadrina* s.l., *Globigerinoides quadrilobatus* i *Orbulina suturalis*.

## PILCHOWICE1 (ryc. 25-9, tabela 10)

W obrębie biozony IIA-B udział otwornic planktonicznych waha się od 41,0% do 82,0% a liczba taksonów wynosi 4–7. Dominują tutaj *Globorotalia*. W najniższej części oraz w części najwyższej tej biozony są to osobniki *G. praescitula*, podczas gdy w części środkowej dominuje *Globorotalia mayeri*. We wszystkich próbkach tej biozony obecna jest *Globigerina bulloides* oraz *Globigerinoides quadrilobatus*. Pierwszy z tych taksonów jest na ogół licznie reprezentowany, a drugi występuje akcesorycznie, tylko w jednej próbce jego osobniki stanowią 19,6% zespołu. Również *Orbulina suturalis*, przeważnie nielicznie tutaj reprezentowana, stanowi w jednej z próbek 19,5% osobników. *Globigerinella obesa* występuje dość licznie w środkowej części biozony.

Biozona IIC wykazuje dwudzielność, jeśli chodzi o skład taksonomiczny fauny planktonicznej. W niższej części dominuje *Globorotalia mayeri*, a *Globorotalia praescitula* jest tutaj licznie reprezentowana. Występują ponadto w niewielkiej liczbie *Globigerinoides quadrilobatus* oraz *Globigerina bulloides*. Głównym składnikiem



Ryc. 25-9. Pionowa zmienność fauny planktonicznych otwornic w profilu PILCHOWICE1. Objasnienia jak do ryc. 25-1.

Fig. 25-9. Down-core variation in planktonic foraminiferal fauna of the PILCHOWICE1 section. Explanation as in Fig. 25-1.

Tabela 10. Udział procentowy taksonów otwornic planktonicznych w profilu PILCHOWICE1. Indeks cyfrowy taksonu jak w tabeli 1.

Table 10. Percentage of planktonic foraminiferal taxa in the PILCHOWICE1 section. Taxa index as in Table 1.

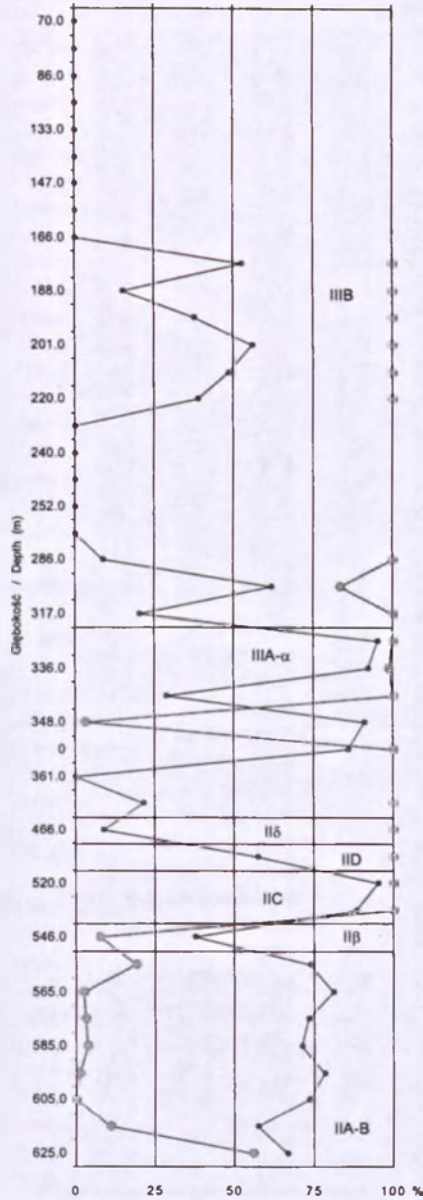
| Głębokość<br>Depth | G. praescitula | G. mayeri | Dentoglobigerina<br>Globoquadrina | V. indigena | G. bulloides | G. obesa | G. quadrilobatus | T. quinqueloba | Orbulina | Liczba osobników<br>Number of specimens | Zespół otwornicowy<br>Foraminiferal assemblage |
|--------------------|----------------|-----------|-----------------------------------|-------------|--------------|----------|------------------|----------------|----------|---|--|
|                    | 1              | 2         | 3                                 | 4           | 5            | 6        | 7                | 8              | 9        |   |  |
| 120,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 8                                       | IIIB   |
| 150,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 21                                      |  |
| 160,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 52                                      |  |
| 172,0              |                |           |                                   |             | 0,3          |          |                  | 99,7           |          | 316                                     |  |
| 180,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 385                                     |  |
| 190,0              |                |           |                                   |             | 92,8         |          |                  | 7,2            |          | 970                                     |  |
| 252,0              |                |           |                                   |             |              |          |                  | 100,0          |          | 63                                      | IID  |
| 256,0              |                |           |                                   |             | 62,9         |          |                  | 37,1           |          | 437                                     |  |
| 261,0              |                |           |                                   |             | 18,5         |          |                  | 81,5           |          | 184                                     |  |
| 268,0              | 3,9            |           |                                   |             | 96,1         |          |                  |                |          | 306                                     | IIC  |
| 280,0              | 34,3           | 61,8      |                                   |             | 2,1          |          | 1,8              |                |          | 280                                     |  |
| 290,0              | 67,4           |           | 0,8                               |             | 23,9         |          | 1,3              |                | 6,6      | 742                                     | IIA-B  |
| 300,0              | 1,6            | 55,1      | 1,1                               |             | 15,1         | 6,5      | 1,1              |                | 19,5     | 185                                     |  |
| 310,0              |                | 64,7      |                                   |             | 9,8          | 5,9      | 19,6             |                |          | 510                                     |  |
| 320,0              | 89,5           | 3,5       |                                   |             | 5,6          |          | 0,3              | 0,6            | 0,5      | 659                                     |  |

wyższej części tej biozony jest *Globigerina bulloides*, a ponadto akcesorycznie reprezentowana jest *Globorotalia praescitula*.

Stan planktonu otwornicowego w biozonach IID oraz IIIB jest w tym profilu bardzo podobny. Występują tutaj tylko dwa taksony: *Globigerina bulloides* i *Turborotalita quinqueloba*. Osobniki *Globigerina bulloides* dominują, bądź stanowią całość planktonu w większości próbek, natomiast *Turborotalita quinqueloba* jest taksonem dominującym tylko w kilku z nich.

#### PILCHOWICE10 (ryc. 25-10, tabela 11)

W obrębie biozony IIA-B liczebność planktonu waha się od 57,0% do 81,0%, a liczba taksonów wynosi 3–6. Dominują tutaj osobniki z rodzaju *Globorotalia* – w części niższej biozony oraz w części najwyższej są to *Globorotalia praescitula*, a w części środkowej *Globorotalia mayeri*. W niższej części biozony dosyć licznie jest reprezentowany *Globigerinoides quadrilobatus*. Spośród innych występujących tutaj taksonów, *Globigerina bulloides* ma znaczny udział w najniższej części profilu, podobnie jak *Turborotalita quinqueloba*. W niektórych próbkach akcesorycznie występuje *Globoquadrina* s.l., *Globigerinella obesa* i *Orbulina suturalis*, której udział wzrasta do 15,7% w stropowej części biozony.



Ryc. 25-10. Pionowa zmienność fauny planktonicznych otwornic w profilu PILCHOWICE10. Objasnienia jak do ryc. 25-1.

Fig. 25-10. Down-core variation in planktonic foraminiferal fauna of the PILCHOWICE10 section. Explanation as in Fig. 25-1.

Biozona II $\beta$  ma dwa dominujące taksony: *Globorotalia praescitula* i *Globorotalia mayeri* oraz niewielki udział *Globigerina bulloides*, *Globigerinoides quadrilobatus*, *Orbulina suturalis*.

W obrębie biozony IIC, IID oraz II $\delta$  reprezentowany jest tylko jeden takson – *Glo-*

Tabela 11. Udział procentowy taksonów otwornic planktonicznych w profilu PILCHOWICE10. Indeks cyfrowy taksonu jak w tabeli 1.

Table 11. Percentage of planktonic foraminiferal taxa in the PILCHOWICE10 section. Taxa index as in Table 1.

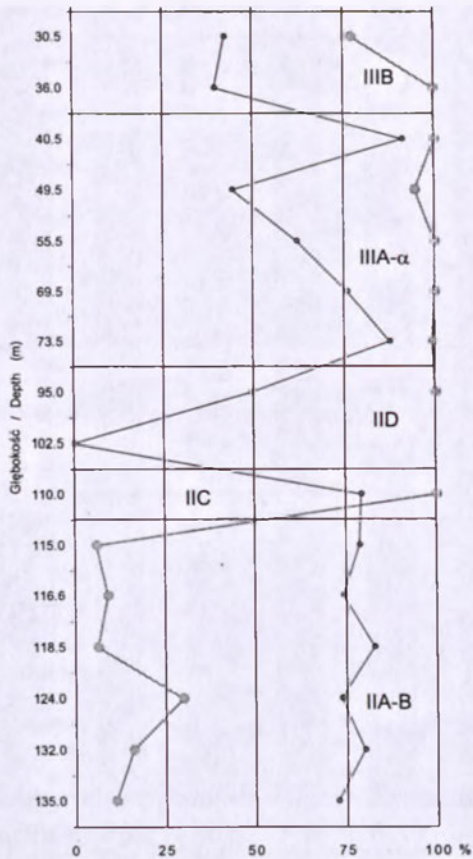
| Głębokość<br>Depth | G. praescitula | G. mayeri | Dentoglobigerina<br>Globoquadrina | V. indigena | G. bulloides | G. obesa | G. quadrilobatus | T. quinqueloba | Orbulina | Liczba osobników<br>Number of specimens | Zespół otwornicowy<br>Foraminiferal assemblage |
|--------------------|----------------|-----------|-----------------------------------|-------------|--------------|----------|------------------|----------------|----------|---|--|
|                    | 1              | 2         | 3                                 | 4           | 5            | 6        | 7                | 8              | 9        |   |  |
| 173,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 398                                     | IIIB   |
| 188,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          |   |  |
| 195,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          |   |  |
| 201,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          |   |  |
| 208,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          |   |  |
| 220,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          |   |  |
| 286,0              |                |           |                                   |             | 75,0         |          | 25,0             |                |          |   |  |
| 304,0              |                |           |                                   | 16,6        | 83,4         |          |                  |                |          |   |  |
| 317,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                | 78       |   |  |
| 330,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                | 280      | IIIA-α                                  |  |
| 336,0              |                |           |                                   | 1,1         | 98,9         |          |                  |                | 190      |   |  |
| 342,0              |                |           |                                   |             |              |          | 100,0            |                | 86       |   |  |
| 348,0              |                |           |                                   |             | 0,5          |          | 97,0             | 2,5            | 201      |   |  |
| 354,0              |                |           |                                   |             | 1,3          |          |                  | 98,7           | 79       |   |  |
| 379,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                | 10       |   |  |
| 466,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                | 10       | IIδ                                     |  |
| 502,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                | 430      | IID                                     |  |
| 520,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                | 536      | IIC                                     |  |
| 528,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                | 367      |   |  |
| 546,0              | 53,3           | 35,5      |                                   |             | 7,5          |          | 2,8              |                | 0,9      | 107                                     | IIβ  |
| 554,0              | 63,6           | 1,7       |                                   |             | 19,1         |          |                  |                | 15,7     | 472                                     | II A-B   |
| 565,0              |                | 96,2      |                                   |             | 0,5          | 1,4      |                  | 1,9            |          |   |  |
| 575,0              |                | 95,2      |                                   |             | 3,0          |          | 1,7              |                |          |   |  |
| 585,0              |                | 87,7      |                                   |             | 3,4          |          | 8,6              | 0,3            |          |   |  |
| 595,0              | 72,4           | 9,2       |                                   |             | 1,3          | 3,8      | 12,8             |                | 0,5      |   |  |
| 605,0              | 69,2           | 2,0       |                                   |             |              | 0,8      | 23,6             |                | 4,5      |   |  |
| 615,0              | 87,0           | 0,5       |                                   |             | 10,8         | 0,3      | 0,7              |                | 0,7      |   |  |
| 625,0              | 14,7           | 13,8      | 1,8                               |             | 38,1         |          | 13,8             | 17,9           |          |   |  |

*bigerina bulloides*. W wyższych częściach profilu (biozona IIIA-α i IIIB) występują cztery taksony: *Globigerina bulloides*, *Turborotalita quinqueloba*, *Globigerinoides quadrilobatus* oraz *Velapertina indigena*. W poszczególnych próbkach obecny jest przeważnie tylko jeden z nich – w większości prób jest to *Globigerina bulloides*. Tylko w jednej próbce występuje prawie wyłącznie *Globigerinoides quadrilobatus*, a w dwu innych *Turborotalita quinqueloba*.

## WILCZA1 (ryc. 25-11, tabela 12)

Udział form planktonicznych w obrębie biozony IIA-B waha się od 72,0% do 83,0%, a liczba taksonów wynosi 4–7. Dominuje tutaj *Globorotalia praescitula* oraz *Globigerinoides quadrilobatus*. Znaczny udział *Globorotalia mayeri* stwierdzono w najniższej i najwyższej części biozony, podczas gdy *Orbulina suturalis* reprezentowana jest licznie w części środkowej tej biozony. *Globigerina bulloides* występuje we wszystkich próbkach, a w większej ilości (do 29,6%) występuje w niższej części biozony. Obecność *Globigerinella obesa* i *Globorotalia mayeri* ogranicza się do najniższej i najwyższej części biozony. *Globoquadrina* s.l. występują na ogół w bardzo niewielkiej liczbie; tylko w jednej próbce ich udział jest znaczny.

Skład planktonu otwornicowego w biozonach IIC, IID oraz IIIA- $\alpha$  jest bardzo podobny. Udział otwornic planktonicznych wynosi 39,0–91,0% i reprezentowane są one tutaj praktycznie tylko przez jeden takson – *Globigerina bulloides*. W dwu próbkach biozony IIIA- $\alpha$  stwierdzono ponadto śladowy udział *Globorotalia praescitula*, *Vela-*



Ryc. 25-11. Pionowa zmienność fauny planktonicznych otwornic w profilu WILCZA1. Objasnienia jak do ryc. 25-1.

Fig. 25-11. Down-core variation in planktonic foraminiferal fauna of the WILCZA1 section. Explanation as in Fig. 25-1.

Tabela 12. Udział procentowy taksonów otwornic planktonicznych w profilu WILCZA1. Indeks cyfrowy taksonu jak w tabeli 1.

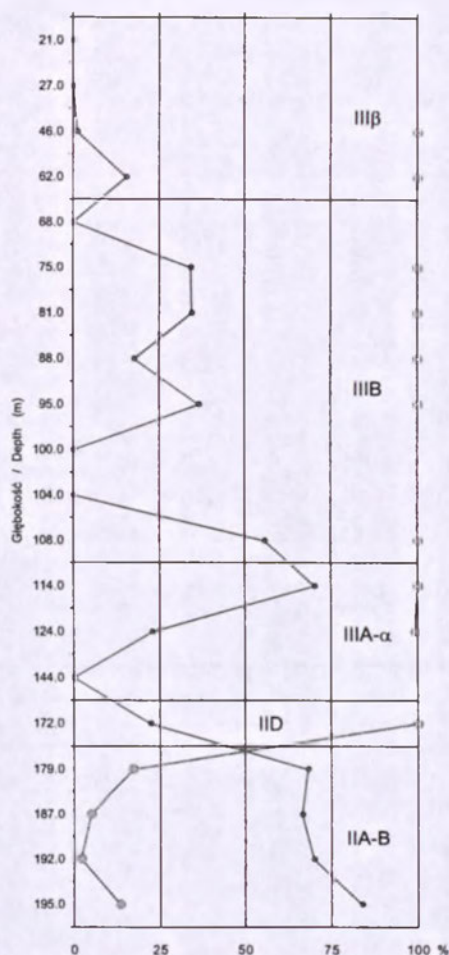
Table 12. Percentage of planktonic foraminiferal taxa in the WILCZA1 section. Taxa index as in Table 1.

| Głębokość<br>Depth | G. praescitula | G. mayeri | Dentoglobigerina<br>Globoquadrina | V. indigena | G. bulloides | G. obesa | G. quadrilobatus | T. quinqueloba | Orbulina | Liczba osobników<br>Number of specimens | Zespół otwornicowy<br>Foraminiferal assemblage |
|--------------------|----------------|-----------|-----------------------------------|-------------|--------------|----------|------------------|----------------|----------|---|--|
|                    | 1              | 2         | 3                                 | 4           | 5            | 6        | 7                | 8              | 9        |   |  |
| 30,5               |                |           |                                   | 22,7        | 55,7         |          |                  | 21,6           |          | 348                                     | IIIB   |
| 36,0               |                |           |                                   | 0,2         | 99,8         |          |                  |                |          | 541                                     |  |
| 40,5               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 1890                                    | IIIA-α   |
| 49,5               | 0,9            |           |                                   | 1,8         | 92,7         |          | 0,9              | 1,8            | 1,8      | 109                                     |  |
| 55,5               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 270                                     |  |
| 69,5               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 206                                     |  |
| 73,5               |                |           |                                   | 0,7         | 99,3         |          |                  |                |          | 725                                     |  |
| 95,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 495                                     | IID  |
| 110,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 765                                     | IIC  |
| 115,0              | 42,2           | 11,5      | 0,9                               |             | 6,0          | 10,4     | 27,6             |                | 1,4      | 1043                                    | IIA-B  |
| 116,6              | 30,3           | 6,9       | 3,8                               |             | 9,0          | 3,3      | 16,5             |                | 30,3     | 611                                     |  |
| 118,5              | 36,6           |           |                                   |             | 6,3          |          | 39,4             |                | 17,7     | 711                                     |  |
| 124,0              | 19,8           |           | 13,0                              |             | 29,6         |          | 11,0             |                | 26,7     | 911                                     |  |
| 132,0              | 23,6           | 39,4      |                                   |             | 15,7         | 7,9      | 13,4             |                |          | 1143                                    |  |
| 135,0              | 23,5           | 22,1      | 1,2                               |             | 11,2         | 1,5      | 34,0             |                | 6,6      | 412                                     |  |

*pertina indigena*, *Turborotalita quinqueloba* oraz *Orbulina suturalis*. W najmłodszej z tych trzech biozon udział otwornic planktonicznych jest zdecydowanie mniejszy niż w pozostałych, i wynosi 39,0–42,0%. Dominującym taksonem pozostaje nadal *Globigerina bulloides*. W jednej próbce, obok niej, reprezentowana jest licznie *Velapertina indigena* i *Turborotalita quinqueloba*.

#### SZCZYGŁOWICE16D (ryc. 25-12, tabela 13)

W biozonie IIA-B udział form planktonicznych wynosi 66,0–84,0% i występuje tutaj 4–7 taksonów. W niższej części biozony dominuje *Globorotalia mayeri*, a w części wyższej *Globorotalia praescitula*. We wszystkich próbkach stwierdzono umiarkowany udział *Globigerinoides quadrilobatus* – tylko w jednej próbce osiąga on 41,3% zespołu. Osobniki *Orbulina suturalis* występują tylko w niektórych próbkach i wtedy stanowią w nich znaczną część zespołu (do 47,7%). W tej biozonie występują ponadto w niewielkiej liczbie *Globoquadrina* s.l., *Globorotalia obesa* i *Turborotalita quinqueloba*. W pozostałych biozonach tego profilu (od IID do IIIβ) występują wyłącznie osobniki *Globigerina bulloides* i *Turborotalita quinqueloba*.



Ryc. 25-12. Pionowa zmienność fauny planktonicznych otwornic w profilu SZCZYGLÓWICE16D. Objaśnienia jak do ryc. 25-1.

Fig. 25-12. Down-core variation in planktonic foraminiferal fauna of the SZCZYGLÓWICE16D section. Explanation as in Fig. 25-1.

#### SUMINA2 (ryc. 25-13, tabela 14)

Udział otwornic planktonicznych w biozonie IIA-B wynosi 60,0–89,0%. Występuje tutaj 4–7 taksonów. Dominują *Globorotalia* – w najniższej i najwyższej części tej biozony są to *Globorotalia mayeri*, a w części środkowej *G. praescitula*. We wszystkich próbkach występują nieliczne *Globigerinoides quadrilobatus* i *Globigerina bulloides*, a tylko w jednej próbce osiągają one znaczący udział w zespole. *Orbulina suturalis* jest praktycznie nieobecna w tej biozonie – wyjątek stanowi jedna próbka, gdzie pojawia się znaczna liczba osobników tego taksonu. *Globoquadrina* s.l., *Globigerinella obesa* oraz *Turborotalita quinqueloba* są tutaj reprezentowane akcesorycznie.

Skład gatunkowy otwornic planktonicznych w obrębie biozonie IIβ i IID nie wykazuje żadnej regularności. W tej części profilu występuje 3–6 taksonów, ale tylko dwa



Tabela 13. Udział procentowy taksonów otwornic planktonicznych w profilu SZCZYGLÓWICE16D. Indeks cyfrowy taksonu jak w tabeli 1.

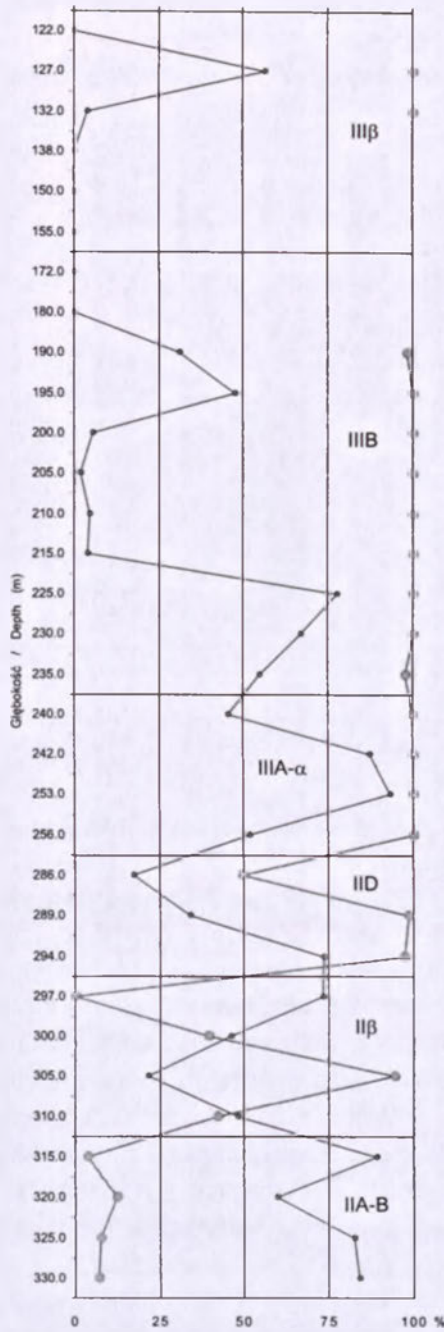
Table 13. Percentage of planktonic foraminiferal taxa in the SZCZYGLÓWICE16D section. Taxa index as in Table 1

| Głębokość<br>Depth | G. praescitula | G. mayeri | Dentoglobigerina<br>Globoquadrina | V. indigena | G. bulloides | G. obesa | G. quadrilobatus | T. quinqueloba | Orbulina | Liczba osobników<br>Number of specimens | Zespół otwornicowy<br>Foraminiferal assemblage |
|--------------------|----------------|-----------|-----------------------------------|-------------|--------------|----------|------------------|----------------|----------|---|--|
|                    | 1              | 2         | 3                                 | 4           | 5            | 6        | 7                | 8              | 9        |   |  |
| 46,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 4                                       | IIIβ   |
| 62,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 55                                      |  |
| 75,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 162                                     | IIIB   |
| 81,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 79                                      |  |
| 88,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 92                                      |  |
| 95,0               |                |           |                                   |             | 96,1         |          |                  | 3,9            |          | 153                                     |  |
| 108,0              |                |           |                                   |             | 98,9         |          |                  | 1,5            |          | 523                                     |  |
| 114,0              |                |           |                                   |             | 90,6         |          |                  | 9,4            |          | 692                                     | IIA-α  |
| 124,0              | 1,0            |           |                                   |             |              |          |                  | 99,0           |          | 103                                     |  |
| 172,0              |                |           |                                   |             | 5,1          |          |                  | 94,9           |          | 137                                     | IID  |
| 179,0              | 54,7           |           | 0,6                               |             | 17,2         | 1,4      | 15,4             |                | 10,7     | 494                                     | IIA-B  |
| 187,0              | 45,7           | 6,4       |                                   |             | 2,2          | 1,8      | 41,3             | 2,6            |          | 823                                     |  |
| 192,0              |                | 43,3      |                                   |             | 2,1          |          | 6,8              |                | 47,7     | 660                                     |  |
| 195,0              | 13,2           | 50,5      | 1,0                               |             | 6,2          | 3,7      | 18,1             | 7,2            |          | 1158                                    |  |

z nich reprezentowane są niemal we wszystkich próbkach. Są to *Globorotalia praescitula* i *Globigerinoides quadrilobatus*. Ich udział w zespole charakteryzuje się bardzo dużymi wahaniami: *Globorotalia praescitula* stanowi od 1,5% do 98,4%, a *Globigerinoides quadrilobatus* od 0,5% do 21,3%. Dwa inne taksony licznie występujące w obrębie tych biozon, to *Globigerina bulloides* oraz *Turborotalita quinqueloba*; również ich udziały podlegają tutaj dużym wahaniom. *Orbulina suturalis* nie występuje w większości próbek, ale w jednej z nich osobniki tego taksonu mają znaczący udział (58,2%). W biozonach IIIA-α, IIIB oraz IIIβ plankton otwornicowy składa się praktycznie z dwu taksonów: *Globigerina bulloides* i *Turborotalita quinqueloba*, przy czym w większości próbek dominuje pierwszy z tych taksonów. W omawianych, najmłodszych biozonach profilu sporadycznie występują śladowe ilości *Globorotalia praescitula*, *Velapertina indigena* oraz *Globigerinella obesa*.

#### ŻORY4 (ryc. 25-14, tabela 15)

W biozonie IIA-B udział otwornic planktonicznych waha się od 47,0–96,0% a liczba taksonów od 3 do 6. W dolnej części tej biozony dominują *Globorotalia*. W pewnych próbkach jest to *Globorotalia praescitula*, a w innych *Globorotalia mayeri*. W wyższej części tej biozony dominującym taksonem staje się *Globigerinoides quadrilobatus*. Inne obecne w tej części profilu taksony charakteryzują się bardzo dużą



Ryc. 25-13. Pionowa zmienność fauny planktonicznych otwornic w profilu SUMINA2. Objaśnienia jak do ryc. 25-1.

Fig. 25-13. Down-core variation in planktonic foraminiferal fauna of the SUMINA2 section. Explanation as in Fig. 25-1.

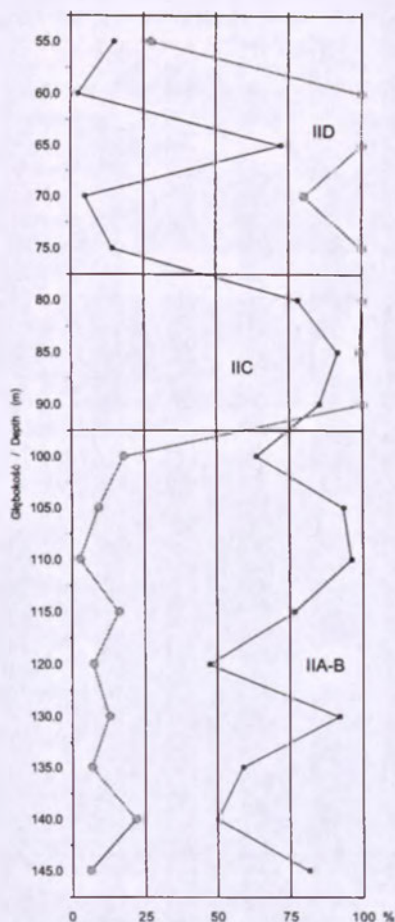
Tabela 14. Udział procentowy taksonów otwornic planktonicznych w profilu SUMINA2. Indeks cyfrowy taksonu jak w tabeli 1.

Table 14. Percentage of planktonic foraminiferal taxa in the SUMINA2 section. Taxa index as in Table 1.

| Głębokość<br>Depth | G. praescitula | G. mayeri | Dentoglobigerina<br>Globoquadrina | V. indigena | G. bulloides | G. obesa | G. quadrilobatus | T. quinqueloba | Orbulina | Liczba osobników<br>Number of specimens | Zespół otwornicowy<br>Foraminiferal assemblage |
|--------------------|----------------|-----------|-----------------------------------|-------------|--------------|----------|------------------|----------------|----------|---|--|
|                    | 1              | 2         | 3                                 | 4           | 5            | 6        | 7                | 8              | 9        |   |  |
| 127,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 268                                     | IIIβ   |
| 132,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          |   |  |
| 190,0              | 0,9            |           |                                   |             | 98,2         | 0,9      |                  |                |          | 111                                     | IIIB   |
| 195,0              |                |           |                                   |             | 96,7         |          |                  | 3,3            |          | 244                                     |  |
| 200,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 19                                      |  |
| 205,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 10                                      |  |
| 210,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 8                                       |  |
| 215,0              |                |           |                                   |             | 92,3         |          |                  | 7,7            |          | 13                                      |  |
| 225,0              |                |           |                                   |             | 3,5          |          |                  | 96,5           |          | 1710                                    |  |
| 230,0              |                |           |                                   |             |              |          |                  | 100,0          |          | 747                                     |  |
| 235,0              |                |           |                                   | 2,3         | 97,7         |          |                  |                |          | 302                                     |  |
| 240,0              |                |           |                                   | 0,2         | 55,1         |          |                  | 44,7           |          | 414                                     | IIIA-α   |
| 242,0              |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 1150                                    |  |
| 253,0              |                |           |                                   |             | 97,6         |          |                  | 2,4            |          | 930                                     |  |
| 256,0              |                |           |                                   |             |              |          |                  | 100,0          |          | 235                                     |  |
| 286,0              | 42,1           |           |                                   |             |              |          | 8,3              | 49,6           |          | 121                                     |  |
| 289,0              |                |           |                                   |             | 3,8          | 0,9      | 0,5              | 94,8           |          | 211                                     | IID  |
| 294,0              | 2,1            |           |                                   |             | 89,7         |          | 0,6              | 7,6            |          | 524                                     |  |
| 297,0              | 94,8           |           | 0,5                               |             |              |          | 4,7              |                |          | 960                                     | IIβ  |
| 300,0              | 1,5            |           |                                   |             |              |          | 1,1              | 39,3           | 58,2     | 275                                     |  |
| 305,0              | 2,4            |           |                                   |             | 94,3         |          | 3,3              |                |          | 123                                     |  |
| 310,0              | 28,9           |           | 3,1                               |             | 11,8         |          | 21,3             | 30,2           | 4,7      | 381                                     |  |
| 315,0              |                | 68,6      | 0,8                               |             | 2,9          | 7,7      | 3,9              | 0,6            | 15,5     | 2362                                    | IIA-B  |
| 320,0              | 64,6           | 4,6       |                                   |             | 12,3         |          | 18,5             |                |          | 650                                     |  |
| 325,0              | 76,0           | 8,0       |                                   |             | 7,1          | 3,0      | 5,4              | 0,5            |          | 1224                                    |  |
| 330,0              |                | 86,5      |                                   |             | 6,3          | 0,5      | 4,5              | 0,5            | 1,8      | 1249                                    |  |

zmiennością liczby osobników. *Globigerina bulloides*, która jest obecna we wszystkich próbkach tej biozony, ma udział od 2,7% do 21,7%. Trzy pozostałe obecne tutaj taksony to: *Globoquadrina* s.l., *Globigerinella obesa*, *Orbulina suturalis* – występują one z reguły sporadycznie i ich udział jest śladowy, tylko w pojedynczych próbkach staje się on bardzo znaczny.

W biozonach IIC i IID plankton otwornicowy jest zdominowany przez *Globigerina bulloides*; tylko w jednej próbce rolę taką przejmują *Globorotalia praescitula*. Sporadycznie występują tutaj także *Globigerinoides quadrilobatus* oraz *Orbulina suturalis*.



Ryc. 25-14. Pionowa zmienność fauny planktonicznych otwornic w profilu ŻORY4. Objasnienia jak do ryc. 25-1.

Fig. 25-14. Down-core variation in planktonic foraminiferal fauna of the ŻORY4 section. Explanation as in Fig. 25-1.

### 3.4 Paleośrodowisko pelagialu

W interpretacjach paleotemperatury opartych na składzie taksonomicznym otwornic planktonicznych wykorzystywane są różnorodne procedury statystyczne, które bazują na udziale procentowym poszczególnych taksonów w zespole (Hecht 1973; Drooger 1982; Van Leeuwen 1989). Podstawową metodą przyjętą w tym opracowaniu jest najprostsza z procedur: analiza udziału procentowego taksonów ciepło- i zimnolubnych (tabela 16). Metodą pomocniczą w interpretacji paleotemperatury jest zróżnicowanie taksonomiczne zespołu. Liczba występujących taksonów jest jedną z metod przedstawiania zróżnicowania taksonomicznego biocenozy. Inne używane w tym celu przeliczniki to: współczynnik Shanona oraz indeks zrównoważenia (ang. equitability

Tabela 15. Udział procentowy taksonów otwornic planktonicznych w profilu ŻORY4. Indeks cyfrowy taksonu jak w tabeli 1.

Table 15. Percentage of planktonic foraminiferal taxa in the ŻORY4 section. Taxa index as in Table 1.

| Głębokość<br>Depth | G. praescitula | G. mayeri | Dentoglobigerina<br>Globoquadrina | V. indigena | G. bulloides | G. obesa | G. quadrilobatus | T. quinqueloba | Orbulina | Liczba osobników<br>Number of specimens | Zespół otwornicowy<br>Foraminiferal assemblage |
|--------------------|----------------|-----------|-----------------------------------|-------------|--------------|----------|------------------|----------------|----------|---|--|
|                    | 1              | 2         | 3                                 | 4           | 5            | 6        | 7                | 8              | 9        |   |  |
| 55,0               | 66,7           |           |                                   |             | 27,5         |          | 3,9              |                | 2,0      | 51                                      | IID  |
| 60,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 9                                       |  |
| 65,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 680                                     |  |
| 70,0               |                |           |                                   |             | 80,0         |          | 20,0             |                |          | 10                                      |  |
| 75,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 37                                      |  |
| 80,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 428                                     | IIC  |
| 85,0               |                |           |                                   |             | 99,2         |          |                  |                | 0,8      | 496                                     |  |
| 90,0               |                |           |                                   |             | 100,0        |          |                  |                |          | 410                                     |  |
| 100,0              | 21,4           |           |                                   |             | 17,7         | 1,4      | 59,5             |                |          | 430                                     | IIA-B  |
| 105,0              | 0,5            |           | 2,1                               |             | 9,2          | 1,4      | 86,5             |                | 0,3      | 763                                     |  |
| 110,0              |                |           | 29,0                              |             | 2,7          | 1,6      | 15,9             |                | 50,8     | 807                                     |  |
| 115,0              | 35,4           | 2,3       |                                   |             | 15,9         | 1,1      | 45,4             |                |          | 560                                     |  |
| 120,0              | 40,0           |           |                                   |             | 7,1          | 42,9     | 10,0             |                |          | 280                                     |  |
| 130,0              |                | 65,5      | 1,9                               |             | 12,7         | 12,7     | 4,1              |                | 3,2      | 632                                     |  |
| 135,0              |                | 58,6      |                                   |             | 6,6          |          | 34,8             |                |          | 365                                     |  |
| 140,0              | 61,8           | 2,2       | 1,1                               |             | 21,7         | 0,5      | 12,6             |                |          | 364                                     |  |
| 145,0              | 81,2           | 2,9       |                                   |             | 5,9          |          | 3,5              |                | 6,5      | 862                                     |  |

index), które uwzględniają nie tylko liczbę taksonów (populacji) w zespole, ale również ilościowe proporcje między nimi (Dodd, Stanton 1981). Zróżnicowanie taksonomiczne wyrażone za pomocą tych dwu ostatnich współczynników dostarcza informacji odnośnie do specyficznych warunków środowiska, „odbiegających” od bardziej ogólnego (globalnego) trendu w ich rozmieszczeniu. Zróżnicowanie taksonomiczne fauny otwornic planktonicznych wyrażone za pomocą liczby gatunków odzwierciedla najbardziej generalną zasadę ich rozmieszczenia – spadek zróżnicowania występujący od niskich ku wysokim szerokościom geograficznym, co jest skorelowane z warunkami termicznymi środowiska. Wskaźnik ten jest więc wyrazem najbardziej ogólnego wzorca obserwowanego w rozmieszczeniu otwornic planktonicznych. Z tego też względu zastosowano ten właśnie wskaźnik, ażeby przedstawić pierwszorzędowe zmiany w paleośrodowisku badenianu. W tym przypadku powoływane są jedynie taksony, dla których wykonano analizę ilościową (tabela 1 – taksony z indeksem cyfrowym). Mają one na ogół rangę gatunku, tylko w odniesieniu do *Globoquadrina* s.l. jest to wyższa ranga taksonomiczna. W interpretacji paleoekologicznej nie brano pod uwagę kilku gatunków występujących sporadycznie i w nieznaczej liczbie osobników (tabela 1 – taksony bez indeksu cyfrowego). Przytaczane zróżnicowanie taksonomiczne ma więc generalne, pierwszorzędowe znaczenie w odniesieniu do interpreto-

wanych cech paleośrodowiska. Zmiany tego wskaźnika, obserwowane w pionowym profilu badenianu, sygnalizują bardzo zasadnicze i fundamentalne przyczyny, a istotą zastosowania tej właśnie metody jest uzyskanie informacji o najbardziej znaczących przemianach środowiska, jakie miały miejsce w ciągu kilku milionów lat badanego odcinka czasu geologicznego.

W odniesieniu do interpretacji głębokości zbiornika, podstawową metodą, zastosowaną w tej pracy, jest współczynnik P/B, czyli procentowy udział planktonu w zespole otwornic, a metodą pomocniczą w tej procedurze jest udział procentowy taksonów zasiedlających głębszą część epipelagialu. Relacja ilościowa pomiędzy planktonicznymi (P) a bentonicznymi (B) otwornicami danego środowiska (współczynnik P/B) jest wyrażana jako względny (procentowy) udział form planktonicznych:  $P / (P + B) \times 100\%$ . Współcześnie, dla poszczególnych stref batymetrycznych współczynnik ten przyjmuje następujące wartości: mniej niż 20,0% dla wewnętrznego szelfu, 10,0–60,0% dla środkowego szelfu, 40,0–70,0% dla zewnętrznego szelfu, ponad 70,0% dla górnego batialu i głębszych stref morza (Murray 1976). Użyteczność tej metody do określania paleobatymetrii jest niekwestionowana (m.in. Van Marle *et al.* 1987; Gibson 1989), chociaż precyzyjne określenie głębokości środowiska na tej podstawie nie jest możliwe, gdyż wymienione interwały głębokości mają bardzo szeroki i zachodzący na siebie zakres współczynnika P/B. Ponadto, na wartość tego współczynnika ma wpływ nie tylko batymetria, chociaż jest ona czynnikiem decydującym. Niebagatelną rolę odgrywa również odległość od linii brzegowej i fizyko-chemiczne właściwości mas wody, jak również sploty podmorskie osadu po pochyłości podłoża, które to procesy powodują przemieszczanie (resedymentację) skorupki otwornic.

W tym opracowaniu, na użytek batymetrycznej interpretacji środowisk badenianu, została wprowadzona modyfikacja wymienionych wyżej wartości współczynnika P/B, która uwzględnia temperaturę epipelagialu. Dla tych części profili, w których występuje zespół zimnolubnego planktonu, zastosowano regułę, że większy udział planktonicznych otwornic (większa wartość współczynnika P/B) został spowodowany nie tyle zwiększoną głębokością zbiornika, co sprawniejszą pionową wymianą wód. Proces ten, dostarczający sole pokarmowe w strefę powierzchniową, daje lepsze warunki rozwoju planktonu niż w analogicznej strefie batymetrycznej wód ciepłych, czyli odznaczających się wyraźnym gradientem termicznym. W tym drugim przypadku, dopływ soli odżywczych do powierzchni bywa utrudniony (a czasami wręcz zahamowany), co stwarza barierę pokarmową dla rozwoju planktonu (i daje relatywny wzrost udziału bentosu). Przedstawiona koncepcja, w odniesieniu do paleobatymetrii środowiska morskiego jest nowatorska i relacje pomiędzy współczynnikiem P/B a głębokością zbiornika są tutaj przyjęte w sposób przybliżony.

Może się zdarzyć, że w zapisie kopalnym występuje zespół otwornic planktonicznych zmieniony w porównaniu do tego, który żył w nadległej toni wody. Przyczyną tych różnic, poza naturalnymi stadiami rozwoju ontogenetycznego (Boltovskoy 1971), są procesy tafonomiczne i biostratonomiczne (Dodd, Stanton 1981). Oddziaływanie dwu ostatnich procesów może być tak radykalne, że zespół kopalny staje się w niewielkim tylko stopniu reprezentantem rzeczywistej asocjacji planktonu danego środo-

wiska. Dlatego przed przystąpieniem do paleoekologicznej interpretacji zespołu należy ocenić, w jakim stopniu zbiór okazów, pochodzący z osadu, został poddany procesom tafonomicznym i biostratonomicznym. Z porównania rozmieszczenia współczesnych populacji *Globigerinina* oraz odpowiadających im zespołów kopalnych wynika, że procesy tafonomiczne w obrębie tej grupy planktonu wynikają w głównej mierze z odporności skorupki poszczególnych taksonów na rozpuszczanie (Berger 1968, 1970; Bé, Tolderlund 1971). Decydującą rolę odgrywa w tym procesie głębokość zbiornika; chodzi o to, czy powierzchnia sedymentacji znajdowała się ponad czy poniżej lizokliny, bądź strefy kompensacji węglanowej (CCD) – krytycznych głębokości oceanicznych w procesie rozpuszczania węgla wapnia, mineralnego budulca skorup otwornic planktonicznych (Lisitzin 1971; Parker 1971; Peterson, Prell 1985). Dla oszacowania stopnia zmian biostratonomicznych brany jest pod uwagę przede wszystkim charakter osadu; w laminowanych sedymentach morza otwartego zmiany są niewielkie, natomiast w gruboklastycznych osadach pochodzenia przybrzeżnego oraz w utworach przemieszczonych (redepozycja, resedymentacja) są one daleko posunięte.

Oszacowanie zmian tafonomicznych opiera się głównie na sprawdzeniu, czy w analizowanym zbiorze otwornic planktonicznych reprezentowane są osobniki taksonów najmniej odpornych na rozpuszczanie: *Globigerinoides* spp., *Orbulina* spp., *Globigerina bulloides*. Zarówno znaczący udział wymienionych indykatorów (tabele 2–15), jak również typ analizowanych osadów badenianu (ryc. 6–19) wskazują, że tafonomiczne i biostratonomiczne procesy nie oddziaływały na oryginalną tanatocenozę planktonu otwornicowego w stopniu dyskwalifikującym paleoekologiczną analizę asocjacji kopalnych. Tak więc zarówno procesy tafonomiczne jak i biostratonomiczne nie stanowią przeszkody dla paleoekologicznej interpretacji badanych zespołów badenianu.

#### **PLAWNIOVICE1** (załącznik 4, ryc. 26, tabela 2, 16, 17)

Skład taksonomiczny i liczebność otwornic planktonicznych tego profilu rejestruje występowanie dwu typów środowiska. W dolnej części (IIA-B, II $\beta$ ) formy ciepłolubne stanowią 59,0–95,0% osobników. Średni udział planktonu w tych biozonach (44,2%, oraz 45,2%) wskazuje, że obszar znajdował się w batymetrycznej strefie środkowego szelfu. W obrębie tego interwału, na granicy wymienionych biozon, następuje radykalny spadek udziału form planktonicznych, charakterystycznych dla głębszej strefy epipelagialu. Chociaż w II $\beta$ , liczba taksonów i osobników otwornic planktonicznych pozostaje taka sama jak w niżej leżącej biozonie (IIA-B), to największy udział przypada tutaj na *Globigerinoides quadrilobatus* – takson zasiedlający płytką strefę pelagialu. Fakt ten wskazywać może na spłylenie środowiska (a co za tym idzie, gorsze warunki rozwoju form planktonu wymagających wód głębszych), bądź na zwiększenie produktywności wód powierzchniowych, spowodowane lepszą niż miało to miejsce w biozonie IIA-B, dostawą substancji odżywczych do powierzchni zbiornika.

W obrębie IID dominuje *Globigerina bulloides*, czyli takson zimnolubny. Średni udział osobników planktonicznych w zespole jest tutaj równie duży jak w niżej leżących biozonach, podlega jednak bardzo znacznym wahaniom (6,0–100,0%). Wy-

Tabela 16. Głębokości siedlisk otwornic planktonicznych (indeks cyfrowy taksonu jak w tabeli 1).

Table 16. Depth of habitats of planktonic foraminifers (taxa index as in Table 1).

| Strefa epipelagialu<br>Dwelling area of<br>epipelagial | Strefy klimatyczne<br>Climatic zones        |  |
|--|---|--|
|  | Chłodna (poniżej 10°C)<br>Cool (below 10°C) | Ciepła (powyżej 18°C)<br>Warm (above 18°C)   |
| Płytką<br>Shallow                                      | <i>Turborotalita quinqueloba</i> (8)        | <i>Globigerinoides quadrilobatus</i> s.l. (7)<br><i>Velapertina indigena</i> (4)   |
| Głębsza<br>Deep  | <i>Globigerina bulloides</i> (5)            | <i>Globigerinella obesa</i> (6)<br><i>Globorotalia mayeri</i> (2)<br><i>Globoquadrina</i> spp. (3)<br><i>Dentoglobigerina altispira</i> (3)<br><i>Orbulina</i> spp. (9)<br><i>Globorotalia praescitula</i> (1) |

daje się, że ich przyczyną nie były zmiany batymetrii zbiornika, lecz najprawdopodobniej niestabilność warunków.

Biozony IIδ oraz IIIB tego profilu charakteryzują się obecnością wyłącznie osobników *Globigerina bulloides*. Udział planktonu utrzymuje się tutaj na skrajnie niskim poziomie (około 1,0%), co wskazuje na strefę przybrzeżną zbiornika.

#### GLIWICE17 (załącznik 4, ryc. 26, tabela 3, 16, 17).

W biozonie IIA-B dominują taksony ciepłolubne, a udział otwornic planktonicznych w jej obrębie wynosi średnio 54,7%. Przeważają wśród nich formy zasiedlające głębszą strefę epipelagialu, co wskazuje na batymetryczną strefę zewnętrznego szelfu i ciepłe wody powierzchniowe.

Zimnolubny plankton dominuje w części wyższej profilu (biozony IIIA-α oraz IIIB). Średnia ilość otwornic planktonicznych wynosi w tych biozonach odpowiednio 13,2% i 21,0%. Te cechy planktonu otwornicowego wskazują na chłodne wody epipelagialu oraz płytką, przybrzeżną strefę wewnętrznego szelfu.

#### GLIWICE19 (załącznik 4, ryc. 26, tabela 4, 16, 17)

W obrębie biozony IIA-B ciepłolubne otwornice planktoniczne stanowią 66,0–96,0% osobników. Są to w większości taksony zasiedlające głębszą strefę epipelagialu. Udział otwornic planktonicznych w tym zespole wynosi średnio 58,0%. Te cechy planktonu otwornicowego wskazują na ciepłe wody epipelagiczne w strefie zewnętrznego szelfu.

W biozonie IIβ występują duże wahania udziału form ciepłolubnych (od 4,0% do 100,0%). W niektórych częściach biozony są one w przeważającej części zastępowane przez taksony zimnolubne. W strefie epipelagicznej zaznaczają się więc niestabilne warunki termiczne, które powodowały okresową dominację form ciepłolubnych bądź zimnolubnych. Udział planktonu w zespole podlega wahanom, chociaż średnia jego ilość utrzymuje się na dość wysokim poziomie (41,0%). Wskazuje to, że – w porów-



naniu do warstw leżących niżej – obszar uległ spłyceciu i znalazł się najprawdopodobniej w strefie środkowego szelfu. W tych częściach biozony, w których dominują formy ciepłolubne, udział taksonów zasiedlających głębszą strefę epipelagialu jest równie wysoki jak w biozonie IIA-B i wynosi 66,0–85,0%.

W obrębie biozony IID przeważają formy zimnolubne, chociaż w dolnej części tej biozony obecny jest jeszcze ciepłolubny plankton otwornicowy. Jest to więc interwał, w którym już zdecydowanie zaznaczył się chłodny stan wód epipelagialu. Średni udział form planktonicznych jest tutaj niższy o około 10,0% w porównaniu do poprzedniej biozony, co jest oznaką spłycecia zbiornika, choć nadal są to liczby wskazujące na strefę środkowego szelfu.

Wyłącznie zimnolubne formy otwornic występują w najmłodszej części tego profilu (biozona IIIA- $\alpha$  oraz IIIB). Wyjątkiem jest tutaj jedna próbka, w której pojawia się *Velapertina indigena* – takson, którego ciepłolubne preferencje przyjęto na podstawie struktury skorupy. Te dwie biozony różnią się znacznie, jeśli chodzi o średni udział planktonu. W biozonie IIIA- $\alpha$  jest on bardzo niewielki (6,1%) i wzrasta w biozonie IIIB (do 28,0%), co wskazuje na pewien niewielki wzrost głębokości środowiska, nadal jednak pozostającego w obrębie płytkiej części szelfu.

#### **GLIWICE24** (załącznik 4, ryc. 26, tabela 5, 16, 17)

W obrębie biozony IIA-B dominują ciepłolubne formy otwornic, a liczba taksonów utrzymuje się na poziomie 6–7. Udział otwornic planktonicznych wynosi tutaj średnio 60,6%, z których większość należy do form zasiedlających głębszą strefę epipelagialu. Dane te wskazują na środowisko ciepłych wód epipelagialu i batymetryczną strefę zewnętrznego szelfu.

Strefa II $\beta$  wykazuje dwudzielność, jeśli chodzi o warunki temperaturowe. Część dolna jest zdominowana przez formy ciepłolubne, co upodabnia ją do niżej leżącej biozony (IIA-B), natomiast w części wyższej obecnych jest od 93,0 do 100,0% form zimnolubnych. Tak więc w obrębie biozony II $\beta$  występuje radykalna zmiana temperatury epipelagialu. Równocześnie z tą zmianą ma miejsce wzrost udziału otwornic planktonicznych – z około 30,0% w części niższej do 60,0% w części wyższej. Średnia ilość otwornic planktonicznych dla tej biozony wynosi 48,2% i można przyjąć, że reprezentuje ona strefę zewnętrznego szelfu. Odnotowany wzrost udziału planktonu w wyższej części tej biozony wynika najprawdopodobniej z oziębienia środowiska. Związana z tym procesem intensywne dostawa substancji odżywczych do warstw epipelagialu powodowała, że fauna planktoniczna, aczkolwiek zubożona taksonomicznie, mogła tworzyć relatywnie większe populacje niż w niższej części tej biozony.

Plankton otwornicowy biozony IID należy do form zimnolubnych. Udział otwornic planktonicznych podlega tutaj znacznym wahaniom, a jego średnia wartość (45,9%) wskazuje na batymetryczną strefę środkowego szelfu.

W biozonach IIIA- $\alpha$  oraz IIIB prawie wszystkie próbki wykazują 100,0% udziału zimnolubnych form planktonu. W odniesieniu do trzech próbek, w których obecne są także pewne taksony ciepłolubne, trudno jednoznacznie powiedzieć, czy przyczyną

| PROFILE SECTIONS | FORMACJA Z GLIWIC<br>GLIWICE FORMATION |                           | FORMACJA Z KRZYŻANOWIC<br>KRZYŻANOWICE FORMATION |  | FORMACJA ZE SKAWINY<br>SKAWINA FORMATION |                  |             |                   |  |  |
|------------------|--|---------------------------|--|--|--|------------------|-------------|-------------------|--|--|
|                  | BIOZONY BIOZONES                       |                           |  | OSADY<br>SALINARNE<br>SALINITY<br>DEPOSITS |  | BIOZONY BIOZONES |             |                   |  |  |
|                  | IIIβ                                   | IIIB                      | IIIA-α   | OSADY<br>SALINARNE<br>SALINITY<br>DEPOSITS | IIδ                                      | II C             | IIβ         | IIA-B             |  |  |
| PLAWNII          | 35,0                                   | 77,5                      | 90,5   | 105,0                                      | 106,5                                    | 124,0            | 134,0       | 148,5             |  |  |
| GLI17            | 12,8                                   | 100,0                     | 110,0 133,8                                      | 168,5                                      |  |                  |             | 249,9             |  |  |
| GLI19            | 14,0                                   | 101,0                     | 129,0  | 165,8                                      |  | 174,1            | 188,2       | 289,0             |  |  |
| GLI24            | 13,3                                   | 97,0                      | 121,8  | 152,0                                      |  | 157,5            | 161,5 165,0 | 213,6             |  |  |
| GLI21            | 17,0                                   | 70,0 89,0                 | 117,3  | 164,6                                      |  | 170,0            | 189,9       | 230,0 240,0 277,0 |  |  |
| KOZŁ2            | 33,0                                   | 79,0                      | 94,0   | 139,0                                      |  |                  |             |                   |  |  |
| OSTRO8           | 118,0                                  | 180,0                     | 215,0  | 243,0                                      |  | 247,0            |             | 249,0 251,5       |  |  |
| BIELSZ7          | 53,0                                   |                           |  | 78,0                                       |  | 95,5             | 96,5 97,5   | 112,8             |  |  |
| PILCH1           | 108,0                                  | 198,5                     | 224,5  | 251,8                                      |  | 263,0            | 270,0 285,0 | 325,2             |  |  |
| PILCH10          | 65,5                                   | 319,0                     | 408,8  | 466,0                                      |  | 498,0            | 540,0       | 627,5             |  |  |
| WILCZA1          | 16,0                                   | 37,0                      | 75,0   | 93,7                                       |  | 106,1            | 113,0       | 136,5             |  |  |
| SZCZ16D          | 20,0                                   | 110,0                     | 146,4  | 169,0                                      |  | 177,5            |             | 196,3             |  |  |
| SUMINA2          | 118,0                                  | 160,0 238,0               | 263,0  | 286,0                                      |  | 295,0            | 312,0       | 334,5             |  |  |
| ŻORY4            | 30,0                                   |                           |  | 47,4                                       |  | 77,5             | 95,0        | 147,0             |  |  |
|                  |  |                           |  |  |  |                  |             |                   |  |  |
|                  | Zimno<br>Cool                          | Umiarkowanie<br>Temperate |  | Niestabilnie<br>Unstable                   |  |                  |             | Ciepło<br>Warm    |  |  |

Ryc. 26-1. Paleotemperatura epipelagialu w obrębie otwornicowych biozon badanianu (patrz załącznik 4), interpretacja na podstawie otwornic planktonicznych. Cyfry oznaczają głębokość spągu poszczególnych wydzielen. Pola białe oznaczają, że biozona nie występuje w danym profilu.

Fig. 26-1. Palaeotemperature-proxy of the Badenian biozones (see Appendix 4), interpretation based on planktonic foraminifers. The numbers show bottom depths of biozones in sections. Unhatched areas represent biozones which are absent in a given section.

| PROFILE SECTIONS | CZWARTORZĘD I FORMACJA Z KĘDZIERZYNA QUATERNARY AND KĘDZIERZYN FRM. |                                    | FORMACJA Z GLIWIC GLIWICE FORMATION |                                | FORMACJA Z KRZYŻANOWIC FORMATION  |       | FORMACJA ZE SKAWINY SKAWINA FORMATION |       |        |       |       |       |     |
|------------------|---|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-----|
|                  | BIOZONY BIOZONES  |                                    | BIOZONY BIOZONES                    |                                | OSADY SALINARNE SALINITY DEPOSITS |       | BIOZONY BIOZONES                      |       |        |       |       |       |     |
|                  |   |                                    |                                     |                                |                                   |       | IIIβ                                  | IIIIB | IIIa-α | IIIβ  | IIIB  | IIC   | IIβ |
| PLAWNII          | 35,0  |                                    | 77,5                                |                                | 90,5                              | 105,0 | 106,5                                 | 124,0 | 134,0  | 148,5 |       |       |     |
| GLI17            | 12,8  |                                    | 100,0                               |                                | 110,0                             | 168,5 |                                       |       |        | 249,9 |       |       |     |
| GLI19            | 14,0  |                                    | 101,0                               |                                | 129,0                             | 165,8 |                                       | 174,1 | 188,2  | 289,0 |       |       |     |
| GLI24            | 13,3  |                                    | 97,0                                |                                | 121,8                             | 152,0 |                                       | 157,5 | 161,5  | 213,6 |       |       |     |
| GLI21            | 17,0  |                                    | 70,0                                |                                | 117,3                             | 164,6 |                                       | 170,0 | 189,9  | 230,0 | 240,0 | 277,0 |     |
| KOZŁ2            | 33,0  |                                    | 79,0                                |                                | 94,0                              | 139,0 |                                       |       |        |       |       |       |     |
| OSTRO8           | 118,0   |                                    | 180,0                               |                                | 215,0                             | 243,0 |                                       | 247,0 |        | 249,0 | 251,5 |       |     |
| BIELSZ7          | 53,0  |                                    |                                     |                                |                                   | 78,0  |                                       | 95,5  | 96,5   | 105,5 | 112,8 |       |     |
| PILCH1           | 108,0   |                                    | 198,5                               |                                | 224,5                             | 251,8 |                                       | 263,0 | 270,0  | 285,0 | 325,2 |       |     |
| PILCH10          | 65,5  |                                    | 319,0                               |                                | 408,8                             | 466,0 | 498,0                                 | 506,0 | 540,0  | 550,0 | 627,5 |       |     |
| WILCZA1          | 16,0  |                                    | 37,0                                |                                | 75,0                              | 93,7  |                                       | 106,1 | 113,0  | 136,5 |       |       |     |
| SZCZ16D          | 20,0  |                                    | 110,0                               |                                | 146,4                             | 169,0 |                                       | 177,5 |        | 196,3 |       |       |     |
| SUMINA2          | 118,0   |                                    | 238,0                               |                                | 263,0                             | 286,0 |                                       | 295,0 | 312,0  | 334,5 |       |       |     |
| ŻORY4            | 30,0  |                                    |                                     |                                |                                   | 47,4  |                                       | 77,5  | 95,0   | 147,0 |       |       |     |
|                  |   |                                    |                                     |                                |                                   |       |                                       |       |        |       |       |       |     |
|                  |   | Strefa przybrzeżna<br>Coastal area |                                     |                                |                                   |       |                                       |       |        |       |       |       |     |
|                  |   |                                    | Wewnętrzny szelf<br>Inner shelf     |                                |                                   |       |                                       |       |        |       |       |       |     |
|                  |   |                                    |                                     | Środkowy szelf<br>Middle shelf |                                   |       |                                       |       |        |       |       |       |     |
|                  |   |                                    |                                     |                                | Zewnętrzny szelf<br>Outer shelf   |       |                                       |       |        |       |       |       |     |
|                  |   |                                    |                                     |                                |                                   |       |                                       |       |        |       |       |       |     |
|                  |   |                                    |                                     |                                |                                   |       |                                       |       |        |       |       |       |     |
|                  |   |                                    |                                     |                                |                                   |       |                                       |       |        |       |       |       |     |
|                  |   |                                    |                                     |                                |                                   |       |                                       |       |        |       |       |       |     |
|                  |   |                                    |                                     |                                |                                   |       |                                       |       |        |       |       |       |     |
|                  |   |                                    |                                     |                                |                                   |       |                                       |       |        |       |       |       |     |
|                  |   |                                    |                                     |                                |                                   |       |                                       |       |        |       |       |       |     |
|                  |   |                                    |                                     |                                |                                   |       |                                       |       |        |       |       |       |     |
|                  |   |                                    |                                     |                                |                                   |       |                                       |       |        |       |       |       |     |
|                  |   |                                    |                                     |                                |                                   |       |                                       |       |        |       |       |       |     |
|                  |   |                                    |                                     |                                |                                   |       |                                       |       |        |       |       |       |     |

Ryc. 26-2. Paleobatymetria środowiska w obrębie otwornicowych biozon badenianu (patrz załącznik 4), interpretacja na podstawie otwornic planktonicznych. Objaśnienia jak do ryc. 26-1.

Fig. 26-2. Palaeobatymetry-proxy of the Badenian biozones (see Appendix 4), interpretation based on planktonic foraminifers. Explanations as to Fig. 26-1.

Tabela 17-1. Udział procentowy otwornic planktonicznych w obrębie biostratigraficznych zespołów badenianu (a – średnia arytmetyczna, b – odchylenie standardowe, c – mediana). Pola zacienione oznaczają obecność próbek złożonych wyłącznie z otwornic planktonicznych.

Table 17-1. Variation in relative abundance of planktonic foraminifers through the biostratigraphic assemblages of Badenian (a – average, b – standard deviation, c – median). Shaded areas represent samples comprising only planktonic foraminifers.

| LITOSTRATYGRAFIA<br>LITHOSTRATIGRAPHY    | ZESPOŁY OTWORNICOWE<br>FORAMINIFERAL<br>ASSEMBLAGES | PROFILE (objaśnienia jak do ryc. 5)<br>SECTIONS (explanations as in Fig. 5) |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      | SUMINA2              | ZORY4                |                     |      |  |   |                     |  |  |                     |  |
|--|---|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|------|--|---|---------------------|--|--|---------------------|--|
|  |   | PLAWN11   | GL117                | GL119                | GL124                | GL121                | KOZŁÓW2              | OSTROP8              | BIELSZ7              | PILCH1               | PILCH10              | WILCZAI              | SZCZ16D              |                      |                      |                     |      |  |   |                     |  |  |                     |  |
| FORMACJA Z GLIWIC<br>SKAWINA FORMATION   | IIIβ  |   |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                     |      |  | 4,12 <sup>a)</sup><br>7,46 <sup>b)</sup><br>0,6 <sup>c)</sup> | 10,1<br>22,7<br>0,0 |  |  |                     |  |
|  | IIIB  | 0,4<br>0,3<br>0,4   | 21,0<br>19,6<br>15,3 | 28,0<br>22,1<br>30,0 | 24,6<br>23,3<br>25,9 | 19,5<br>22,8<br>10,2 | 26,2<br>26,2<br>12,2 | 29,7<br>24,6<br>36,6 |                      |                      | 19,4<br>27,5<br>5,9  | 14,7<br>22,0<br>0,0  | 40,8<br>1,9<br>40,8  | 22,3<br>21,1<br>25,9 | 26,6<br>29,9<br>5,3  |                     |      |  |   |                     |  |  |                     |  |
|  | IIIA-α  | 0,9<br>1,8<br>0,0   | 13,2<br>26,8<br>0,0  | 6,1<br>9,8<br>0,0    | 31,5<br>27,2<br>26,2 | 11,1<br>29,3<br>0,0  | 2,2<br>3,1<br>2,2    | 6,7<br>6,2<br>7,9    |                      |                      |                      | 59,2<br>40,8<br>85,9 | 72,2<br>19,3<br>76,0 | 31,0<br>35,8<br>22,9 | 69,4<br>24,3<br>69,5 |                     |      |  |   |                     |  |  |                     |  |
|  | IIδ   | 1,4   |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      | 8,7                  |                     |      |  |   |                     |  |  |                     |  |
| FORMACJA ZE SKAWINY<br>SKAWINA FORMATION | IID   | 37,6<br>54,0<br>6,8   | 31,7<br>18,5<br>25,5 | 45,9<br>31,3<br>43,3 | 28,4<br>30,2<br>28,4 | 28,4<br>30,2<br>28,4 | 24,7<br>25,7<br>30,0 | 30,4<br>29,4<br>30,4 | 29,4<br>19,7<br>30,4 | 57,5<br>34,9<br>24,7 | 24,7<br>24,7<br>24,7 | 24,7<br>34,9<br>24,7 | 22,4<br>28,7<br>34,1 | 41,6<br>28,7<br>34,1 | 21,7<br>28,7<br>14,1 |                     |      |  |   |                     |  |  |                     |  |
|  | IIC   |   |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      | 47,6<br>50,2<br>42,7 | 91,7<br>4,9<br>91,7 | 79,4 |  |   |                     |  |  | 84,9<br>6,9<br>85,2 |  |
|  | IIβ   | 45,2<br>1,6<br>45,2   | 41,0<br>18,1<br>42,1 | 48,3<br>19,0<br>49,5 | 19,3                 | 19,3                 |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      | 37,5                |      |  |   |                     |  |  |                     |  |
|  | IIA-B   | 44,2<br>5,4<br>42,3   | 54,7<br>14,2<br>53,5 | 58,0<br>16,0<br>54,2 | 60,6<br>10,1<br>62,7 | 57,4<br>8,6<br>56,7  | 51,2<br>9,9<br>46,6  | 28,2<br>12,6<br>23,1 | 66,3<br>17,8<br>70,9 | 71,9<br>7,3<br>73,5  | 76,9<br>4,1<br>76,4  | 72,0<br>8,0<br>68,9  | 78,7<br>13,0<br>83,1 | 73,1<br>19,0<br>76,5 |                      |                     |      |  |   |                     |  |  |                     |  |

Tabela 17-2. Udział procentowy planktonicznych otwornic ciepłolubnych w obrębie biostratygraficznych zespołów formacji ze Skawiny. Objasnienia jak do tabeli 17-1

Table 17-2. Variation in relative abundance of warm-water planktonic foraminifers through the biostratigraphic assemblages of the Skawina Formation. Explanation as in Table 17-1

| LITOSTRATYGRAFIA<br>SKAWINA ZE SKAWINY<br>LITHOSTRATIGRAPHY | PROFILE (objasnienia jak do ryc. 5)<br>SECTIONS (explanations as in Fig. 5) |         |       |       |       |       |         |         |         |        |         |         |         |         |       |
|---|---|---------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|
|   | ZESPOŁY OTWORNICOWE<br>FORAMINIFERAL<br>ASSEMBLAGES                         | PLAWNII | GLI17 | GLI19 | GLI24 | GLI21 | KOZŁÓW2 | OSTROP8 | BIELSZ7 | PILCHI | PILCH10 | WILCZA1 | SZCZ16D | SUMINA2 | ZORY4 |
| IIB   | 0,0   |         |       |       |       |       |         |         |         | 0,0    | 0,0     | 0,0     | 0,0     |         |       |
|   | 5,6   |         | 13,8  | 1,1   | 2,5   |       |         | 6,3     | 0,0     | 0,0    | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 18,2    | 18,5  |
|   | 9,6   |         | 16,6  | 2,0   | 3,5   |       |         | 9,7     |         |        |         |         |         | 27,9    | 31,4  |
| IIC   | 0,0   |         |       |       |       |       |         | 0,4     | 50,9    | 0,0    | 0,0     | 0,0     |         | 2,7     | 0,0   |
|   |   |         |       |       |       |       |         |         | 66,4    |        |         |         |         |         | 0,3   |
| IIB   | 79,4  |         | 53,3  | 34,0  | 11,3  |       |         | 70,1    | 50,9    | 92,5   |         |         |         | 56,1    | 0,0   |
|   | 10,1  |         | 42,7  | 41,4  |       |       |         | 36,3    |         |        |         |         |         | 38,7    | 0,5   |
|   | 79,4  |         | 52,6  | 6,6   |       |       |         | 70,1    | 50,9    |        |         |         |         | 59,4    | 0,0   |
| IIA-B   | 82,6  | 82,7    | 83,0  | 80,2  | 63,8  |       |         | 57,6    | 86,2    | 88,0   | 87,0    | 90,6    | 92,4    | 92,4    | 88,9  |
|   | 16,6  | 10,4    | 11,3  | 14,2  | 21,1  |       |         | 28,9    | 7,7     | 18,8   | 8,9     | 7,1     | 3,6     | 3,6     | 6,3   |
|   | 88,2  | 83,0    | 88,0  | 79,6  | 65,2  |       |         | 67,8    | 87,5    | 96,6   | 89,9    | 90,9    | 92,8    | 92,8    | 90,8  |

Tabela 17-3. Udział procentowy otwornic planktonicznych, zasiedlających głębsze strefy epipelagialu w obrębie biostratygraficznych zespołów formacji ze Skawiny. Objasnienia jak do tabeli 17-1.

Table 17-3. Variation in relative abundance of deep-dwelling planktonic foraminifers through the biostratigraphic assemblages of the Skawina Formation. Explanation as in Table 17-1.

| LITOSTRATYGRAFIA<br>SKAWINA FORMATION              |        | PROFILE (objasnienia jak do ryc. 5)<br>SECTIONS (explanations as in Fig. 5) |      |      |       |       |         |         |         |        |         |         |         |         |       |
|--|--------|---|------|------|-------|-------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|
| ZESPÓŁ OTWORNICOWE<br>FORAMINIFERAL<br>ASSEMBLAGES |        | PLAWNII   | GL17 | GL19 | GL124 | GL121 | KOZŁÓW2 | OSTROP8 | BIELSZ7 | PILCH1 | PILCH10 | WILCZA1 | SZCZ16D | SUMINA2 | ZORY4 |
| IIIc   | IIIc   | 0,0   |      |      |       |       |         |         |         | 0,0    | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 15,1    | 13,7  |
|  | IIIc   | 5,6   |      | 12,1 | 1,0   | 0,0   |         |         | 1,5     | 0,0    | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 15,1    | 13,7  |
|  | IIIc   | 9,6   |      | 16,7 | 2,0   |       |         |         | 2,6     |        |         |         |         | 23,5    | 30,7  |
| IIIb   | IIIb   | 0,0   |      | 5,7  | 0,0   |       |         |         | 0,0     | 50,0   | 0,0     | 0,0     |         | 2,1     | 0,0   |
|  | IIIb   |   |      |      |       |       |         |         |         | 65,2   |         |         |         |         | 0,3   |
|  | IIIb   |   |      |      |       |       |         |         |         | 50,0   |         |         |         |         | 0,5   |
| IIIA-B   | IIIA-B | 22,8  |      | 39,3 | 20,5  | 1,0   |         |         | 40,8    |        | 89,7    |         |         | 48,5    |       |
|  | IIIA-B | 4,7   |      | 36,1 | 24,1  |       |         |         | 28,0    |        |         |         |         | 39,1    |       |
|  | IIIA-B | 22,8  |      | 28,9 | 5,6   |       |         |         | 40,8    |        |         |         |         | 48,2    |       |
| IIIA-B   | IIIA-B | 57,0  | 69,0 | 59,1 | 66,1  | 39,3  |         | 31,0    | 43,3    | 80,7   | 80,3    | 63,4    | 70,2    | 84,4    | 58,7  |
|  | IIIA-B | 16,2  | 13,6 | 18,2 | 16,4  | 19,0  |         | 16,3    | 24,2    | 10,2   | 21,4    | 8,5     | 15,4    | 10,4    | 30,4  |
|  | IIIA-B | 50,6  | 69,9 | 58,7 | 67,7  | 39,6  |         | 27,3    | 55,9    | 79,3   | 86,8    | 62,9    | 67,9    | 87,9    | 65,7  |

był okresowy napływ fauny ciepłolubnej, czy proces redepozycji. Za drugą z tych hipotez przemawia bardzo niski procentowy udział planktonu w tych próbkach (7,0% i 2,0%), choć w jednym przypadku (101,0 m), udział ten jest znaczny (58,0%). Opierając się na średnim udziale otwornic planktonicznych w tych biozonach (odpowiednio 31,5% i 24,6%), można wnioskować, że w porównaniu do starszych biozon nastąpiło spłylenie środowiska – w tej najmłodszej części profilu rejon znajdował się w strefie środkowego szelfu.

#### **GLIWICE21** (załącznik 4, ryc. 26, tabela 6, 16, 17).

W niższej części biozony IIA-B udział form ciepło- i zimnolubnego planktonu jest w dużym stopniu zrównoważony, z nieznaczną przewagą form ciepłolubnych. W wyższej części tej biozony udział form ciepłolubnych jest już zdecydowanie większy. Na granicy tych dwóch odmiennych temperaturowo interwałów występują próbki, w których nadzwyczaj duży udział mają formy zimnolubne przy jednoczesnym znacznym zwiększeniu się udziału planktonu w profilu; w tych właśnie próbkach osiąga on wartości najwyższe w tej biozonie. W obrębie całej biozony IIA-B udział form planktonicznych wynosi średnio 57,4%, co pozwala wnioskować, że środowisko w tej części profilu znajdowało się w strefie zewnętrznego szelfu.

Dominująca rola planktonu zimnolubnego rozpoczyna się w biozonie II $\beta$  i trwa w kolejnych, młodszych biozonach. Początkowo występuje jeszcze pewien niewielki udział form ciepłolubnych (aż do spągowej części IIIB), jednak ogólnie można stwierdzić, że poczynając od biozony II $\beta$  plankton otwornicowy wskazuje na niskie temperatury epipelagialu.

Niewielka liczba prób w obrębie II $\beta$ , IID i IIIA- $\alpha$ , nie daje gwarancji, że są one w pełni reprezentatywne dla tych biozon. W biozonie II $\beta$  i najniższej części IID udział planktonu jest zdecydowanie mniejszy niż w nadległej i podścielającej części. Można wnioskować, że w tej środkowej części profilu nastąpiło spłylenie środowiska. W wyższej części IID oraz w IIIA- $\alpha$  i najniższej części IIIB ponownie występuje wzrost udziału planktonu. Jednak jest to interwał, w którym próbki z owym większym udziałem otwornic planktonicznych występują pośród próbek całkowicie planktonu pozbawionych. Tak więc należy raczej stwierdzić, że nastąpiło spłylenie zbiornika, a epizodycznie wysokie udziały form planktonicznych mają inną przyczynę niż wzrost głębokości środowiska. W wyższej części IIIB otwornice planktoniczne są już stale obecne w osadach, choć ich udział sukcesywnie się zmniejsza. Średnia wartość udziału form planktonicznych w tej części profilu wynosi 19,5%, co wskazuje, że była to strefa wewnętrznego szelfu.

#### **KOZŁÓW2** (załącznik 4, ryc. 26, tabela 7, 16, 17)

W obydwu biozonach tego profilu występuje wyłącznie plankton zimnolubny. W obrębie IIIA- $\alpha$  udział otwornic planktonicznych w zespole jest niewielki (4,0%), co daje podstawę do interpretacji głębokości zbiornika odpowiadającej skrajnie płytkiej, przybrzeżnej strefie wewnętrznego szelfu. W biozonie IIIB występują duże wa-

hania udziału planktonu, a jego średnia wartość (26,0%) wskazuje na większą głębokość zbiornika niż w poprzedniej biocenozie, jednak nadal w zasięgu szelfu wewnętrznego.

#### **OSTROPA8** (załącznik 4, ryc. 26, tabela 8, 16, 17)

Dominacja form ciepłolubnych występuje w niższej części biozony IIA-B, w której stanowią one 68,0–80,0% zespołu. W wyższej części tej biozony udział form ciepłolubnych jest radykalnie mniejszy (25,0%) i dominującą rolę mają w nim formy zimnolubne. Biozony leżące wyżej zawierają już wyłącznie zimnolubne taksony.

W biozonie IIA-B średni udział otwornic planktonicznych wynosi 51,2%, co wskazuje na umiarkowanie dobre warunki jej rozwoju, najprawdopodobniej w strefie środkowego szelfu. Radykalny spadek udziału planktonu w obrębie IID i IIIA- $\alpha$  (odpowiednio 25,0% i 6,7%) wskazuje na znaczne spłylenie zbiornika w porównaniu do poprzedniej biozony. Oznacza to, że obszar znalazł się w strefie wewnętrznego szelfu. Najmłodsza biozona tego profilu (IIIB) odznacza się ponownym wzrostem udziału planktonu (średnio do 29,7%), co może oznaczać pogłębienie zbiornika; być może do strefy środkowego szelfu.

#### **BIELSZOWICE7** (załącznik 4, ryc. 26, tabela 9, 16, 17)

W obrębie biozony IIA-B oraz niższej części II $\beta$  dominują formy ciepłolubne, jednocześnie w niektórych próbkach niższej części IIA-B ich udział jest niewielki w porównaniu do udziału taksonów zimnolubnych. Wyższa część II $\beta$  oraz biozona IID charakteryzują się dominacją taksonów zimnolubnych. Udział otwornic planktonicznych w tym profilu nie wykazuje zbyt dużego zróżnicowania. We wszystkich biozonach utrzymuje się na poziomie około 30,0%, co wskazuje na płytką część środkowego szelfu.

#### **PILCHOWICE1** (załącznik 4, ryc. 26, tabela 10, 16, 17)

W obrębie biozony IIA-B oraz w dolnej części IIC dominują taksony ciepłolubne. Większość otwornic planktonicznych tego interwału (71,0–96,0%) należy do form zasiedlających głębsze strefy epipelagialu. W wyższej części biozony IIC oraz w biozonach IID i IIIB występuje wyłącznie fauna zimnolubna. Udział form planktonicznych w obrębie biozony IIA-B wynosi średnio 66,3%, co wskazuje na środowisko zewnętrznego szelfu.

W dolnej i górnej części biozony IIC, stwierdzono zdecydowanie odmienne udziały planktonu. Mniejszy udział występuje w próbce, w której dominują formy ciepłolubne, natomiast radykalnie większy (do 100,0%) w próbce, w której równocześnie ma miejsce zastąpienie ciepłolubnego zespołu otwornic przez formy zimnolubne. Wzrost udziału planktonu był w tym przypadku spowodowany poprawą warunków w epipelagialu. Średni udział planktonu w tej biozonie wynosi 47,6%, co wskazuje na obszar zewnętrznego szelfu. Spłylenie środowiska miało miejsce dopiero w biozonie IID, w której średni udział planktonu wynosi 29,4%, czyli jest go zdecydowanie mniej niż



w biozonach starszych. Głębokość zbiornika interpretowana na tej podstawie wskazuje na środkowy szelf.

W biozonie IIIB udział planktonicznych otwornic wynosi średnio 19,4%. Ten spadek, w porównaniu do biozony poprzedniej, wskazuje na radykalne spłylenie środowiska – w tej najmłodszej biozonie miało ono najprawdopodobniej głębokość zaledwie wewnętrznego szelfu.

#### **PILCHOWICE10** (załącznik 4, ryc. 26, tabela 11, 16, 17)

Biozona IIA-B oraz II $\beta$  zawiera formy ciepłolubne, wśród których 30,0–98,0% stanowią taksony głębszej części epipelagialu. Średni udział otwornic planktonicznych w biozonie IIA-B wynosi 71,9% i na tej podstawie głębokość zbiornika może być interpretowana jako górny batiał. W biozonie II $\beta$  udział otwornic jest niewielki (38,0%) i w 90,0% są to formy ciepłolubne głębszej części epipelagialu. Ten niewielki udział planktonu świadczy o niekorzystnych warunkach dla najpłycej żyjącej fauny planktonicznej.

Biozony IIC oraz IID charakteryzują się dużym udziałem form planktonicznych, (średnio wynosi on odpowiednio 91,7% i 57,5%) oraz obecnością wyłącznie form zimnolubnych. Znaczny udział planktonu w tych biozonach (w porównaniu do II $\beta$ ) wynika z oziębienia wód powierzchniowych, ich pionowej wymiany i wynoszenia substancji pokarmowych w strefę pelagialu, co w dalszej konsekwencji wpłynęło na obfity rozwój (zimnolubnego) planktonu. Na podobne warunki środowiskowe – chłodne wody w strefie zewnętrznego szelfu – wskazuje plankton otwornicowy biozony IIIA- $\alpha$ . Zdecydowanie niski (8,7%) udział planktonu w biozonie II $\delta$  wskazuje na znaczny spadek głębokości zbiornika.

Biozona IIIB charakteryzuje się bardzo zróżnicowanymi udziałami planktonu otwornicowego w poszczególnych próbkach. W większości z nich nie jest on w ogóle reprezentowany, a jego średni udział w obrębie biozony (14,7%) wskazuje na płytką strefę wewnętrznego szelfu.

#### **WILCZA1** (załącznik 4, ryc. 26, tabela 12, 16, 17)

W biozonie IIA-B średnia liczebność form planktonicznych w zespole wynosi 76,9%. Występują wśród nich prawie wyłącznie taksony ciepłolubne. Wskazuje to na środowisko ciepłych wód pelagialu i batymetryczną strefę górnego batiału. Równie duży udział planktonu występuje w IIC, jednak w tej młodszej biozonie jest on w całości reprezentowany przez formy zimnolubne. Analogiczny stan planktonu otwornicowego utrzymuje się w nadległych częściach profilu (biozony IID, IIIA- $\alpha$ , IIIB), choć w najmłodszej z nich występuje próbka (30,5 m) z udziałem *Velapertina*. W biozonach IIC i IIIA- $\alpha$  udział planktonu jest bardzo znaczny (79,4% w biozonie IIC, oraz średnio 72,2% w biozonie IIIA- $\alpha$ ), podczas gdy w biozonie IID jego udziały są zdecydowanie mniejsze (średnio 24,7%). W tej wyższej części profilu udział form planktonicznych jest równie wysoki jak w biozonie IIA-B, zważywszy

jednak, iż są to głównie formy zimnolubne, należy przyjąć, że reprezentują one strefę generalnie płytszą niż IIA-B, z maksymalnym spłyleniem zbiornika w obrębie IID.

#### **SZCZYGŁOWICE16D** (załącznik 4, ryc. 26, tabela 13, 16, 17)

W obrębie biozony IIA-B dominują ciepłolubne formy planktonu, a w nadległych częściach profilu taksony zimnolubne. Średni udział otwornic planktonicznych w obrębie biozony IIA-B wynosi 72,0%, z czego można wnioskować, że była to strefa obrzeża zewnętrznego szelfu bądź górnego batialu. W trzech kolejnych, wyżej leżących biozonach (IID, IIIA- $\alpha$ , IIIB) średni udział otwornic planktonicznych waha się od 22,0% do 31,0%. Można wnioskować, że w tej części profilu batymetryczne warunki nie podlegały zbyt dużym wahaniom, a obszar znajdował się w obrębie wewnętrznego szelfu. Znaczące zmniejszenie się liczby osobników planktonicznych występuje dopiero na granicy IIIB i III $\beta$ , co świadczy, że w obrębie III $\beta$  zbiornik był bardzo płytki i obszar znajdował się w pobliżu strefy brzegowej.

#### **SUMINA2** (załącznik 4, ryc. 26, tabela 14, 16, 17)

Otwornicowy plankton biozony IIA-B prawie w całości złożony jest z form ciepłolubnych. W obrębie II $\beta$  i IID ilościowe proporcje pomiędzy ciepło- i zimnolubnym planktonem przedstawiają się bardzo rozmaicie. W jednych próbkach mają one równorzędne udziały, a w innych występuje dominacja jednego z nich, przy czym w profilu nie zaznacza się pod tym względem żaden ukierunkowany trend. Kolejne trzy biozony (IIIA- $\alpha$ , IIIB, III $\beta$ ) zawierają wyłącznie zimnolubny plankton otwornicowy.

Udział otwornic planktonicznych w obrębie biozony IIA-B wynosi średnio 78,7%, co wskazuje na środowisko górnego batialu, lub skrajnie głębokiej strefy szelfu. Udział planktonu jest znacznie niższy w obrębie biozony II $\beta$  i IID, w których jego średnia wartość wynosi odpowiednio 47,1% oraz 41,6%, co odpowiada batymetrycznej strefie środkowego szelfu. Kolejne, wyżej leżące biozony zawierają coraz mniej liczną fauną otwornic planktonicznych, co oznacza sukcesywne spłylenie środowiska aż do strefy przybrzeżnej.

#### **ŻORY4** (załącznik 4, ryc. 26, tabela 15, 16, 17)

Ciepłolubny plankton występuje w obrębie biozony IIA-B, wskazując na wysokie temperatury w strefie epipelagialu. Otwornice planktoniczne stanowią tutaj średnio 73,1% zespołu. Większość z nich to formy zasiedlające głębszą strefę epipelagialu, co wskazuje, że był to krawędziowy obszar zewnętrznego szelfu, w pobliżu granicy z górnym batiałem. W najwyższej części biozony dominujące znaczenie mają formy zasiedlające płytkie strefy epipelagialu, co może wskazywać na spłylenie zbiornika.

W biozonach IIC oraz IID występują taksony zimnolubne. Otwornice planktoniczne stanowią początkowo średnio 84,9% zespołu, a w wyższej części ich udział zmniejsza się do 21,7% (wartość średnia dla biozony IID), co świadczy o spłyleniu środowiska i zmianie warunków środkowego szelfu (IIC) na batymetryczne warunki szelfu wewnętrznego (IID).

## 4. Otwornice bentoniczne

Osady badenianu badanych profili zawierają taksonomicznie zróżnicowaną i licznie reprezentowaną faunę otwornic bentonicznych. Została ona stwierdzona w 412 spośród 414 analizowanych prób (załącznik 2). Występuje 196 taksonów, które należą do podrzędów: Textulariina, Spirillinina, Miliolina, Lagenina, Robertinina, Rotaliina (załącznik 3). Około połowa spośród obecnych gatunków reprezentowana jest przez niewielką, niekiedy wręcz śladową liczbę osobników. Taksony, które w badanym materiale występują w większej, znaczącej liczbie egzemplarzy (tabela 18 – taksony opatrzone indeksem cyfrowym) poddano analizie ilościowej dla uzyskania procentowego spektrum ich udziału w poszczególnych próbkach.

### 4.1. Kategorie faunistyczne jako wskaźniki środowiska bentalu

Otwornice bentoniczne zasiedlają wszystkie strefy dna oceanicznego od eulitoralu po abysal. Zasięg występowania poszczególnych gatunków jest bardzo zróżnicowany – są taksony kosmopolityczne oraz takie, które wykazują bardziej lub mniej ograniczony zasięg występowania. W porównaniu do otwornic planktonicznych, ekologia otwornic bentonicznych jest znacznie słabiej poznana, gdyż te pierwsze są organizmami ściśle wyspecjalizowanymi i ograniczonymi w swym występowaniu do normalnie zasolonych wód epipelagicznej strefy oceanu (Bé 1977). Pomimo wysoce zaawansowanego stanu wiedzy na temat rozmieszczenia otwornic bentonicznych we współczesnym środowisku morskim, ekologiczna reguła rządząca tym rozmieszczeniem pozostaje nie do końca wyjaśniona. Zarówno mechanizmy preferencji jak i tolerancji są trudne do wskazania, gdyż badania laboratoryjne tej grupy organizmów nie są łatwe do przeprowadzenia, a ich rezultaty są mało satysfakcjonujące. Obserwacje terenowe dają wyniki wieloznaczne i bywa, że są rozmaicie interpretowane (Phleger 1960 *versus* Greiner 1974). W rozmieszczeniu otwornic bentonicznych, faktem stwierdzonym jest zonacja batymetryczna, aczkolwiek stanowi ona wypadkową wielu czynników (Boltovskoy, Wright 1976; Hedley, Adams 1976). Jako najbardziej decydujące z nich, wymieniane są: temperatura, zasolenie i żyzność wód, charakter i rodzaj podłoża, odczyn pH i zawartość substancji organicznej w środowisku. Znaczenie mają również: tlen, światło, zawartość wapnia i pierwiastków śladowych oraz dynamika środowiska (turbidyty, prądy, pływy). Wymienione czynniki środowiska morskiego, oddziałując na procesy życiowe otwornic bentonicznych, powodują, że występujące we współczesnym oceanie zróżnicowanie środowiska znajduje odzwierciedlenie w składzie taksonomicznym zasiedlających go otwornic bentonicznych (Murray 1973, 1991). Granice występowania taksonu wynikają z jego tolerancji na czynniki środowiska. Tylko dla bardzo nielicznych taksonów udaje się wyodrębnić jeden, kluczowy pod tym względem czynnik, natomiast większość otwornic bentonicznych to taksony w mniejszym bądź większym stopniu oportunistyczne (Sjoerdsma, Van der Zwaan 1992). Taksony o wysokim stopniu specjalizacji, przystosowane do ściśle określonych

Tabela 18. Lista gatunków otwornic bentonicznych występujących w osadach miocenu Górnego Śląska (zapadlisko przedkarpackie). Kolejność według systematyki Loeblich, Tappan (1988) (załącznik 3). Taksony objęte analizą ilościową zaznaczono indeksem cyfrowym (1–99).

Table 18. Species of benthonic foraminifers of the Miocene deposits in the area of Upper Silesia (Carpathian Foredeep). The sequence according systematic concept of Loeblich and Tappan (1988) (Appendix 3). Taxa included in quantitative analyses are numbered (1–99).

| Indeks cyfrowy<br>taksonu<br>Taxon index | Takson<br>Taxon                                   |
|--|---|
|  | Bogdanowiczia pocutica Pishvanova, 1967           |
|  | Glomospira charoides (Parker et Jones, 1860)      |
|  | Reophax pilulifer Brady, 1884                     |
|  | Haplophragmoides carinatus Cushman et Renz, 1941  |
| 1  | Spiroplectinella carinata (d'Orbigny, 1846)       |
|  | Vulvulina pennatula (Batsch, 1791)                |
| 2  | Pavonitina styriaca Schubert, 1915                |
|  | Pseudotriplasia minuta (Reuss, 1867)              |
|  | Gaudryina praelonga Karrer, 1877                  |
|  | Liebusella rudis (Costa, 1855)                    |
| 3  | Eggerella bradyi Cushman, 1911                    |
|  | Karrerella gaudryinoides (Fornasini, 1885)        |
| 4  | Martinottiella communis (d'Orbigny, 1826)         |
| 5  | Bigenerina agglutinans d'Orbigny, 1826            |
| 6  | Semivulvulina pectinata (Reuss, 1850)             |
| 7  | Textularia gramen d'Orbigny, 1846                 |
|  | mariae d'Orbigny, 1846                            |
|  | pala Czjzek, 1848                                 |
| 8  | Siphotextularia concava (Karrer, 1868)            |
| 9  | Spirillina vivipara Ehrenberg, 1843               |
| 10                                       | Patellina corrugata Williamson, 1858              |
| 11                                       | Cornuspira foliacea (Philippi, 1844)              |
| 12                                       | Nodobaculariella podolica Didkovskiy 1952         |
| 13                                       | Wiesnerella plana Bogdanowicz, 1950               |
| 14                                       | Spiroloculina badenensis d'Orbigny, 1846          |
|  | canaliculata d'Orbigny, 1846                      |
|  | excavata d'Orbigny, 1846                          |
| 15                                       | Siphonaperta mediterraneensis (Bogdanowicz, 1950) |
|  | Cycloforina contorta (d'Orbigny, 1846)            |
|  | Hauerina compressa d'Orbigny, 1846                |
|  | plana Serova, 1955                                |
|  | Lachlanella undosa (Karrer, 1867)                 |
|  | Podolia compacta Serova, 1955                     |
|  | Quinqueloculina akmeriana d'Orbigny 1846          |
|  | boueana d'Orbigny, 1846                           |
|  | buchiana d'Orbigny 1846                           |

Tabela 18 c.d. (Table 18 continued)

| Indeks cyfrowy<br>taksonu<br>Taxon index |   | Takson<br>Taxon   |
|--|---|---|
|  | Affinetrina<br>Miliolinella<br><br>Pseudotriloculina<br>Pyrgo<br><br>Triloculina<br><br>Sigmoidinita<br>Spirosigmoidina<br>Sigmoidopsis<br>Articulina<br>Pseudohauerina | gualteriana (d'Orbigny, 1839)<br>selene (Karrer, 1868)<br>valvularis (Reuss, 1851)<br>consorbina (d'Orbigny, 1846)<br>lunula (d'Orbigny, 1846)<br>simplex (d'Orbigny, 1846)<br>gibba d'Orbigny 1826<br>inflata d'Orbigny, 1846<br>tenuis (Czjzek, 1848)<br>crenata (Karrer, 1868)<br>foeda (Reuss, 1850)<br>sulcata (Reuss, 1850)<br>ornatissima (Karrer, 1868) |
|  | Borelis   | melo (Fichtel et Moll, 1803)  |
| 16                                       | Dendritina (Spirolina)  | haueri (d'Orbigny, 1846)  |
| 17                                       | Dentalina<br>Grigelis<br>Laevidentalina<br><br>Nodosaria  | acuta d'Orbigny, 1846<br>pyrula d'Orbigny, 1826<br>boueana d'Orbigny, 1846<br>communis d'Orbigny, 1826<br>elegans d'Orbigny, 1846<br>hispida (Soldani, 1791)<br>longiscata (d'Orbigny, 1846)<br>rudis d'Orbigny, 1846   |
| 18                                       | Lingulina<br>Tollmania  | carinata d'Orbigny, 1846<br>costata (d'Orbigny, 1846)   |
| 19                                       | Frondicularia   | annularis d'Orbigny, 1846   |
| 20                                       | Amphimorphina<br>Plectofrondicularia  | hauerina Neugeboren, 1850<br>digitalis Neugeboren, 1850   |
| 21                                       | Dimorphina  | variabilis (Neugeboren, 1851)   |
| 22                                       | Lenticulina   | ariminensis (d'Orbigny, 1846)<br>calcar (Linne, 1758)<br>clypeiformis (d'Orbigny, 1846)<br>ecchinata (Soldani, 1780)<br>inornata (d'Orbigny, 1846)<br>vortex (Fichtel et Moll, 1798)  |
| 23                                       | Saracenaria<br>Amphicoryna  | arcuata (d'Orbigny, 1846)<br>scalaris (Batsch, 1791)  |
| 24                                       | Marginulina   | hirsuta d'Orbigny, 1826<br>regularis d'Orbigny, 1846  |
|  | Vaginulinopsis  | similis (d'Orbigny, 1846)   |
| 25                                       | Planularia  | antillae d'Orbigny, 1839<br>auris Defrance, 1824  |

Tabela 18 c.d. (Table 18 continued)

| Indeks cyfrowy<br>taksonu<br>Taxon index |   | Takson<br>Taxon   |
|--|---|---|
|  |   | dentata (Karrer, 1868)  |
| 26                                       | Vaginulina  | legumen (Linne, 1758)   |
| 27                                       | Hyalinonetrion<br>Lagena<br><br>Pygmaeosestron  | clavatum (d'Orbigny, 1846)<br>laevis (Montagu, 1803)<br>striata (d'Orbigny, 1839)<br>sulcata (Walker et Jacob, 1798)<br>hispidum (Reuss, 1850)  |
| 28                                       | Globulina<br><br>Guttulina<br><br>Polymorphina<br>Ramulina  | gibba d'Orbigny, 1825<br>punctata d'Orbigny, 1846<br>spinosa d'Orbigny, 1846<br>austriaca d'Orbigny, 1846<br>communis d'Orbigny, 1825<br>ovata d'Orbigny, 1846<br>complanata d'Orbigny, 1846<br>globulifera Brady, 1879   |
| 29                                       | Favulina<br>Homolohedra<br>Lagnea<br>Oolina<br><br>Fissurina<br>Lagenosolenia<br>Palliolatella<br>Pseudofissurina | hexagona (Williamson, 1848)<br>williamsoni (Alcock, 1865)<br>radiata (Sequenza, 1862)<br>lineata (Williamson, 1953)<br>marginata (Walker et Boys, 1789)<br>laevigata Reuss, 1850<br>planata (Matthes, 1939)<br>formosa (Schwager, 1884)<br>fasciata Egger, 1857 |
| 30                                       | Glandulina  | ovula d'Orbigny, 1826   |
| 31                                       | Ceratobulimina<br>Ceratocancris   | haueri d'Orbigny, 1846<br>haueri (d'Orbigny, 1846)  |
| 32                                       | Hoeglundina   | elegans (d'Orbigny, 1826)   |
| 33                                       | Robertinoides   | normani Goës, 1894  |
| 34                                       | Bolivina  | polonica Bieda, 1936<br>reticulata Hantken, 1875<br>variabilis (Williamson, 1858)   |
| 35                                       | Bolivina  | antiqua d'Orbigny, 1846<br>beirichi Reuss, 1850<br>dilatata Reuss, 1850   |
| 36                                       | Bolivinella   | subpectinata (Cushman, 1929)  |
| 37                                       | Cassidulina   | laevigata d'Orbigny, 1826   |
| 38                                       | Evolvocassidulina   | orientalis (Cushman, 1922)  |
| 39                                       | Globocassidulina  | crassa d'Orbigny, 1839  |

Tabela 18 c.d. (Table 18 continued)

| Indeks cyfrowy<br>taksonu<br>Taxon index |                 | Takson<br>Taxon                      |
|--|-----------------|--------------------------------------|
|  |                 | subglobosa Brady, 1881               |
| 40                                       | Ehrenbergina    | serrata Reuss, 1850                  |
| 41                                       | Neobulimina     | longa Venglinski, 1958               |
|  | Tosaia          | hanzawai Takayanagi, 1953            |
| 42                                       | Hopkinsina      | graciliformis (Williamson, 1858)     |
|  | Sagrinella      | lobata (Brady, 1881)                 |
| 43                                       | Bulimina        | aculeata d'Orbigny, 1826             |
| 44                                       |                 | elongata d'Orbigny, 1826             |
| 45                                       |                 | gibba Fornasini, 1901                |
| 46                                       |                 | insignis Łuczowska, 1953             |
| 47                                       |                 | pyrula d'Orbigny, 1846               |
| 48                                       |                 | striata d'Orbigny, 1826              |
| 49                                       | Buliminella     | elegantissima (d'Orbigny, 1839)      |
| 50                                       | Uvigerina       | macrocarinata Papp et Tumovsky, 1953 |
| 51                                       |                 | semiomata d'Orbigny, 1846            |
| 52                                       |                 | acuminata Hosius, 1895               |
| 53                                       |                 | orbignyana Czjzek, 1847              |
| 54                                       |                 | aculeata d'Orbigny, 1846             |
| 55                                       |                 | venusta Franzenau, 1894              |
| 56                                       |                 | romaniaca Papp et Schmid, 1978       |
|  |                 |                                      |
|  |                 | graciliformis Papp et Tumovsky, 1953 |
| 57                                       | Angulogerina    | angulosa Williamson, 1858            |
|  | Trifarina       | bradyi Cushman, 1923                 |
| 58                                       | Reusella        | pulchra Cushman, 1945                |
|  |                 | spinulosa (Reuss, 1850)              |
| 59                                       | Fursenkoina     | schreibersiana (Czjzek, 1848)        |
|  | Virgulinella    | pertusa Reuss, 1861                  |
| 60                                       | Caucasina       | schischkinskayae (Samoylova, 1947)   |
| 61                                       | Cancris         | auriculus (Fichtel et Moll, 1789)    |
| 62                                       | Valvulineria    | arcuata (Reuss, 1850)                |
|  |                 | complanata (d'Orbigny, 1846)         |
| 63                                       | Eponides        | haidingeri d'Orbigny, 1846           |
|  |                 | repandus (Fichtel et Moll, 1798)     |
| 64                                       | Gavelinopsis    | nanus (Reuss, 1850)                  |
| 65                                       | Neonorbina      | terquemi (Rzehak, 1888)              |
| 66                                       | Rosalina        | obtusa (d'Orbigny, 1848)             |
|  |                 | pellucida (Said, 1949)               |
| 67                                       | Sphaeroidina    | bulloides d'Orbigny, 1826            |
| 68                                       | Angulodiscorbis | quadrangularis Ucho, 1953            |

Tabela 18 c.d. (Table 18 continued)

| Indeks cyfrowy<br>taksonu<br>Taxon index |                | Takson<br>Taxon  |
|--|----------------|--|
| 69                                       | Conorbella     | pulvinata (Brady, 1884)  |
| 70                                       | Glabratella    | mira Cushman, 1922<br>platyomphala (Reuss, 1867)   |
| 71                                       | Pijpersja      | coronaeformis (Pijpers, 1933)  |
| 72                                       | Schackoinella  | imperatoria (d'Orbigny, 1846)  |
| 73                                       | Siphonina      | fimbriata Reuss, 1850  |
|  | Discorbinella  | bertheloti (d'Orbigny, 1839)   |
| 74                                       | Planulina      | ariminensis (Fichtel et Moll, 1798)  |
| 75                                       | Cibicides      | conspiciendus Pishvanova, 1959<br>ostrovensis Cicha et Zapletalova, 1960<br>ungarianus (d'Orbigny, 1846)<br>pseudoungarianus (Cushman, 1922) |
| 76                                       | Fontbotia      | wuellersdorfi Schwager, 1866   |
| 77                                       | Lobatula       | lobatula (Walker et Jacob, 1798)   |
| 78                                       | Planorbulina   | mediterraneensis d'Orbigny, 1826   |
| 79                                       | Eoeponidella   | linki Wickenden, 1949  |
| 80                                       | Asterigerina   | planorbis (d'Orbigny, 1846)  |
| 81                                       | Amphistegina   | mammilla (Fichtel et Moll, 1798)   |
| 82                                       | Nonion         | fabum (Fichtel et Moll, 1798)  |
| 83                                       | Nonionella     | miocenica Cushman, 1926  |
| 84                                       | Astrononion    | perfossum (Clodius, 1922)  |
| 85                                       | Melonis        | pampilioides (Fichtel et Moll, 1798)   |
| 86                                       | Pullenia       | bulloides (d'Orbigny, 1826)  |
| 87                                       | Allomorphina   | trigona Reuss, 1850  |
| 88                                       | Chilostomella  | ovoidea Reuss, 1850  |
|  | Anomalinoides  | badenensis (d'Orbigny, 1846)<br>helycinus (Costa, 1839)  |
| 89                                       | Heterolepa     | dutemplei (d'Orbigny, 1846)  |
| 90                                       | Gyroidinoides  | altiformis (Stewart et Stewart, 1930)  |
| 91                                       | Hansenisca     | soldanii (d'Orbigny, 1826)   |
| 92                                       | Hanzawaia      | boueana (d'Orbigny, 1846)  |
| 93                                       | Ammonia        | beccarii (Linne, 1758)   |
| 94                                       | Criboelphidium | dollfusi (Cushman, 1936)   |
| 95                                       | Elphidium      | crispum (Linné, 1758)  |
| 96                                       |                | aculeatum (d'Orbigny, 1846)  |
| 97                                       |                | reginum (d'Orbigny, 1846)  |
| 98                                       |                | fichtelianum (d'Orbigny, 1846)   |
| 99                                       |                | macellum (Fichtel et Moll, 1798)   |
|  | Heterostegina  | costata d'Orbigny, 1846  |



siedlisk są nieliczne wśród tej grupy otwornic. Dlatego możliwość jednoznacznego wskazania środowiska tylko na podstawie obecności pojedynczych, wybranych taksonów ma bardzo ograniczone zastosowanie. Znacznie bardziej precyzyjna jest interpretacja cech środowiska na podstawie pełnego składu taksonomicznego zespołu otwornic.

Wymienione wyżej czynniki, determinujące jakościowy i ilościowy stan biocenozy otwornic bentonicznych, są ze sobą powiązane; ze wzrostem głębokości spada temperatura, ubywa tlenu, wzrasta ilość nagromadzonej substancji organicznej, zanika oddziaływanie prądów i pływów. Spośród parametrów, za pomocą których można opisać środowisko morskie, zostaną tutaj rozpatrzone takie, które jednocześnie w sposób najbardziej decydujący wpływają na populacje otwornic bentonicznych: chemizm, temperatura, batymetria, trofia, dynamika. Na użytek przyjętej w tym opracowaniu procedury interpretacji paleośrodowiska zostaną zaproponowane grupy taksonów otwornic bentonicznych, które – jako kategorie faunistyczne – posłużą do oceny poszczególnych cech środowiska. Skład taksonomiczny przyjętych kategorii faunistycznych został ustalony na podstawie tego, co wiadomo o współczesnym występowaniu otwornic bentonicznych.

**Chemizm** środowiska morskiego nazywany jest „zasoleniem” i oznacza ilość rozpuszczonych w wodzie soli mineralnych. Zasolenie ma wartość kilku promili w pobliżu ujść rzek (warunki brakiczne), a największe wartości osiąga w izolowanych zbiornikach morskich strefy zwrotnikowej (np. w Zatoce Perskiej dochodzi do 100,0 g/l). Przyjmuje się, że normalne (standardowe) zasolenie wody morskiej wynosi 33,0–37,0 g/l (średnio 34,6 g/l). W wodzie morskiej koncentracje większe niż 1 ppm wykazują jony następujących pierwiastków: Cl, Na, Mg, S, Ca, K, Br, C, Sr, B, Si, F. Ilość tych składników jest „odwrotnie proporcjonalna do łatwości, z jaką wytrącają się one z wody morskiej” (reguła Forchhammera). Dlatego tylko kationy sodu i magnezu oraz aniony chloru i siarki występują w dużej koncentracji; w sumie stanowią one 97,0% zasolenia wody morskiej (odpowiednio: 30,4%; 3,7%; 55,2% i 7,7%).

Chemizm wody morskiej ma dla otwornic fundamentalne znaczenie ze względu na osmotyczny sposób pobierania przez te organizmy pokarmu oraz budowanie mineralnej skorupki. Otwornice bentoniczne, w przeciwieństwie do planktonicznych, wykształciły mechanizm poikiloosmozy, dzięki czemu, nawet przy znacznych wahaniami zasolenia środowiska, fizjologiczne procesy mogą u nich przebiegać bez zakłóceń; zmiany zasolenia w zakresie 30,0–40,0 g/l nie wpływają na procesy życiowe większości gatunków bentonicznych otwornic. Poza tymi granicami jest to czynnik wpływający nie tylko na obecność danego taksonu w środowisku, ale również modyfikujący morfologię jego skorupy (Bandy 1964; Brasier 1975; Culver, Buzas 1981).

Do taksonów, które tolerują ekstremalne wahania zasolenia (7,0–70,0 g/l), należy *Elphidium* i *Ammonia* (Murray 1973; Boltovskoy, Wright 1976; Serandrei-Barbero *et al.* 1999), natomiast przedstawiciele *Miliolina* (podrząd), nie występują w wodach o niskim zasoleniu i są typową biocenozą otwornic w wodach o reżimie hipersalinarnym (Murray 1966, Hottinger *et al.* 1993, Cherif *et al.* 1997, Haunold *et al.* 1997). Te trzy taksony zostały użyte w tym opracowaniu jako kategoria faunistyczna wskaźnikowa.

wa dla wód o zasoleniu odbiegającym od normalnego (**K1** na ryc. 27–40). Wpływ zasolenia na morfologię skorup otwornic przejawia się tym, że poza granicami optymalnymi dla gatunku jej ornamentacja staje się uboższa, a osobniki mają mniejsze rozmiary (np. Jorissen 1988; Walton, Sloan 1990).

W środowisku morskim krystalizacja węglanu wapnia – materiału, z którego budowane są skorupki przeważającej liczby taksonów otwornic (wszystkie podrzędy oprócz Textulariina) – jest możliwa tylko do głębokości zwanej węglanową lizokliną (Peterson, Prell 1985). Zależnie od rejonu, występuje ona od 500 do 3500 m pod powierzchnią. Poniżej tej głębokości  $\text{CaCO}_3$  ulega rozpuszczeniu, a otwornice w tej strefie budują skorupki aglutynujące, złożone z mineralnych cząstek podłoża, krzemionki, chityny i fosforanów. W strefie powyżej lizokliny, gdzie węglan wapnia może krystalizować bez przeszkód, ograniczeniem staje się ilość dostępnego kationu wapnia. Jest ona zależna od poziomu zasolenia; w wodach normalnie zasolonych  $\text{Ca}^{+2}$  występuje w ilości 0,41 mg/kg. Jego zawartość w wodzie ulega zwiększeniu wraz ze wzrostem zasolenia, co zwykle wiąże się z wyższą temperaturą i niższym ciśnieniem (wody płytsze), a otwornice budują w tej strefie skorupki masywne i bogato ornamentowane. Przy niedoborach wapnia, środowisko stwarza szansę rozwoju otwornicom aglutynującym. Występują one również w strefach niskiego zasolenia (wody brakiczne), gdzie węglan wapnia może krystalizować, ale koncentracja kationów wapnia jest zbyt niska dla procesu budowy (sekrecji) skorupki otwornic. W środowisku, w którym zalega znaczna ilość nierozłożonej materii organicznej, występuje obniżone pH (tzn. środowisko kwaśne), co również stwarza warunki rozwoju dla fauny aglutynującej. Na tych obszarach bentalu, gdzie występują omówione wyżej ograniczenia w krystalizacji węglanu wapnia, pojawiają się – potencjalnie – warunki rozwoju dla otwornic aglutynujących. Ta prawidłowość posłużyła za podstawę wyodrębnienia w badanych osadach miocenu grupy otwornic aglutynujących (podrząd Textulariina) jako kategorii faunistycznej wskaźnikowej warunków mniej sprzyjających krystalizacji węglanu wapnia (**K2** na ryc. 27–40).

**Temperatura.** W środowisku morskim panuje temperatura od 2° do 30°C. W warstwie powierzchniowej (zwanej termokliną sezonową) jest ona kształtowana bezpośrednio przez warunki atmosferyczne. W strefie klimatu przejściowego (umiarkowanego) wahania temperatury wód powierzchniowych są największe. Natomiast w rejonach klimatu stabilnego (zimnego i gorącego) temperatura tych wód nie podlega znaczącym wahanom. Głębokość termokliny sezonowej zależna jest od szerokości geograficznej; jest ona najgłębsza w strefie klimatu gorącego (gdzie dochodzi do 200 m) a najpłytsza w strefach wysokich szerokości geograficznych. Skok termiczny pomiędzy wodami powierzchniowymi (kształtowanymi przez klimat) a permanentnie chłodnymi wodami dennymi (2°–5°C) ma miejsce w obrębie warstwy przejściowej (na głębokości 200–1000 m).

Temperatura jest ważnym czynnikiem regulującym aktywność biologiczną w całym świecie żywym. Wpływa ona zarówno na geograficzny i batymetryczny zasięg gatunków otwornic jak i na morfologię ich skorupki. Ze względu na czynnik temperatury wyodrębniają się cztery bioprowincje środowiska morskiego: trzy z nich roz-

mieszczące są w obrębie termokliny i odpowiadają omówionym wyżej strefom klimatycznym, a czwarta obejmuje wody poniżej warstwy przejściowej i odznacza się jednolitymi warunkami termicznymi we wszystkich szerokościach geograficznych. Bentoniczne otwornice, które zasiedlają środowiska w obrębie termokliny, wykazują adaptację do określonych warunków termicznych (Funnell 1967). Wyodrębniają się tutaj trzy bioprowincje, analogiczne do stref klimatycznych: ciepła, umiarkowana i zimna, zasiedlone przez populacje o specyficznym składzie taksonomicznym (Murray 1973, 1991; Boltovskoy, Wright 1976). Temperatura wpływa również na morfologię skorupki; w środowisku, w którym jest ona optymalna dla danego gatunku, osobniki są większe i bardziej urzeźbione w porównaniu z tymi, które budowały swoje skorupki w temperaturze poza granicami preferowanymi przez gatunek.

W badanych zespołach miocenu jako wskaźnik temperatury środowiska przyjęto osobniki podrzędu *Miliolina* oraz *Amphistegina* i *Heterostegina* (K3 na ryc. 27–40), które to taksony występują współcześnie w najcieplejszych siedliskach środowiska morskiego – temperatura nie spada w nich poniżej 18°C (Hottinger 1983).

**Batymetria.** Od linii brzegowej w kierunku otwartego morza głębokość wzrasta przeciętnie do około 5000 m. Zmiany batymetryczne środowiska morskiego przebiegają wzdłuż zgeneralizowanego profilu zwanego krzywą hipsograficzną, która jest wynikiem procesu kształtowania się równowagi izostatycznej w blokach litosfery. W profilu tym wyodrębniają się cztery charakterystyczne obszary: szelfy, zbocza kontynentalne, baseny oceaniczne, głębokie obniżenia.

Trudno oszacować wpływ batymetrii na procesy życiowe otwornic, gdyż równolegle ze zmianą głębokości środowiska następują zmiany wielu innych czynników, od których te procesy są uzależnione (przede wszystkim temperatury, dopływu światła, dynamiki środowiska). Tym niemniej batymetryczna zonacja w rozmieszczeniu otwornic jest faktem, niezależnie od wielokierunkowych prób interpretacji jej przyczyn (Smith 1964; Golik, Phleger 1977; Lagoe 1977; Jonkers 1984; Corliss 1985). Skład taksonomiczny najpłycej żyjących populacji otwornic bentonicznych wydaje się być determinowany dopływem światła – życie otwornic w tej strefie jest zależne (symbioza oraz odżywianie) od jednokomórkowego fitoplanktonu, częstokroć inkorporowanego do wnętrza skorupki otwornic. Natomiast populacje otwornic zasiedlające najgłębiej położone części środowiska – poniżej strefy kompensacji węglanowej – determinowane są zdolnością do budowy mineralnego szkieletu z innych materiałów niż węglan wapnia. Pomiędzy tymi dwoma skrajnymi siedliskami, przyczyny obserwowanego rozmieszczenia taksonów otwornic w węższych bądź szerszych zakresach batymetrycznych są wieloskładnikowe. Próby klasyfikacji podejmowane były bardzo często. Jednoznaczne oszacowanie tych zasięgów udaje się jednak tylko w odniesieniu do pewnych, nielicznych grup taksonomicznych, dla których głębokość siedliska jest względnie stała na różnych obszarach. Klasycznym przykładem jest pod tym względem *Elphidium*. Takson ten występuje wyłącznie w wodach bardzo płytkich niezależnie od stanu innych czynników ekologicznych (temperatury, zasolenia, naswietlenia, dynamiki etc.). Panuje generalna prawidłowość, że gatunki dominujące na szelfie nie wykazują tendencji do rozprzestrzeniania się poza ten rejon – w głębsze strefy baty-

metryczne. Natomiast gatunki dominujące na skłonie kontynentalnym mają znacznie szerszy zasięg batymetryczny (Stigter *et al.* 1998).

W badanych zespołach otwornicowych miocenu wyodrębniono trzy kategorie faunistyczne wskaźnikowe dla batymetrii środowiska. Pierwsza z nich zawiera taksony występujące współcześnie w najpłytszej, eufotycznej strefie litoralu. Składa się ona z następujących form epibiontycznych (**K4** na ryc. 27–40): *Gavelinopsis*, *Neoconorbina*, *Lobatula*, *Planorbulina*, *Asterigerina*, *Ammonia*, *Criboelphidium*, *Elphidium*. Druga z wydzielonych kategorii zawiera bentos otwornicowy charakterystyczny dla sublitoralu; zaliczono do niej następujące taksony (**K5** na ryc. 27–40): *Spiroplectinella*, *Martinottiella*, *Lagenina* (podrzęd), *Cancris*, Glabratellidae (rodzina), *Eoeponidella*, *Nonion*, *Nonionella*, *Astrononion*, *Heterolepa*. Trzecią kategorię stanowią taksony, których najliczniejsze populacje występują poniżej litoralu. Do tej kategorii włączono (**K6** na ryc. 27–40): *Karreriella*, *Hoeglundina*, *Ehrenbergina*, *Sphaeroidina*, *Planulina*, *Fontbotia*, *Melonis*, *Pullenia*, *Gyroidinoides*, *Hansenisca*.

**Trofia.** Miarą produktywności środowiska jest ilość organicznego węgla, do której wytworzenia jest ono zdolne; dany obszar morski jest oligotroficzny (wytworza niewielką ilość materii organicznej), bądź eutroficzny (produkowana jest w nim obfita ilość materii organicznej). W odniesieniu do środowiska bentonicznego z reguły dzieje się tak, że drobnoziarniste osady silikoklastyczne (muły, ily) zawierają zdecydowanie więcej materii organicznej niż np. piaski kwarcowe czy wapienie litotamniowe. Tym samym, pierwsze z tych środowisk zawiera bogatą liczebnie i taksonomicznie faunę otwornic (Seiglie 1975). Zawartość materii organicznej jest z kolei miarą dostępności pokarmu i w tym znaczeniu korzystna dla rozwoju organizmów jest dostateczna jej ilość w środowisku. Jednak występuje tutaj sprzężenie zwrotne: bywa, że nadmierna ilość substancji organicznej przeistacza się w warunki całkowicie dla życia niekorzystne. Zjawisko takie powstać może z tego powodu, że obumarła materia organiczna utlenia się, zużywając cenny dla życia tlen.

Wśród otwornic są gatunki, które przystosowały się do środowiska skrajnie ubogiego w pokarm. Typowym tego przykładem są rejony sedymentacji węglanowej w morzach klimatu gorącego (zwłaszcza rafy koralowe) oraz obszary sedymentacji piaszczystej we wszystkich strefach geograficznych, zwłaszcza oddalone od ujść rzek. Rzeki są bowiem bogatym źródłem dostarczającym materię organiczną oraz sole pokarmowe i w miejscu swego ujścia powodują podwyższenie troficzności środowiska morskiego. Jest również grupa otwornic, która preferuje rejony o dużej zawartości substancji organicznej, nawet jeżeli wiąże się to z pewnym zmniejszeniem ilości tlenu. Typowymi przedstawicielami tego typu fauny są: *Bolivina*, *Bulimina*, *Uvigerina*, *Globocassidulina*, *Heterolepa* (Van der Zwaan 1985; McLaughlin, Sen Gupta 1994; Debenay, Redois 1997). W badanych osadach miocenu zostały one (wraz z taksonem *Neobulimina*) wyodrębnione jako kategoria faunistyczna (**K7** na ryc. 27–40) indykatoryjna dla środowiska zasobnego w materię organiczną czyli eutroficznego.

Ponadto, dla rozpatrzenia warunków biotycznych środowiska zestawiono ilość obecnych w nim taksonów oportunistycznych. Za takie uznano dwa spośród reprezentowanych w badanym materiale: *Valvulineria* i *Cibicides* (**K8** na ryc. 27–40).

Współcześnie występują one w bardzo różnorodnych warunkach, nie wykazując żadnych zdecydowanych preferencji poza tym, że środowisko ma normalne zasolenie. Łącznie ze zróżnicowaniem taksonomicznym zespołu (S na ryc. 27–40) stanowią one podstawę do przedstawienia biologicznego aspektu środowiska badanych osadów.

**Dynamika.** Strefa brzegowa – eulitoral – jest miejscem, gdzie dynamika środowiska morskiego jest najbardziej gwałtowna. Na tym obszarze ruch wody związany z pływami powoduje cykliczne następstwo warunków subaeralnych (odpływ) i subakwalnych (przyptyw). Cyrkulacja powierzchniowa (prądy) wywoływana jest przez warunki baryczne w atmosferze i oddziałuje do głębokości około 1000 m. Poniżej tej głębokości dynamika środowiska morskiego wynika z przemieszczania się mas wodnych zróżnicowanych pod względem termiczno-zasoleniowym w dążeniu do gęstościowej homogenizacji systemu. Ruch ten jest bardzo powolny, np. wody północnego Atlantyku docierają do brzegów Antarktydy po upływie około czterystu lat.

Stan dynamiki wody oddziałuje na otwornice bentoniczne zarówno w sposób bezpośredni jak i pośredni. Oddziaływanie bezpośrednie ma miejsce w wodach płytkich, tam, gdzie dno poddane jest działaniu pływów i płytkiej cyrkulacji powierzchniowej (turbulencja, falowanie). Na tych obszarach ma miejsce morfologiczne przystosowanie otwornic do bytowania w środowisku o energii na tyle wysokiej, że fizyczna destrukcja skorupki jest dla nich potencjalnym zagrożeniem. W tym środowisku występują gatunki otwornic trwale bądź okresowo przytwierdzone do względnie stabilnych elementów dna, takich jak rośliny czy skały (Kitazato 1988; Langer 1988; Triffleman *et al.* 1991). Ta kategoria faunistyczna omówiona została w części dotyczącej batymetrii (**K3** na ryc. 27–40).

Pośrednie oddziaływanie dynamiki środowiska morskiego na otwornice ma charakter złożony. Przejawia się ono w roli, jaką ruch mas wodnych odgrywa w obiegu materii w zbiorniku morskim, czyli udział tego procesu w sekwencji: sole odżywcze → produkcja pierwotna → zasobność siedliska w pokarm → wydajność procesu utleniania obumarłej materii organicznej (Suess 1980; Mullineaux, Lohmann 1981). Rola dynamiki w tym procesie polega na przemieszczaniu tlenu i soli odżywczych. Tlen jest niezbędnym składnikiem w fizjologii nie tylko otwornic (proces oddychania). W sposób samoczynny natleniane są jedynie te obszary środowiska morskiego, w których przebiega proces fotosyntezy oraz turbulencji wody. Dlatego jedynie w wierzchniej warstwie morza ilość tego składnika jest wystarczająca (4,0–6,5 ml/l). Pozostałe rejonny zaopatrywane są w tlen transportowany z warstwy powierzchniowej. Dopływ tlenu do dna zbiornika jest bardzo ważny, gdyż oprócz tego, że potrzebują go organizmy żywe do oddychania, jest on składnikiem niezbędnym do utleniania obumarłej substancji organicznej. Brak tlenu lub jego niedostateczna ilość w stosunku do zapotrzebowania (np. duża ilość materii organicznej) powoduje, że szczątki organiczne ulegają rozkładowi przy udziale bakterii beztlenowych, któremu to procesowi towarzyszy wydzielanie się siarkowodoru – gazu toksycznego dla organizmów o metabolizmie tlenowym. W końcowym efekcie prowadzi to do azoiczności tego środowiska (za wyjątkiem obecności nielicznych mikroorganizmów przystosowanych do warunków beztlenowych). W procesie rozkładu materii organicznej przy dostatecznej ilości tlenu

– czyli jej utlenianiu – wytwarza się dwutlenek węgla i uwalniane są składniki soli pokarmowych (m.in. jony fosforu i azotu), które umożliwiają uruchomienie produkcji pierwotnej w środowisku. Jeśli proces utleniania ma miejsce w strefie fotycznej, to sole odżywcze są zużywane na miejscu, natomiast do środowiska pelagicznego muszą one zostać dostarczone z dna zbiornika. Ten dysfotyczny obszar zbiornika jest z kolei uzależniony od produkcji pierwotnej wytwarzanej w warstwie fotycznej. Regulowanie tych zależności, czyli transport tlenu do dna zbiornika i soli odżywczych w warstwę powierzchniową jest funkcją dynamiki wody.

Niedobory tlenu są jedną z przyczyn, która powoduje redukcję liczby gatunków otwornic (Katz, Thunell 1984). Najbardziej odporne na niską zawartość tlenu w środowisku są *Bolivina* (Phleger, Soutar 1973; Loubere 1989; Perez-Cruz, Machain-Castillo 1990). Otwornice te występują w warunkach, w których ilość tlenu spada do 0,1 ml/l, czyli osiąga wartość letalną dla wielokomórkowców (Rhoads, Morse 1971). *Bolivina* zostały wyodrębnione jako kategoria faunistyczna indykatywna dla środowiska o niskiej zawartości tlenu (**K9** na ryc. 27–40). W warunkach odpowiedniego natlenienia bentalu, otwornice żyją zarówno w osadzie (infauna) jak i na jego powierzchni (epifauna). Niedobór tlenu odzwierciedla się przede wszystkim w spadku udziału infauny (Bernhard 1986; Corliss, Chen 1988; Kaiho 1991). W badanym materiale relacje te ujęte zostały jako kolejne kategorie faunistyczne (ryc. 27–40): **K10a** (epifauna) oraz **K10b** (infauna).

#### 4.2. Pionowa zmienność bentosu otwornicowego w profilach

##### PŁAWNIOWICE1 (ryc. 27a–d)

W biozonie IIA-B udział taksonów kategorii K1 (*Elphidium*) utrzymuje się na niskim poziomie, tylko w najwyższej części biozony wzrasta do 32,3%. Jednocześnie udział form aglutynujących (*Spiroplectinella*, *Karreriella*, *Martinottiella*, *Bigenerina*) maleje od spągu (31,2%) ku stropowi (1,9%). Formy wskaźnikowe dla wód ciepłych (Hauerinidae) mają tutaj udział śladowy (poniżej 1,0%). Udział form głębokowodnych, ujętych jako kategoria K6 (*Karreriella*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Gyroidinoides*), utrzymuje się w tej biozonie na mniej więcej stałym poziomie (9,9–16,8%), natomiast zaznacza się spadek udziału taksonów charakterystycznych dla sublitoralnej części szelfu (*Spiroplectinella*, *Martinottiella*, *Lagenina*, *Nonion*) oraz wzrost udziału taksonów płytkowodnych (*Lobatula*, *Elphidium*, *Asterigerina*). Zarówno udział procentowy otwornic wymagających dużych ilości substancji organicznej (*Bulimina striata*, *B. aculeata*, *Uvigerina acuminata*, *U. orbignyana*, *Heterolepa*), jak oportunistycznych (*Cibicides*) nie podlega w tej biozonie większym zmianom, utrzymując się średnio na poziomie 12,9% (K8) oraz 21,2% (K7). Również liczba taksonów jest tutaj niemal stała (około 30), za wyjątkiem jednej próbki, w której wynosi ona 45. W tej ostatniej próbce stwierdzono ponadto znaczny wzrost liczebności *Bolivina* – taksonu tolerującego niedobory tlenu w środowisku. Relacje ilościowe pomiędzy osobnikami żyjącymi na powierzchni osadu a tymi, które zasiedlają wnętrze osadu są tutaj dość zrównoważone, z niewielką przewagą infauny (odpowiednio 31,4% i 36,0%).

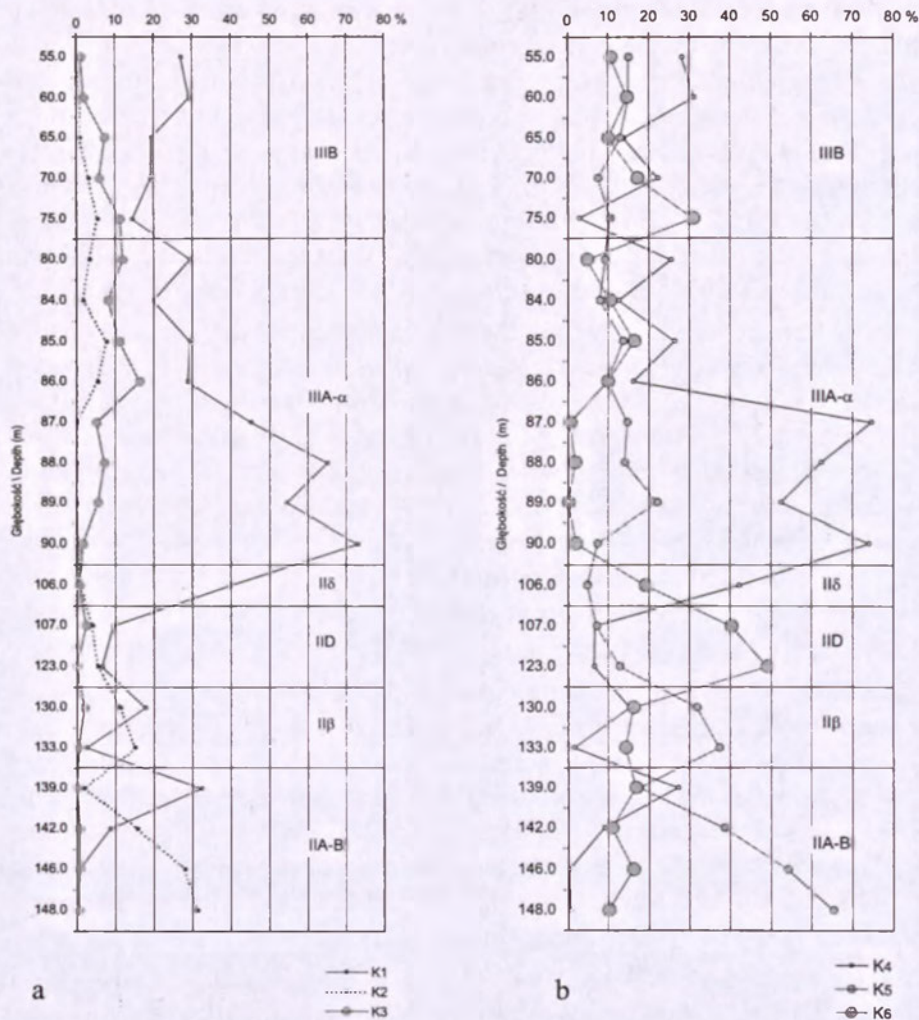
W obrębie biozony II $\beta$ , kategoria K1 jest reprezentowana przez *Elphidium*, którego udział podlega dużym wahaniom. Otwornic aglutynujących (*Spiroplectinella*, *Martinottiella*, *Karreriella*, *Textularia*) jest tutaj mniej niż w poprzedniej biozonie (średnio 13,1%). Osobniki Hauerinidae (K3) są nieliczne, jednak jest ich tutaj nieco więcej niż w IIA-B. Wśród wskaźników batymetrycznych przeważają tasony charakterystyczne dla sublitoralu: *Spiroplectinella*, *Martinottiella*, *Lagenina*, *Nonion*, *Heterolepa* (średnio 34,4%). Bardzo wysoki jest udział przedstawicieli K7 (*Bolivina*, *Bulimina striata*, *B. aculeata*, *Uvigerina aculeata*, *Heterolepa*). Wyraźną przewagę liczebną mają otwornice infauny (K10b), a udział *Bolivina* (K9) wynosi średnio 5,4%.

Bentos otwornicowy biozony IID charakteryzuje się niewielkim udziałem *Elphidium* (K1) oraz form aglutynujących *Spiroplectinella* i *Martinottiella*. Znacznie wzrasta natomiast w tej biozonie udział form głębokowodnych (K6), reprezentowanych przez: *Hoeglundina*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*. Liczba taksonów jest mniejsza niż w biozonach leżących poniżej (wynosi średnio 25). Udział taksonów preferujących środowisko zasobne w materię organiczną (*Bulimina aculeata*, *B. striata*, *Uvigerina semiornata*, *U. orbignyana*) jest tutaj znaczny. W tej biozonie występuje wyraźna różnica pomiędzy udziałem otwornic zasiedlających powierzchnię i wewnątrz osadu – na korzyść tych drugich, natomiast w porównaniu do leżących niżej biozon, są tutaj nieobecne otwornice tolerujące niskie ilości tlenu (*Bolivina*).

W biozonie II $\delta$  stwierdzono duży udział (40,0%) *Elphidium* spp., czyli taksonu płytkowodnego (K4), odpornego na odbiegające od normy, euryhalinowe, zasolenie (K1). Liczba taksonów jest tutaj znaczna (31), a większość z nich to epifauna; liczba osobników, zasiedlających wewnątrz osadu (infauna) jest niemal o 20,0% mniejsza. Udział taksonów wymagających zasobności środowiska w substancję organiczną (*Bulimina aculeata*, *B. elongata*, *Uvigerina semiornata*, *U. orbignyana*) jest tutaj mniejszy niż w starszych biozonach; stanowią one 18,4% zespołu i nie występuje wśród nich takson wskaźnikowy dla niskiej zawartości tlenu.

W osadach biozony IIIA- $\alpha$  dominują *Elphidium* spp., oraz Hauerinidae jako taksony kategorii K1 i K3 – wskaźnikowe dla wód ciepłych, o podwyższonym zasoleniu. Średni udział przedstawicieli tych dwu grup wynosi 43,1%. W porównaniu do biozony II $\delta$ , wzrasta tutaj nieco udział form charakterystycznych dla szelfu: *Spiroplectinella*, *Glabratellidae*, *Eoepionidella*, *Astrononion*, *Heterolepa* (średnio 42,9%). W niższej części, liczba taksonów jest mniejsza (maksymalnie 25) niż w części górnej (maksymalnie 30). Dominującą rolę odgrywa w tej biozonie epifauna, podczas gdy infauna jest zdecydowanie mniej liczna, zwłaszcza w niższej części biozony.

W najmłodszej biozonie tego profilu – IIIB – udział taksonów wskaźnikowych dla zasolenia odbiegającego od normy (K1) jest znaczny (średnio 21,8%). Są to: *Ammonia*, *Elphidium*, Hauerinidae. Udział poszczególnych kategorii batymetrycznych jest tutaj niemal równorzędny. Maleje udział taksonów oportunistycznych, wzrasta natomiast bardzo znacznie udział tych taksonów, które wymagają środowiska zasobnego w substancję organiczną: *Bolivina*, *Globocassidulina*, *Bulimina aculeata*, *B. elongata*, *B. gibba*, *B. insignis*, *B. pyrula*, *Uvigerina semiornata*, *Heterolepa* (średnio 32,3%).

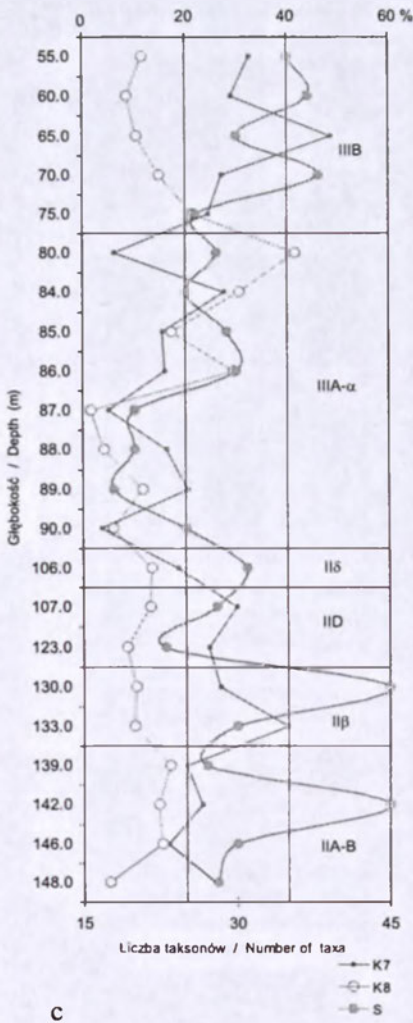


Ryc. 27a-d. Udział procentowy kategorii faunistycznych wśród bentonicznych otwornic profilu na, *Amphistegina mammilla*, *Heterostegina costata*; K4: *Gavelinopsis nanus*, *Neoconorbina terquemi*, sp. div., *Criboelphidium dollfusi*; K5: *Spiroplectinella carinata*, *Martinottiella communis*, *Lagenina*, *nion perfossum*, *Heterolepa dutemplei*; K6: *Karrerella gaudryinoides*, *Hoeglundina elegans*, *Ehrenberides*, *Pullenia bulloides*, *Gyroidinoides altiformis*, *Hansenisca soldanii*; K7: *Bolivina* sp. div., *Bulimina dutemplei*; K8: *Valvulinera arcuata*, *V. complanata*, *Cibicides* sp. div.; K9: *Bolivina* sp. div.; K10a: *dus*, *Cibicides* sp. div., *Heterolepa dutemplei*, *Hansenisca soldanii*, *Hanzawaia boueana*, *Ammonia becsp. div.*, *Lagena* sp. div., *Glandulina ovula*, *Bolivina* sp. div., *Cassidulina laevigata*, *Globocassidulina* ba taksonów.

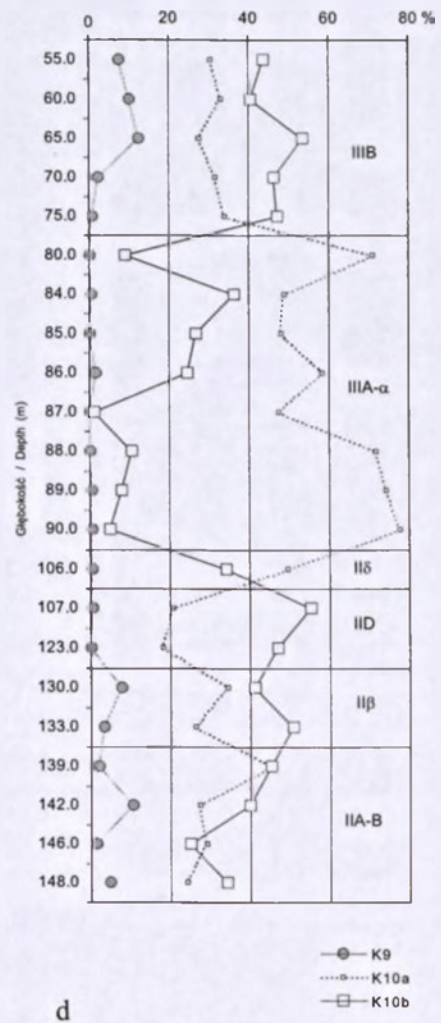
Fig. 27a-d. Benthonic foraminifers in the section PŁAWNIEWICE1; down-core variation in relative

Liczba taksonów w tej części profilu utrzymuje się na równie wysokim poziomie, jak w biozonie niżej leżącej, natomiast radykalna różnica pomiędzy tymi biozonami polega na proporcji epifauny do infauny – druga z nich uzyskuje tutaj przewagę. Dużego znaczenia (maksimum 12,4%) nabierają w tej biozonie *Bolivina*.





c



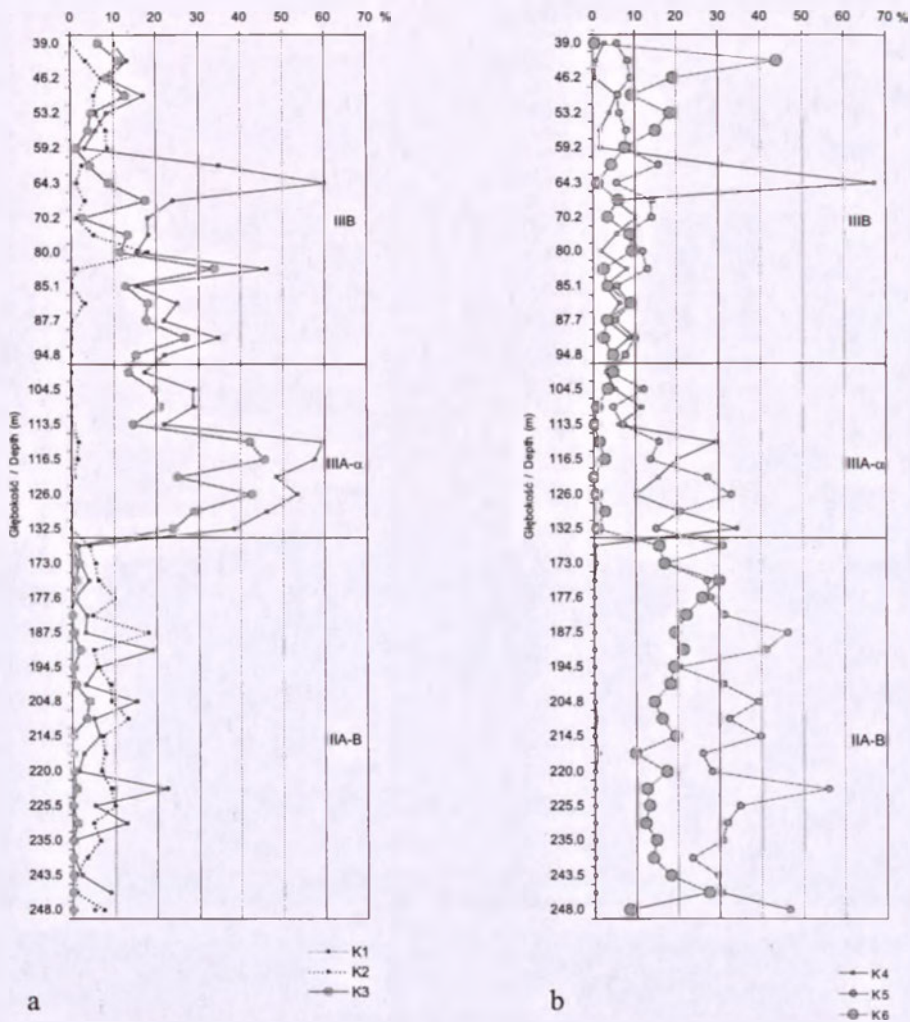
d

PLAWNIOWICE1. **K1**: *Elphidium* sp. div., *Ammonia beccarii*, Miliolina; **K2**: Textulariina; **K3**: *Milioli-Lobatula lobatula*, *Planorbulina mediterranensis*, *Asterigerina planorbis*, *Ammonia beccarii*, *Elphidium Cancris auriculus*, Glabratellidae, *Eoeponidella linki*, *Nonion fabum*, *Nonionella miocenica*, *Astronogina serrata*, *Sphaeroidina bulloides*, *Planulina ariminensis*, *Fontbotia wuellersdorfi*, *Melonis pampilio*-sp. div., *Neobulimina longa*, *Uvigerina* sp. div., *Globocassidulina crassa*, *G. subglobosa*, *Heterolepa Spirulina vivipara*, *Patellina corrugata*, Miliolina, *Lenticulina* sp. div., *Eponides haidingeri*, *E. repararii*, *Elphidium* sp. div.; **K10b**: *Dentalina acuta*, *Grigelis pyrula*, *Laevidentalina* sp. div., *Nodosaria crassa*, *G. subglobosa*, *Bulimina* sp. div., *Uvigerina* sp. div., *Nonion fabum*, *Pullenia bulloides*; S-licz-

abundance of faunal categories. **K1** – **K10b** as above, S – number of taxa.

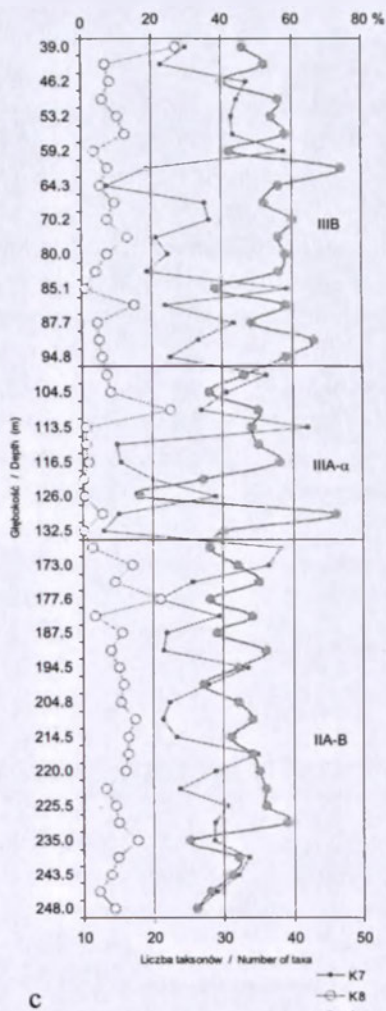
### GLIWICE17 (ryc. 28a–d)

W biozonie IIA-B stale obecne są niewielkie ilości przedstawicieli kategorii K1 (*Spiroloculina*, Hauerinidae) oraz K2 (*Spiroplectinella*, *Liebusella*, *Karrieriella*, *Marti-nottiella*, *Bigenerina*) – tylko w niektórych próbkach ich udział przekracza kilkanaście

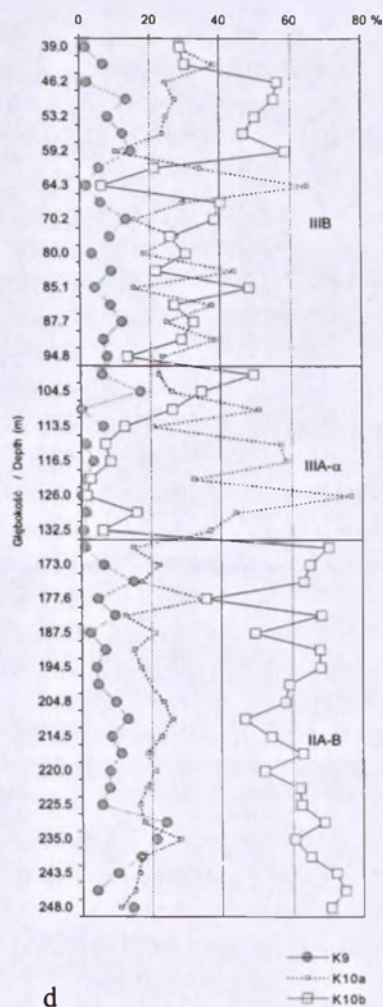


Ryc. 28a-d. Udział procentowy kategorii faunistycznych wśród bentonicznych otwornic profilu Fig. 28a-d. Benthonic foraminifers in the section GLIWICE17; down-core variation in relative abundance

procent. W środkowej części tej biozony zaznacza się obecność (kilka procent) osobników kategorii K3 (*Spiroloculina*, Hauerinidae). Wśród wskaźników batymetrycznych przeważają otwornice charakterystyczne dla szelfu (*Spiroplectinella*, *Martinottiella*, *Lagenina*, *Nonion*, *Heterolepa*). Stanowią one średnio 32,6%. Nie występują tutaj – bądź są reprezentowane jedynie śladowo – taksony płytkowodne (*Elphidium*). Bardzo duży udział (średnio 36,0%) mają otwornice wymagające dużej ilości substancji organicznej w środowisku (*Bolivina* spp., *Bulimina striata*, *B. aculeata*, *B. elongata*, *B. gibba*, *Uvigerina acuminata*, *U. semiornata*, *U. orbignyana*, *U. aculeata*, *U. venusta*). Równocześnie zaznacza się w tej biozonie znaczny udział *Bolivina* (K9), średnio 9,4%. Liczebność taksonów oportunistycznych (*Cibicides* i *Valvulineria*) utrzymu-



c



d

GLIWICE17. Objaśnienia jak do ryc. 27.  
of faunal categories. Explanation as in Fig. 27.

je się na stałym, dość wysokim poziomie. Liczba taksonów w tej biozonie jest znaczna (średnio 32). Otwornice żyjące w osadzie dominują ilościowo nad tymi, które zasiedlają jego powierzchnię (średnie wartości wynoszą odpowiednio: 61,5% oraz 19,3%).

W niższej części biozony IIIA-α występuje duża liczba osobników kategorii K1 (Hauerinidae, *Cornuspira*, *Nodobaculariella*, *Wiesnerella*, *Elphidium*) oraz K3 (Miliolina). Średnie ich udziały wynoszą odpowiednio 50,5% i 34,6%, natomiast w wyższej części biozony zmniejszają się one znacznie. Wśród kategorii batymetrycznych równorzędne udziały mają otwornice charakterystyczne dla sublitoralu (*Ellipsolagenidae*, *Glabratellidae*, *Nonionella*, *Astrononion*, *Heterolepa*) i strefy eulitoralnej (*Gavelinopsis*, *Neonorbina*, *Lobatula*, *Planorbulina*, *Elphidium*, *Criboelphidium*). Typowe dla tej biozo-

ny są duże wahania (od 5,8% do 64,2%) udziału otwornic preferujących zasobność środowiska w substancję organiczną (*Bolivina*, *Globocassidulina*, *Neobulimina*, *Bulimina aculeata*, *Heterolepa*). Dominującą rolę odgrywają otwornice zasiedlające powierzchnię osadu (średnio to 44,0%), a udział infauny, marginalny w niższej części tej biozony, wzrasta w najwyższej części, gdzie staje się on równorzędny ilości epifauny. W tej wyższej części pojawiają się również w znacznej liczbie *Bolivina* (do 16,9% udziału).

Biozona IIIB charakteryzuje się sukcesywnym spadkiem udziału otwornic kategorii K1 (*Wiesnerella*, *Spiroloculina*, *Hauerinidae*, *Elphidium*) oraz kategorii K3 (Miliolina). Wzrasta natomiast udział otwornic aglutynujących (*Spiroplectinella*, *Pavonitina*). W obrębie niższej części tej biozony występuje niezwykle zrównoważony udział wszystkich trzech kategorii batymetrycznych. Średnio wynosi on odpowiednio: 4,7% (K4), 8,2% (K5), 5,2% (K6). W wyższej części biozony stwierdzono epizodyczną dominację otwornic eulitoralnych (*Lobatula*, *Asterigerina*, *Criboelphidium*, *Ammonia*, *Elphidium*) oraz niewielką przewagę taksonów charakterystycznych dla głębszej strefy litoralu (*Spiroplectinella*, Ellipsolagenidae, *Eoeponidella*, *Nonionella*, *Astrononion*). Średni udział taksonów preferujących wysoką zawartość substancji organicznej w osadzie (*Bolivina*, *Bulimina aculeata*, *B. pyrula*, *Uvigerina bellicostata*, *U. semiornata*, *Globocassidulina*, *Heterolepa*) utrzymuje się tutaj na wysokim poziomie (31,4%). Udział otwornic zasiedlających powierzchnię i wewnątrz osadu jest w tej biozonie zrównoważony (średnie ich udziały wynoszą odpowiednio 28,4% i 35,2%). Stały udział (średnio 7,4%) ma tutaj *Bolivina* (K9).

#### GLIWICE19 (ryc. 29a–d)

Od spągu ku stropowi biozony IIA-B zaznacza się spadek udziału otwornic kategorii K1 (*Elphidium*), aczkolwiek są one stale obecne w obrębie tej biozony. Udział otwornic aglutynujących (*Spiroplectinella*, *Martinottiella*, *Bigenerina*) wzrasta bardzo znacznie w środkowej części biozony, przekraczając 10,0% zespołu. Dominującą rolę odgrywają tutaj taksony charakterystyczne dla szelfu (*Spiroplectinella*, *Martinottiella*, *Lagenina*, *Nonion*). Ich udział jest znacznie większy niż osobników typowych dla wód głębszych (*Ehrenbergina*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Gyroidinoides*, *Hansensica*). Udział otwornic epifitycznych (K4), czyli najbardziej płytkowodnych (*Ammonia*, *Elphidium*), jest tutaj śladowy. Średni udział otwornic preferujących dużą zawartość substancji organicznej w środowisku (*Bolivina*, *Bulimina aculeata*, *B. striata*, *Uvigerina semiornata*, *U. acuminata*, *U. orbignyana*, *Globocassidulina*) wynosi 39,6%. Udział otwornic oportunistycznych (*Cibicides*) jest nieco większy w wyższej części biozony. Otwornice zasiedlające wewnątrz osadu mają w tej biozonie znaczną przewagę (średnio 61,9%) nad tymi, które zasiedlają jego powierzchnię. *Bolivina* jest stale obecna w obrębie tej biozony, choć jej udział podlega dużym wahanom – w niektórych próbkach dochodzi do kilkunastu procent.

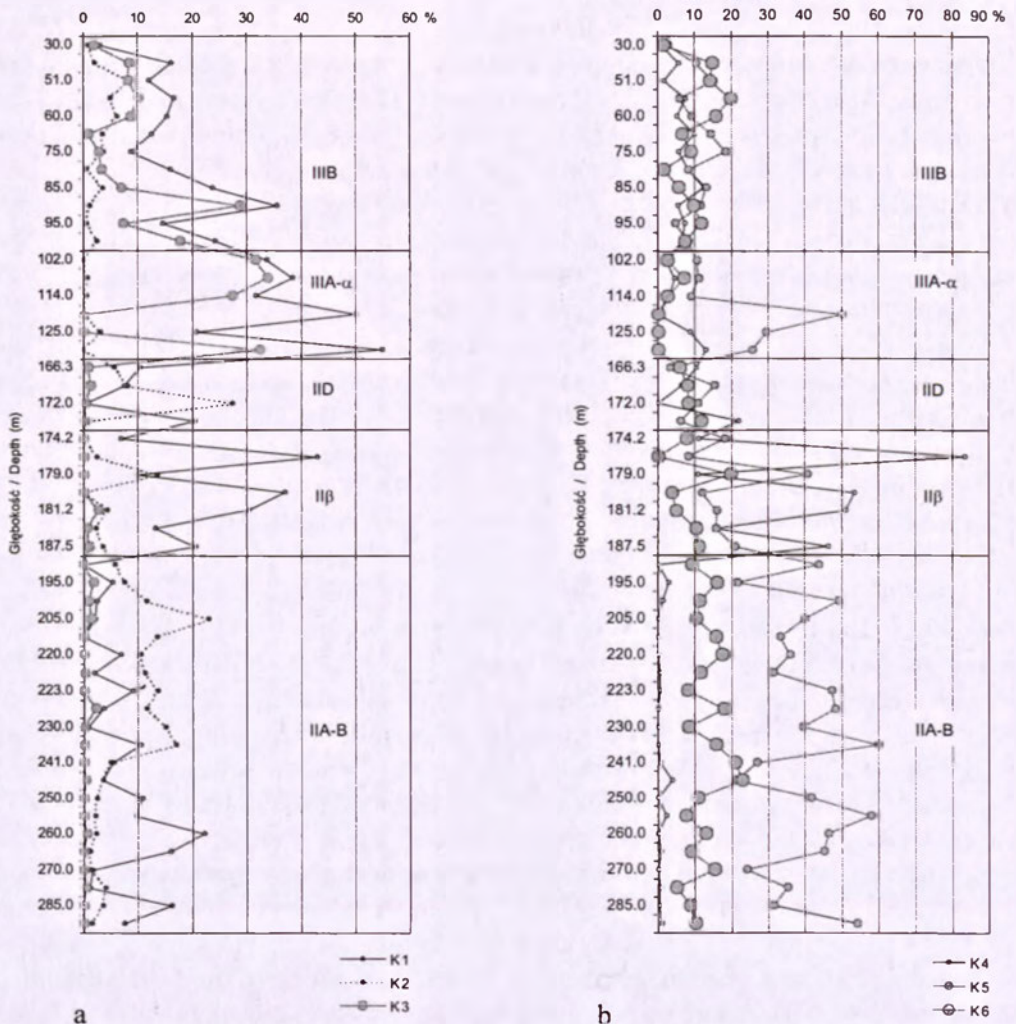
W biozonie IIβ charakterystyczny jest spadek udziału *Bolivina* i niewielka przewaga otwornic żyjących na powierzchni osadu (średnio 35,7%) nad tymi, które zasiedlają wewnątrz osadu (średnio 31,5%). Udział osobników preferujących substancję organiczną w środowisku (*Bolivina*, *Bulimina aculeata*, *B. elongata*, *B. striata*, *Uvigeri-*

na *semiornata*, *U. orbignyana*) podlega tutaj bardzo dużym wahaniom (4,8–51,5%). Również bardzo silnie waha się udział otwornic płytkowodnych (K4), reprezentowanych przez *Neoconorbina*, *Lobatula*, *Asterigerina*, *Elphidium*. Natomiast taksony kategorii K5 (*Spiroplectinella*, *Dentalina*, *Nodosaria*, *Polymorphinidae*, *Nonion*, *Heterolepa*) oraz K6 (*Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*) wykazują stały spadek udziału. Wzrasta w tej biozonie liczba osobników charakterystycznych dla zasolenia odbiegającego od normy (kategoria K1), reprezentowanych przez *Elphidium*. Są tutaj obecne *Amphistegina* i *Heterostegina*, otwornice charakterystyczne dla wód ciepłych (K3), jednak liczebnie nie odgrywają one większej roli.

W biozonie IID charakterystyczny jest niezwykle duży udział otwornic aglutynujących (*Pseudotriplasia*). Wszystkie trzy kategorie batymetrycznych indykatorów (K4–K6) mają tutaj udział równorzędny. Wzrasta natomiast znacznie (w porównaniu do biozon starszych) udział otwornic oportunistycznych (*Cibicides*); średnio stanowią 13,5% zespołu. Osobniki kategorii K7 (*Bulimina aculeata*, *B. elongata*, *B. gibba*, *B. striata*, *Uvigerina semiornata*, *U. orbignyana*, *U. venusta*) osiągają tutaj znaczną liczebność (średnio 43,6%). Dominują otwornice zasiedlające wnętrze osadu (średnio 58,6%); epifauna stanowi średnio 21,5%.

Biozona IIIA- $\alpha$  charakteryzuje się bardzo dużym udziałem otwornic kategorii K1, reprezentowanych głównie przez Hauerinidae, a w niewielkim tylko stopniu przez *Elphidium*. Hauerinidae są równocześnie głównymi taksonami wskaźnikowymi wód ciepłych (K3) w tej części profilu; średni udział wymienionych kategorii wynosi odpowiednio 38,1% i 20,8%. W niższej części biozony dominują otwornice charakterystyczne dla strefy sublitoralnej szelfu (*Nonion*, *Astrononion*), dość licznie reprezentowane są także osobniki eulitoralne: *Neoconorbina*, *Lobatula*, *Elphidium*. W wyższej części biozony udział wszystkich trzech wyróżnionych kategorii batymetrycznych jest zrównoważony. Liczba taksonów jest tutaj najmniejsza w całym profilu i wynosi średnio 15. W niższej części tej biozony występują bardzo nieliczne taksony preferujące środowisko zasobne w substancję organiczną (*Bolivina*, *Globocassidulina*, *Neobulimina*, *Bulimina pyrula*), natomiast ich udział bardzo wyraźnie wzrasta w wyższej części biozony. W większości próbek nieznacznie przeważają otwornice zasiedlające powierzchnię osadu (średnio 34,6%), nad tymi, które zajmują jego wnętrze (średnio 28,1%).

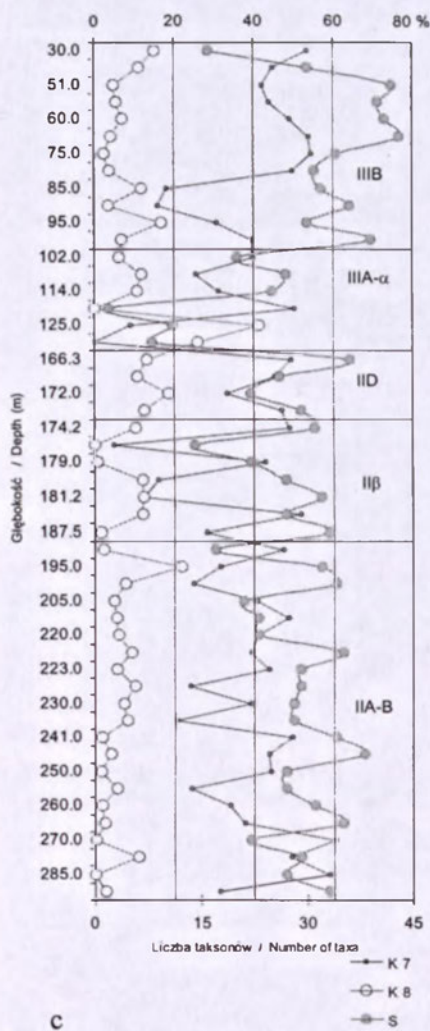
W niższej części biozony IIIB różnica pomiędzy udziałem epifauny oraz infauny jest niewielka, podczas gdy w wyższej części tej biozony staje się bardzo znaczna – na korzyść osobników infauny. W całej biozonie występują licznie *Bolivina* (osiągają one do 28,3% zespołu). W odniesieniu do udziału otwornic preferujących zasobność środowiska w substancję organiczną (K7) zaznacza się w omawianej biozonie dwudzielność – w niższej części jest ich mniej (średnio 26,0%) niż w części wyższej (48,8%). Charakterystyczny dla tej biozony jest równorzędny udział wszystkich trzech kategorii batymetrycznych; średnio wynosi on: 6,4% (K4), 10,2% (K5), 9,9% (K6). Od dołu ku górze zaznacza się tutaj sukcesywny spadek udziału osobników K1 (*Elphidium*, *Ammonia*, *Miliolina*) oraz K3 (Hauerinidae, *Cornuspira*, *Nodobacularella*, *Wiesnerella*, *Spiroloculina*, *Spirolina*). Równocześnie wzrasta udział otwornic aglutyn-



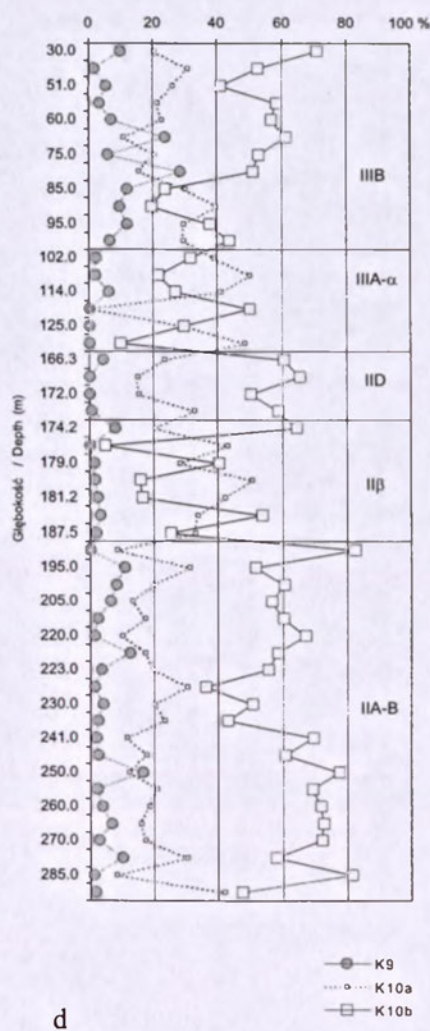
Ryc. 29a-d. Udział procentowy kategorii faunistycznych wśród bentonicznych otwornic profilu Fig. 29a-d. Benthonic foraminifers in the section GLIWICE19; down-core variation in relative abundance (*Spiroplectinella*, *Pavonitina*), osiągając w wyższej części biozony 8,2% zespołu.

### GLIWICE24 (ryc. 30a-d)

W obrębie biozony IIA-B zaznacza się w tym profilu znaczny udział otwornic kategorii K2 (*Spiroplectinella*, *Karreriella*, *Martinottiella*, *Bigenerina*, *Textularia*); wynosi on średnio 10,1%. Dominują tutaj otwornice charakterystyczne dla strefy sublitoralu (*Spiroplectinella*, *Martinottiella*, *Lagenina*, *Nonion*, *Heterolepa*), przy stałym wzrastającym udziale taksonów typowych dla głębszej strefy morza (K6): *Karreriella*, *Ehrenbergina*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Gyroidinoides*, *Hansenisca*. W górnej



c



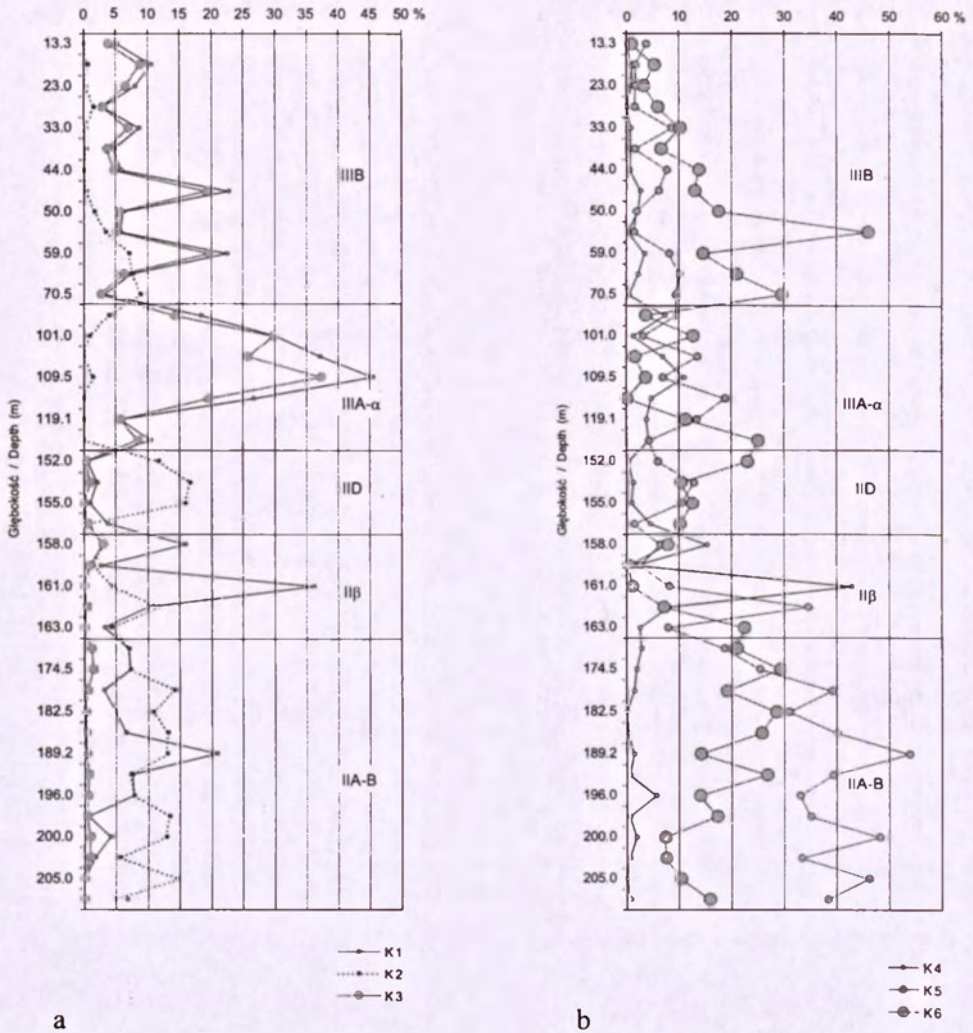
d

GLIWICE19. Objaśnienia jak do ryc. 27.

dance of faunal categories. Explanation as in Fig. 27.

części biozony, liczebność otwornic obydwu kategorii jest równoważna. Biozona charakteryzuje się stałym udziałem form preferujących dużą zawartość substancji organicznej w osadzie: *Bolivina*, *Bulimina aculeata*, *B. striata*, *Uvigerina semiornata*, *U. acuminata*, *U. orbignyana*, *U. aculeata*, *Heterolepa* (średnio 32,8%). Dominują tutaj otwornice zasiedlające wnętrze osadu (średnio 55,6%). W obrębie tej biozony, zwłaszcza w jej dolnej części, stwierdzono obecność licznych *Bolivina*.

Biozona IIβ odznacza się epizodycznie podwyższonym udziałem *Elphidium* i *Ammonia* – taksonów charakterystycznych dla zasolenia odbiegającego od normy. Dominują tutaj przedstawiciele najpłytszej strefy batymetrycznej (K4): *Gavelinopsis*, *Neonorbina*, *Lobatula*, *Elphidium*, *Ammonia*, *Criboelphidium*, przy czym ich udział

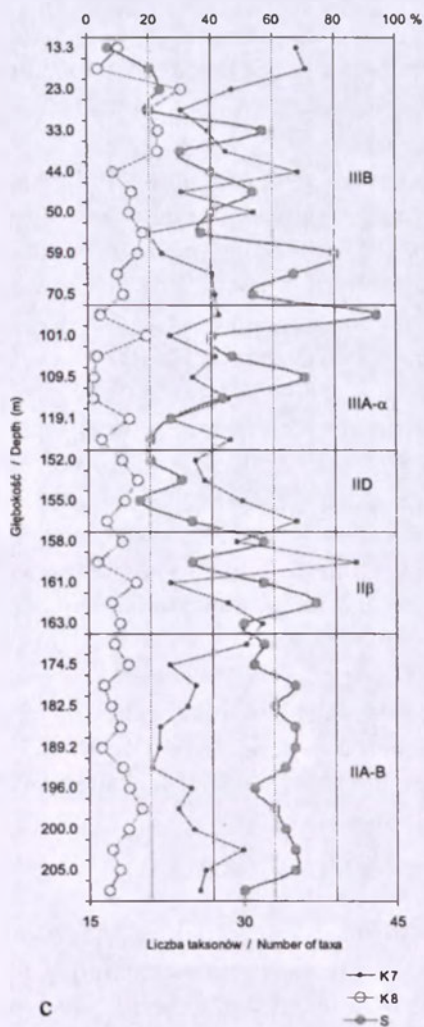


Ryc. 30a-d. Udział procentowy kategorii faunistycznych wśród bentonicznych otwornic profilu Fig. 30a-d. Benthonic foraminifera in the section GLIWICE24; down-core variation in relative abun-

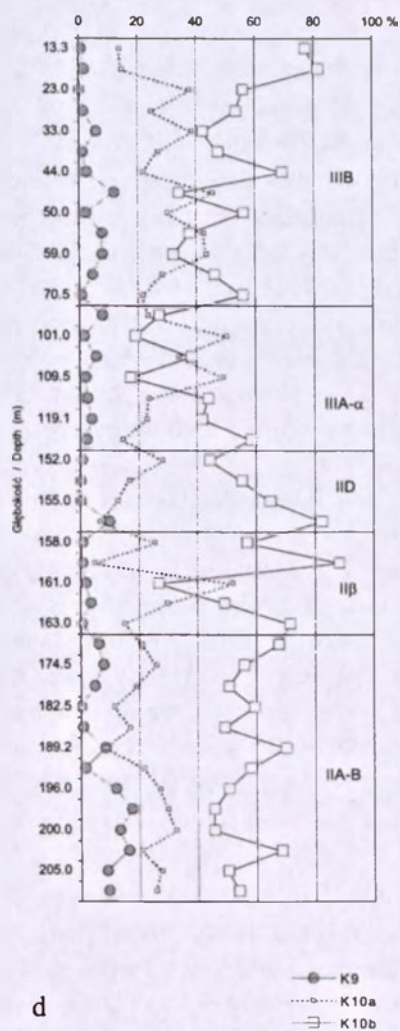
charakteryzuje się znacznymi wahaniami (11,7%–42,9%). Również liczebność taksonów preferujących dużą zawartość substancji organicznej w środowisku (*Bolivina*, *Globocassidulina*, *Heterolepa*, *Bulimina striata*, *Uvigerina orbignyana*, *U. venusta*, *U. aculeata*) podlega w tej biozonie bardzo dużym wahaniami. Podobnie jak w biozonie niżej leżącej (IIA-B), dominują otwornice zasiedlające wnętrze osadu, chociaż epizodycznie przeważa epifauna.

W biozonie IID występuje znaczna liczba otwornic aglutynujących (*Pseudotriplasia*, *Martinottiella*, *Textularia*). Udział taksonów charakterystycznych dla sublitoralnej i głębszej części morza jest tutaj równorzędny. Liczba taksonów zmniejsza się znacznie w porównaniu do biozon leżących niżej (wynosi średnio 23). Dominują otwornice





C



D

GLIWICE24. Objaśnienia jak do ryc. 27.

dance of faunal categories. Explanation as in Fig. 27.

zasiedlające wnętrze osadu, chociaż obserwuje się stały spadek ich liczby od spągu ku stropowi biozony. Z wyjątkiem najniższej położonej próbki, *Bolivina* nie odgrywają w tej biozonie większej roli.

Biozona IIIA- $\alpha$  odznacza się bardzo dużym udziałem otwornic charakterystycznych dla zasolenia odbiegającego od normy (*Miliolina*, *Elphidium*) oraz taksonów ciepłolubnych (*Hauerinidae*, *Cornuspira*). Otwornice aglutynujące są tutaj reprezentowane bardzo nielicznie (głównie *Spiroplectinella*, *Siphotextularia*). Udział otwornic wszystkich trzech kategorii batymetrycznych (K4–K6) jest w tej biozonie w dużym stopniu zrównoważony. Od spągu ku stropowi wyraźnie wzrasta liczba taksonów, a udział procentowy otwornic preferujących zasobność środowiska w substancje orga-

niczną (*Bolivina*, *Globocassidulina*, *Bulimina aculeata*, *B. gibba*, *B. pyrula*) pozostaje na stałym poziomie (średnio 37,3%). Udział otwornic zasiedlających powierzchnię osadu oraz jego wnętrze jest dość zrównoważony; średnie wartości wynoszą odpowiednio 30,9% oraz 35,0%.

Biozonę IIIB charakteryzuje sukcesywne zmniejszanie się udziału otwornic kategorii K1 (Hauerinidae i *Cornuspira*), które są równocześnie wskaźnikami wód ciepłych (kategoria K3). Otwornice aglutynujące (*Spiroplectinella*, *Pavonitina*) stanowią znaczną część zespołu jedynie w dolnej części biozony (do 8,8%). Również w tej części biozony dominują otwornice charakterystyczne dla głębszej (poniżej szelfu) strefy morza. Są one reprezentowane przez *Hoeglundina*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Hansenisca*. W wyższej części biozony ich udział maleje i staje się równorzędny udziałowi otwornic charakterystycznych dla sublitoralu. Te ostatnie są tutaj reprezentowane przez: *Spiroplectinella*, *Nonionella* i *Heterolepa*. Udział otwornic preferujących środowisko zasobne w substancję organiczną (*Bolivina*, *Globocassidulina*, *Bulimina aculeata*, *B. insignis*, *B. pyrula*, *Uvigerina semiornata*, *U. romaniaca*) systematycznie i wyraźnie zwiększa się od spągu ku stropowi biozony, a równocześnie zmniejsza się liczba osobników *Bolivina*, co wskazuje na poprawę natlenienia środowiska dennego. Znajduje to potwierdzenie również w relacji pomiędzy udziałami osobników zasiedlających wnętrze i powierzchnię osadu: w dolnej części biozony udziały te są zrównoważone, a w części górnej dominują osobniki zasiedlające wnętrze osadu. Równocześnie bardzo radykalnie zmniejsza się liczba taksonów (39–17). Charakterystyczne jest, że równoległe do tych zmian wzrasta udział taksonów oportunistycznych, reprezentowanych głównie przez *Cibicides*.

#### GLIWICE21 (ryc. 31a–d)

W obrębie biozony IIA-B stale obecne są otwornice kategorii K1 (*Spiroloculina*, Hauerinidae, *Elphidium*); średni ich udział wynosi 7,1%. Otwornice aglutynujące (*Spiroplectinella*, *Karrerella*, *Martinottiella*, *Bigenerina*, *Textularia*) osiągają znaczną liczebność w wyższej części tej biozony (średnio 11,0%). Wśród kategorii batymetrycznych, dominują taksony charakterystyczne dla sublitoralu (K5). Najliczniej reprezentowane są: *Spiroplectinella*, *Martinottiella*, *Lagenina*, *Nonion*, *Heterolepa*, których osobniki stanowią 41,4% zespołu. Na stałym, dość wysokim poziomie (średnio 16,1%) utrzymuje się tutaj liczebność otwornic charakterystycznych dla głębszej części morza (*Karrerella*, *Ehrenbergina*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Hansenisca*). Charakterystyczny jest stały wzrost liczby taksonów – od spągu ku stropowi biozony. W całej biozonie dominują osobniki zasiedlające wnętrze osadu, przy czym w górnej części ich udział jest nieco mniejszy, a równocześnie pojawia się *Bolivina*, takson tolerujący niedobory tlenu w środowisku.

Biozona II $\beta$  jest w tym profilu reprezentowana tylko przez jedną próbkę. Bardzo duży udział mają w niej osobniki *Elphidium* (kategoria K1). Występują tutaj prawie wyłącznie przedstawiciele taksonów zajmujących najpłytsze obszary zbiornika morskiego (stanowią 71,9% zespołu). Liczba taksonów jest zdecydowanie mniejsza niż

w biozonie leżącej poniżej, przy czym są to głównie otwornice zasiedlające powierzchnię osadu.

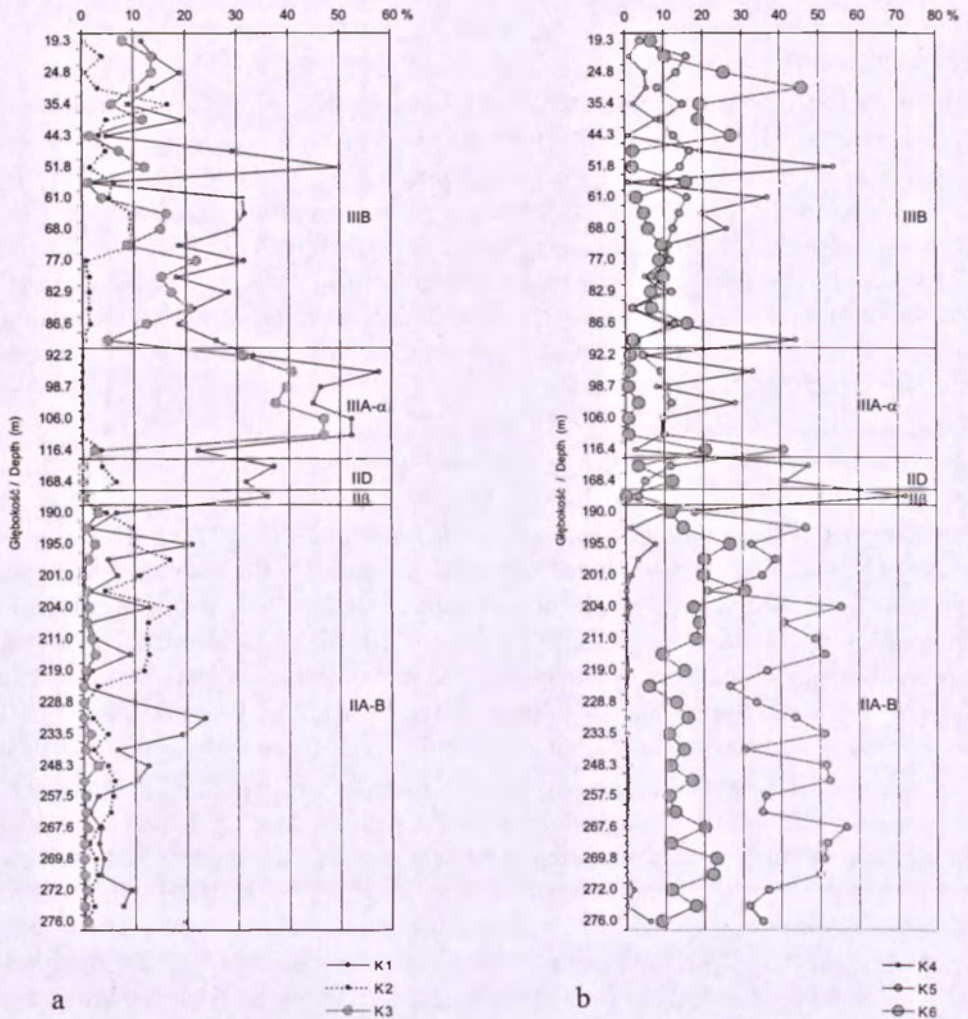
W biozonie IID, otwornice reprezentujące kategorię K1 (*Elphidium*) są równie liczne jak w niżej leżącej biozonie (IIβ). Ponadto w niewielkiej liczbie pojawiają się tutaj otwornice aglutynujące (*Pseudotriplasia*). Najliczniej występują osobniki strefy eufotycznej (*Lobatula*, *Asterigerina*, *Elphidium*), a taksony reprezentujące środowisko archibentalu (*Melonis*, *Pullenia*, *Sphaeroidina*) mają tylko niewielki udział. Liczba taksonów jest tutaj znacznie większa niż w biozonie niżej leżącej. Wzrasta też udział otwornic preferujących wysoką zawartość substancji organicznej w osadzie (*Bulimina striata*, *Uvigerina orbignyana*). Udziały otwornic zasiedlających powierzchnię i wewnątrz osadu są zrównoważone.

Biozona IIIA-α charakteryzuje się bardzo znacznym udziałem (średnio 44,0%) osobników kategorii K1 (*Miliolina*, *Elphidium*, *Ammonia*). Równie liczne są taksony kategorii K3 (*Hauerinidae*, *Cornuspira*, *Nodobaculariella*, *Wiesnerella*). Przeważają w tej biozonie taksony płytkowodne (*Lobatula*, *Neoconorbina*, *Planorbulina*, *Ammonia*, *Asterigerina*, *Elphidium*), które stanowią średnio 13,5%. Równie duży udział mają otwornice charakterystyczne dla sublitoralu (*Glabratellidae*, *Ellipsolagenidae*, *Astrononion*), które stanowią średnio 13,6%. Liczba taksonów wzrasta od spągu ku stropowi biozony. Analogiczny kierunek zmian wykazuje udział otwornic preferujących zasobność środowiska w substancję organiczną (*Bolivina*, *Globocassidulina*, *Neobulimina*). Dominują w tej biozonie otwornice zasiedlające powierzchnię osadu.

W biozonie IIIB są stale obecne otwornice charakterystyczne dla odbiegającego od normy zasolenia (*Miliolina*, *Elphidium*, *Ammonia*). Ich udział systematycznie maleje od spągu ku stropowi biozony; średnio stanowią one 21,2% zespołu. Podobny kierunek zmian wykazują w tej części profilu otwornice kategorii K3 (*Hauerinidae*, *Spiroloculina*, *Wiesnerella*, *Cornuspira*). W wyższej części biozony wzrasta udział otwornic aglutynujących (*Spiroplectinella*, *Pavonitina*). Zasadniczo, udział wszystkich trzech wyróżnionych kategorii batymetrycznych jest w tej biozonie zrównoważony, a udział form charakterystycznych dla sublitoralnej części szelfu pozostaje niemal na stałym poziomie. Liczba taksonów jest tutaj znacznie większa (średnio 34) niż w biozonie niżej leżącej. Od spągu ku stropowi wzrasta udział taksonów oportunistycznych (*Cibicides*, *Valvulinaria*). Udziały otwornic zasiedlających powierzchnię oraz wewnątrz osadu są zrównoważone, z niewielką przewagą tych drugich (średnio wynosi on odpowiednio 29,5% i 35,8%).

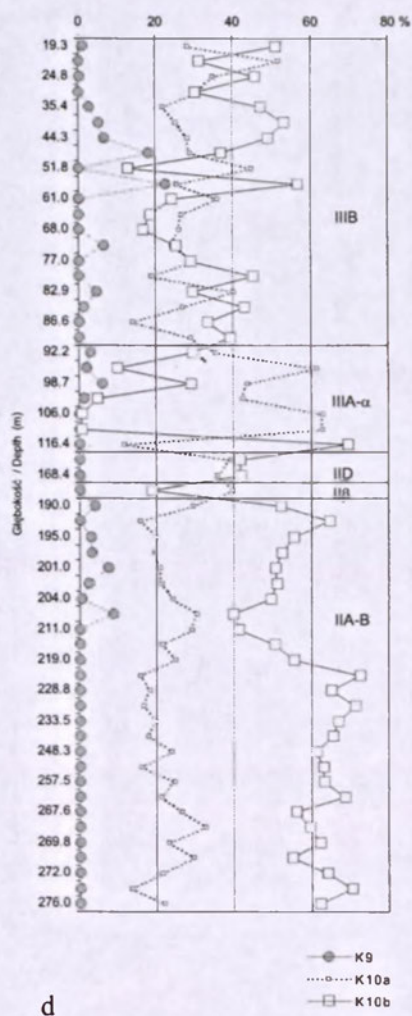
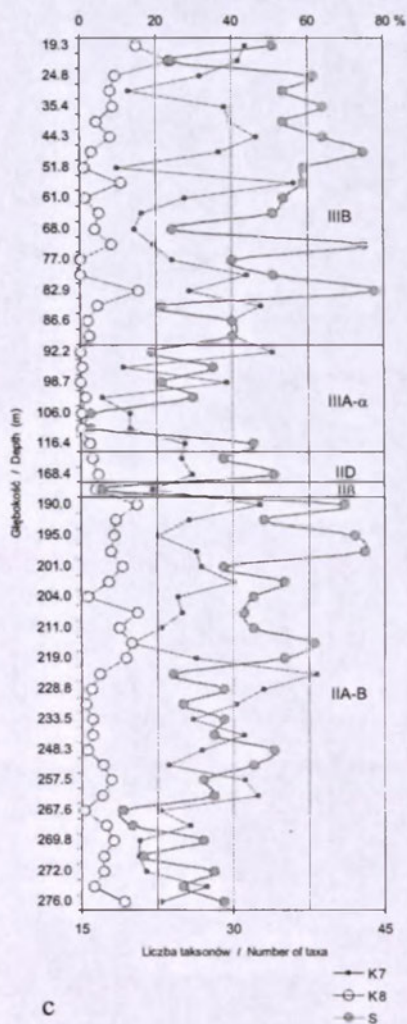
## KOZŁÓW2 (ryc. 32a–d)

W biozonie IIIA-α są obecne liczne otwornice kategorii K1 (*Miliolina*, *Elphidium*) oraz K3 (*Hauerinidae*, *Wiesnerella*, *Elphidium*). Udział taksonów charakterystycznych dla strefy sublitoralu (*Ellipsolagenidae*, *Glabratellidae*, *Eoeponidella*, *Nonion*, *Nonionella*, *Heterolepa*) oraz epifitycznych, czyli najpłycej żyjących (*Gavelinopsis*, *Lobatula*, *Asterigerina*, *Elphidium*) jest w tej biozonie równorzędny. Zdecydowana większość spośród licznie tutaj występujących taksonów (średnio 36) to otwornice zasiedlające powierzchnię osadu.



Ryc. 31a-d. Udział procentowy kategorii faunistycznych wśród bentonicznych otwornic profilu Fig. 31a-d. Benthonic foraminifers in the section GLIWICE21; down-core variation in relative abun-

Biozona III B odznacza się stopniowym zmniejszaniem się udziału otwornic kategorii K1 (*Miliolina*, *Elphidium*). Analogiczny kierunek zmian wykazuje udział taksonów charakterystycznych dla wód ciepłych (*Hauerinidae*). Stale natomiast wzrasta udział otwornic aglutynujących (*Spiroplectinella*, *Pavonitina*, *Bigenerina*, *Textularia*). Wiodącą rolę ilościową odgrywają tutaj otwornice typowe dla sublitoralu (*Spiroplectinella*, *Polymorphinidae*, *Ellipsolagenidae*, *Lagena*, *Glandulina*, *Glabratellidae*, *Eoeponidella*, *Nonion*, *Nonionella*, *Astrononion*, *Heterolepa*), oraz głębszej części morza (*Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Hansenisca*). Natomiast udział otwornic typowych dla eulitoralu (*Gavelinopsis*, *Elphidium*) jest tutaj marginalny. Udział osobników preferujących środowisko zasobne w substancję organiczną utrzymuje się w tej biozonie stale na wysokim poziomie (średnio 44,3%). Są one reprezentowane przez *Bolivi-*



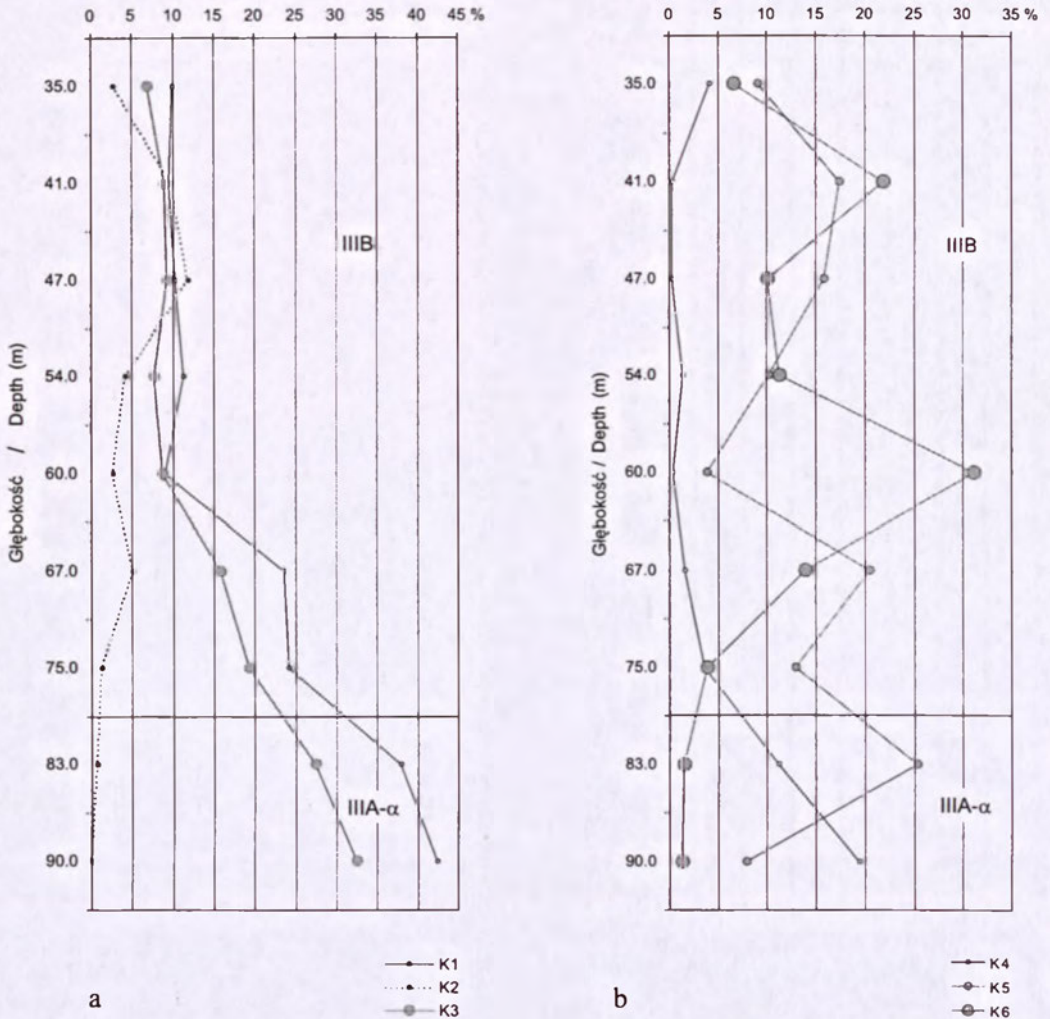
GLIWICE21. Objasnienia jak do ryc. 27.

dance of faunal categories. Explanation as in Fig. 27.

*na*, *Bulimina aculeata*, *B. elongata*, *B. gibba*, *B. insignis*, *B. pyrula*, *Uvigerina semionata*. Od spągu ku stropowi biozony wzrasta udział taksonów oportunistycznych (*Cibicides*, *Valvulineria*). Osobniki *Bolivina* osiągają do 14,3% udziału w zespole. Przeważają w tej biozonie otwornice zasiedlające wnętrze osadu (średnio stanowią 46,2%), podczas gdy średni udział epifauny wynosi 25,2%.

### OSTROPA8 (ryc. 33a–d)

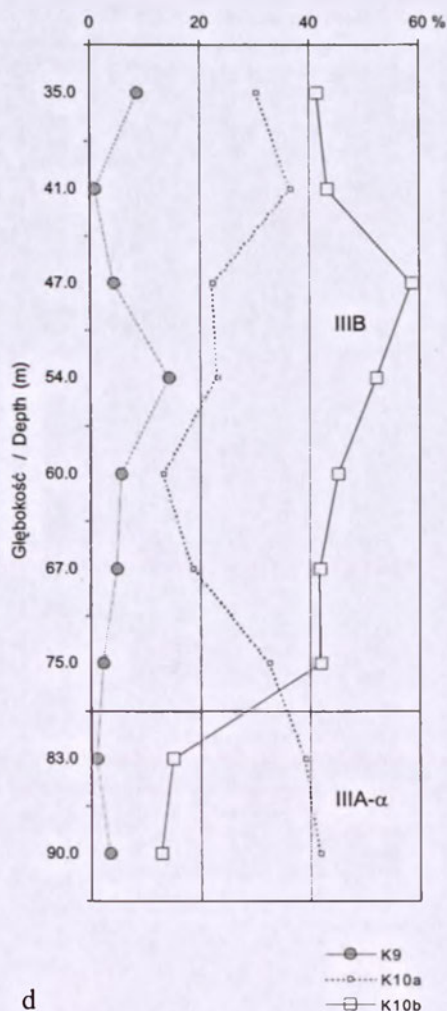
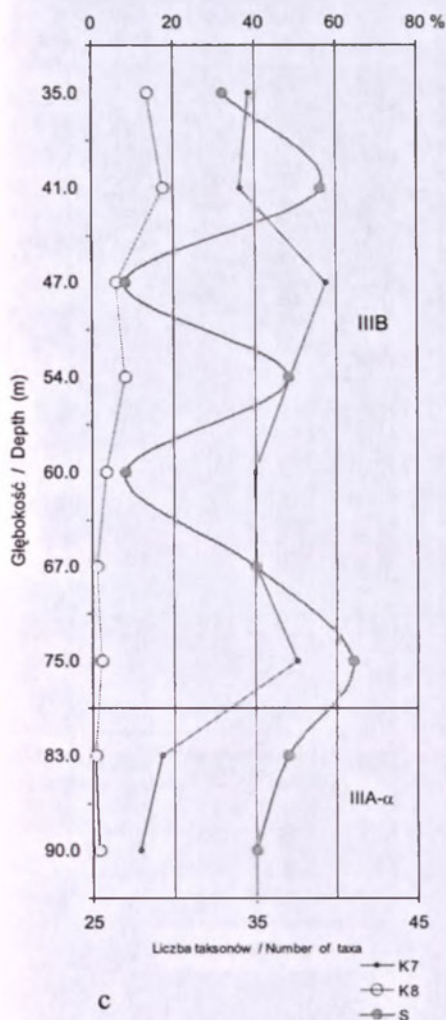
W biozonie IIA-B obecne są otwornice aglutynujące (średnio 4,6%) reprezentowane przez: *Spiroplectinella*, *Martinottiella*, *Bigenerina*. Dominują tutaj taksony charakterystyczne dla sublitoralu (*Spiroplectinella*, *Martinottiella*, *Lagenina*, *Nonion*, *Heterolepa*). Niewielki udział (średnio 7,9%) mają otwornice reprezentujące głębsze części



Ryc. 32a-d. Udział procentowy kategorii faunistycznych wśród bentonicznych otwornic profilu  
 Fig. 32a-d. Benthonic foraminifera in the section KOZŁÓW2; down-core variation in relative abun-

zbiornika (*Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Gyroidinoides*, *Hansenisca*). Udział otwornic preferujących środowisko zasobne w substancję organiczną (*Bolivina*, *Globocassidulina*, *Bulimina aculeata*, *B. striata*, *Uvigerina semiornata*, *U. acuminata*, *U. venusta*) wynosi w tej biozonie średnio 43,5%. Obecne są dość liczne (średnio 7,2%) osobniki taksonów oportunistycznych (głównie *Cibicides*). Dominują tutaj otwornice zasiedlające wnętrze osadu (średnio 64,5%). Stale obecne są w tej biozonie osobniki *Bolivina* (średni ich udział wynosi 10,2%).

Biozona IID charakteryzuje się brakiem otwornic aglutynujących, co odróżnia ją bardzo wyraźnie od biozony leżącej niżej (IIA-B). Spośród kategorii batymetrycznych, reprezentowane są tutaj głównie taksony charakterystyczne dla głębszej części morza (K6). Są to *Sphaeroidina* i *Pullenia*. W tej części profilu liczba taksonów jest

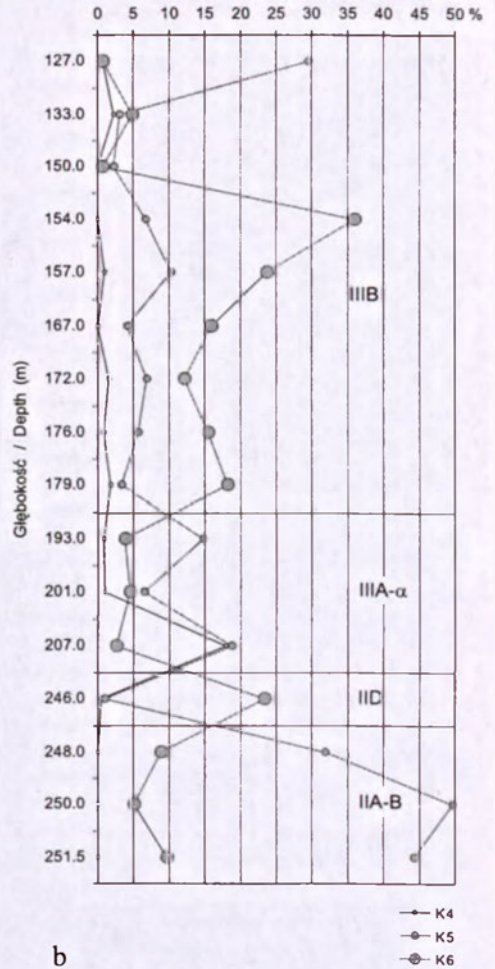
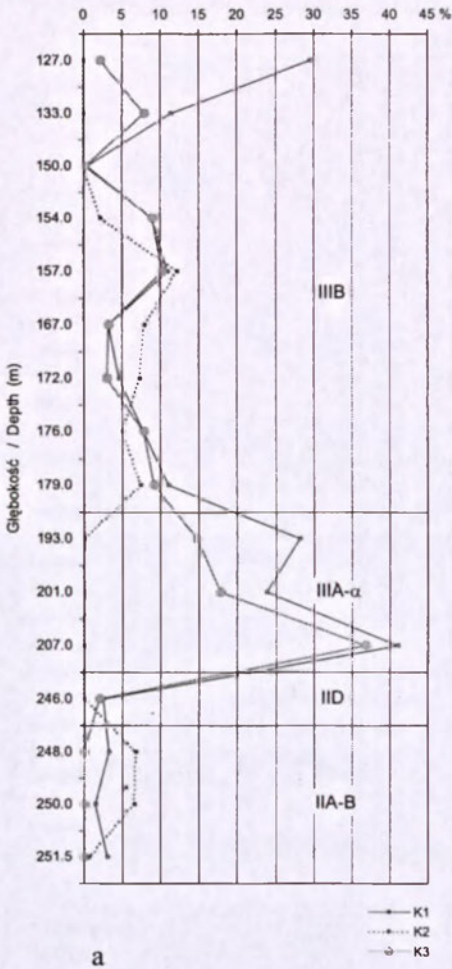


KOZŁÓW2. Objasnienia jak do ryc. 27.

dance of faunal categories. Explanation as in Fig. 27.

niewielka. Duży udział mają w niej otwornice oportunistyczne (*Cibicides*, *Valvulineria*). Dominują w tej biozonie otwornice zasiedlające wnętrze osadu.

W biozonie IIIA- $\alpha$ , ilościowego znaczenia nabierają przedstawiciele kategorii K1 i K3. Są one reprezentowane przez Hauerinidae i *Elphidium*, a ich średni udział wynosi odpowiednio 31,0% i 23,1%. Udział otwornic charakterystycznych dla sublitoralu (*Glabratellidae*, *Eoepionidella*, *Astrononion*) przeważa w tej biozonie nad tymi, które są typowe dla głębszej (*Melonis*) oraz płytszej (*Gavelinopsis*, *Neoconorbina*, *Elphidium*) części zbiornika. Liczba taksonów w tej biozonie wynosi średnio 20. Za wyjątkiem spągowej części, występują tutaj bardzo licznie otwornice preferujące środowisko zasobne w substancję organiczną (*Bolivina*, *Bulimina elongata*, *B. gibba*). Tylko w najniższej części tej biozony otwornice zasiedlające powierzchnię osadu przeważają ilościowo

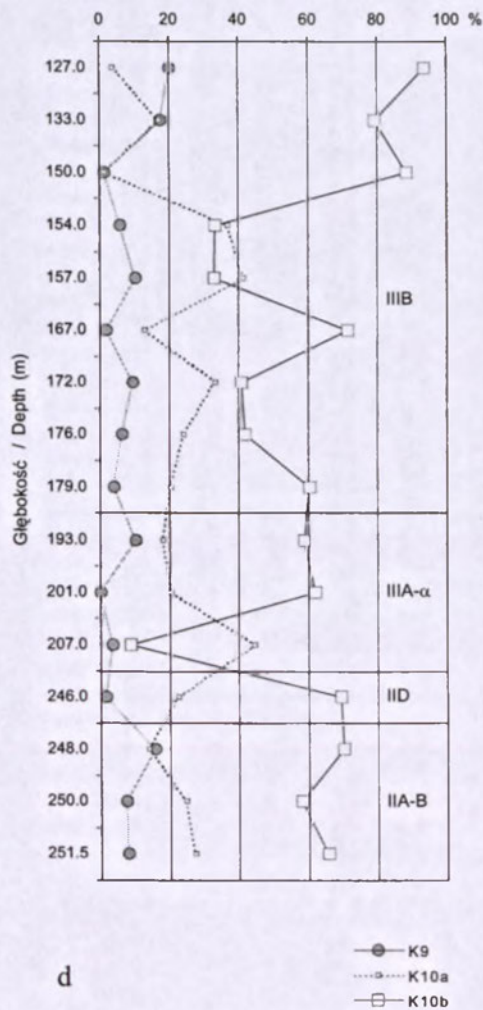
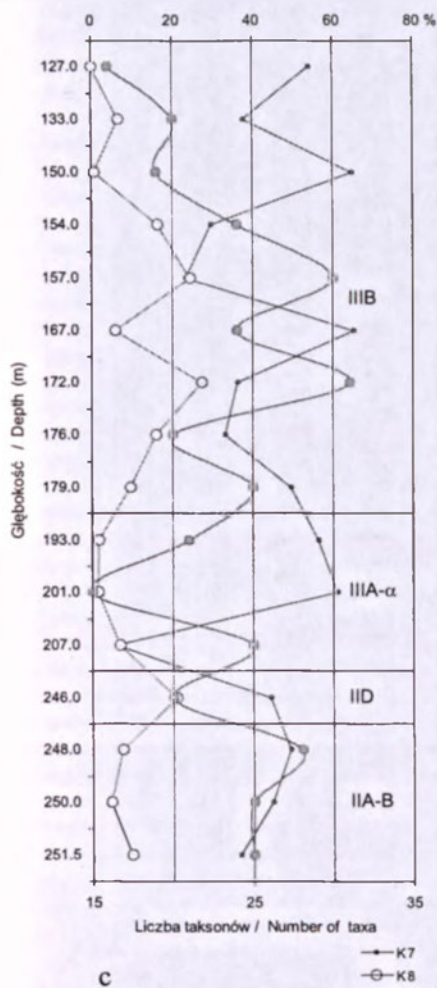


Ryc. 33a-d. Udział procentowy kategorii faunistycznych wśród bentonicznych otwornic profilu Fig. 33a-d. Benthonic foraminifers in the section OSTROPA8; down-core variation in relative abundan-

nad tymi, które zasiedlają jego wnętrze. W pozostałej części biozony relacje pomiędzy tymi dwiema kategoriami układają się odwrotnie. Wraz ze wzrostem udziału taksonów preferujących środowisko zasobne w substancję organiczną, wzrasta udział *Bolivina* (do 10,1%) – taksonu wskaźnikowego dla niedoborów tlenu w środowisku.

Biozona IIIB charakteryzuje się dużym udziałem otwornic aglutynujących (do 12,2%), głównie *Spiroplectinella* i *Pavonitina*, które znikają dopiero w stropowej części tej biozony. Równocześnie, w tej najwyższej części profilu wzrasta rola otwornic charakterystycznych dla zasolenia odbiegającego od normy (*Hauerinidae*). W niższej części biozony przeważają osobniki taksonów charakterystycznych dla batymetrycznej strefy poniżej litoralu. Stanowią one średnio 20,2% zespołu i reprezentowane są przez *Hoeglundina*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Hansenisca*. Największa liczba takso-





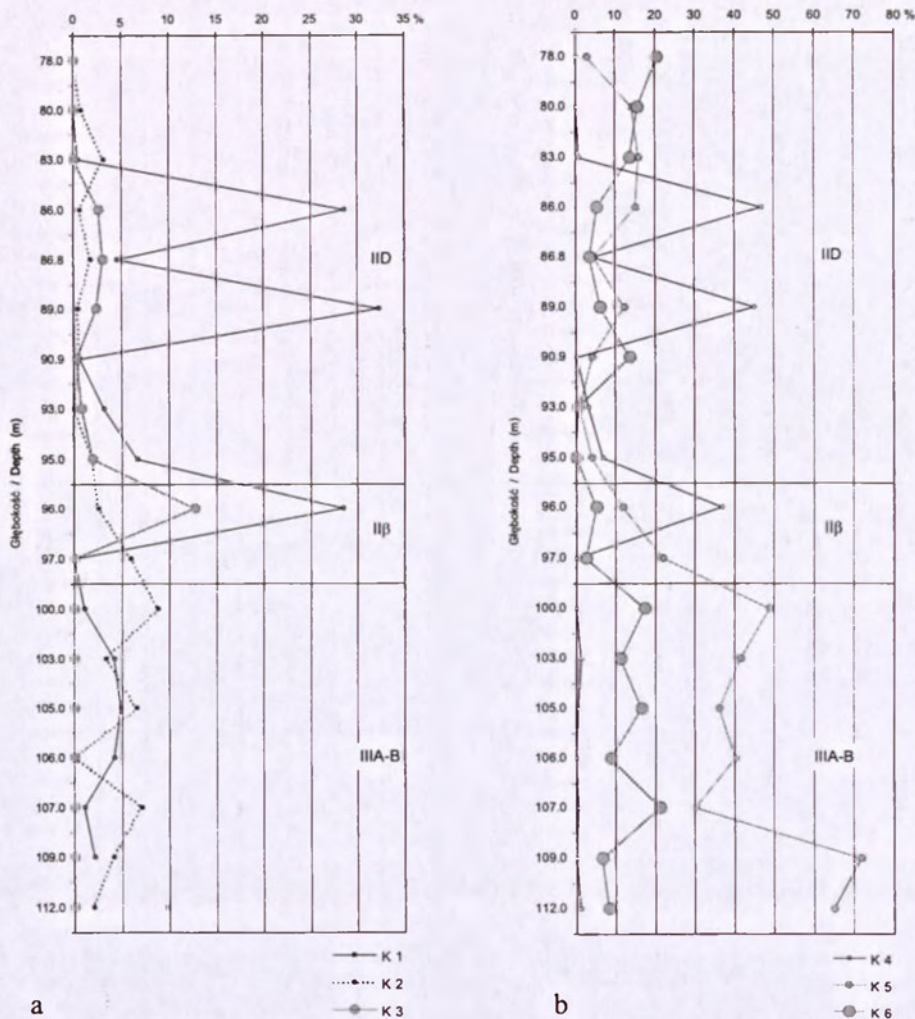
OSTROPA8. Objaśnienia jak do ryc. 27.

ce of faunal categories. Explanation as in Fig. 27.

nów występuje w środkowej części biozony (średnio 27) i ulega radykalnej redukcji w stropie (16). Podobnie przedstawia się udział otwornic z grupy oportunistycznych (*Cibicides*, *Valvulineria*); są one najliczniej reprezentowane w środkowej części biozony (średnio 18,4%). Natomiast udział taksonów preferujących dużą zawartość substancji organicznej w osadzie utrzymuje się stale na wysokim poziomie (średnio 43,7%). Za wyjątkiem środkowej części biozony, zaznacza się przewaga otwornic zasiedlających wnętrze osadu, znaczny udział (8,5%) ma wśród nich *Bolivina* – takson tolerujący niedobory tlenu w siedlisku.

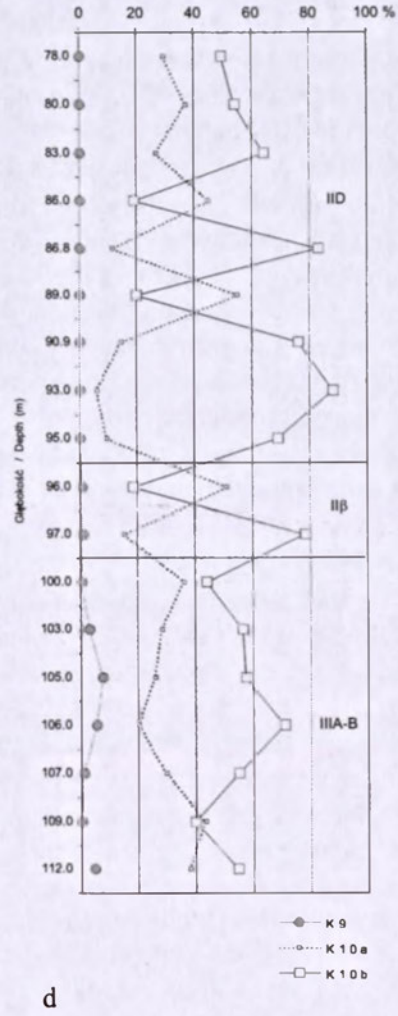
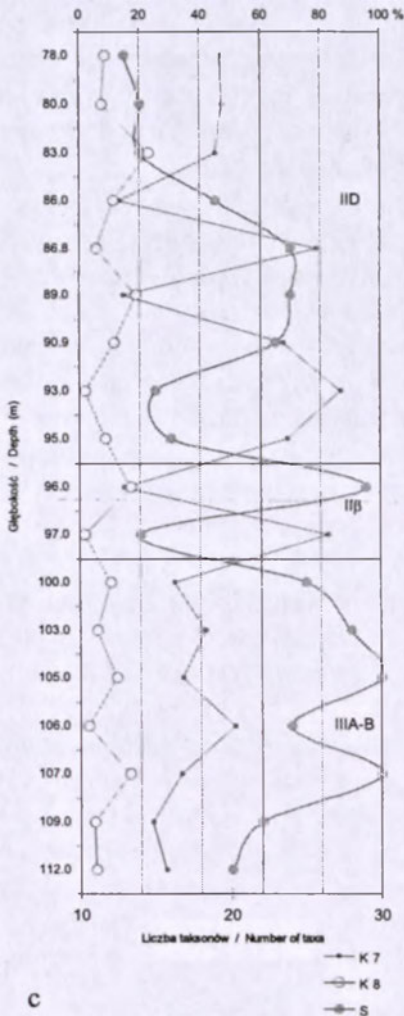
#### BIELSZOWICE7 (ryc. 34a–d)

Stałym składnikiem biozony IIA-B są otwornice aglutynujące. Stanowią one średnio 4,5% zespołu i reprezentowane są przez *Spiroplectinella*, *Martinottiella*, *Karre-*



Ryc. 34a-d. Udział procentowy kategorii faunistycznych wśród bentonicznych otwornic profilu Fig. 34a-d. Benthonic foraminifera in the section BIELSZOWICE7; down-core variation in relative abundance

*riella*. Dominują w tej biozonie taksony charakterystyczne dla sublitoralnej strefy szelfu (średnio 47,5%). Dość licznie są też reprezentowane otwornice głębszej części morza (*Karreriella*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Gyroidinoides*, *Hansenisca*); ich udział wynosi 8,2–21,1% (średnio 12,7%). Liczba taksonów wzrasta od spągu ku stropowi biozony (20–30). Osobniki taksonów preferujących środowisko zasobne w substancję organiczną (*Bolivina*, *Globocassidulina*, *Bulimina striata*, *B. gibba*, *B. elongata*, *B. aculeata*, *Uvigerina acuminata*, *U. semiornata*, *U. venusta*, *Heterolepa*) stanowią tutaj średnio 34,6% zespołu. Otwornice zasiedlające wnętrze osadu przeważają w niewielkim stopniu nad tymi, które zasiedlają jego powierzchnię (wartości średnie wynoszą odpowiednio 54,0% i 31,4%).



BIELSZOWICE7. Objaśnienia jak do ryc. 27.

dance of faunal categories. Explanation as in Fig. 27.

Biozona II $\beta$  jest w tym profilu reprezentowana tylko przez dwie próbki, które zawierają zupełnie odmienne udziały otwornic zarówno kategorii K1 (*Ammonia*, *Elphidium*) jak i K3 (*Amphistegina*, Hauerinidae). W niższej próbce, przedstawiciele tych kategorii w ogóle nie występują, a w wyższej mają znaczny udział (odpowiednio 28,4% i 12,7%). W tej wyższej próbce dominują otwornice płytkiej (eulitoralnej) strefy, reprezentowane przez *Neoconorbina*, *Lobatula*, *Asterigerina*, *Elphidium*, *Criboelphidium*. Różnice dotyczą również liczby taksonów występujących w tych próbkach (14 w niższej i 28 w wyższej). Wyższa z nich zawiera niewielką liczbę osobników reprezentujących taksony preferujące środowiska zasobne w substancję organiczną (*Bulimina striata*, *Uvigerina orbignyana*), podczas gdy w próbce niższej są one dominującym elementem zespołu (82,4%). Odmienność składu otwornic w tych dwu próbkach znajduje również odzwier-

ciędlenie w relacjach pomiędzy udziałem osobników zasiedlających powierzchnię i wewnątrz osadu. W wyższej części tej biozony, wewnątrz osadu, choć dobrze natlenione (brak otwornic kategorii K9), było ubogie w substancję organiczną, co wpływało hamująco na rozwój fauny otwornic – koncentrowała się ona głównie na powierzchni osadu. Odwrotne relacje występują w dolnej części tej biozony.

W biozonie IID epizodycznie wzrasta udział taksonów kategorii K1, głównie *Elphidium* i *Ammonia*. W wymienionych próbkach ilościowego znaczenia nabierają taksony płytkowodne (*Neoconorbina*, *Asterigerina*, *Lobatula*, *Elphidium*), podczas gdy w próbkach pozostałych występuje zrównoważony udział wszystkich trzech wyróżnionych kategorii batymetrycznych. Liczba taksonów w obrębie tej biozony podlega dużym wahaniom i zmniejsza się radykalnie w części najwyższej. W dolnej części biozony dominują otwornice zasiedlające wewnątrz osadu (średnio 77,7%). W wyższej części tej biozony ich udział się zmniejsza (średnio 48,1%), a dużego znaczenia nabierają osobniki zasiedlające powierzchnię osadu.

### PILCHOWICE1 (ryc. 35a–d)

W biozonie IIA-B stwierdzono znaczący udział (do 12,2%) otwornic aglutynujących (*Spiroplectinella*, *Karreriella*, *Martinottiella*). Spośród wyróżnionych kategorii batymetrycznych dominują początkowo taksony charakterystyczne dla sublitoralu (*Martinottiella*, *Spiroplectinella*, *Lagenina*), zaś w wyższej części biozony przeważają taksony głębszej strefy morza (*Karreriella*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Hansenisca*). Liczba taksonów pozostaje tutaj niemal stała. Udział osobników kategorii K7 (*Bolivina*, *Globocassidulina*, *Bulimina aculeata*, *B. striata*, *Uvigerina semionata*, *U. acuminata*, *U. aculeata*) maleje od spągu ku stropowi, a równocześnie wzrasta udział taksonów oportunistycznych (*Cibicides*, *Valvulineria*), dochodząc w stropie biozony do 19,2%. Dominującą rolę odgrywają tutaj otwornice zasiedlające wewnątrz osadu, które stanowią średnio 61,1%. Udział *Bolivina* podlega w obrębie biozony bardzo dużym wahaniom (2,3–25,0%).

Biozona IIC wykazuje zanik otwornic aglutynujących, co wyraźnie odróżnia ją od biozony niżej leżącej. Również inne cechy biozony IIC wskazują, że jest ona radykalnie odmienna od biozony IIA-B: przedstawiciele wszystkich trzech wyróżnionych kategorii batymetrycznych (K4–K6) występują tutaj śladowo, a bardzo duży udział mają otwornice taksonów oportunistycznych (*Valvulineria*, *Cibicides*). Udział tych ostatnich dochodzi do 43,6% zespołu. Bardzo licznie reprezentowane są taksony preferujące dużą zawartość substancji organicznej w środowisku (*Bolivina*, *Bulimina aculeata*, *B. pyrula*, *B. striata*). Natomiast liczba taksonów jest tutaj znacznie mniejsza niż w biozonie leżącej niżej.

W biozonie IID, podobnie jak w IIA-B, występują licznie otwornice aglutynujące (średnio 7,0%). Są one tutaj reprezentowane przez *Pseudotriplasia*. Spośród kategorii batymetrycznych znaczenie dominujące mają taksony głębokowodne (średnio 28,2%), reprezentowane przez *Hoeglundina* i *Pullenia*. Liczba taksonów jest tutaj równie niska jak w poprzedniej biozonie (IIC). Mniejszy jest natomiast udział taksonów oportunistycznych (średnio 12,9%) i są one reprezentowane głównie przez *Cibicides*. Od

spągu ku stropowi biozony zmniejsza się udział infauny, wzrasta natomiast epifauny, a w najwyższej części biozony ich udziały są niemal równorzędne.

Biozona IIIB charakteryzuje się stałą obecnością taksonów ciepłolubnych (średnio 6,8%). Reprezentowane są głównie Hauerinidae, *Cornuspira*, *Wiesnerella*, *Spiroloculina*. Przeważają w tej części profilu osobniki taksonów reprezentatywnych dla głębokich wód zbiornika (K6). Głównie są to: *Hoeglundina*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Hansenisca*. Otwornice preferujące duży udział substancji organicznej w osadzie reprezentowane są w tej biozonie przez *Bolivina*, *Globocassidulina*, *Bulimina aculeata*, *Uvigerina bellicostata*. Ich udział jest dużo większy w niższej części biozony, gdzie średnio stanowią 46,3% zespołu. Liczba taksonów wykazuje tutaj początkowo wzrost (do 37) a w wyższej części ulega zmniejszeniu do 9 (stropowa część tej biozony). Niewielki początkowo udział taksonów oportunistycznych (*Cibicides*, *Valvulineria*) wzrasta w górnej części biozony do 36,5% zespołu. W niższej części tej biozony dominują otwornice zasiedlające wewnątrz osadu (średnio 55,9%), podczas gdy udział otwornic zasiedlających powierzchnię osadu wynosi średnio 18,9%. W górnej części biozony relacje ilościowe pomiędzy tymi dwoma grupami otwornic stają się bardziej zrównoważone. Równolegle z tą zmianą wzrasta w zespole udział *Bolivina* (do 16,7%) – taksonu tolerującego niedobory tlenu w środowisku.

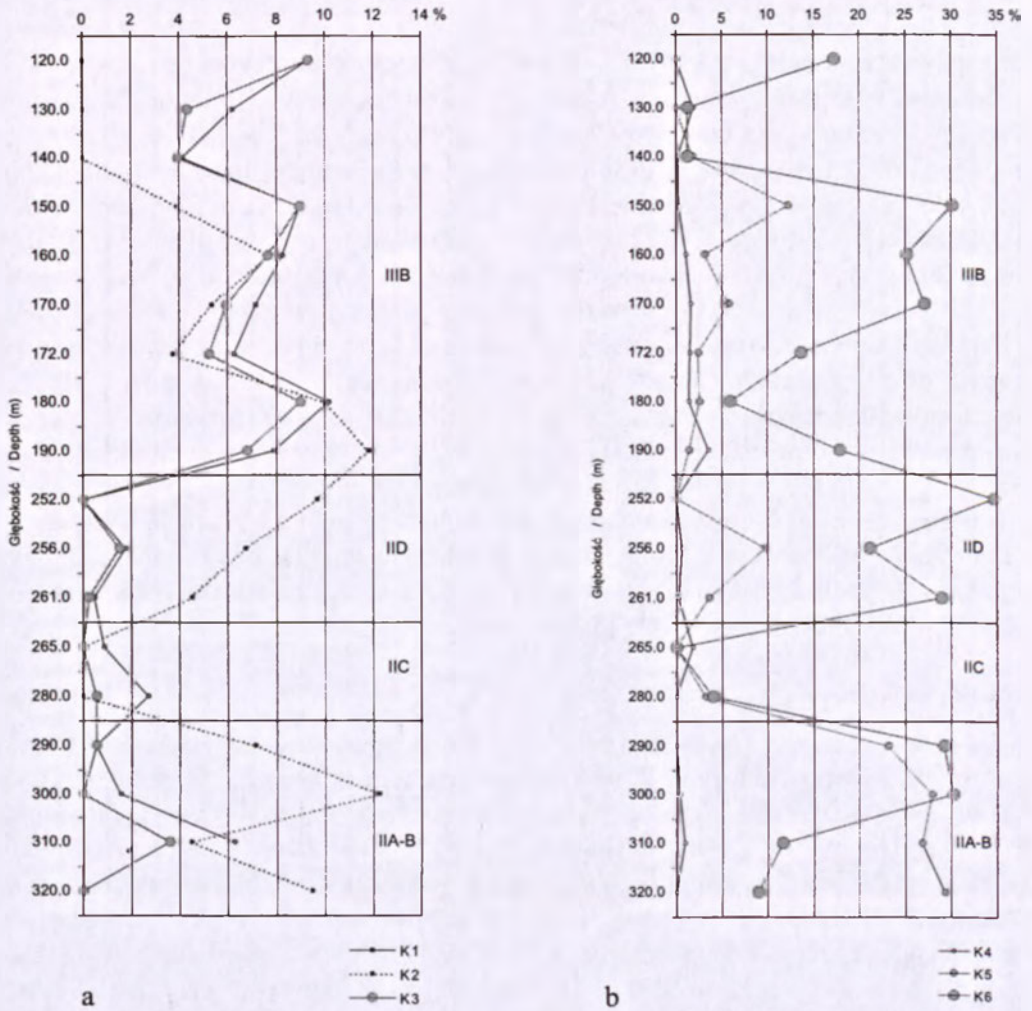
#### PILCHOWICE10 (ryc. 36a–d)

W obrębie biozony IIA-B tego profilu reprezentowane są dość licznie (do 21,6%) otwornice aglutynujące (*Spiroplectinella*, *Karrerella*, *Martinottiella*). Udział taksonów typowych dla sublitoralu (*Spiroplectinella*, *Martinottiella*, *Lagenina*, *Nonion*, *Heterolepa*) oraz charakterystycznych dla głębszej strefy morza (*Karrerella*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Gyroidinoides*, *Hansenisca*) jest tutaj niemal równorzędny, odpowiednio 27,5% oraz 19,5%. Niewielki jest udział otwornic preferujących środowisko zasobne w substancję organiczną: *Bolivina*, *Globocassidulina*, *Bulimina striata*, *Uvigerina semiornata* – średnio 22,7%. Taki sam udział (średnio 24,5%) wykazują w tej biozonie otwornice oportunistyczne (*Cibicides*, *Valvulineria*). Otwornice zasiedlające wewnątrz osadu przewyższają nieco liczbę tych, które zasiedlają jego powierzchnię. Natomiast stale obecna jest *Bolivina*, której udział dochodzi do 11,7%.

Biozona IIβ jest w tym profilu reprezentowana tylko przez jedną próbkę. W przeciwieństwie do niżej leżącej biozony, nie występują tutaj otwornice aglutynujące. Liczba taksonów pozostaje równie duża jak w IIA-B, jednak dominację ilościową (43,3%) mają wśród nich taksony oportunistyczne (*Cibicides*, *Valvulineria*).

Biozona IIC, podobnie jak biozona IIβ, nie zawiera otwornic aglutynujących. Cechą charakterystyczną tej biozony jest ponadto brak (lub tylko śladowa obecność) przedstawicieli kategorii K4–K6, czyli taksonów wskaźnikowych dla batymetrii. Występuje tutaj ogólnie mała liczba taksonów (6–7), a rolę dominującą (średni udział 64,5%) odgrywają taksony oportunistyczne (*Valvulineria*).

W biozonie IID występują formy aglutynujące (*Pseudotriplasia*). Spośród otwornic wskaźnikowych dla batymetrii, najliczniej reprezentowana jest kategoria K6 (*Sphaeroidi-*

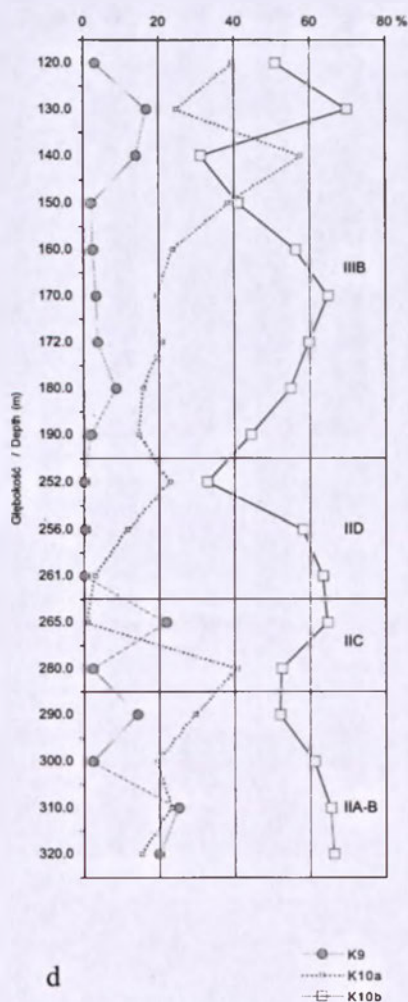
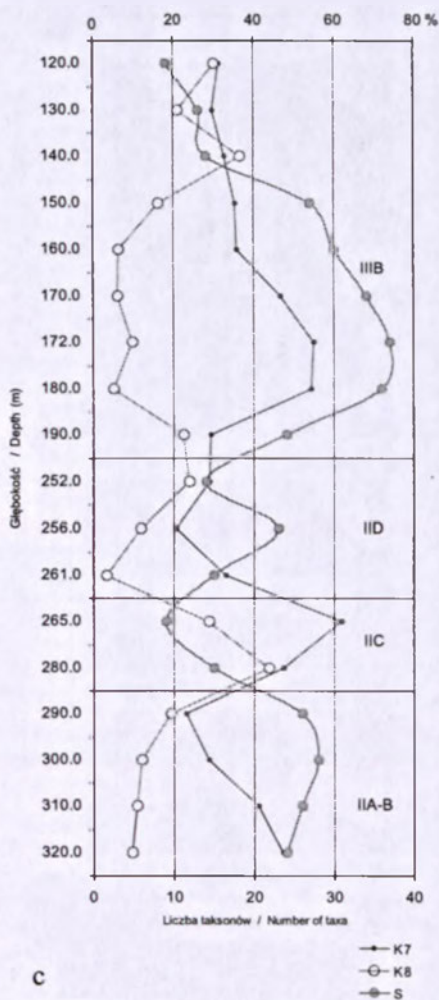


Ryc. 35a-d. Udział procentowy kategorii faunistycznych wśród bentonicznych otwornic profilu Fig. 35a-d. Benthonic foraminifera in the section PILCHOWICE1; down-core variation in relative

na). Liczba taksonów dochodzi w tej biozonie do 17, a udział oportunistycznych (głównie *Cibicides*) maleje bardzo wyraźnie w porównaniu do poprzedniej biozony (IIC).

Biozona II $\delta$  zawiera dużą ilość otwornic kategorii K1 (*Ammonia*, *Elphidium*). Wśród kategorii batymetrycznych, dominującą rolę odgrywają w tej biozonie otwornice charakterystyczne dla najpłytszej strefy morza (*Asterigerina*, *Ammonia*, *Elphidium*). Występuje tutaj dość duże zróżnicowanie taksonomiczne (23), a ilościowo przeważają otwornice zasiedlające powierzchnię osadu. Udział osobników preferujących środowisko zasobne w substancję organiczną jest w tej części profilu niewielki.

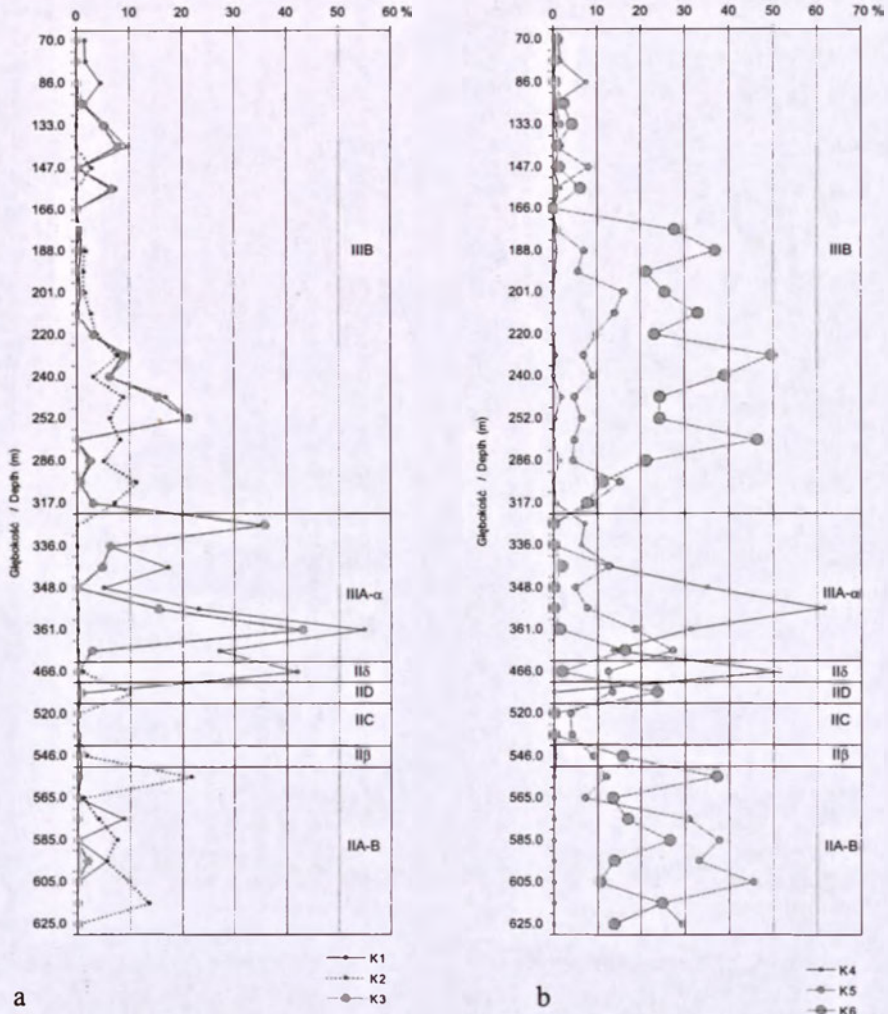
W biozonie IIIA- $\alpha$  bardzo licznie reprezentowane są otwornice kategorii K1 (*Miliolina*, *Elphidium*) i K3 (głównie Hauerinidae). Średni ich udział wynosi odpowiednio 24,2% oraz 15,4%. Podobnie jak w niżej leżącej biozonie, nie występują tutaj otwor-



PILCHOWICE1.; Objaśnienia jak do ryc. 27.

abundance of faunal categories. Explanation as in Fig. 27.

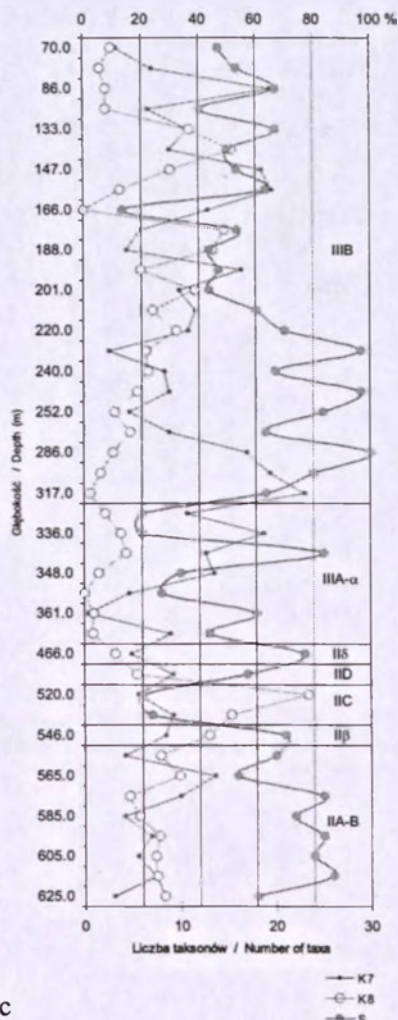
nice aglutynujące. Spośród kategorii batymetrycznych dominują taksony najpłytszej – eulitoralnej – strefy morza (*Neoconorbina*, *Asterigerina*, *Elphidium*, *Lobatula*) oraz charakterystyczne dla sublitoralu (*Glabratellidae*, *Nonionella*, *Astrononion*). Liczba taksonów podlega w tej biozonie dużym wahaniom (6–25). Udział otwornic preferujących środowisko zasobne w substancję organiczną jest mniejszy w niższej części biozony (średnio 15,5%) niż w jej części górnej (średnio 46,3%). Bardzo charakterystyczną cechą wyższej części biozony jest liczne występowanie (do 56,3%) osobników *Bolivina*, taksonu indykacyjnego dla niedoborów tlenu w środowisku, a jednocześnie głównego składnika kategorii K7 – grupy otwornic preferujących zasobność środowiska w substancję organiczną. Relacje ilościowe pomiędzy otwornicami zasiedlającymi powierzchnię i wewnątrz osadu układają się w obrębie tej biozony bardzo różnorodnie; ich udziały są równorzędne, bądź dominuje jeden z nich.



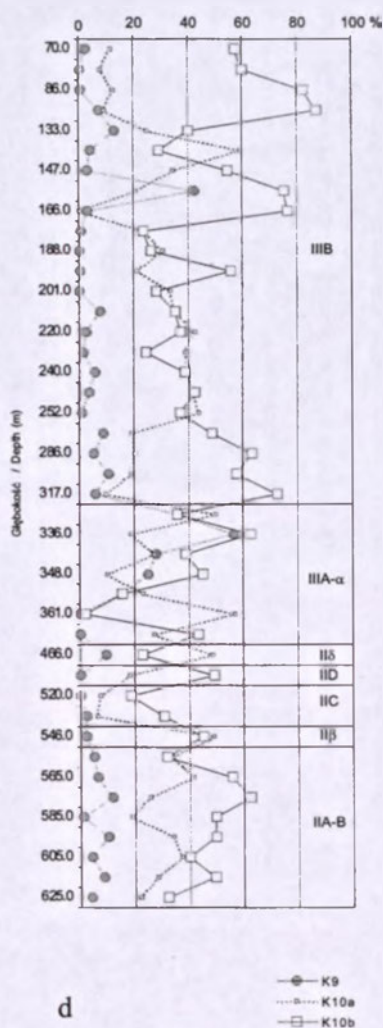
Ryc. 36a-d. Udział procentowy kategorii faunistycznych wśród bentonicznych otwornic profilu Fig. 36a-d. Benthonic foraminifers in the section PILCHOWICE10; down-core variation in relative abun-

Stalym składnikiem biozony IIB (średnio 4,3% zespołu) są przedstawiciele kategorii K1 (*Miliolina* w części niższej biozony, a w wyższej części *Ammonia* i *Elphidium*). Pierwszy z wymienionych taksonów reprezentuje równocześnie kategorię wskaźnikową dla cieplejszych wód (K3). W niższej części tej biozony obecne są otwornice aglutynujące (*Pavonitina*, *Spiroplectinella*, *Martinottiella*, *Textularia*, *Siphotextularia*); średnio ich udział w zespole wynosi 6,4%. Niższa część biozony charakteryzuje się znacznym udziałem otwornic wskaźnikowych dla głębszych obszarów morza (K5 oraz K6). Są one tutaj reprezentowane przez *Spiroplectinella*, *Martinottiella* i *Heterolepa* (K5) oraz *Hoeglundina*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Hansenisca* (K6), a ich średni udział wynosi odpowiednio 8,7% oraz 27,9%. W obrębie tej niższej części profilu stale wzrasta liczba otwornic oportunistycznych (K8); są to osobniki





c



d

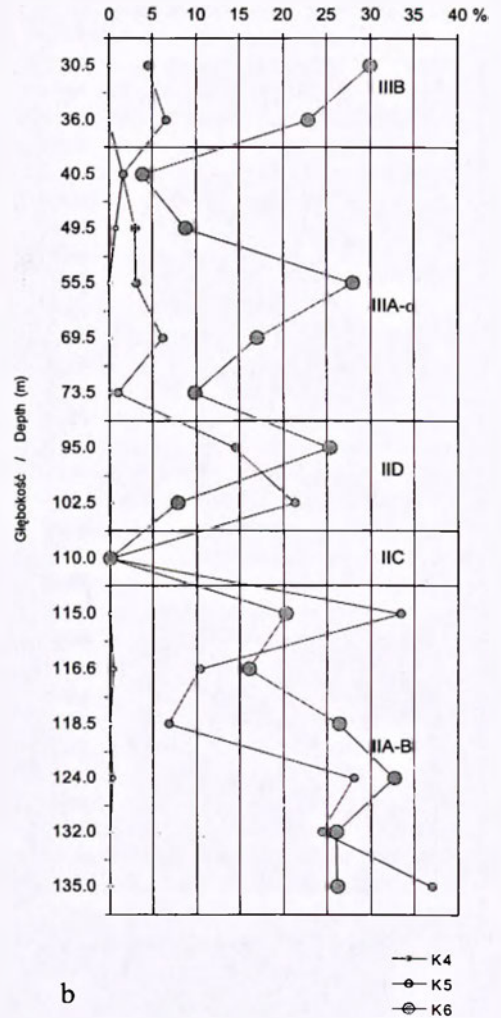
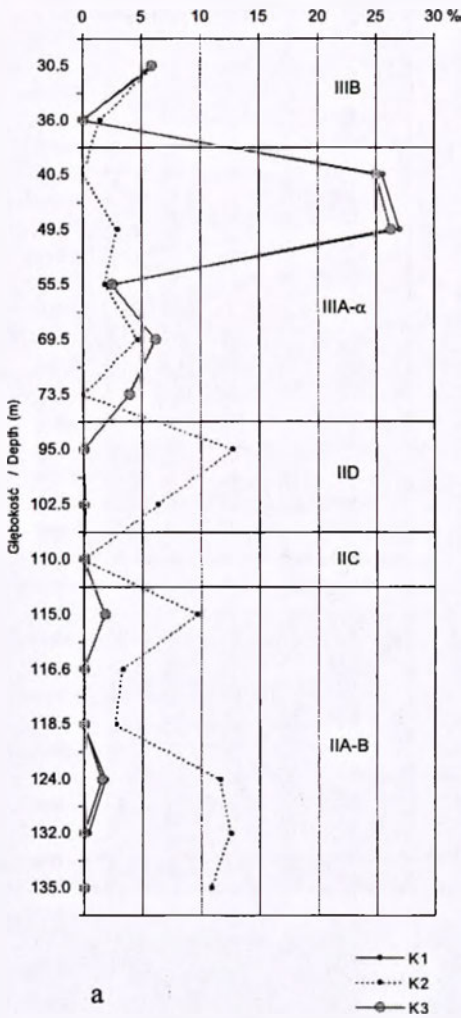
PILCHOWICE10; Objaśnienia jak do ryc. 27.

dance of faunal categories. Explanation as in Fig. 27.

zarówno *Cibicides* jak *Valvulineria*. W wyższej części profilu ich udział podlega dużym wahaniom (nie występują w ogóle, bądź osiągają 54,0%). Niższa część biozony charakteryzuje się generalnie nieco większą liczbą taksonów (średnio 23) niż wyższa jej część (średnio 15). Udział otwornic zasiedlających wnętrze osadu jest w obrębie tej biozony znacznie większy od udziału tych, które zasiedlają powierzchnię osadu; jedynie w środkowej części biozony wielkości te są równoważne.

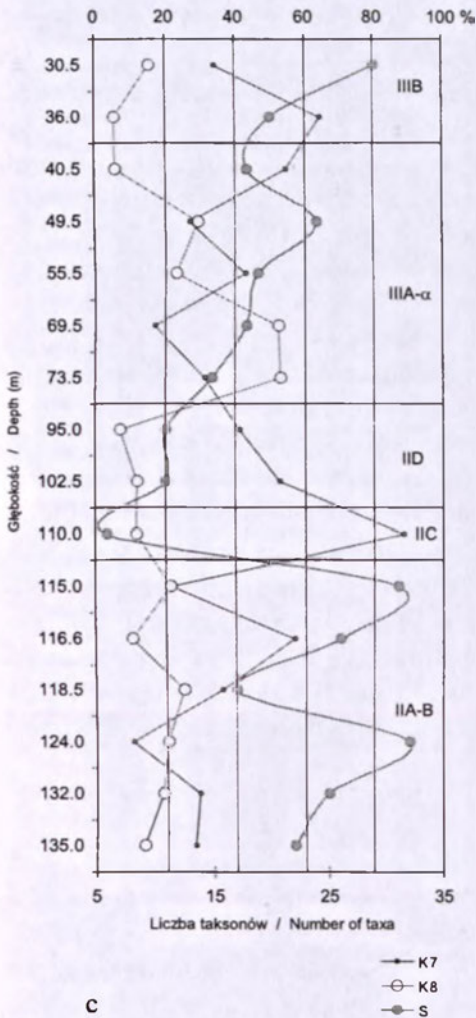
### WILCZA1 (ryc. 37a-d)

Biozona IIA-B zawiera – zwłaszcza w niższej części – dość znaczną liczbę otwornic aglutynujących (średnio 8,4%). Są tutaj reprezentowane *Spiroplectinella*, *Karriella*, *Martinottiella*, *Bigenerina*. Spośród kategorii batymetrycznych duży udział

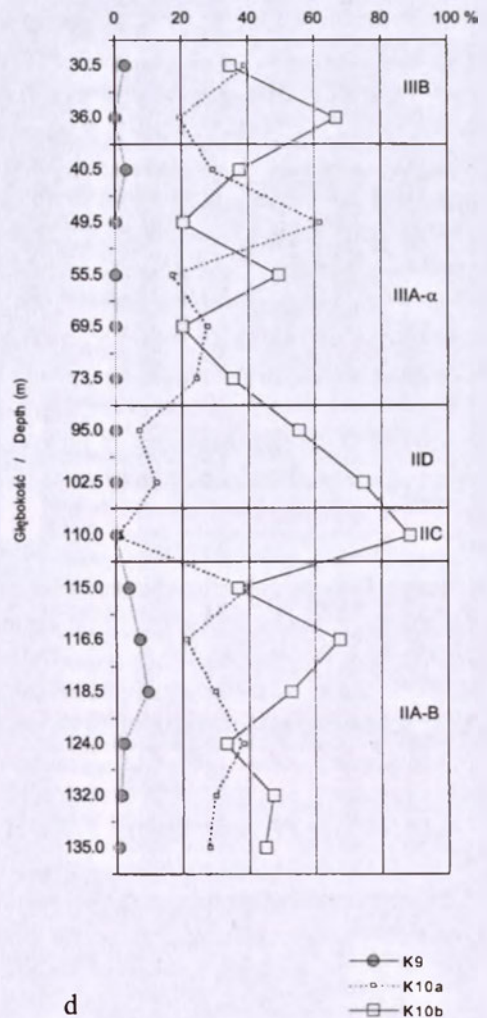


Ryc. 37a-d. Udział procentowy kategorii faunistycznych wśród bentonicznych otwornic profilu Fig. 37a-d. Benthonic foraminifera in the section WILCZA1; down-core variation in relative abundance

mają taksony charakterystyczne dla sublitoralnej części szelfu (*Spiroplectinella*, *Martinottiella*, *Lagenina*, *Heterolepa*) oraz głębszej części morza (*Karreriella*, *Ehrenbergina*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Gyroidinoides*, *Hansenisca*). Średni ich udział wynosi w tej biozonie odpowiednio 23,3% i 24,8%. Za wyjątkiem jednej próbki, liczba taksonów jest tutaj znaczna (średnio 26). Od spągu ku stropowi biozony wzrasta udział otwornic preferujących zasobność środowiska w substancję organiczną (*Bolivina*, *Globocassidulina*, *Bulimina striata*, *Uvigerina semiornata*, *U. acuminata*, *U. orbignyana*, *U. aculeata*, *U. venusta*). Udział otwornic zasiedlających wnętrze osadu oraz jego powierzchnię jest w tej biozonie zbliżony, z niewielką przewagą tych pierwszych (średnio wielkości te wynoszą odpowiednio 31,0% i 46,8%). W wyższej części pojawia się znacząca liczba *Bolivina*.



c



d

WILCZA1. Objasnienia jak do ryc. 27.

of faunal categories. Explanation as in Fig. 27.

W biozonie IIC występuje skrajnie mała liczba taksonów. Brakuje wśród nich otwornic reprezentujących kategorię K1–K6. Bardzo duży udział (88,4%) mają tutaj osobniki oportunistycznego taksonu *Valvulineria* oraz taksonów preferujących zasobność środowiska w substancję organiczną (*Bulimina elongata*, *B. gibba*, *B. aculeata*, *Uvigerina semiornata*).

W biozonie IID wzrasta liczba otwornic aglutynujących (*Pseudotriplasia*). W tej części profilu pojawiają się ponownie otwornice charakterystyczne dla sublitoralu (*Dentalina*, *Nodosaria*) oraz głębszej strefy morza (*Sphaeroidina*, *Hoeglundina*). Ich udział wynosi odpowiednio 17,8% i 16,5%. Bardzo liczne są w tej biozonie (średnio 47,0%) osobniki taksonów preferujących zasobność środowiska w substancję organiczną (*Bulimina elongata*, *B. gibba*, *B. aculeata*, *Uvigerina semiornata*). Liczba tak-

sonów utrzymuje się na niskim poziomie (11). Podobnie jak w biozonie poprzedniej, dominujące znaczenie mają otwornice zasiedlające wnętrze osadu.

W biozonie IIIA- $\alpha$ , występują liczne otwornice kategorii K1 (Hauerinidae), które są równocześnie składnikami kategorii K3 – taksonów charakterystycznych dla wód ciepłych. Ich udział w górnej części biozony wzrasta do 27,0%. Spośród otwornic uznanych za wskaźnikowe dla batymetrii środowiska, największy udział (średnio 13,4%) mają taksony charakterystyczne dla strefy poniżej szelfu (*Hoeglundina*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Hansenisca*). Udział otwornic typowych dla sublitoralu (*Heterolepa*) wynosi tutaj średnio 2,9%. Od spągu ku stropowi biozony wzrasta udział otwornic preferujących środowisko zasobne w substancję organiczną (16,9–54,3%). Równocześnie zmniejsza się rola otwornic oportunistycznych. Są one w tej biozonie reprezentowane przez *Cibicides* i *Valvulineria*, a ich udział maleje od 52,9% w części spągowej biozony do 6,0% w jej części stropowej. Liczebność otwornic zasiedlających powierzchnię i wnętrze osadu jest tutaj w dużym stopniu zrównoważona.

Biozona IIIB charakteryzuje się śladową obecnością przedstawicieli kategorii K1 (Hauerinidae, *Spiroloculina*), co w zasadniczy sposób odróżnia ją od biozony niżej leżącej (IIIA- $\alpha$ ). Ponadto, znacznie wzrasta tutaj udział otwornic charakterystycznych dla głębszej (poniżej litoralu) strefy morza (K6). Są one reprezentowane przez *Hoeglundina*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Hansenisca*, a ich udział wynosi średnio 26,4%. Liczba taksonów dochodzi w tej biozonie do 29. Udział otwornic zasiedlających wnętrze i powierzchnię osadu nie wykazuje żadnych ukierunkowanych zmian; średni udział tych dwu grup otwornic wynosi odpowiednio 50,5% i 29,3%.

#### **SZCZYGŁOWICE16D (ryc. 38a–d)**

W obrębie biozony IIA-B licznie występują otwornice aglutynujące (średnio 12,8%). Reprezentowane są *Spiroplectinella*, *Martinottiella*, *Karreriella*, *Bigenerina*. Również taksony charakterystyczne dla sublitoralnej części szelfu (*Spiroplectinella*, *Martinottiella*, *Lagenina*, *Nonion*, *Nonionella*, *Heterolepa*) oraz głębszej strefy morza (*Karreriella*, *Ehrenbergina*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Hansenisca*) są tutaj liczne. Średni ich udział wynosi odpowiednio 22,8% oraz 22,4% zespołu. Od spągu ku stropowi biozony wzrasta zróżnicowanie taksonomiczne (24–32). Udział taksonów, które preferują zasobność środowiska w substancję organiczną (*Bolivina*, *Globocassidulina*, *Bulimina striata*, *Uvigerina semiornata*, *U. acuminata*, *U. orbignyana*, *U. aculeata*) pozostaje na dość stałym poziomie (średnio 29,4%) z niewielką tendencją do zmniejszenia się ku stropowi biozony. Znaczny udział mają reprezentanci kategorii K8 (średnio 17,8%), *Cibicides* i *Valvulineria*. Zaznacza się stała obecność *Bolivina*, zwłaszcza w spągowej części biozony (23,7%). Przeważają otwornice zasiedlające wnętrze osadu, chociaż różnica pomiędzy ich udziałem a udziałem tych, które zasiedlają powierzchnię osadu nie jest wielka. Wartości te wynoszą odpowiednio: 48,7% oraz 27,6%.

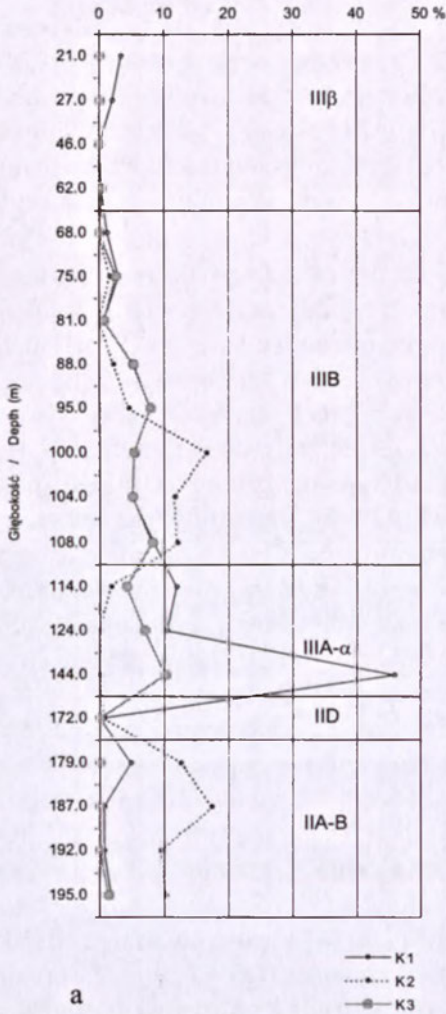
W biozonie IID nie występują otwornice aglutynujące, co bardzo wyraźnie odróżnia tę biozonę od niżej leżącej (IIA-B), gdzie były one bardzo liczne. Obecne są tutaj taksony kategorii K6 (*Hoeglundina*, *Sphaeroidina*, *Pullenia*). Ich udział (23,3%)

znacznie przewyższa udziały taksonów charakterystycznych dla strefy sublitoralnej (K5), a otwornice eulitoralnej części szelfu (K4) nie są w ogóle reprezentowane. Liczba taksonów występujących w tej biozonie ulega drastycznej redukcji w porównaniu do biozony niżej leżącej. Duży udział ma tutaj *Bulimina striata* – takson preferujący zasobność środowiska w substancję organiczną (osobniki te stanowią 58,4% zespołu). Zdecydowana większość otwornic tej biozony należy do taksonów zasiedlających wnętrze osadu.

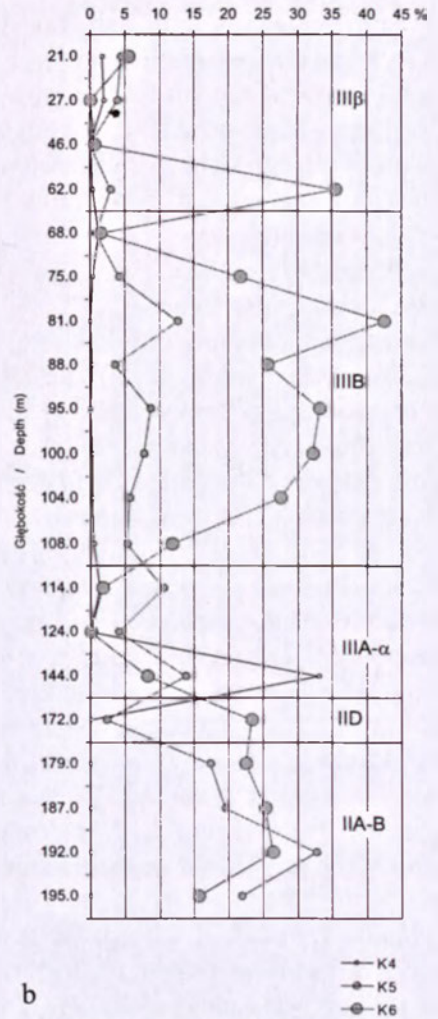
W biozonie IIIA- $\alpha$ , zwłaszcza w jej spągowej części, bardzo licznie występują przedstawiciele kategorii K1 (22,7%). Są to głównie *Miliolina*, *Ammonia*, *Elphidium*. Dość licznie (średnio 7,0%) są tutaj reprezentowane otwornice kategorii K3 (Hauerinidae, *Spiroloculina*, *Cornuspira*). W najniższej części tej biozony dominują otwornice charakterystyczne dla eulitoralnej strefy batymetrycznej, które w wyższej części biozony występują już tylko śladowo. Względnie stały udział (średnio 9,4%) mają natomiast otwornice charakterystyczne dla sublitoralnej części szelfu. Od spągu ku stropowi tej biozony wzrasta liczba taksonów (17–25). Bardzo dużym wahaniom podlega tutaj udział otwornic preferujących zasobność środowiska w substancję organiczną: *Bolivina*, *Neobulimina*, *Bulimina pyrula* (11,0–78,7%). Otwornice oportunistyczne (*Cibicides*, *Valvulineria*) mają w tej biozonie względnie duży udział. Relacje ilościowe pomiędzy otwornicami zasiedlającymi wnętrze osadu i jego powierzchnię nie wykazują w tej biozonie żadnych stałych tendencji.

Biozona IIIB charakteryzuje się znacznym udziałem otwornic aglutynujących (*Spiroplectinella*, *Siphotextularia*, *Pavonitina*, *Martinottiella*) w części spągowej (do 16,5%), które zanikają w jej górnej części. Podobny kierunek zmian wykazują reprezentanci kategorii K3, Hauerinidae i *Spiroloculina*. Charakterystyczną cechą jest bardzo znaczny udział otwornic należących do kategorii K6 (archibental) – stanowią one średnio 24,5% i reprezentowane są przez *Hoeglundina*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Hansenisca*. Natomiast znacznie mniej licznie występują otwornice charakterystyczne dla sublitoralnej strefy morza (*Spiroplectinella*, *Heterolepa*). Obserwuje się sukcesywne zmniejszanie się liczby taksonów od spągu ku stropowi tej biozony (26–14). Równocześnie wzrasta udział otwornic oportunistycznych (*Cibicides*, *Valvulineria*); w spągu wynosi on 7,2%, a w stropie 33,8%. Udział liczebny otwornic preferujących zasobność środowiska w substancję organiczną (*Bolivina*, *Globocassidulina*, *Bulimina aculeata*, *B. elongata*, *Uvigerina semiornata*, *U. romaniaca*) pozostaje w tej biozonie na niemal stałym poziomie (średnio 32,0%) i wzrasta bardzo znacznie dopiero w jej stropowej części. Charakterystyczną cechą tego zespołu jest stała obecność *Bolivina* (do 16,0%). Takson ten zanika dopiero w najwyższej części biozony. Średnie udziały otwornic zasiedlających wnętrze i powierzchnię osadu są w tej części profilu dość zrównoważone; wynoszą odpowiednio 45,5% i 30,9%.

W najmłodszej biozonie tego profilu (III $\beta$ ) brak otwornic aglutynujących, co odróżnia ją od biozony niżej leżącej (IIIB). W niewielkiej liczbie pojawiają się tutaj otwornice kategorii K1 (*Elphidium*, *Ammonia*). W spągu bardzo licznie reprezentowane są otwornice charakterystyczne dla głębszej części morza. Są to głównie *Melonis* i *Hansenisca*, których udział w zespole wynosi 35,4%. W pozostałej części biozony wystę-



a



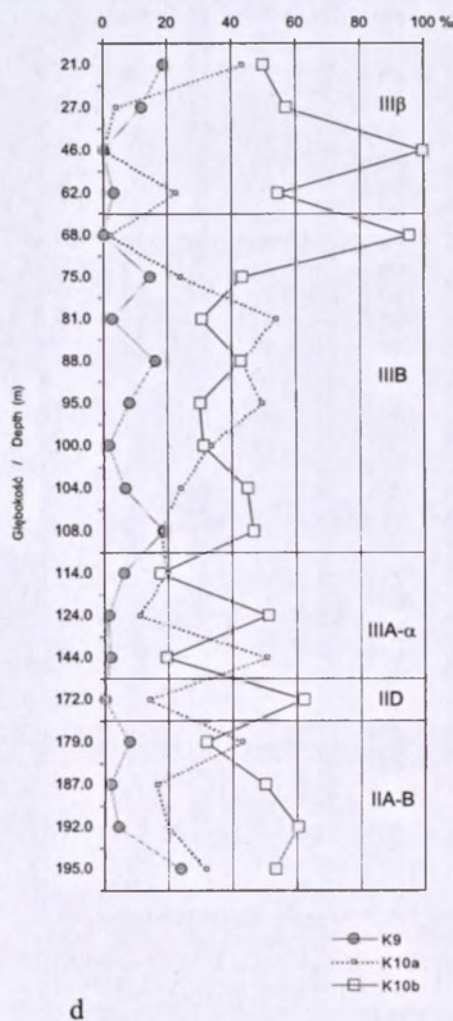
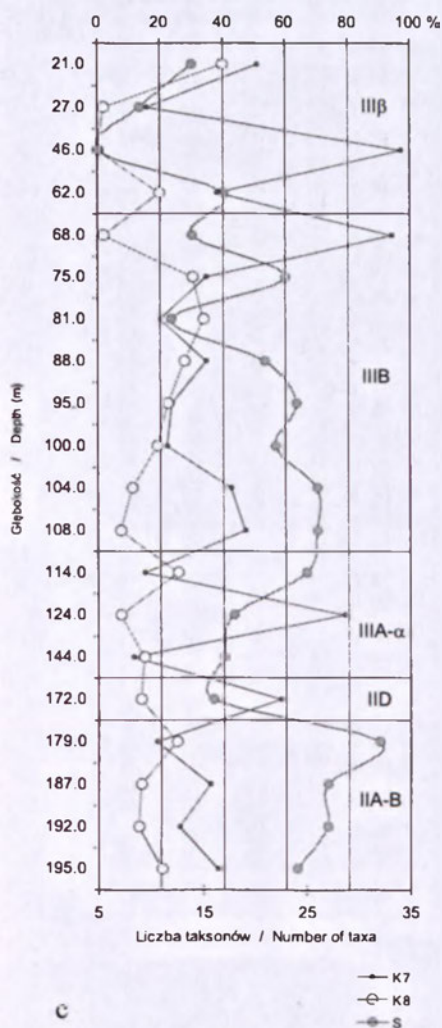
b

Ryc. 38a-d. Udział procentowy kategorii faunistycznych wśród bentonicznych otwornic profilu Fig. 38a-d. Benthonic foraminifers in the section SZCZYGŁOWICE16D; down-core variation in rela-

cją niezbyt licznie (do 5,0% udziału) otwornice charakterystyczne dla wszystkich trzech wyróżnionych kategorii batymetrycznych. Liczba taksonów jest tutaj najniższa w całym profilu – nie przekracza 14. Udział otwornic preferujących zasobność środowiska w substancję organiczną (*Bulimina elongata*, *B. insignis*) podlega bardzo dużym wahaniom (15,7–97,0%), a w górnej części biozony znaczna ich część to *Bolivina*. Tylko niewielka część otwornic tej biozony należy do fauny zasiedlającej powierzchnię osadu, większość (do 99,4%) należy do taksonów zasiedlających wnętrze osadu.

#### SUMINA2 (ryc. 39a–d).

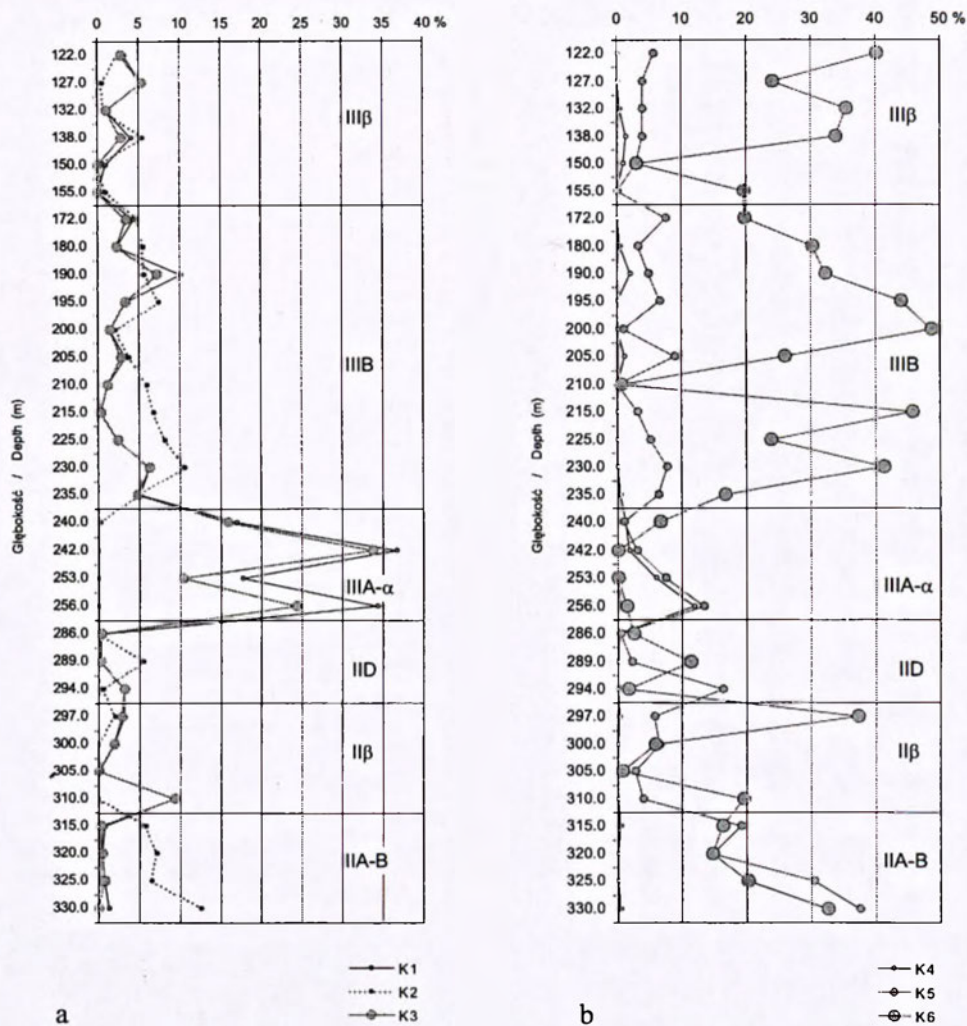
W obrębie biozony IIA-B występuje 5,8–12,5% otwornic aglutynujących; reprezentowane są głównie *Karreriella* i *Martinottiella*. Spośród przyjętych kategorii batymet-



SZCZYGLOWICE16D; Objaśnienia jak do ryc. 27.

tive abundance of faunal categories. Explanation as in Fig. 27.

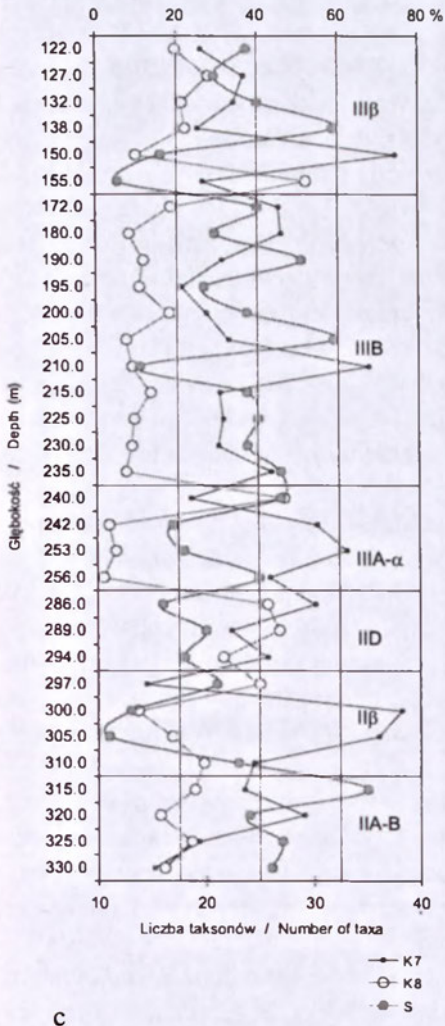
rycznych stwierdzono tutaj taksony charakterystyczne dla sublitoralnej części szelfu (*Martinottiella*, *Lagenina*, *Heterolepa*), jak również głębszej strefy morza (*Karrieriella*, *Ehrenbergina*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Hansenisca*). Ich udział w obydwu przypadkach wykazuje stałą tendencję spadkową. Natomiast od spągu ku stropowi biozony wzrasta zróżnicowanie taksonomiczne zespołu (26–35) oraz udział otwornic preferujących zasobność środowiska w substancję organiczną (13,8–50,9%). Te ostatnie są tutaj reprezentowane przez *Bolivina*, *Globocassidulina*, *Bulimina striata*, *Uvigerina semiornata*, *U. acuminata*. Stały, dość wysoki udział (średnio 19,5%) wykazują otwornice oportunistyczne (*Cibicides*, *Valvulineria*). Otwornice zasiedlające wnętrze osadu mają w tej biozonie niewielką przewagę liczebną nad tymi, które zasiedlają jego powierzchnię. Średni udział tych dwu kategorii wynosi odpowiednio 52,3% oraz 28,1%.



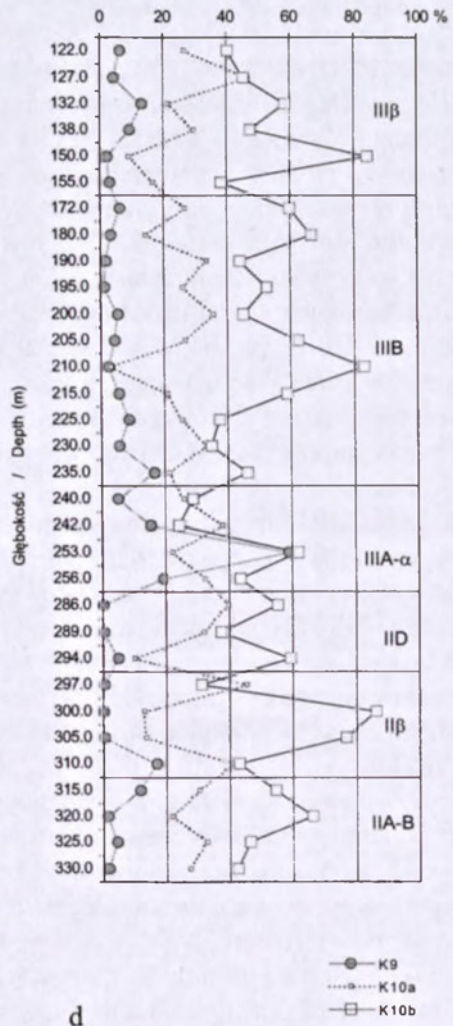
Ryc. 39a-d. Udział procentowy kategorii faunistycznych wśród bentonicznych otwornic profilu  
 Fig. 39a-d. Benthonic foraminifers in the section SUMINA2; down-core variation in relative abundance

W spągu biozony II $\beta$  występuje niewielki wzrost udziału *Spiroloculina* i Hauerinidae – taksonów kategorii K3. Liczebność otwornic charakterystycznych dla strefy sublitoralnej (*Lagenina*) pozostaje w tej biozonie na niemal stałym poziomie. Natomiast udział taksonów indykatorywnych dla głębszej części zbiornika (*Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*) podlega bardzo dużym wahaniom (0,7–37,3%). Zróżnicowanie taksonomiczne tej biozony zmniejsza się znacznie w porównaniu do biozony niżej leżącej – osiąga ono tutaj liczbę 11. Udział taksonów preferujących zasobność środowiska w substancję organiczną podlega bardzo dużym wahaniom (11,9–75,4%) i, za wyjątkiem jednej próbki, nie ma wśród nich *Bolivina*. Dominującą rolę w środkowej części biozony, gdzie liczba taksonów jest najniższa, odgrywają otwornice zasie-





c



d

SUMINA2.; Objasnienia jak do ryc. 27.

of faunal categories. Explanation as in Fig. 27.

dające wnętrze osadu. W pozostałych próbkach ich udział jest równorzędny udziałowi otwornic zasiedlających powierzchnię osadu.

W biozonie IID zaznacza się obecność otwornic aglutynujących (5,4%) reprezentowanych wyłącznie przez jeden takson – *Pseudotriplasia*. Liczebność otwornic przyjętych za indykatywne dla strefy sublitoralu (głównie *Lagenina*) oraz głębszej części morza (*Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*) jest w tej biozonie równorzędna; ich średnie udziały wynoszą odpowiednio 6,3% oraz 5,1%. Liczba taksonów jest tutaj niewielka (18). Bardzo duży udział mają osobniki *Cibicides* i *Valvulineria*; te oportunistyczne taksony stanowią do 44,9% zespołu. Otwornice wymagające zasobności środowiska w substancję organiczną (*Uvigerina orbignyana*, *U. venusta*) występują w tej biozonie

w dużej liczbie (średnio 48,2% zespołu). Osobniki zasiedlające wewnątrz osadu nieznacznie przeważają nad tymi, które zasiedlają powierzchnię sedymentu.

Biozona IIIA- $\alpha$  charakteryzuje się bardzo dużym udziałem taksonów kategorii K1 (Miliolina i *Elphidium*) oraz K3 (Hauerinidae, *Cornuspira*, *Nodobaculariella*, *Wiesnerella*, *Spiroloculina*); ich średnie udziały wynoszą odpowiednio 26,4% oraz 21,0%. Są tutaj reprezentowane – aczkolwiek w niewielkiej ilości – otwornice charakterystyczne dla sublitoralnej (*Glabratellidae*, *Eoeponidella*, *Nonionella*, *Astrononion*) oraz eulitoralnej części morza (*Gavelinopsis*, *Neoconorbina*, *Asterigerina*, *Elphidium*). W obydwu przypadkach udział przedstawicieli tych kategorii wykazuje spadek od spągu ku stropowi biozony. Liczba taksonów waha się od 17–27. Duży udział (do 61,8%) mają osobniki taksonów wymagających dużej zasobności substancji organicznej w osadzie i bardzo liczna jest wśród nich *Bolivina* (w jednej z próbek stanowi 58,8% zespołu). Liczby osobników zasiedlających wewnątrz i powierzchnię osadu są w tej biozonie dosyć zbliżone.

Biozona IIIB charakteryzuje się stałą obecnością i znaczną liczebnością (średnio 5,9%) otwornic aglutynujących (*Spiroplectinella*, *Pavonitina*, *Martinottiella*, *Siphonotextularia*), co wyraźnie odróżnia ją od biozony poprzedniej. Są tutaj obecne otwornice kategorii K3 (Hauerinidae, *Spiroloculina*), których średni udział wynosi 3,2%. Spośród wyróżnionych kategorii batymetrycznych, najliczniej (średnio 29,9% udziału) reprezentowane są otwornice charakterystyczne dla głębszej, pozaszelfowej części morza (*Hoeglundina*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Hansenisca*). Udział otwornic wskaźnikowych dla strefy sublitoralu (*Martinottiella*, *Eoeponidella*, *Heterolepa*) jest nieznaczny (średnio 4,9%). Za wyjątkiem jednej próbki, liczba taksonów pozostaje w tej biozonie wysoka (średnio 24). Również na stałym poziomie kształtuje się udział otwornic wymagających zasobności środowiska w substancję organiczną: *Bolivina*, *Globocassidulina*, *Bulimina aculeata*, *B. elongata*, *B. gibba*, *Uvigerina bellicostata*, *U. romaniaca* (średnio 36,9%). Podobną tendencję wykazuje udział osobników *Cibicides* i *Valvulineria* – taksonów oportunistycznych, które w tej biozonie stanowią średnio 11,1%. Biozona ta charakteryzuje się stałą przewagą liczebną otwornic zasiedlających wewnątrz osadu (średnio 53,6%) nad otwornicami zasiedlającymi jego powierzchnię (średnio 24,2%).

Najmłodsza w tym profilu biozona – III $\beta$  – zachowuje wszystkie cechy biozony niżej leżącej (IIIB) za wyjątkiem udziału taksonów oportunistycznych. Ich udział wzrasta tutaj do 52,0% (wartość średnia – 25,4% zespołu).

#### ŻORY4 (ryc. 40a–d)

W biozonie IIA-B otwornice aglutynujące (*Karrieriella*, *Martinottiella*, *Bigenerina*) stanowią średnio 10,0% zespołu; w wyższej części ich liczebność wzrasta nawet do 72,2% (średnio 31,5%). Udział otwornic charakterystycznych dla strefy sublitoralnej (*Martinottiella*, *Lagenina*, *Heterolepa*) jest bardzo duży, choć podlega znacznym wahaniom. Natomiast udział otwornic reprezentujących głębsze części zbiornika (*Karrieriella*, *Sphaeroidina*, *Melonis*, *Pullenia*, *Hansenisca*) jest niemal stały (średnio 12,5%). Od spągu ku stropowi tej biozony zaznacza się nieznaczny spadek liczby

taksonów, tylko w jednej próbie występuje bardzo radykalne ich zmniejszenie. Taksony charakterystyczne dla środowiska zasobnego w substancję organiczną są reprezentowane przez *Bolivina*, *Globocassidulina*, *Bulimina striata*, *Uvigerina semiornata*, *U. acuminata*, *U. venusta*. Ich udział podlega znacznym wahaniom. Podobną tendencję wykazuje udział otwornic oportunistycznych, reprezentowanych tutaj głównie przez *Cibicides* (4,1%–29,8%). Na ogół dominują taksony zasiedlające wnętrze osadu, ale w kilku przypadkach przewagę uzyskują taksony zasiedlające jego powierzchnię.

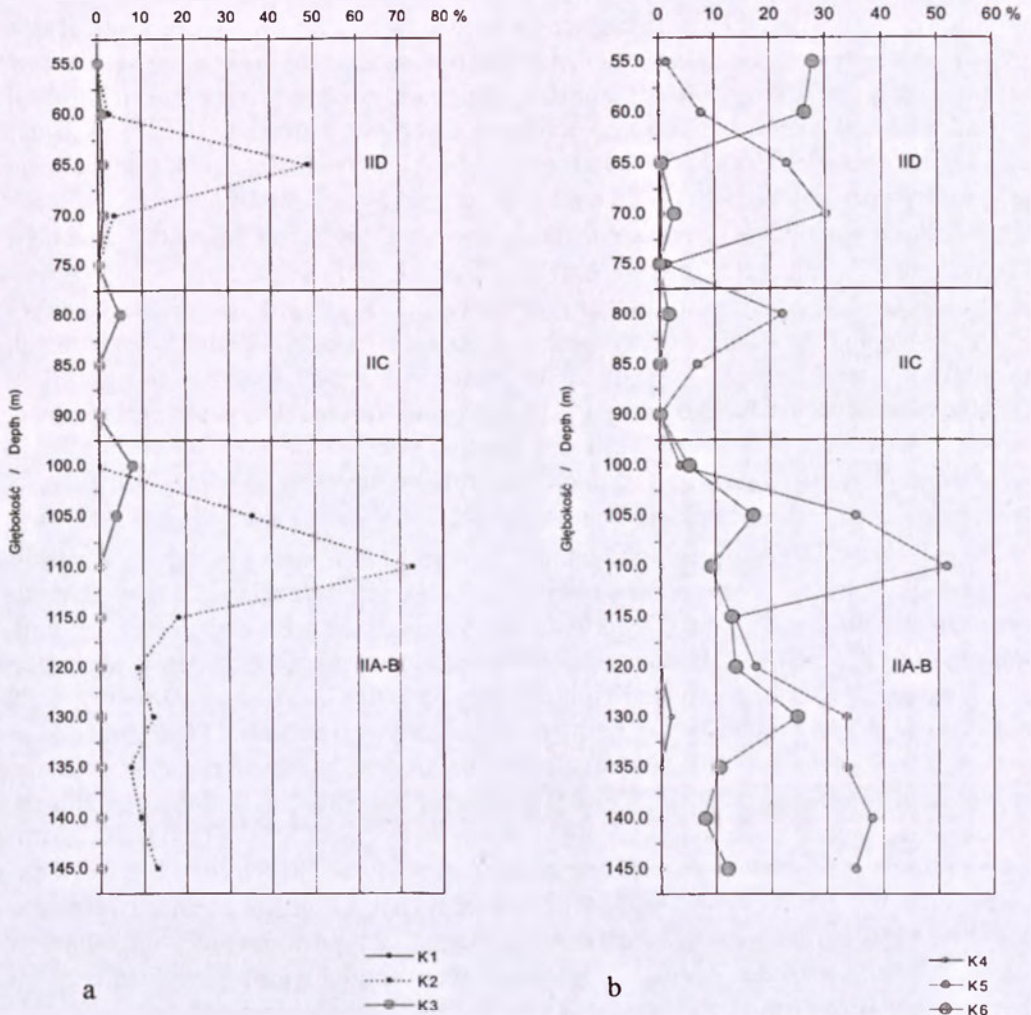
Biozona IIC charakteryzuje się brakiem otwornic aglutynujących, co odróżnia ją w sposób bardzo wyraźny od biozony niżej leżącej. Spośród kategorii batymetrycznych, występują tu w niewielkiej liczbie osobników taksony charakterystyczne dla sublitoralnej strefy morza (*Lagenina*); w jednej z próbek ich udział osiąga 22,1%. Liczba taksonów jest bardzo niska (5–10). Biozona ta charakteryzuje się dominacją otwornic zasiedlających wnętrze osadu – wyjątek stanowi jej spągowa próbka w której bardzo liczne są osobniki taksonów oportunistycznych (*Cibicides*, *Valvulineria*). Ich średni udział w tej biozonie wynosi 47,8%.

W biozonie IID otwornice aglutynujące występują ponownie. W tej części profilu są one reprezentowane przez *Pseudotriplasia*. Liczne są osobniki taksonów charakterystycznych dla sublitoralu (*Dentalina*, *Nodosaria*) oraz głębszej części zbiornika (*Sphaeroidina*, *Melonis*). Od dołu ku górze biozony, liczebność tych pierwszych ulega zmniejszeniu, podczas gdy udział tych drugich się zwiększa. Liczba taksonów, skrajnie mała w spągu, wzrasta w wyższej części biozony – średnio do 13. Równocześnie maleje udział otwornic charakterystycznych dla środowiska zasobnego w substancję organiczną: *Bulimina striata*, *Uvigerina orbignyana* (90,2%–0,7%) i gwałtownie zwiększa się udział osobników taksonów oportunistycznych (do 69,9%). Ta ostatnia kategoria jest reprezentowana zarówno przez *Cibicides* jak i *Valvulineria*. Bardzo charakterystycznie przedstawiają się w tej biozonie relacje ilościowe pomiędzy liczebnością otwornic zasiedlających wnętrze osadu oraz jego powierzchnię; udział pierwszych radykalnie spada, podczas gdy udział tych drugich powoli, ale sukcesywnie wzrasta i w stropowej części biozony właśnie one stają się dominujące.

### 4.3. Paleośrodowisko bentalu

Jak wynika z poprzedniego rozdziału, udział poszczególnych kategorii faunistycznych w otwornicowych biozonach formacji badenianu badanych profili wykazuje dużą zmienność pionową. Zróżnicowanie tego udziału zaznacza się również w kierunku lateralnym, co daje podstawy do oceny paleogeograficznego zróżnicowania środowiska w obrębie poszczególnych biozon. Nie jest to jednak celem tego opracowania, którego zadaniem jest rozpatrzenie następujących po sobie zmian w wymiarze czasowym. W analizowanym materiale występują pod tym względem pewne charakterystyczne, powtarzające się we wszystkich profilach tendencje.

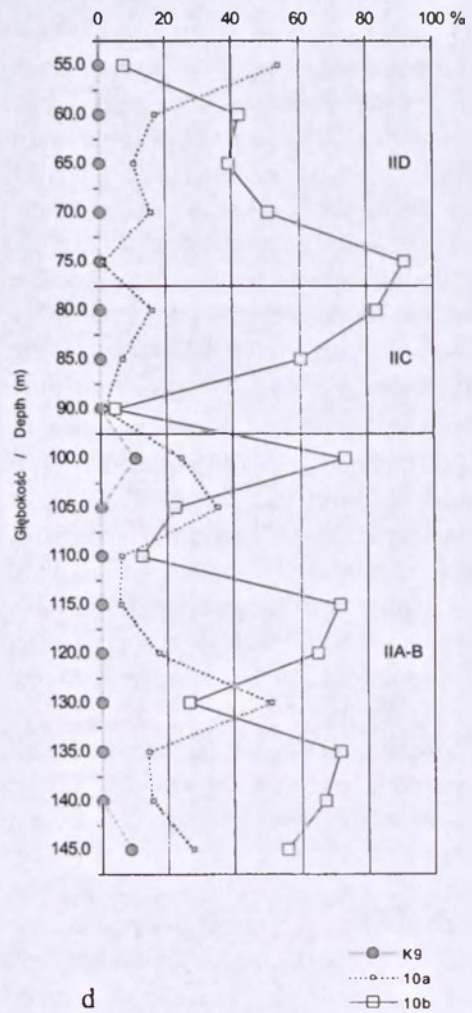
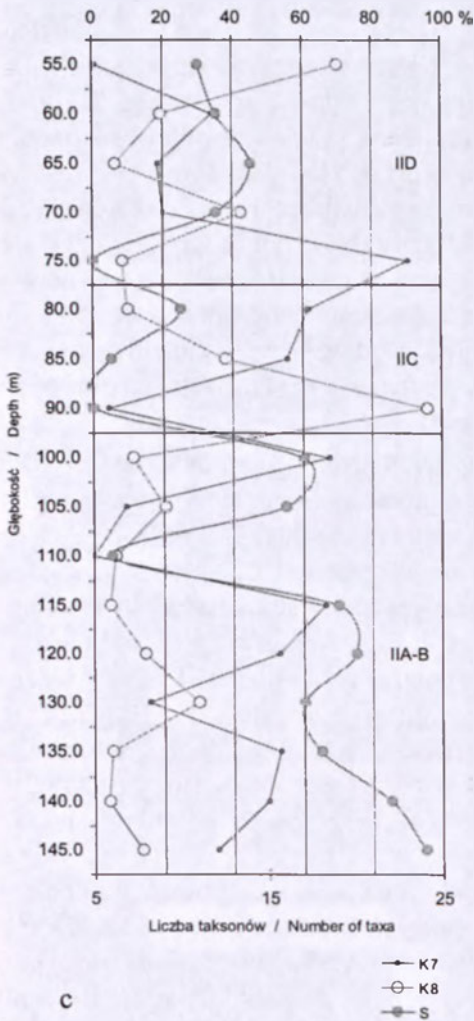
Jedna z nich dotyczy zróżnicowania taksonomicznego. W środkowej części badanych profili (IIC, IID, II $\delta$  oraz IIIA- $\alpha$ ) liczba taksonów jest znacznie mniejsza niż



Ryc. 40a-d. Udział procentowy kategorii faunistycznych wśród bentonicznych otwornic profilu ŻORY4.  
 Fig. 40a-d. Benthonic foraminifera in the section ŻORY4; down-core variation in relative abundance of

w pozostałych biozonach (IIA-B, II $\beta$ , IIIB). Ten spadek zróżnicowania taksonomicznego ma również swój wymiar jakościowy – różnice w składzie taksonomicznym pomiędzy tymi biozonami, które były podstawą do zdefiniowania poszczególnych biozon (Alexandrowicz 1963c). W odniesieniu do badanego obszaru zostały one opisane dokładniej w trzech z prezentowanych tutaj profili (Gonera 1997). Obecnie podjęta zostanie kwestia przyczyny spadku liczebności taksonów otwornic w tej środkowej części profilu badenianu.

Zróżnicowanie taksonomiczne oraz ilościowy udział taksonów oportunistycznych, jako cechy zespołu otwornicowego, potraktowane zostały w tym opracowaniu jako kategorie faunistyczne, wskaźnikowe dla biotycznych cech środowiska (Levinton 1970; Valentine 1971; Dodd, Stanton 1981; Sjoerdsma, Van der Zwaan 1992). Odpowiedź na



Objaśnienia jak do ryc. 27.

faunal categories. Explanation as in Fig. 27.

pytanie, dlaczego na przelomie wymienionych biozon formacji ze Skawiny występuje spadek liczby taksonów, sprowadza się do stwierdzenia, że zoocenoza otwornic, w której panował dobór typu „K” (biozona IIA-B, a lokalnie II $\beta$ ), została zastąpiona populacjami, w których obowiązywał dobór typu „r” (zależnie od profilu następuje to w biozonie IIC, IID, II $\delta$  bądź IIIA- $\alpha$ ). W znaczeniu biostratygraficznym, dokonał się przelom polegający na usunięciu ze środowiska przeważającej liczby otwornic zespołu IIA-B (a lokalnie II $\beta$ ), które reprezentowały dobór typu „K”. Ten rodzaj doboru ma miejsce wówczas, gdy warunki środowiska są stabilne. Są to okoliczności, w których rozwój zoocenozy (ilościowy i jakościowy) zmierza do pełnego wykorzystania zasobów środowiska (ang. carrying capacity). W klasycznej formie ma to miejsce wówczas, gdy fizyko-chemiczne warunki są stabilne, a czynnikiem ograniczającym jest ni-

ski poziom zasobów pokarmowych. W populacjach otwornic dobrym tego przykładem są oligotroficzne rejony sedimentacyjnych platform węglanowych (Hallock *et al.* 1991), bądź silikoklastyczne strefy sedimentacji w rejonie zewnętrznego szelfu i archibentalu (Waller 1960). W tych warunkach, fauna otwornic ewoluuje w kierunku różnicowania taksonomicznego i wzrastającej specjalizacji (pokarmowej i siedliskowej). W sytuacji, gdy warunki w środowisku są niestabilne i nieprzewidywalny jest dopływ pokarmu (zarówno jego ilość jak jakość), ustala się dobór typu „r”, czyli wzrasta rola taksonów oportunistycznych. Wykazują one szeroką tolerancję zarówno w odniesieniu do pożywienia jak i siedliska; nie mają w tej mierze żadnej specjalizacji ani żadnych szczególnych wymagań (Gooday 1988). Odwrotny kierunek zmian, czyli przywrócenie selekcji typu „K”, ma miejsce w badanych profilach w obrębie formacji z Gliwic (zastąpienie otwornicowego zespołu IIIA- $\alpha$  przez zespół IIIB).

Powtarzającą się cechą biozony IIIB w badanych profilach jest udział taksonów kategorii K6, czyli takich, które reprezentują najbardziej zewnętrzną część sublitoralu i archibentalu. Jako kategoria batymetryczna dominują one (a przynajmniej są równorzędne ilościowo) nad pozostałymi dwiema kategoriami batymetrycznymi, czyli taksonami charakterystycznymi dla eulitoralu i płytkiego sublitoralu. Wydaje się, że powodem jest nie tyle batymetria, co temperaturowe wymagania tych taksonów. Jak już wspomniano w innej części tego opracowania, batymetria jest składową środowiska, ale nie jest czynnikiem decydującym o rozmieszczeniu otwornic. Batymetryczna strefowość w rozmieszczeniu otwornic jest faktem, jednak składa się na nią szereg czynników, m.in. temperatura i światło. To właśnie temperatura, a nie głębokość, jest uważana za czynnik znacznie bardziej decydujący o batymetrycznych zależnościach w rozmieszczeniu otwornic (Bandy 1956; Wright *et al.* 1978; Woodruff, Douglas 1981). Również w tym opracowaniu – zważywszy na relacje ilościowe pomiędzy K6 a pozostałymi kategoriami batymetrycznymi – przyjęto, że spadek temperatury był powodem, iż otwornice głębokowodne – charakterystyczne dla krawędziowej strefy szelfu i archibentalu (kategoria faunistyczna K6) – występowały w biozonie IIIB w płytszych strefach sublitoralu, podczas gdy w biozonie IIA-B zajmowały one głębsze rejony morza.

Trzy taksony, rozpatrywane w badanych profilach jako kategoria otwornic ciepłolubnych, różnią się, jeśli chodzi o biostratygraficzne rozprzestrzenienie. Przedstawiciele podrzędu *Miliolina* obecne są w osadach obydwu formacji litostratygraficznych. W formacji ze Skawiny są one reprezentowane śladowo przez *Quinqueloculina* i *Triloculina*, a w obrębie formacji z Gliwic występują jako znacznie bardziej zróżnicowana taksonomicznie grupa; reprezentowane są w tej formacji pozostałe taksony *Miliolina*, zamieszczone na tabeli 18. Dwa pozostałe taksony wskaźnikowe dla wód ciepłych, *Amphistegina* i *Heterostegina*, występują tylko w formacji ze Skawiny. Ich obecność została stwierdzona w biozonach II $\beta$  i IID profilu BIELSZOWICE7 oraz w stropowej części biozony IIA-B i II $\beta$  profili z okolic Gliwic (GLIWICE17, GLIWICE19, GLIWICE21, GLIWICE24), gdzie występują sporadycznie a ich liczebność jest nieznaczną. Fakty te wskazują, że środowisko formacji z Gliwic nie osiągnęło temperatu-

ry tak wysokiej, jaka panowała w biozonach, w których obecne są *Amphistegina* i *Heterostegina* (IIA-B, II $\beta$ , IID). W wartościach bezwzględnych, temperatura wymagana przez wymienione dwa taksony nie może być niższa od 20°C (Murray 1973). Natomiast współczesne *Miliolina*, które na podstawie homeomorficzności można uznać za odpowiadające tym, które występują w osadach formacji z Gliwic, mają szeroki zasięg biogeograficzny. Najbogatsze ich populacje występują w morzach ciepłych stref klimatycznych (Hottinger *et al.* 1993; Cherif *et al.* 1997; Haunold *et al.* 1997; Nigam, Khare 1999), ale są one znane również z wyższych szerokości geograficznych (Cimerman, Langer 1991). Przyjęto, że ta grupa otwornic w badanych profilach badenianu występowała w temperaturach nie niższych niż panujące współcześnie w umiarkowanej strefie klimatycznej (10–18°C).

Na podstawie przyjętych kategorii faunistycznych otwornic bentonicznych zinterpretowana została w badanych profilach badenianu sekwencja kilku typów środowisk bentalu. Wyodrębniony typ środowiska obejmuje niekiedy tylko jedną biozonę, bądź odnosi się do kilku następujących po sobie biozon (ryc. 41). Zostaną omówione najważniejsze, wyróżniające to środowisko cechy, dotyczące takich parametrów, jak np. batymetria, zasolenie, temperatura, trofia i natlenienie. W procedurze wyodrębniania tych środowisk kierowano się zasadą, że jeśli chociażby jeden z parametrów uległ zmianie – oczywiście na tyle, na ile daje się to „odczytać” na podstawie fauny otwornic – traktowano to jako argument wystarczający do wyróżnienia nowego typu środowiska; jeśli zasolenie pozostawało niezmiennie, ale pojawiała się odmienna batymetrycznie fauna otwornic, było to traktowane jako symptom zmiany środowiska.

#### **PŁAWNIOWICE1** (ryc. 27a–d, ryc. 41)

W tym profilu występują trzy typy środowiska. W pierwszym z nich (biozona IIA-B, II $\beta$ , IID) zasolenie było normalne. Środowisko znajdowało się na głębokości sublitoralu środkowego, z niewielkim pogłębieniem w IID. Obszar odznaczał się wysoką zasobnością w substancję organiczną i niewielkim niedoborem tlenu. Panowały w nim warunki sprzyjające równomiernemu zasiedleniu, zarówno wnętrza jak powierzchni osadu. W zespole otwornic panował dobór typu „K”, chociaż w najwyższej części był on już zastąpiony doбором typu „r”. W biozonie II $\delta$  i IIIA- $\alpha$  zasolenie odbiegało od normalnego. Głębokość środowiska nie była większa niż wewnętrzny sublitoral, a okresowo pojawiały się warunki eulitoralne. Wśród otwornic występuje tutaj bardzo mała liczba taksonów; dominowały formy zasiedlające powierzchnię osadu. W biozonie IIIB środowisko miało normalne zasolenie i znajdowało się na głębokości płytszego sublitoralu. Było ono zasobne w substancję organiczną i dostatecznie natlenione. Występowały sprzyjające, stabilne warunki rozwoju biologicznego – nastąpił znaczny wzrost różnorodności taksonicznej, a udział taksonów oportunistycznych był niewielki.

#### **GLIWICE17** (ryc. 28a–d, ryc. 41)

Zidentyfikowane zostały tutaj trzy typy środowiska. W biozonie IIA-B, znajdowało się ono w batymetrycznej strefie zewnętrznego sublitoralu i miało wody normalnie za-

| LITOSTRATYGRAFIA<br>LITHOSTRATIGRAPHY  |  | ZESPÓŁY OTWORNICOWE<br>FORAMINIFERAL<br>ASSEMBLAGES |      |        |     |      |      |     |       |  |
|--|--|---|------|--------|-----|------|------|-----|-------|--|
| FORMACJA Z GLIWIC<br>GLIWICE FORMATION |  | IIIβ  | IIIB | IIIA-α | IIδ | IIID | IIIC | IIβ | IIA-B |  |
| PLAWNII                                |  |   |      |        |     |      |      |     |       |  |
| GL117                                  |  |   |      |        |     |      |      |     |       |  |
| GL119                                  |  |   |      |        |     |      |      |     |       |  |
| GL124                                  |  |   |      |        |     |      |      |     |       |  |
| GL121                                  |  |   |      |        |     |      |      |     |       |  |
| KOZŁÓW2                                |  |   |      |        |     |      |      |     |       |  |
| OSTROP8                                |  |   |      |        |     |      |      |     |       |  |
| BIELSZ7                                |  |   |      |        |     |      |      |     |       |  |
| PIŁCH1                                 |  |   |      |        |     |      |      |     |       |  |
| PIŁCH10                                |  |   |      |        |     |      |      |     |       |  |
| WILCZA1                                |  |   |      |        |     |      |      |     |       |  |
| SZCZ16D                                |  |   |      |        |     |      |      |     |       |  |
| SUMINA2                                |  |   |      |        |     |      |      |     |       |  |
| ZORY4                                  |  |   |      |        |     |      |      |     |       |  |

PROFILE (objaśnienia jak do ryc. 5)  
SECTIONS (explanations as in Fig. 5)

Ryc. 41. Zgeneralizowany schemat zmian środowiska bentalu na badanym obszarze. Miejsca w profilach, gdzie następowały zmiany, zaznaczono linią przerywaną. Pola zacienione oznaczają obecność biozony w danym profilu.

Fig. 41. Down-core variation in benthonic environment. Location of changes are marked by dashed line. Shaded areas represent biozones that occur in a section.



solone. Wnętrze osadu było zasiedlone przez bardzo liczną grupę otwornic, co wskazuje, że zawartość substancji organicznej w osadzie, oraz jego natlenienie było dostateczne, choć ilość tego ostatniego składnika była obniżona. Panowały tutaj korzystne i stabilne warunki rozwoju biologicznego. W biozonie **IIIA- $\alpha$**  środowisko miało wysokie zasolenie. Znajdowało się ono w płytkiej części sublitoralu oraz eulitoralu i było zasiedlone głównie przez faunę żyjącą na powierzchni osadu, oraz epibiontyczną, a zespół był ubogi taksonomicznie. W biozonie **IIIB** występowały warunki normalnego zasolenia. Od spągu ku stropowi miał miejsce wzrost głębokości, jednak nie przekroczył on granic środkowej części sublitoralu. Dostarczane były znaczne ilości substancji organicznej, co powodowało rozwój licznej i taksonomicznie zróżnicowanej fauny otwornic. Powierzchnia osadu oraz jego wnętrze były zasiedlone równomiernie, co świadczy, że były one dostatecznie natlenione.

#### **GLIWICE19** (ryc. 29a–d, ryc. 41)

W tym profilu występuje pięć typów środowiska. W biozonie **IIA-B** zasolenie było w normie, środowisko miało głębokość zewnętrznego sublitoralu i było dostatecznie natlenione. Utrzymywał się w nim stabilny poziom dostawy substancji organicznej, co spowodowało rozwinięcie się zespołu, zróżnicowanego taksonomicznie. W biozonie **II $\beta$**  obszar ten charakteryzował się niestabilnością, co różni go bardzo wyraźnie od niżej leżącej biozony (**IIA-B**). Niestabilność ta (przy ogólnym braku otwornic zasiedlających wnętrze osadu) przejawia się w naprzemianległym występowaniu populacji o odmiennych wymaganiach co do zasolenia i głębokości oraz zawartości substancji organicznej. W obrębie biozony **IID** zasolenie środowiska było w normie. Obszar miał głębokość środkowego sublitoralu. Występował tutaj znaczny dopływ substancji organicznej, jednak ilość tlenu była dostateczna i substancja organiczna ulegała bez przeszkód utlenieniu, nie powodując niedoborów tego składnika. Środowisko biozony **IIIA- $\alpha$**  odznaczało się zasoleniem odbiegającym od normy. Wśród otwornic występowały głównie taksony płytkowodne: eulitoralne i typowe dla wewnętrznej części sublitoralu. Niekorzystne warunki panowały zwłaszcza w niższej części biozony, gdzie występuje bardzo niewielka liczba taksonów i są to głównie formy epibiontyczne. Brak infauny wskazuje, że wnętrze osadu było azoiczne. W obrębie biozony **IIIB** zasolenie wód było normalne a głębokość osiągnęła strefę środkowego sublitoralu. Panowały korzystne, stabilne warunki dla rozwoju otwornic. Wysepują tutaj oznaki niedoboru jonu wapniowego, zwłaszcza w stropie biozony, oraz wzrastającej ilości substancji organicznej; jednak środowisko było dobrze natlenione i na ogół nie występowały w nim oznaki niedoborów tlenu.

#### **GLIWICE24** (ryc. 30a–d, ryc. 41)

W tym profilu stwierdzone zostały trzy typy środowiska. W biozonie **IIA-B** było ono normalnie zasolone. Znajdowało się w strefie zewnętrznego szelfu. Występowała w nim stała i obfita dostawa substancji organicznej oraz niewielkie niedobory jonu wapniowego i tlenu. W biozonach **II $\beta$**  i **IID** obszar ten miał nadal normalne zasolenie,

jednak znajdował się w płytszej strefie sublitoralu. W obrębie biozony II $\beta$  pojawiały się epizody resedymtacji. W wyższej części (IID) wystąpił niedobór jonu wapniowego oraz wzrosła zasobność w substancję organiczną, jednak nie doszło do wytworzenia się warunków redukcyjnych. W biozonach IIIA- $\alpha$  i IIIB środowisko miało głębokość środkowego sublitoralu. Jego zasolenie odbiegało stale od normalnego w dolnej części tego interwału, a w części wyższej – już tylko epizodycznie. W tej niższej części, wody były salinarnie stratyfikowane, co uniemożliwiało pionową ich wymianę i powodowało duże niedobory tlenu wewnątrz osadu; obszar zasiedlony był głównie przez epifaunę. W wyższej części interwału nadal utrzymywał się znaczny dopływ substancji organicznej, jednak równocześnie dopływ tlenu był na tyle intensywny, że nie powodowało to ograniczeń w zasiedlaniu wnętrza osadu, choć liczniej rozwijała się fauna żyjąca na jego powierzchni.

#### **GLIWICE21** (ryc. 31a–d, ryc. 41).

Zostały tutaj zidentyfikowane trzy typy środowiska. W biozonie IIA-B było ono normalnie zasolone i znajdowało się w strefie zewnętrznego sublitoralu. Było zasobne w substancję organiczną, i poza niewielkim niedoborem tlenu w stropowej części biozony było dostatecznie natlenione. W młodszej części profilu (biozony II $\beta$ , IID, IIIA- $\alpha$ ) zasolenie odbiegało od normy, a obszar znajdował się w batymetrycznej strefie środkowego sublitoralu. Wyeliminowanych zostało wiele taksonów, pozostały jedynie najbardziej odporne na zasolenie odbiegające od normalnego. Zasiedlana była głównie powierzchnia osadu, a jego wnętrze bardzo słabo. W najwyższej części interwału (biozona IIIA- $\alpha$ ) miało miejsce maksymalne spłylenie obszaru (do głębokości wewnętrznego sublitoralu) i wystąpił niedobór tlenu, co bardzo ograniczyło życie biologiczne. W niższej części biozony IIIB zasolenie środowiska nadal odbiegało nieco od normalnego, a w pozostałej, wyższej części było normalne. Następował w tej biozonie stopniowy wzrost głębokości (jednak nie przekraczający środkowej części sublitoralu) i zwiększenie różnorodności taksonomicznej. Powierzchnia i wnętrze osadu były zasiedlone równomiernie, chociaż wewnątrz osadu występowały objawy niedoboru tlenu oraz intensywny rozwój fauny preferującej obfitość substancji organicznej.

#### **KOZŁÓW2** (ryc. 32a–d, ryc. 41)

W tym profilu występują tylko dwa typy środowiska. Początkowo (biozona IIIA- $\alpha$ ) znajdowało się ono na głębokości bardzo płytkiej części sublitoralu. Panoowało w nim zasolenie odbiegające od normalnego, co miało wpływ hamujący na życie biologiczne – rozwijały się tutaj tylko bardzo ubogie i nieliczne populacje epifauny. W biozonie IIIB nastąpiło zwiększenie głębokości zbiornika, choć nadal znajdował się on w płytszej części sublitoralu. Zasolenie osiągnęło normalny poziom. Nastąpił intensywny dopływ substancji organicznej. Warunki natlenienia były dostateczne i w faunie otwornic brak oznak niedoborów tlenu.

### **OSTROPA8** (ryc. 33a–d, ryc. 41)

Wyodrębnione zostały tutaj trzy typy środowiska. W obrębie biozony **IIA-B** zasolenie było normalne. Obszar znajdował się w strefie środkowego sublitoralu. Występował w nim stały, zrównoważony dopływ substancji organicznej i panowało dostateczne natlenienie. Stabilne warunki powodowały utrzymywanie się taksonomicznie zróżnicowanego zespołu otwornic. W wyższej części profilu (**IID**, **IIIA-α**) panowały warunki stresowe dla życia biologicznego i nastąpiła eliminacja wielu taksonów z poprzedniego zespołu. Zasolenie ulegało tutaj zmianie: początkowo (**IID**) było normalne, a później (**IIIA-α**) odbiegało od normy. Rejon znajdował się w batymetrycznej strefie sublitoralu – początkowo w jego zewnętrznej części, a później wewnętrznej. Za wyjątkiem spągowej części biozony **IIIA-α**, środowisko było dobrze natlenione. W obrębie biozony **IIIB** panowały warunki normalnego zasolenia, jedynie w najwyższej części odbiegały one od normy. Obszar znajdował się na głębokości środkowego sublitoralu – z tendencją do spłylenia w górnej części biozony. Warunki dla życia biologicznego były sprzyjające (z optimum w środkowej części biozony); ulegały one pewnym zmianom, mieszczącym się jednak w granicach tolerowanych przez faunę otwornic. Środowisko było dostatecznie natlenione i obfitowało w substancję organiczną.

### **BIELSZOWICE7** (ryc. 34a–d, ryc. 41)

W profilu tym zidentyfikowano tylko dwa typy środowiska. W obrębie biozony **IIA-B** znajdowało się ono na głębokości środkowego sublitoralu. Było zasobne w substancję organiczną i miało zasolenie normalne. Panowały w nim stabilne warunki rozwoju życia biologicznego (występuje znaczna liczba taksonów), przy czym były one nieco lepsze na powierzchni niż we wnętrzu osadu. W wyższej części profilu (biozona **IIβ** oraz **IID**) środowisko miało głębokość wewnętrznego sublitoralu z okresowymi spłyleniami, kiedy to pojawiały się warunki eulitoralne. Zasolenie było tutaj nadal normalne, jednak występowały epizody, kiedy odbiegało od normy. Panowały niestabilne warunki dla życia biologicznego i bardzo duże wahania w dostawie substancji organicznej; zdecydowanie lepsze warunki do biologicznego rozwoju panowały na powierzchni osadu.

### **PILCHOWICE1** (ryc. 35a–d, ryc. 41)

W obrębie tego profilu występują trzy typy środowiska. W biozonie **IIA-B** było ono normalnie zasolone i znajdowało się na głębokości środkowego sublitoralu. Panowały stabilne warunki dla życia biologicznego z tendencją do ograniczenia dopływu substancji organicznej w stropie biozony. Występował niewielki niedobór tlenu, jednak nie wpływało to na ograniczenie liczebności infauny. W wyższej części profilu (biozona **IIC** i **IID**) pojawiły się warunki wybitnie stresowe dla życia biologicznego. Chociaż zasolenie było wówczas normalne, nastąpił ogólny spadek liczby taksonów – początkowo występowała na tym obszarze wyłącznie fauna oportunistyczna. W wyższej części (**IID**) ten rodzaj otwornic nie miał już większego, ilościowego znaczenia w zespole. Nastąpił natomiast rozwój otwornic aglutynujących, co wskazuje na niedo-

bór wapnia w środowisku. Fauna otwornicowa dolnej części interwału nie daje podstaw do interpretacji głębokości, natomiast w wyższej części występuje duża liczba taksonów indykatorywnych dla zewnętrznego szelfu. W biozonie **IIIB** zasolenie było normalne. Obszar znajdował się na głębokości zewnętrznego szelfu. Panowały w nim stabilne warunki dla życia biologicznego, jednak w najwyższej części pojawiła się oznaka ich pogorszenia. Środowisko było dostatecznie natlenione, choć w górnej części biozony zaznaczyła się tendencja do niedoboru tlenu.

#### **PILCHOWICE10** (ryc. 36a–d, ryc. 41).

W tym profilu zidentyfikowano cztery typy środowiska. W obrębie biozony **IIA-B** jego zasolenie było normalne i znajdowało się ono na głębokości zewnętrznego sublitoralu. Panowały stabilne warunki dla życia biologicznego, a ilość tlenu była wystarczająca, z nieznaczną tendencją do jego niedoboru w głębszych częściach osadu. W wyższej części profilu (biozony **IIβ**, **IIC**, **IID**) zasolenie utrzymywało się nadal na normalnym poziomie. Obszar był dobrze natleniony, a jego głębokość tylko nieznacznie mniejsza niż w biozonie **IIA-B**, jednak panowały tutaj warunki stresowe dla życia biologicznego – występowała niewielka liczba taksonów i przeważający udział otwornic oportunistycznych w zespole. W obrębie biozony **IIδ** i **IIIA-α** zasolenie odbiegało od normalnego. Środowisko znajdowało się na głębokości płytkiego sublitoralu i występowały w nim warunki stresowe: początkowo ilość pokarmu była bardzo ograniczona (**IIδ**), a później (**IIIA-α**) było go w nadmiarze. W wyższej części **IIIA-α**, rejon ten był skrajnie ubogi w tlen, wewnątrz osadu zasiedlała jedynie *Bolivina* – takson najbardziej odporny na niedobór tego składnika. Środowisko biozony **IIIB** było normalnie zasolone, znajdowało się w batymetrycznej strefie zewnętrznego sublitoralu i panowały w nim stabilne warunki dla życia biologicznego, było ono dobrze natlenione i obficie zaopatrywane w substancję organiczną. W najwyższej części profilu, głębokość uległa zmniejszeniu a zasolenie obniżeniu.

#### **WILCZA1** (ryc. 37a–d, ryc. 41)

W profilu tym zostały zidentyfikowane cztery typy środowiska. W obrębie biozony **IIA-B** zasolenie było normalne, obszar znajdował się w batymetrycznej strefie zewnętrznego sublitoralu. Panowały w nim stabilne warunki dla życia biologicznego. Dostateczne natlenienie i dopływ substancji organicznej umożliwiały rozwój życia biologicznego zarówno wewnątrz osadu, jak na jego powierzchni. W obrębie biozony **IIC** i **IID** zasolenie było nadal normalne, a głębokość analogiczna jak w poprzedniej biozonie (zewnętrzny sublitoral). Pojawiły się jednak warunki stresowe dla dotychczasowych populacji otwornic: niższa temperatura, niestabilne warunki pokarmowe oraz znaczne natlenienie. W biozonie **IIIA-α** środowisko miało głębokość środkowego sublitoralu i zasolenie odbiegające od normy. Panowały w nim warunki stresowe dla życia biologicznego; wśród otwornic największy udział uzyskały taksony oportunistyczne. Stopniowo ku górze interwału warunki ulegały poprawie i obszar ten został zasiedlony przez bardziej wyspecjalizowane taksony. Jednak ogólnie, charakteryzował

się on nadal niewielką ich liczbą; głównie były to formy epibiontyczne. W najwyższej części profilu (biozona **IIIB**) zasolenie było normalne, a środowisko znajdowało się na głębokości zewnętrznego sublitoralu. Panowały w nim korzystne warunki dla życia biologicznego i nastąpił znaczny wzrost różnorodności taksonomicznej.

#### **SZCZYGŁOWICE16D** (ryc. 38a–d, ryc. 41)

Występują tutaj cztery typy środowiska. W biozonie **IIA-B** było ono normalnie zasolone i znajdowało się na głębokości zewnętrznego sublitoralu. Panowały korzystne i stabilne warunki dla życia biologicznego, co spowodowało utrzymywanie się dużej różnorodności taksonomicznej w faunie otwornic. Środowisko było dostatecznie natlenione; rozwijała się zarówno infauna jak epifauna. W biozonach **IID** i **IIIA-α** liczba taksonów uległa redukcji na skutek pojawienia się niekorzystnych warunków dla życia biologicznego; głównie zasolenia, które było początkowo w normie, jednak później odbiegało od normalnego. Batymetrycznie, był to obszar środkowego sublitoralu. Początkowo dobrze natleniony, jednak w wyższej biozonie (**IIIA-α**) wystąpił niedostatek tego składnika, zwłaszcza we wnętrzu osadu; infauna pojawiała się tutaj tylko okresowo. W biozonie **IIIB** zasolenie ustabilizowało się na normalnym poziomie, a głębokość środowiska osiągnęła strefę zewnętrznego sublitoralu. Panowały korzystne, stabilne warunki dla rozwoju otwornic. Nastąpiło taksonomiczne zróżnicowanie ich zespołu, aczkolwiek znaczny udział miały w nim taksony oportunistyczne. Obszar był dostatecznie natleniony i zasobny w substancję organiczną. W biozonie **IIIβ** zasolenie było niższe od normalnego a środowisko znajdowało się na znacznie mniejszej głębokości niż w poprzedniej biozonie. Panowały niekorzystne warunki dla życia biologicznego i zespół otwornic był tutaj bardzo ubogi.

#### **SUMINA2** (ryc. 39a–d, ryc. 41)

W tym profilu zidentyfikowano cztery typy środowiska. W biozonie **IIA-B** miało ono normalne zasolenie i znajdowało się na głębokości zewnętrznego sublitoralu. Zarówno natlenienie jak zasobność w substancję organiczną była w tym czasie dostateczna. Panowały stabilne i korzystne warunki dla rozwoju życia biologicznego, co doprowadziło do ukształtowania się zróżnicowanego taksonomicznie zespołu otwornic. W biozonie **IIβ** oraz **IID** zasolenie było nadal normalne. Środowisko znajdowało się w batymetrycznej strefie środkowego sublitoralu. Panowały w nim warunki stresowe i niestabilne. Dla wielu gatunków otwornic poprzedniej biozony były one krytyczne; ich populacje uległy eliminacji. Warunki te sprzyjały natomiast gatunkom oportunistycznym. Występowały tutaj duże wahania w ilości substancji organicznej i w zespole otwornic występują bardzo duże różnice w ilości epi- oraz infauny. Środowisko biozony **IIIA-α** odznaczało się zasoleniem odbiegającym od normy. Miało ono głębokość wewnętrznego sublitoralu. Panowały w nim skrajnie niekorzystne warunki dla życia biologicznego – wśród otwornic występuje tutaj bardzo mała liczba taksonów. W wyższej części profilu (biozona **IIIB** i **IIIβ**) środowisko miało normalne zasolenie i obszar znajdował się na głębokości środkowego sublitoralu, z tendencją do

spłylenia w najwyższej części profilu. Panowały warunki niestabilne dla życia biologicznego, jednak w granicach tolerancji dla większości populacji otwornic. Niestabilność dotyczyła przede wszystkim ilości substancji organicznej, dlatego najliczniej reprezentowane są tutaj taksony oportunistyczne.

**ŻORY4** (ryc. 40a–d, ryc. 41).

W profilu tym zidentyfikowane zostały dwa typy środowiska. W obrębie biozony **IIA-B** zasolenie było normalne, a obszar znajdował się w batymetrycznej strefie środkowego sublitoralu. Był on dostatecznie natleniony i panowały w nim warunki sprzyjające dla życia biologicznego. Zespół otwornic miał tutaj wysoki poziom zróżnicowania taksonomicznego, z nieznaczną tendencją do spadku ku górze biozony. Korzystniejsze warunki pokarmowe panowały wewnątrz osadu (przewaga infauny wśród otwornic) niż na jego powierzchni. W wyższej części profilu (biozona **IIC** oraz **IID**) zasolenie było nadal normalne, jednak głębokość uległa spłyleniu. Rejon ten znajdował się w strefie wewnętrznego sublitoralu. Występowały warunki stresowe dla otwornic – dużego znaczenia nabrały taksony oportunistyczne. Środowisko było jednak dostatecznie natlenione i otwornice zasiedlały zarówno powierzchnię jak i wnętrze osadu.

## 5. Ewolucja paleośrodowiska badenianu

### 5.1. Uwarunkowania lokalne

Biozony otwornicowe badenianu są wyraźnie wyodrębniającymi się jednostkami biocenotycznymi. Niemal pełna ich sekwencja występuje tylko w jednym z badanych profili (PILCHOWICE10). Natomiast wszystkie pozostałe profile, z różnych powodów, wykazują pod tym względem luki. W dwu z nich (ŻORY4, BIELSZOWICE7), najmłodszymi utworami miocenu są ewaporyty (formacja z Krzyżanowic); nie wiadomo, czy utwory formacji z Gliwic uległy tutaj zerodowaniu, czy w ogóle się nie osadziły. W profilu KOZŁÓW2 zbadane zostały tylko osady formacji z Gliwic, aczkolwiek poniżej gipsonośnych łupków formacji z Krzyżanowic występują tutaj glaukonitowe margle należące do formacji ze Skawiny, które jednak nie zostały opróbowane i nie wiadomo, do jakiego poziomu biostratygraficznego należą. W pozostałych spośród badanych profili występują osady obydwu formacji badenianu zawierających skamieniałości. W każdym z nich obecne są również – azoiczne – utwory formacji z Krzyżanowic. Chociaż sekwencja litostratygraficzna badenianu w tych jedenastu profilach jest kompletna, to sekwencja biozon otwornicowych jest w nich na ogół niepełna. Najpełniejsza jest ona w profilu PILCHOWICE10, choć nie zawiera biozony najmłodszej (III $\beta$ ), która występuje w dwu sąsiednich profilach (SZCZYGLÓWICE16D, SUMINA2). Zespoły otwornicowe badenianu są zindywidualizowanymi jednostkami pod względem taksonomicznym, co było podstawą do ich zdefiniowania i biostratygraficznego zastosowania (Alexandrowicz 1963c). Przedstawiona w obecnym opracowaniu analiza tych zespołów pod względem paleośrodowiska wykazała, że są one zindywidualizowane również w tym aspekcie.

Występujące współcześnie rozprzestrzenienie populacji otwornic bentonicznych jest poddawane wielostronnej analizie w poszukiwaniu kluczowego czynnika, który decyduje o ich rozmieszczeniu w środowisku morskim. Jeśli zestawić cechy tego środowiska (batymetria, dynamika, temperatura, chemizm, biologia) z ekologicznymi czynnikami oddziałującymi na populacje otwornic, to okazuje się, że pokarm oraz natlenienie są jedynymi czynnikami ekologicznymi, na które środowisko morskie oddziałuje w sposób totalny; to znaczy każdy z wymienionych wyżej czynników środowiska ma wpływ na kształtowanie się zasobów pokarmu i tlenu w danym siedlisku (tabela 19). Dostępność pokarmu i tlenu jest wypadkową stanu środowiska, a z drugiej strony, jako czynniki ekologiczne, oddziałują one bezpośrednio na stan populacji otwornic. Zmiana w obrębie któregośkolwiek abiotycznego parametru środowiska (batymetrii, dynamiki, temperatury, chemizmu) pociąga za sobą przekształcenie warunków pokarmowych i tlenowych. Dlatego preferowany jest obecnie pogląd, że obserwowane rozmieszczenie otwornic jest uwarunkowane przystosowaniem gatunków do określonego reżimu pokarmowo-tlenowego (Sjoerdsma, Van der Zwaan 1992). Stan populacji otwornic bentonicznych jest stymulowany przez ilość pokarmu i tlenu w środowisku. Ta ekologiczna zależność stanowi wyjaśnienie zjawiska, które odnoto-

Tabela 19. Główne cechy środowiska a podstawowe czynniki wpływające na rozmieszczenie otwornic  
 Table 19. Main features of environment *versus* the principal factors controlling distribution of foraminifers

| CZYNNIKI<br>EKOLOGICZNE<br>ECOLOGICAL<br>FACTORS | CECHY ŚRODOWISKA FEATURES OF ENVIRONMENT |                      |                            |                     |                     |
|--|--|----------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|
|  | BATYMETRIA<br>BATHYMETRY                 | DYNAMIKA<br>DYNAMICS | TEMPERATURA<br>TEMPERATURE | CHEMIZM<br>SALINITY | BIOLOGIA<br>BIOLOGY |
| Temperatura<br>Temperature                       |  |                      | ✓                          |                     |                     |
| Zasolenie<br>Salinity                            |  |                      |                            | ✓                   |                     |
| Głębokość<br>Depth                               | ✓  |                      |                            |                     |                     |
| Pokarm<br>Nutrition                              | ✓  | ✓                    | ✓                          | ✓                   | ✓                   |
| Podłoże<br>Substrate                             | ✓  | ✓                    |                            |                     |                     |
| Warunki<br>alkaliczno-kwasowe<br>(pH)<br>pH      |  |                      |                            |                     | ✓                   |
| Substancja<br>organiczna<br>Organic content      |  |                      |                            |                     | ✓                   |
| Pierwiastki<br>śladowe<br>Trace elements         |  |                      |                            | ✓                   |                     |
| Turbidyty<br>Turbidity                           |  | ✓                    |                            |                     |                     |
| Tlen<br>Oxygen                                   | ✓  | ✓                    | ✓                          | ✓                   | ✓                   |
| Światło<br>Illumination                          | ✓  |                      |                            |                     |                     |
| Węglan wapnia<br>Calcium carbonate               |  |                      |                            | ✓                   |                     |
| Dynamika<br>Dynamics                             |  | ✓                    |                            |                     |                     |



wano od początku badań nad otwornicami, mianowicie znaczną w gruncie rzeczy, tolerancję większości gatunków na warunki batymetryczno-temperaturowe a równocześnie bardzo wyraźną batymetryczną zonację w ich rozmieszczeniu. Charakterystyczne jest przy tym, że batymetryczny zasięg danego taksonu w jednym miejscu, różnić się może (czasem bardzo znacznie) od batymetrycznego zasięgu tego taksonu w innym miejscu. Taka zdolność niektórych gatunków do zasiedlania wielu typów siedlisk (ang. polytopic species) znajduje odzwierciedlenie w występowaniu otwornic nazywanych kosmopolitycznymi.

Czynnikiem, który w decydującym stopniu wpływa na ilość pokarmu w pelagialu, jest dopływ soli biogenicznych do strefy eufotycznej. Natomiast w środowisku bentalu, ilość pokarmu i tlenu jest uzależniona od dopływu materii organicznej ze strefy produkcji pierwotnej (fotycznej). Pokarm jest czynnikiem determinującym rozmieszczenie i skład taksonomiczny bentosu otwornicowego aż do momentu, gdy ilość tlenu w środowisku nie spadnie poniżej pewnej wartości progowej (0,3–1,0 ml/l). Od tego krytycznego punktu, to właśnie ilość tlenu staje się czynnikiem decydującym o stanie biocenozy bentosu otwornicowego. Relacje ilościowe (udział procentowy) pomiędzy otwornicami zasiedlającymi wewnątrz i powierzchnię osadu są wskaźnikiem warunków środowiska w odniesieniu do ilości tlenu i pokarmu w tych środowiskach – dotyczy to zwłaszcza obszarów sedymentacji silikoklastycznej. Fauna zasiedlająca tego typu osad jest mało odporna na niedobór tlenu, dlatego czym wyższa jest ilość tlenu w środowisku, tym liczniejsza fauna żyjąca w osadzie. Wraz z pogorszeniem się tych warunków, przewagę w zespole zdobywa epifauna (Jorrisen *et al.* 1992; Van der Zwaan 1983; Sjoerdsma, Van der Zwaan 1992).

Stratygraficzne następstwo zespołów otwornicowych w obrębie formacji ze Skawiny i formacji z Gliwic, oraz ich zróżnicowanie taksonomiczne zostało zinterpretowane jako wypadkowa warunków środowiskowych na badanym obszarze. Zmiany warunków pokarmowo-tlenowych w ciągu omawianego odcinka czasu geologicznego były główną przyczyną modyfikacji składu taksonomicznego w badanych zespołach kopalnych; dotyczy to zwłaszcza bentosu. Jak wynika z zamieszczonego poniżej zestawienia, wzory typowych w tym względzie zależności ekologicznych mają swoją egzemplifikację w badanych zespołach otwornic. Są wśród nich przykłady, kiedy niewielka liczba taksonów pionierskich występuje w nowej strefie adaptacji oraz w środowisku niestabilnym (dobór typu „r”), a środowisko, w którym utrzymywały się niestabilne warunki pokarmowe i fizyko-chemiczne, było zasiedlone przez mniej liczne taksony niż środowisko, w którym warunki te były stabilne. W tym ostatnim przypadku zróżnicowanie taksonomiczne wzrastało aż do maksymalnego wykorzystania możliwości biotopu (dobór typu „K”). Zespoły otwornicowe badenianu wskazują na obecność obydwu typów zasobności środowiska w sole pokarmowe: oligotroficznego i eutroficznego. Stan populacji otwornic świadczy, że produkcja węgla organicznego była generalnie większa w formacji z Gliwic niż w formacji ze Skawiny. Punktem krytycznym wysokiego poziomu troficzności środowiska był zbyt silny rozwój świata organicznego – obumarłe organizmy ulegały utlenieniu, zabierając tlen ze środowiska, co prowadziło do azoiczności, zwłaszcza wewnątrz osadu. Również środowisko oligotro-

ficzne nie sprzyjało rozwojowi infauny, gdyż materia organiczna szybko ulegała w tych warunkach utlenieniu.

**IIA-B.** W strefie wód powierzchniowych dominowała ciepłolubna fauna otwornic – ich zespół był silnie zróżnicowany taksonomicznie. Występował w nim bardzo znaczny udział form zasiedlających głębszą strefę epipelagialu. Współcześnie, jedną z generalnych zasad w rozmieszczeniu planktonu otwornicowego jest to, że zasiedla on strefy morza dalekie od brzegu. Szelfowe, płytkie wody zwłaszcza tych części wybrzeży, gdzie znajdują się ujścia rzek, nie są siedliskiem odpowiednim dla planktonu otwornicowego. Odstępstwem od tej zasady jest sytuacja, gdy skłon dna jest bardzo stromy a na lądzie nie ma rzek (np. *casus* współczesnego wybrzeża kalifornijskiego). W tym kontekście zdumiewający jest tak bardzo pełnomorski i liczny zespół *Globigerina* w omawianej biozonie formacji ze Skawiny, gdy lateralna granica zasięgu tych utworów przebiega w odległości zaledwie kilku kilometrów (Kubica 1998). Istniejąca sprzeczność wskazuje, że obecny zasięg występowania tych utworów na obszarze Wyżyny Śląskiej i Małopolskiej jest w dużym stopniu granicą erozyjną lub też, że w tym czasie morfologia dna zbiornika miała cechy typowe dla „wybrzeża typu kalifornijskiego”, czyli różnica wysokości dna basenu sedymentacyjnego (ówczesnego zapadliska przedkarpackiego) i okalającego lądu wyniesienia metakarpackiego była znaczna; obecnie deniwelacje podłoża neogenu w zapadlisku przedkarpackim na dystansie 40 km nie przekraczają 1000 m.

Na całym obszarze zasięgu biozony IIA-B zbiornik wykazywał głębokość od zewnętrznego szelfu po górną batiał. Wody powierzchniowe miały temperaturę około 20°C. Środowisko było ubogie w pokarm, zwłaszcza w warstwie pelagialu. Bental zasiedlony był przez zróżnicowaną taksonomicznie faunę otwornic, głównie *Rotaliina* i *Textulariina*. Środowisko miało normalne morskie zasolenie. Mimo pionowego gradientu termicznego, zawartość tlenu w wodach dennych była wystarczająca do utleniania substancji organicznej i podtrzymywania rozwoju fauny o metabolizmie tlenowym (między innymi bentosu otwornicowego i sedymentożernej makrofauny). Populacje otwornic zasiedlały zarówno powierzchnię jak wewnątrz osadu. Ilościowo przeważała infauna, w której liczne były otwornice tolerujące zaniżoną zawartość tlenu. Równowaga pomiędzy ilością pokarmu, liczebnością otwornic oraz ilością tlenu była w tym środowisku ustabilizowana.

**IIβ.** Był to przedział czasu przełomowy dla środowiska, podczas którego stabilność dotychczasowych warunków (IIA-B) uległa destrukcji. Z przeprowadzonej analizy obydwu grup otwornic – bentonicznej i planktonicznej – jak również pomiaru zawartości stałych izotopów tlenu w skorupkach otwornic (Gonera *et al.* 2000) wynika, że w środowisku tej biozony nastąpił spadek temperatury. W planktonicznej faunie tej części formacji ze Skawiny miało miejsce zastąpienie ciepłolubnego, zróżnicowanego taksonomicznie zespołu (IIA-B) przez niemal monogatunkową faunę zimnolubną, złożoną praktycznie z jednego tylko taksonu *Globigerina bulloides*. Równoległe z tym zdarzeniem, miał miejsce wzrost  $\delta^{18}\text{O}$  (co jest oznaką spadku temperatury środowiska) w bentonicznych *Uvigerina* (Durakiewicz *et al.* 1997). W pelagiale biozony IIβ

zaczynają pojawiać się wyłącznie zimnolubne otwornice (*Globigerina bulloides*) na przemian z zespołem ciepłolubnym, charakterystycznym dla poprzedniej biozony (IIA-B). W jakim stopniu te ciepłolubne taksony planktonu są w tej biozonie *in situ*, a na ile ich obecność jest wynikiem redepozycji, pozostaje zagadnieniem otwartym. Również bentos otwornicowy tej biozony charakteryzuje się dwojakim typem asocjacji. Jedna z nich (próbki pochodzące z wkładek margli i wapieni krasnorostowych) reprezentuje środowisko płytkowodne, z dużym udziałem taksonów, tolerujących zasolenie odbiegające od normy (*Elphidium*) oraz epibiontów (*Neoconorbina* i *Lobatula*). Natomiast w próbkach pochodzących z osadów silikoklastycznych tej biozony występuje zupełnie inny skład taksonomiczny fauny otwornic, wskazujący na środowisko głębsze, poza strefą eufotyczną. Można przypuszczać, że pierwszy z wymienionych zespołów stanowi produkt epizodów resedymencji osadów z płytszej części zbiornika (a być może redepozycji płytkowodnych facji osadowych biozony IIA-B).

W tych częściach biozony II $\beta$ , w których liczba taksonów otwornic planktonicznych jest równie wysoka jak w biozonie poprzedniej (IIA-B), największy udział przypada na *Globigerinoides*, takson zasiedlający powierzchniową warstwę epipelagialu. Wskazuje to na płytkie środowisko, w którym głębokowodny plankton otwornicowy, charakterystyczny dla biozony poprzedniej; nie miał warunków do zasiedlenia. W zespole II $\beta$  udział ciepłolubnej fauny planktonicznej podlega dużym wahaniom, a w wyższej części tej biozony występuje wyłącznie fauna zimnolubna (*Globigerina bulloides*). W strefie epipelagialu zaznaczają się więc niestabilne warunki termiczne, które powodują dominację form ciepłolubnych bądź zimnolubnych. Udział planktonu również podlega dużym wahaniom, ale generalnie jest go tutaj mniej niż w biozonie poprzedniej, co jest oznaką spłylenia zbiornika. W obrębie tej biozony nastąpiła więc radykalna zmiana temperatury epipelagialu i rozpoczęła się (stratygraficznie) dominacja planktonu zimnolubnego. Fauna planktonu, aczkolwiek zubożona taksonomicznie, miała dobre warunki pokarmowe. Zmiany warunków środowiska były tak daleko posunięte, że przekroczyły granice tolerancji dla wielu taksonów obecnych w poprzednim zespole. W bentalu obserwuje się znaczny spadek ich liczby, co oznacza, że fauna otwornic przechodziła etap transformacji – ubywały z niej populacje nieprzystosowane do nowych warunków pokarmowo-tlenowo-termicznych. Zasolenie panowało nadal normalne, jednak inne parametry środowiska stały się na tyle odmienne od dotychczasowych, że asocjacja typu IIA-B została usunięta z omawianego obszaru.

II C. Osady tej biozony występują tylko w czterech spośród badanych profili: PILCHOWICE1, PILCHOWICE10, WILCZA1, ŻORY4. W dolnej części dominują ciepłolubne, a wyżej już tylko zimnolubne otwornice planktoniczne; równocześnie w tej wyższej części wzrasta ilość planktonu (*Globigerina bulloides*). Było to wynikiem uaktywnienia się pionowej wymiany wód na skutek spłylenia zbiornika i ochłodzenia. Warunki pokarmowe środowiska były skrajnie niestabilne, co bardzo silnie oddziaływało na faunę pelagialu i bentalu. Sukcesywne nasilenie się tych stresowych czynników, które usunęły ze środowiska zespół IIA-B i spowodowały ukształto-

wanie się zespołu II $\beta$ , doprowadziło w dalszej konsekwencji do powstania asocjacji otwornic IIC, która jest typowym przykładem doboru typu „r”, charakterystycznego dla populacji ze środowisk skrajnie niestabilnych, zwłaszcza pod względem pokarmowym. Zdołały się do nich zaadaptować tylko dwa oportunistyczne taksony: *Valvulineria* i *Cibicides*.

**IID.** W epipelagiale tego zespołu występuje *Globigerina bulloides* – takson zimnolubny, a jego liczebność podlega bardzo dużym wahaniom. W bentalu dominują tutaj otwornice wymagające dużej ilości substancji organicznej w osadzie, produktywność środowiska była więc wysoka. Znajdowało się ono w strefie wewnętrznego szelfu, miało normalne zasolenie, a dno było wystarczająco natlenione.

**II $\delta$ .** Udział planktonu jest w tej biozonie śladowy i podobnie jak w IIC, reprezentowany wyłącznie przez osobniki *Globigerina bulloides*. Bental zasiedlony był przez sessylne taksony otwornic, typowe dla ubogich w pokarm obszarów sedymentacji węglanowej (Sellwood 1978). Są to taksony odporne na podwyższone zasolenie, które zwykle występuje w tego typu obszarach: płytkowodnych, eufotycznych wodach o dużej dynamice. Fauna otwornic jest tutaj przystosowana do ubóstwa pożywienia – wykształciła się specjalizacja i dobór typu „K”. Dominuje epifauna, a mała ilość infauny w tej biozonie jest spowodowana brakiem pokarmu wewnątrz osadu; w środowisku rafowym (w tym przypadku złożonym z wapiennych glonów) martwa substancja organiczna ulegała bardzo szybko utlenieniu.

Biozona II $\delta$  w profilu PILCHOWICE10 odznacza się dość znacznym udziałem *Bolivina*, *Cassidulina*, *Pullenia*. Otwornice tych rodzajów należą do infauny i są wskaźnikiem zaniżonej ilości tlenu oraz środowiska eutroficznego. Natomiast typowy zespół otwornic biozony II $\delta$  pochodzi z sedymentacyjnego obszaru węglanowej facji krasnorostowej – a więc obszaru oligotroficznego – i pozbawiony jest infauny. Obecność wymienionych wyżej taksonów wśród typowych otwornic zespołu II $\delta$  stanowi dowód, że te dwa rodzaje asocjacji występowały równocześnie. Lokowały się one w odrębnych siedliskach – rejonach odmiennej sedymentacji mineralnej. Miejsca obniżen, gdzie gromadziły się osady silikoklastyczne, zajmował wymieniony wyżej zespół z *Bolivina*, charakterem zbliżony do IID, natomiast lokalne wyniesienia, gdzie oddziaływały prądy, zajmowane były przez krasnorosty i związaną z nimi faunę otwornic typu II $\delta$ . Na lateralne powinowactwo tych dwu zespołów zwrócono uwagę przy definiowaniu biozon (Alexandrowicz 1963c). Również obecne opracowanie wskazuje, że te najmłodsze zespoły otwornicowe formacji ze Skawiny mogą zostać uznane za izochroniczne.

**III $\alpha$ .** Obecny jest tutaj wyłącznie plankton otwornicowy *Globigerina bulloides*, a jego liczebność podlega skrajnym wahaniom. W dolnej części biozony brak bentosu otwornicowego. Pojawia się on dopiero w części wyższej i jest bardzo ubogi, zarówno ze względu na skład taksonomiczny (dobór typu „r”), jak i liczbę osobników w jednostce residuum. Obok zespołu IIC, jest to drugi, najbardziej ubogi zespół otwornic badenianu. Występują tutaj taksony charakterystyczne dla siedlisk płytkowodnych – głównie formy epibiontyczne i żyjące na powierzchni osadu. Spośród infauny repre-

zentowana jest wyłącznie *Bolivina* – takson skrajnie odporny na niedobór tlenu w środowisku. Skorupki otwornic tej biozony mają nietypowo cienkie, przezroczyste ścianki i karłowate rozmiary; jest to jedyny spośród zespołów otwornicowych badenianu, w którym zjawisko takie występuje. Opiswane cechy wskazują, że osobniki żyły w warunkach bardzo niekorzystnych, chociaż mieszczących się jeszcze w granicach ich biologicznej tolerancji. Ubóstwo infauny w biozonie IIIA- $\alpha$  było spowodowane nadmiarem substancji organicznej, brakiem tlenu na skutek stratyfikacji gęstościowej (salinarnej) zbiornika i wysokiego zasolenia wód dennych. Wymienione czynniki powodowały azoiczność bentalu w tej biozonie.

**IIIB.** Występuje tutaj plankton zimnolubny (*Globigerina bulloides*, *G. quinqueloba*). Jego udział w zespole otwornic jest początkowo dość znaczny (stanowi ponad połowę fauny otwornic) i systematycznie maleje ku stropowi. Zbiornik miał głębokość środkowego i wewnętrznego szelfu, temperaturę od 10°C do 18°C. Wody były normalnie zasolone, a pozostałe warunki fizyko-chemiczne stabilne, dlatego wśród bentonicznych otwornic panował dobór typu „K”. Powierzchnia i wnętrze osadu były zasiedlone z równą intensywnością, czyli pokarm i tlen były dostępne w obu tych siedliskach na dostatecznym i stabilnym poziomie. Ku górze biozony wzrasta udział otwornic wymagających zasobności środowiska w substancję organiczną – co jest reakcją na wzrost eutroficzności zbiornika. Dopływ tlenu był jednak dostateczny, co powodowało utlenianie substancji organicznej oraz rozwój bentonicznej fauny, bez oznak niedoborów tlenu. Różnica temperatury wód powierzchniowych i dennych nie była zbyt wielka. Bentale zasiedlany był przez otwornice, które – mimo, że typowe dla chłodniejszych stref (górnego batiału) – znalazły tutaj odpowiednie warunki termiczne.

W biozonie IIIB profili: PILCHOWICE1, PILCHOWICE10, WILCZA1, SZCZY-  
GŁOWICE16D, SUMINA2 występuje równorzędny udział bentonicznych otwornic płytkowodnych i głębokowodnych. Na tym przykładzie (jak również na przykładzie biozony IID) widać, że taksony wskazywane jako głębokowodne (m.in. *Hoeglundina elegans*, *Ehrenbergina serrata*, *Sphaeroidina bulloides*, *Melonis pampilioides*, *Pullenia bulloides*) są nie tyle zależne od głębokości, co od temperatury. Dlatego w biozonach, w których plankton jest zimnolubny, wymienione gatunki otwornic bentonicznych zasiedlają znacznie płytsze rejony (wewnętrzny szelf) niż w środowisku biozony IIA-B, w którym występują one w strefie zewnętrznego szelfu i górnego batiału.

**III $\beta$ .** Było to środowisko o bardzo ubogiej faunie otwornic. Dominują tutaj cztery rodzaje otwornic bentonicznych (*Bulimina*, *Bolivina*, *Cibicides*, *Valvulineria*), a planktonicznych taksonów praktycznie brak; jedynie sporadycznie i w niewielkiej liczbie występuje *Globigerina bulloides*. Osobniki otwornic bentonicznych wykazują tutaj aberracje w budowie skorupki, co wskazuje, że warunki w znacznym stopniu odbiegały od normalnych; wydaje się, że przyczyną nieprawidłowego ich rozwoju było zbyt niskie zasolenie środowiska.

Z powyższej paleoekologicznej interpretacji zespołów otwornicowych badenianu wynika, że zmiany składu taksonomicznego otwornic w analizowanych profilach, obserwowane jako stratygraficzne następstwo ich zespołów, były w głównej mierze

kształtowane migracjami poszczególnych populacji. Udział czynnika ewolucyjnego odegrał w tych przemianach niewielką rolę. Były to migracje uwarunkowane stanem środowiska. W omawianym przedziale czasu geologicznego nastąpiło duże spłylenie zbiornika morskiego oraz ponowne jego wypełnianie, który to proces spowodował eliminację ze środowiska taksonów, które nie sprostały tym przemianom. Nowo powstałe siedliska były kolonizowane głównie przez imigrantów – taksony, dla których były to warunki odpowiednie. Następujące po sobie zespoły są wynikiem głównie procesów migracji pewnych populacji oraz takich zjawisk, jak politopowość (kosmopolityzm) oraz oportunizm poszczególnych taksonów. W biostratygraficznym następstwie zespołów badenianu praktycznie nie obserwuje się oddziaływania czynnika ewolucyjnych przemian. Występują tutaj tylko dwa takie przypadki: *Anomalinoides dividens* (bentoniczny takson, który występuje w stropie osadów badenianu) i *Vela-pertina indigena* (forma planktoniczna, charakterystyczna dla formacji z Gliwic). Pierwszy z wymienionych gatunków nie należy – stratygraficznie – do badenianu i jest taksonem diagnostycznym dla spągu młodszego piętra, tzn. sarmatianu. Drugi z taksonów jest indeksowym gatunkiem dla górnego badenianu (podpiętro kosovian), a jego pochodzenie wywodzone jest od *Globigerinoides trilobus* (Popescu 1976).

## 5.2. Typy cyrkulacji

Przeprowadzona analiza oraz interpretacja paleoekologiczna zespołów otwornicowych wskazuje, że przyczyną opisanych powyżej przemian środowiska w badenianie była zmiana cyrkulacji mas wody w basenie sedymentacyjnym. W znaczeniu stratygraficznym, na badanym obszarze Paratetydy dają się zidentyfikować dwa następujące po sobie główne typy cyrkulacji wody: anty-estuariowy oraz estuariowy (ryc. 42). W pierwszym z nich wyodrębnia się faza pełnego rozwoju (E1) oraz jej schyłek (E2), natomiast w drugim, po fazie wstępnej (E3) występuje etap pełnego rozwoju cyrkulacji estuariowej (E4).

Tetyda i zbiorniki perytetydzkie, czyli peryferyczne epikontynentalne morza w jej otoczeniu, współistniały na zasadzie naczyń połączonych. Tak więc Paratetyda, jako jeden z takich basenów, miała ograniczony kontakt z pełnym morzem – najbliższy położony był obszar Morza Śródziemnego. Basen śródziemnomorski, w rozpatrywanym przedziale czasu geologicznego (langhian-serravallian) był połączony wyłącznie z Atlantykiem; połączenie z Oceanem Indyjskim zakończyło się w burdygale (Adams *et al.* 1983). Paratetydę dzieliło od basenu śródziemnomorskiego pasmo górskie Dynarydów i Bałkanidów, które wraz z Alpami stanowiły – jak się przypuszcza – obszar wyniesiony; rejony te są pozbawione morskich osadów środkowego miocenu. Na niewielkiej przestrzeni pomiędzy tymi wydzwigniętymi obszarami występują osady środkowego miocenu i tędy mogła odbywać się wymiana wód w omawianym przedziale czasu geologicznego (Rögl, Steininger 1984; Szczechura 1998, 2000). Na przeważającym obszarze zbiornika śródziemnomorskiego występowały w tym czasie warunki

batymetryczne środkowego batiału (Benson 1976; Wright *et al.* 1978; Vergnaud-Grazzini 1983). Jego głębokość była więc generalnie większa niż Paratetydy.

W obrębie biozony IIA-B, wymiana wód między Paratetydą i otwartym morzem miała charakter cyrkulacji anty-estuariowej (E1). Wytworzenie się tego typu cyrkulacji nastąpiło na skutek różnicy temperatury, jaka panowała w powierzchniowej warstwie wody pomiędzy obszarem źródłowym i docelowym – czyli na skutek różnicy szerokości geograficznej między nimi i wynikającego z niej poziomego gradientu temperatury w atmosferze. Z niższych szerokości geograficznych napływały lżejsze i cieplejsze wody powierzchniowe, które w wyższych szerokościach geograficznych (basen Śląski) ulegały ochłodzeniu i opadały w głąb zbiornika. Odpływ tych wód odbywał się w obrębie dennej, chłodniejszej (a więc cięższej) warstwy i zbiornik „uzupełniał się” napływającymi powierzchniowymi wodami. Ustaliły się stabilne warunki tlenowo-pokarmowe w ramach tego typu cyrkulacji.

Wysoki poziom wody gwarantował bardzo wydajną wymianę wód między tymi basenami. Ciepłe, oligotroficzne wody epipelagialu oraz znaczna głębokość zbiornika powodowały, że ustalił się w nim pionowy gradient termiczny i wymiana wód w tym kierunku miała miejsce tylko na chłodniejszych obrzeżach basenu. Polegała ona na zanurzaniu się (opadaniu) ochłodzonych wód powierzchniowych. Ubóstwo soli pokarmowych i brak spływu kontynentalnego spowodował, że w populacjach otwornic, zarówno pelagialu jak bentalu, ustalił się dobór typu „K”. Wykształciła się wielka różnorodność taksonomiczna (morfologiczna), która wynikała z przystosowania do wielorakich mikrosiedlisk – w dążeniu do unikania konkurencji. Ze względu na pionowy gradient termiczny, dopływ tlenu do bentalu był nieznaczny, jednak wystarczający dla funkcjonowania życia opartego na metabolizmie tlenowym. W tych warunkach, materia organiczna stanowiła całkowicie wykorzystywane źródło stałych, ilościowo przewidywalnych zasobów pokarmowych. Proces jej utleniania/redukcji był w tych warunkach marginalny a tym samym nie stanowił zagrożenia dla ubytku tlenu (utlenianie), jak również dla wytwarzania dwutlenku siarki (redukcja). Kluczowe składniki tego środowiska: materia organiczna (pokarm), konsumenci oraz tlen były ze sobą powiązane stanem równowagi; jakakolwiek zmiana ilościowa w obrębie jednego z nich naruszałaby stan pozostałych. Środowisko biozony IIA-B stanowi przykład utrzymania się stabilności w tym systemie powiązań.

Obniżenie się poziomu wody spowodowało, że wydajność przepływu zaczęła maleć (E2). Nadal była to jednak cyrkulacja typu anty-estuariowego. Wpływały wody powierzchniowe, a wody denne odpływały, jednak intensywność tego procesu wymiany była niewielka w porównaniu do warunków etapu E1 (ryc. 42). Wody pelagialu i bentalu miały niższe temperatury (Gonera *et al.* 2000), zbiornik był płytki i zachodziła pionowa wymiana wód, co nie było możliwe w poprzednim okresie, kiedy termiczna stratyfikacja i znaczna głębokość zbiornika uniemożliwiały pionową ich konwekcję.

Piryty i glaukonit to dwa minerały, jakie najczęściej wypełniają wnętrza skorupki otwornic w badanych profilach i które mogą służyć jako indykatory niektórych cech środowiska sedymentacji. Pierwszy z nich jest bardzo rozpowszechniony w biozonach

| CHRONOSTRATYGRAFIA<br>LITHOSTRATYGRAFIA<br>(Alexandrowicz 1997) | BIOSTRATYGRAFIA OTWORNICOWA<br>FORAMINIFERAL BIOSTRATIGRAPHY |  |  |  | TYP<br>CYRKULACJI<br>WODY<br>(objaśnienia<br>w tekście)<br>CIRCULATION<br>PATTERNS<br>(explanation<br>in the text) | ZDARZENIA KLIMATYCZNE<br>PALEOCLIMATIC EVENTS<br>(według Miller et al. 1991; Miller, Feigenson<br>et al. 1991)<br>W nawiasach podano ich wiek radiometryczny<br>oraz datowanie magnetostratygraficzne<br>(after Miller et al. 1991; Miller, Feigenson et<br>al. 1991). In brackets is its radiometric age<br>and magnetostratigraphy | Korelacja z bio-<br>zonami Tetydy<br>Correlation with<br>Tethys<br>biostratigraphy |    |
|---|--|--|--|--|--|--|--|----|
|   | Kirchner (1956b)   | Alexandrowicz (1963c)  | Łuczowska (1964)                                   | Sposobna<br>w tej pracy<br>Applied in this paper |  |  |  |    |
| BADENIAN  | Formacja z Głowic<br>Gliwice Formation                       | ZONA z Bulimina<br>Bulimina ZONE                             | III β  | Hanzawata<br>crassiscapata                       | IIIβ   | E4   | Mi4 (12,6 mln lat/Ma) (CSAr)<br><br>Mi3 (13,6 mln lat/Ma) (CSABr)                  |    |
|   |  | ZONA II z Dendrophya<br>Dendrophya ZONE II                   | III B  |  | III B  |  |  |    |
|   |  | ZONA z Globigerina<br>Globigerina ZONE                       | III A, III α                                       | Ncobulimina<br>longa                             | III A-α  |  |  | E3 |
|   | Formacja z Krzyżanowic<br>Kryżanowice Formation              | ZONA I<br>z Dendrophya z Valvulinera<br>Dendrophya<br>ZONE I | SUBZONA<br>z Bulimina<br>Bulimina<br>SUBZONE       | II D, II δ                                       | Uvigerina<br>costata   | IIδ<br>IID   |  | E2 |
|   |  |  | SUBZONA<br>z Valvulinera<br>Valvulinera<br>SUBZONE | II C, II β                                       | Candorbulina<br>sutrulitis   | IIC<br>IIβ   |  |    |
|   | SUBZONA<br>z Orbulina<br>Orbulina<br>SUBZONE                 | II B<br>II A   |  | IIA-B  |  | E1   |  |    |
|   | Formacja ze Skawiny<br>Skawina Formation                     |  |  |  |  |  |  |    |

Ryc. 42. Paleśrodowisko formacji badenianu – interpretacja na podstawie otwornic.

Fig. 42. Palaeoenvironment of the Badenian formations – interpretation based on Foraminiferida.



IIA-B, IID, IIIB. Jego obecność wskazuje na specyficzne warunki środowiska, jakie towarzyszyły skorupkom otwornic zanim zostały one pogrzebane w osadzie. Do krystalizacji tego minerału wewnątrz skorupki otwornic dochodzi przy współwystępowaniu substancji organicznej, minerałów ilastych i pewnych beztlenowych bakterii (Culver, Banner 1978), gdy środowisko depozycji ma nieco alkaliczny odczyn. Glaukonitowe ośrodki skorup otwornic, jak również grudki tego minerału, występują w badanych profilach zawsze w tej samej stratygraficznej pozycji – stwierdza się je w wyższej części formacji ze Skawiny, a najliczniejsze są w obrębie zespołów II $\beta$  oraz IIC. Glaukonit powstaje jako produkt halmyrolizy różnorodnych minerałów wyjściowych (m.in. illitu, serycytu, biotyту, szkliwa wulkanicznego, węglanu wapnia), jeżeli nie zostaną one przykryte osadem. Nie odizolowane od wody morskiej – są poddawane jej działaniu i rozwija się proces halmyrolizy. Na skutek wymiany jonów między materiałem wyjściowym i wodą morską powstaje minerał glaukonit. Skorupki otwornic w warunkach halmyrolizy często ulegają temu procesowi – ich wnętrze (wypełnione np. minerałami ilastymi) przeobraża się w glaukonitowe ośrodki. Procesem, który uruchamia i sprzyja halmyrolizie jest bardzo powolna sedymentacja (brak dostawy materiału z ładu), bądź podwodne prądy usuwające dostarczony materiał mineralny. Rejonny glaukonityzacji skorupki otwornicowych stanowią bardzo precyzyjny indyktor halmyrolizy, czyli środowiska, w którym pojawiają się warunki sprzyjające długotrwałemu kontaktowi tanatocenozy z wodą morską (Waller 1960). Glaukonitowe ośrodki otwornic występują powszechnie w profilach okolic Gliwic (GLIWICE17, GLIWICE19, GLIWICE21, GLIWICE24) w stropie biozony IIA-B, szczególnie obfite są w obrębie II $\beta$  oraz w niektórych próbkach IID. Masowo występuje ten minerał w biozonie IID profilu OSTROPA8, a licznie w próbkach biozony II $\beta$  i IID profilu BIELSZOWICE7. Nie stwierdzono go w pozostałych profilach. Wskazuje to, że warunki halmyrolizy występowały tylko w wyższej części formacji ze Skawiny i wyłącznie w rejonie Gliwic.

Postępujący proces obniżania się poziomu wody powodował, że wymiana typu anty-estuariowego osiągnęła etap krytyczny – wody wpływały na badany obszar i tutaj odparowywały. Taka jest geneza facji ewaporytowych (formacja z Krzyżanowic). Nie zawierają one skamieniałości, a więc nie są w tym opracowaniu rozpatrywane.

Warunki tworzenia się facji salinarnych uległy destrukcji na skutek podniesienia się poziomu wody i uaktywnienia się splotu kontynentalnego. Ten kolejny przełom, jaki nastąpił w cyrkulacji wody, zapoczątkował powstanie osadów biozony IIIA- $\alpha$ . Wody pochodzące ze splotu kontynentalnego, jako mniej gęste, utrzymywały się na powierzchni, co spowodowało ustalenie się cyrkulacji typu estuariowego (E3). W basenie sedymentacyjnym utwory ewaporytowe formacji z Krzyżanowic nie od razu zostały przykryte osadami młodszymi i na swoich wychodniach ulegały recyklingowi. Wody o podwyższonym zasoleniu utrzymywały się w dennych warstwach basenu, co doprowadziło do wytworzenia się halokliny. Mimo że wody denne były silnie zasolone, osady salinarnie nie wytrącały się, ponieważ do ich wytrącania z przesyconego roztworu solanki wymagane jest środowisko natlenione (a więc posiadające odczyn zasa-

dowy), a w biozonie IIIA- $\alpha$  środowisko denne miało odczyn kwaśny. Nastąpiło to na skutek uaktywnienia się spływu kontynentalnego zasobnego w materię organiczną, która na dnie zbiornika, z powodu braku tlenu, ulegała redukcji (bądź pogrzebaniu w osadzie). Warunki redukcyjne powodowały obniżenie wartości pH (Neev 1979). Denne wody były silnie zasolone, lecz tylko sporadycznie utrzymywały się (nie ulegały rozpuszczeniu) krystalizujące, pojedyncze agregaty gipsu; obserwuje się je w laminowanych utworach dolnej części formacji z Gliwic. Podobnie jak gips (oraz inne minerały ewaporytowe), nie mógł się w tych osadach zachować węglan wapnia, czyli skorupki opadłych planktonicznych otwornic i pelagicznych ślimaków Pteropoda ulegały rozpuszczeniu. Zachowywały się one tylko wtedy, gdy okresowo wzrosła wartość pH – co mogło mieć miejsce wówczas, gdy dopływ substancji organicznej stawał się mniej intensywny, bądź dno było wentylowane. Wartość pH środowiska bentalu powodowała, że w profilu pionowym tej niższej części formacji z Gliwic, węglanowe skorupki organizmów planktonicznych (ślimaki skrzydłonogie, otwornice) nie występują w sposób ciągły. Ich obecność w osadzie rozdzielana jest interwałami, w których te skamieniałości nie występują. Wysokie zasolenie nie jest przeszkodą dla zasiedlenia środowiska przez otwornice; populacje tych organizmów występują na przykład w hipersalinarnych wodach Zatoki Perskiej. Azoiczność bentalu w obrębie dolnej części biozony IIIA- $\alpha$  powodowana była brakiem tlenu w dennych, nie wentylowanych częściach salinarnie stratyfikowanego zbiornika. Wody tego zbiornika były stagnujące w części przydennej, natomiast powyżej podlegały wymianie w warunkach cyrkulacji typu estuariowego. Lżejsze, powierzchniowe wody, pochodzące ze spływu kontynentalnego, wynoszone były w kierunku otwartego morza, a na ich miejsce napływały wody głębsze, normalnie zasolone, przynosząc plankton otwornicowy otwartego morza. Środowisko przybrzeżne było zasiedlone przez płytkowodną faunę otwornic bentonicznych typu epibiontycznego (głównie *Elphidium*, *Ammonia*, *Miliolina*). Otwornice tej strefy wraz ze swoim podłożem (plechy roślin, sedyment) były niekiedy transportowane wraz z masami wody pochodzącej ze spływu kontynentalnego i resedymentowane w rejonach odległych od brzegu. Taka przypuszczalnie jest geneza obecności tych taksonów w laminowanych utworach biozony IIIA- $\alpha$ . Pionierskim taksonem bentonicznym, który w tych warunkach kolonizował wnętrze osadów, była *Bolivina*. Są to otwornice skrajnie odporne na brak tlenu, jednak wymagające normalnego zasolenia i odczynu zasadowego (ze względu na węglanową skorupkę).

W pełni rozwinięta cyrkulacja typu estuariowego (E4) miała miejsce w kolejnej biozonie badenianu (IIIB). Wielkie bogactwo taksonów, a więc różnorodność morfologiczna, są w tej części badenianu, podobnie jak to miało miejsce w zespole IIA-B, rezultatem doboru typu „K”. Panowała stabilność czynników abiotycznych i warunków pokarmowych, więc dobór ukierunkowany był na zaadaptowanie się do ściśle określonych mikrosiedlisk po to, aby unikać konkurencji o przestrzeń i pokarm. Jednak w przypadku biozony IIIB, warunki środowiska były uwarunkowane stabilną cyrkulacją estuariową w klimacie umiarkowanym i wilgotnym, czyli takim, który zapewniał napływ zasobnych w substancję organiczną wód kontynentalnych. Spływające z łądu

wody były lżejsze niż wody morskie, co powodowało, że utrzymywały się one na powierzchni i odpływały w stronę otwartej części zbiornika. Usuwana w ten sposób powierzchniowa warstwa wody była uzupełniana wstępującymi wodami dennymi, czyli wytwarzały się warunki cyrkulacji estuariowej i prądu oddolnego (upwellingu). Wody napływające z zewnętrznych, głębszych części basenu, były chłodniejsze i zasobne w sole odżywcze.

W biozonie IIIB stwierdzono znaczny udział otwornic o skorupkach „porcelanowych” (podrząd Miliolina). Jest wśród nich wiele taksonów silnie urzeźbionych, co jest cechą środowiska bogatego w wapń, ciepłego i płytkiego. W osadach formacji z Gliwic występują one łącznie z wymienionymi wcześniej taksonami wskaźnikowymi dla wód głębokich. Obecność otwornic Miliolina w tym środowisku pochodzić może z resedymtacji. Są to organizmy głównie sesylne i epibiontyczne, dla których optymalnym siedliskiem były płytkie strefy sublitoralu, o głębokości nie przekraczającej kilkudziesięciu metrów. Z tej przybrzeżnej strefy mogły one być napławiane, wraz z plechami roślin, które zwykle stanowią ich podłoże, w otwarte części basenu – czemu sprzyjał estuariowy typ cyrkulacji w zbiorniku. Z drugiej strony, chłodne prądy denne powodowały migrację głębszego (chłodnolubnego) bentosu w strefę płytszą. Dlatego w osadach formacji z Gliwic charakterystyczna jest obecność obydwu tych form łącznie.

### 5.3. Zmiany klimatu

Dla wytłumaczenia przyczyn, które warunkowały opisany przebieg cyrkulacji mas wody w zbiorniku, kluczowe znaczenie ma fakt, że stwierdzone zmiany w jego batymetrii (regresja zapoczątkowana w spągu biozony II $\beta$  i transgresja zapoczątkowana w spągu biozony IIIA- $\alpha$ ) zbiegają się ze zmianami temperatury środowiska – ochłodzeniem w spągu biozony II $\beta$  i ociepleniem w spągu biozony IIIA- $\alpha$  (Gonera *et al.* 2000). Zbieżność tych faktów wskazuje, że intensywność i kierunek wymiany wód pomiędzy analizowanym obszarem a otwartym morzem kontrolowany był przez eustatyczne zmiany poziomu wody – czyli przez klimat. Jeżeli wskazywane klimatyczne przyczyny zmian środowiska w badanie są prawidłowe, to powinny one znaleźć potwierdzenie poza badanym obszarem.

Przełomowym momentem w badaniach nad klimatem miocenu były paleoceanograficzne projekty badawcze (Deep Sea Drilling Projects), zapoczątkowane w latach osiemdziesiątych (*vide* Matthews, Poore 1980; Berger *et al.* 1981). Jako jedną z metod interpretacji paleotemperatury zastosowano wówczas badanie składu stałych izotopów tlenu ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) w wapiennych skorupkach otwornic (Douglas, Savin 1971; Hecht 1976b). Dane uzyskiwane tą metodą stały się podstawowym geochemicznym źródłem wiedzy o paleotemperaturze różnych części oceanu światowego w kenozoiku i kredzie; skonstruowane zostały skale stratygraficzne oparte na ilości  $\delta^{18}\text{O}$ , a integracja tych danych – możliwa dzięki globalizacji badań – stała się podstawą do interpretacji

przepływu mas wody kształtowanego przez klimat, konfigurację kontynentów i elementy morfologii dna oceanicznego (Woodruff, Savin 1989; Berger, Mayer 1987).

Najbardziej radykalna zmiana klimatu miała miejsce na przełomie ery mezozoicznej i kenozoiku, kiedy to nastąpiło katastrofalne dla biosfery oziębienie. W trzeciorzędzie temperatura podlegała wahaniom, przy generalnie utrzymującej się tendencji do wzrastającego oziębienia klimatycznego – za wyjątkiem powierzchniowych wód niskich szerokości geograficznych, których temperatura praktycznie nie ulegała zmianie. Z drugiej strony, właśnie od temperatury zależy ilość wody w atmosferze, co w sposób bezpośredni oddziałuje na jej objętość w oceanie. Stąd w środowisku morskim i oceanicznym najprostszym i najważniejszym skutkiem zmian klimatu są wahania poziomu wody (Keller, Barron 1987; Holdgate, Gallagher 1997; Li Qianyu, McGowran 1997).

W środkowym miocenie występuje bardzo znaczny wzrost  $\delta^{18}\text{O}$  w skorupkach otwornic zarówno planktonicznych jak i bentonicznych (Savin *et al.* 1981, Vincent *et al.* 1985; Woodruff, Savin 1991). Ten geochemiczny sygnał jest interpretowany jako skutek utworzenia się pokrywy lodowej na Antarktydzie (Shackleton, Kennett 1975). Coraz większa ilość lżejszego z izotopów tlenu ( $^{16}\text{O}$ ) była akumulowana w lodowcach, powodując relatywny wzrost cięższego z tych izotopów w wodach oceanów. To antarktyczne zlodowacenie zbiega się z maksymalnym ociepleniem i transgresją na obszarach niskich szerokości geograficznych (Barrera *et al.* 1985), czyli miało ono miejsce przy znacznym gradiencie temperatury wody między niskimi i wysokimi szerokościami geograficznymi.

Zmiany klimatu modyfikowały układ krążenia wód w oceanie, a przez to oddziaływały na skład taksonomiczny populacji otwornic – zwłaszcza planktonicznych. Dane z różnych części oceanu wskazują, że generalnie zasięg zimnolubnych populacji powiększał się przy równoczesnym zmniejszaniu się zasięgu ciepłolubnej fauny planktonicznej (Sancetta 1978; Thunell, Belyea 1982; Zachariasse, Spaak 1983; Wright, Thunell 1988; McGowran, Li Qianyu 1997).

W oceanicznych, stratygraficznie ciągłych profilach miocenu, pomiar stałych izotopów tlenu w skorupkach otwornic stał się podstawowym źródłem danych odnośnie do zmian temperatury oraz interpretacji paleoklimatu. W profilu wzorcowym tych zmian (Miller *et al.* 1991; Miller, Feigenson *et al.* 1991) widać, że środkowomiocenne ochłodzenie klimatyczne miało przebieg oscylacyjny – oziębienia przedzielane były okresami ociepleń. Kalibracja izotopowej i biostratygraficznej skali wskazuje, że pierwszy spośród środkowomiocennych impulsów ochłodzenia (Mi2) przypada na wczesny langhian (biozona N8). Okres ocieplenia, który potem nastąpił, był najsilniejszym ociepleniem w miocenie środkowym. Jego optimum klimatyczne przypada na przełom otwornicowych biozon N9/N10. Od tego momentu rozpoczyna się oziębienie, które swoje maksimum (Mi3) osiąga na przełomie nannoplanktonowych zon NN5/NN6. Po okresie nieznacznego ocieplenia, następuje kolejny impuls ochłodzenia (Mi4), datowany na spąg biozony N12. Zapoczątkował on serię trzech kolejnych, najsilniejszych ochłodzeń środkowomiocennych.

Biostratygraficzna korelacja tych zdarzeń klimatycznych z obszarem Paratetydy

jest utrudniona ze względu na peryferyczne położenie tego zbiornika. Napotyka ona ponadto na wszystkie typowe dla biostratygrafii trudności, które wynikają zarówno z natury ewolucji biologicznej, jak i z natury zapisu kopalnego. Istotę tych trudności celnie ujmuje Berggren (1978): „No biostratigraphic zone is of mondial, absolutely synchronous extent, because no fossil form had an instantaneous mondial origin nor suffered instantaneous extinction, nor was so independent of environment as to be found everywhere in all types of sediments laid down synchronously”.

Biostratygraficzne datowanie opisanych w tym opracowaniu zdarzeń (ochłodzenie w biozonie II $\beta$  i ocieplenie w biozonie IIIA- $\alpha$ ) jest utrudnione z tego względu, że skala biostratygraficzna, oparta na oceanicznym planktonie otwornicowym znajduje tutaj zastosowanie tylko w biozonie IIA-B, w której indykatorem biostratygraficznym jest *Orbulina suturalis*. Obecność tego taksonu wskazuje, że badane osady nie są starsze od biozony N9 (górnym langhian). Wyższa część utworów badenianu (II $\beta$ –III $\beta$ ) nie zawiera biostratygraficznie młodszych, indeksowych taksonów otwornic planktonicznych. Dodatkowych informacji pod tym względem dostarcza mikrofauna nannoplanktoniczna (kokolitowate), wśród której występują dwa, biostratygraficznie indeksowe taksony: *Sphenolithus heteromorphus* (biozona NNS) oraz *Discoaster* spp. (NN6). Z korelacji otwornicowej i nannoplanktonowej skali biostratygraficznej (Berger 1992) wynika, że utwory badenianu mogą sięgać aż po zonę N13 (górnym serravallian), jednak nie ma jednomyślności co do górnego zasięgu tych osadów (Seneš, Steininger 1985).

Z przeprowadzonej analizy otwornic badenianu w aspekcie paleośrodowiska wynika, że zmiany, jakie miały miejsce na badanym obszarze Paratetydy, mogą być korelowane ze środkowomiocenijskimi zmianami klimatu. W stratygraficznym zasięgu badanych profili brakuje zapisu impulsu oziębienia Mi2 – miał on miejsce w biozonie N8, podczas gdy badane profile rozpoczynają się dopiero od biozony N9. Optimum klimatyczne, jakie występuje pomiędzy Mi2 i Mi3 odpowiada biozonie IIA-B (ryc. 42). Przejście biozony IIA-B w biozonę II $\beta$  odpowiada okresowi ochłodzenia i postępującej regresji, a kulminacja tych trendów (Mi3) znajduje się w biozonie IIC. Nie wielkie ocieplenie, jakie potem nastąpiło, należy korelować z biozoną IID (oraz II $\delta$ ). W obrębie tej wyższej części formacji ze Skawiny znajdują się biostratygraficzne zony N10 i N11. Jednak ze względu na charakter środowiska, nie występuje tutaj fauna indeksowa dla tych biozon, która składa się z ciepłolubnych taksonów oceanicznych. Po tym okresie miało miejsce maksymalne ochłodzenie (Mi4), przypadające na sedymentację osadów ewaporytowych formacji z Krzyżanowic. Następnie, kiedy klimat wszedł w fazę niewielkiego ocieplenia, powstawały utwory formacji z Gliwic (IIIA- $\alpha$ , IIIB, III $\beta$ ). Strop osadów tej formacji nie sięga stratygraficznie kolejnego ochłodzenia klimatu (Mi5), które miało miejsce około 10,8 miliona lat temu i korelowane jest ze spągiem biozony N14 (Rio *et al.* 1997). Prawdopodobnie właśnie temu ochłodzeniu odpowiada biozona *Anomalinoidea dividens* – regresywna faza w spągu sarmatianu, reprezentowana przez litostratygraficzne ogniwo jarosławskie (Kuciński 1982).



## 6. Podsumowanie i uwagi końcowe

1. Środowisko morskie biostratygraficznego poziomu IIA-B pozostawało pod wpływem cyrkulacji anty-estuariowej. Badany obszar znajdował się w strefie szelfu i odznaczał się zróżnicowaną batymetrią. Część północna była płytsza i głębokość wzrastała radykalnie ku południowi, gdzie panowały warunki górnego batiału. Środowisko wykazywało stabilność pod względem troficzności i natlenienia warstwy przydennej. Panowały warunki klimatu ciepłego i zbiornik był termicznie stratyfikowany. Przy ogólnym ubóstwie pokarmu uformowała się w tych warunkach nadzwyczaj duża różnorodność taksonomiczna fauny otwornic. Reprezentuje ona doskonały przykład funkcjonowania doboru typu „K” w populacjach tych organizmów.

Biozona II $\beta$  dokumentuje ogólne spłylenie i fundamentalną przebudowę – etap transformacji środowiska w basenie Paratetydy. Przyczyną regresji, jaka dokonała się na przelomie biozony IIA-B i II $\beta$ , było eustatyczne obniżenie się poziomu morza (ochłodzenie klimatyczne). Położyło ono kres warunkom optimum klimatycznego, podczas których powstawały osady biozony IIA-B. Występująca wśród otwornic przemiana zespołu IIA-B (cyrkulacja E1) w zespół II $\beta$  (początek cyrkulacji E2) dokumentuje nadejście katastrofalnego kryzysu dotychczasowego systemu ekologicznego w zbiorniku Paratetydy. Nastąpił dopływ soli pokarmowych i wzrost eutroficzności. Cyrkulacja typu anty-estuariowego traciła na intensywności wskutek postępującego obniżania się poziomu wody. Początkowo przeszła fazę spowolnionej (II $\beta$ ) i ograniczonej (IIC), a następnie nieco bardziej intensywnej powierzchniowej wymiany wód (II $\delta$ , IID). W tych warunkach utrzymywała się również pionowa wymiana wód, gdyż gradient termiczny był słabo rozwinięty, zbiornik nie był stratyfikowany (Durakiewicz *et al.* 1997). Rozkład biomasy odbywał się tutaj w procesie utleniania i powracała ona do obiegu jako sole pokarmowe.

Przy dalszym ochłodzeniu i eustatycznym obniżeniu się poziomu wody, cyrkulacja uległa zahamowaniu. W tym ostatnim etapie, podczas sedymentacji formacji z Krzyżanowic (*vel* z Wieliczki), wody powierzchniowe otwartego morza już tylko wpływały na badany teren i ulegały tutaj odparowaniu – powstawały utwory salinarne wymieszanych formacji. Płytki, dobrze natleniony zbiornik typu panwi solnej, w którym dochodziło do ewaporacji przedostających się do niego powierzchniowych wód morskich, istniał w warunkach klimatu suchego i braku spływu kontynentalnego. Prezentowana interpretacja paleośrodowiska formacji badenianu wskazuje, że sedymentacja ewaporatów formacji z Krzyżanowic nie była sama w sobie wydarzeniem kluczowym, lecz jedynie skutkiem czegoś, co wydarzyło się o wiele wcześniej. Była ona efektem globalnego ochłodzenia, które oddziaływało na cyrkulację mas wody w Paratetydzie i doprowadziło do ewaporacji tego zbiornika. Globalne oziębienie w środkowym miocenie zaznaczyło się sedymentacją ewaporatów również na obszarze Bliskiego Wschodu (Adams *et al.* 1983).

Kres ewaporacji nastąpił na skutek ocieplenia klimatycznego i wzrostu wilgotności. Skutkiem tych zjawisk było eustatyczne podniesienie się poziomu wody w środowi-

sku oraz napływ zasobnych w substancję organiczną wód słodkich z lądu. Początkowo (biozona IIIA- $\alpha$ ) zbiornik był stratyfikowany – miał stagnujące wody w warstwie dennej, gdzie substancja organiczna ulegała redukcji bądź była zagrzebywana w osadzie. Dalszy etap to zanik tego typu stratyfikacji gęstościowej (zapełnienie osadami nierówności podłoża?). Nie występowała ona już w biozonie IIIB, kiedy całe środowisko bentalu, łącznie z osadem, było natlenione. W tych warunkach substancja organiczna, utleniana bez przeszkód, powracała do obiegu jako sole pokarmowe, co wzmagало produkcję pierwotną (E4). Typowa jest w tym kontekście różnica pomiędzy wielogatunkowym zespołem planktonu otwornicowego w biozonie IIA-B i ubogą w taksony asocjacją tych otwornic w obrębie młodszych biozon (IID, IIIA- $\alpha$ , IIIB). Analogicznie do współczesnych zespołów, różnice te odzwierciedlają zamianę ciepłych wód o niskiej produktywności na wody chłodniejsze, o wysokiej produktywności.

2. Osobniki *Velapertina* występują w osadach nadgipsowych zapadliska przedkarpacciego i są uznawane za endemiczne dla Paratetydy (Rögl 1985). Po raz pierwszy zostały opisane z okolic Bochni pod nazwą rodzajową *Globigerinoides* (Łuczowska 1953). Później zaproponowano dla nich nazwę rodzajową *Velapertina* (Popescu 1969), pomimo że cechy morfologiczne osobników *Velapertina* są identyczne z cechami rodzaju *Praeorbulina* (Olsson 1964; Łuczowska 1970). Analogie dotyczą zarówno struktury (formy) skorupki, ultrastruktury ścianki jak również obecności i rozmieszczenia ujść. Wydaje się, że główny powód, dla którego określa się je odmienną nazwą rodzajową wynika z poglądu, że *Praeorbulina* ma bardzo wąski zasięg stratygraficzny i jest uważana za filogenetyczną formę wyjściową dla *Orbulina* – indeksowego taksonu dla biostratygraficznej zony N9 (środkowy miocen) (Cushman, Dorsey 1940; Brönnimann 1951; Blow 1956). Przy takim, filogenetycznym podejściu, nie można w stratygraficznie wyższej części miocenu używać takiej samej nazwy rodzajowej. Jednak zwraca uwagę fakt, że juwenilne stadia osobników *Orbulina* i *Praeorbulina* są odmienne: dla *Praeorbulina* jest to postać *Globigerinoides*, podczas gdy u osobników *Orbulina* wewnątrz ostatniej, sferycznej komory znajduje się forma *Globigerina bulboides*. To by wskazywało, że relacja: forma wyjściowa – potomek nie odnosi się do tych dwu rodzajów, czyli ich pojawienie się i następstwo w profilu stratygraficznym nie jest uwarunkowane ewolucją filetyczną. Jeżeli pojawienie się w profilu stratygraficznym tych dwu form jest wynikiem innych przyczyn niż filogeneza, to nie dziwi fakt, że w pewnych próbkach osadów formacji z Gliwic osobniki *Velapertina indigena* oraz *Orbulina suturalis* występują łącznie. Nasuwa się tutaj przypuszczenie, że *Velapertina* i *Praeorbulina* są przykładem ewolucji iteratywnej. Podobnie jak *Globigerinoides*, są one formami polifiletycznymi, które mogły powstawać w różnym czasie z różnych *Globigerinoides*, tak jak *Globigerinoides* powstawały w różnym czasie z różnych *Globigerina* (Kennett, Srinivasan 1983).

3. Wartość współczynnika P/B, powszechnie używana jako wskaźnik głębokości basenu morskiego, nie jest wyłącznie i bezpośrednio determinowana tym czynnikiem.



Jest ona wypadkową produktywności toni wodnej i dna. W odniesieniu do środowisk kopalnych dochodzą do tego procesy tafonomiczne. Wzorcowe wartości współczynnika P/B dla poszczególnych stref batymetrycznych wynikają z ekologicznej prawidłowości, że bardziej sprzyjające warunki rozwoju otwornic bentonicznych występują w strefie nerytycznej, a otwornic planktonicznych w strefie otwartego morza. Jednak produktywność poszczególnych obszarów morza zależy nie tylko od konfiguracji dna, ale również od hydrografii danej części zbiornika. Z tego względu wartość P/B w strefach upwellingu jest o wiele wyższa niż wynikałoby to z batymetrii obszaru. W odniesieniu do interpretacji paleośrodowiska, rozpatrując zespół kopalny otwornic jako wskaźnik batymetrii, należy brać pod uwagę skład taksonomiczny planktonu. W sytuacji, gdy występuje w nim fauna zimnolubna należy liczyć się z tym, że wody toni były bardziej żyzne a przez to ilość osobników planktonicznych jest w tym zespole wyższa niż wynikałoby to z batymetrii badanego obszaru morza.

4. We współczesnym oceanie występuje podział na prowincje faunistyczne i jest on związany z temperaturą wód pelagialu. Populacje otwornic planktonicznych należą do jednej z dwóch kategorii – ciepłej oraz chłodnej strefy klimatycznej. Progowe warunki termiczne, które określają te preferencje to kolejno: poniżej 10°C oraz powyżej 18°C. Środowisko przejściowej strefy klimatycznej zasiedlone jest przez populacje pewnych taksonów charakterystycznych dla obydwu: ciepłej oraz chłodnej strefy klimatycznej. Na obszarze klimatu przejściowego nie występuje żaden wyłącznie dla tej strefy właściwy gatunek otwornic planktonicznych. Również w badaniach paleośrodowiskowych, odwołujących się do zasady aktualizmu, nie jest uzasadnione wydzielanie taksonów tego typu. Interpretacja paleotemperatury powinna się opierać na względnej liczebności taksonów reprezentujących dwie wymienione wyżej kategorie planktonu: ciepłej i chłodnej strefy klimatycznej. Wskazywanie *a priori* taksonów strefy przejściowej i wnioskowanie paleoklimatyczne na podstawie ich obecności w profilu (zespółach kopalnych), nie jest uzasadnione, choć tego typu arbitralna ocena jest niekiedy praktykowana w badaniach paleoklimatycznych. Asocjacje współczesne (oraz paleocenozy) charakterystyczne dla obszarów umiarkowanego (przejściowego) klimatu mogą być wykazane na podstawie procentowej struktury taksonomicznej zespołu. Dla strefy przejściowej będzie on zawierał gatunki obydwu stref, przy ogólnie niskiej wartości współczynnika zrównoważenia (ang. equitability index) oraz znacznym różnicowaniu taksonomicznym.

5. Dla wielu gatunków otwornic planktonicznych o trochoidalnej budowie skorupki, temperatura jest czynnikiem wpływającym na kierunek ich zwinięcia, aczkolwiek dotąd nie została wyjaśniona natura tego procesu. Lewo- bądź prawoskrętność osobników w populacjach jest powszechnie stosowana w stratygrafii czwartorzędu. Znany jest przebieg obydwu tych procesów dla określonych taksonów plejstocenu. Użyteczność tej prostej metody badawczej do interpretacji paleotemperatury starszych epok

geologicznych jest obarczona wieloma niewiadomymi. Z zapisu kopalnego wynika, że zdarzenia klimatyczne oddziaływały na populacje tych organizmów w sposób selektywny (wybiórczy) i zróżnicowany. Znane są cztery sposoby reagowania gatunków na zmiany klimatyczne (Bolli 1971). Kontrowersyjne jest ponadto, czy skrętność jako cecha gatunkowa wykształca się od samego ewolucyjnego początku taksonu, czy jest przez dany gatunek nabywana w zaawansowanym stadium jego rozwoju.

W osadach badenianu występują dwa taksony *Globorotalia* (*G. praescitula*, *G. mayeri*) oraz *Globigerina bulloides* – odpowiednie do interpretacji paleotemperatury na podstawie skrętności. Są one licznie reprezentowane (co jest ważne w badaniach statystycznych) i mają szeroki zasięg występowania – zwłaszcza dotyczy to *G. bulloides*. Interpretacja paleotemperatury na podstawie skrętności osobników tych taksonów napotyka jednak na trudności. Przede wszystkim nie ma danych co do modelowego przebiegu tych zmian, na którym można by oprzeć interpretację uzyskanych wyników. Ponadto w odniesieniu do *G. praescitula* i *G. bulloides* uzasadnione jest przypuszczenie, że w miocenie środkowym – który był ewolucyjnym początkiem dla tych taksonów – nie posiadały one jeszcze wykształconego mechanizmu reagowania skrętnością na zmiany temperatury środowiska. Tego typu analizy wykonano dla 62 prób badanych profili. Dla wszystkich biozon badenianu, zbadany został udział lewoskrętnych osobników *G. bulloides*. Średni ich udział w obrębie poszczególnych poziomów biostratygraficznych waha się od 50,3% (biozona IIC) do 52,7% (biozona IIA-B). Wyniki te potwierdzają wniosek indyferentności kierunku zwinienia w ewolucyjnych początkach gatunku (Bolli 1971). Wydaje się, że podobnie należy interpretować wyniki badań kierunku zwinienia *G. praescitula* (vel *G. scitula*) wykonane przez Vasička (1953).

6. Otwornice aglutynujące występują współcześnie w bardzo zróżnicowanych pod względem batymetrii i zasolenia siedliskach morskich. Ich rozprzestrzenienie obejmuje praktycznie wszystkie obszary dna tego środowiska, przewyższając pod tym względem otwornice wapienne, które w głębinach, poniżej strefy CCD, nie występują.

Zasadnicza linia podziału ekologicznego w tej grupie otwornic opiera się na rodzaju materiału, z którego zbudowane jest lepiszcze spajające poszczególne detrytyczne fragmenty użyte do budowy skorupki (np. ziarna mineralne, igły gąbek). Materiał lepiszcza jest w całości złożony z substancji organicznej, bądź występuje w połączeniu z węglanem wapnia. Otwornice aglutynujące, u których występuje wyłącznie organiczny rodzaj lepiszcza, są dobrymi wskaźnikami braku kationu wapnia w wodzie bądź warunków uniemożliwiających jego wytrącanie (np. niski poziom pH). Przykładem tej grupy są populacje zasiedlające hiposalinarnie przymorskie mokradła (m.in. *Miliammina fusca*, *Ammotium salsum* i *Trochammina inflata*) oraz występujące w największych głębiach oceanów, poniżej strefy CCD (np. *Hormosina globulifera*, *Psammosphaera fusca*, *Bathysiphon filiformis*, *Ammodiscus siliceus*, *Saccamina sphaerica*).

Ekologia grupy otwornic aglutynujących o lepiszczu mieszanym, węglanowo-organicznym, nastrocza duże trudności. Przystosowały się one do bardzo różnorodnych

(batymetrycznie i zasoleniowo) środowisk. Wszystkie taksony otwornic aglutynujących stwierdzone w badanych profilach badenianu reprezentują tę właśnie kategorię. Tak więc nie pełnią one ważnej funkcji w interpretacji paleoekologicznej. Zamierzeniem przeprowadzonej analizy było sprawdzenie, czy występuje jakaś regularność ich udziału w profilach. Stwierdzono, że przede wszystkim występuje prawidłowość w pionowym rozmieszczeniu gatunków. Jest to jednak temat wymagający odrębnego opracowania. Wykazano ponadto, że w każdym z badanych profili największy udział tej grupy otwornic występuje w obrębie biozony IIA-B oraz IIIB. W pozostałych biozonach (środkowa część profili) ich ilość jest zdecydowanie mniejsza, bądź nie są w ogóle reprezentowane. Wyjątek stanowi biozona IID niektórych profili (m.in. GLIWICE19, GLIWICE24, WILCZA1, ŻORY4), w której ich udział osiąga 20–50% zespołu. Być może w obrębie tych trzech biozon wystąpiły pewne trudności w sekrecji węglanu wapnia (mniejsza ilość kationu wapnia w środowisku?), w wyniku czego otwornice aglutynujące uzyskały lepsze możliwości rozwoju niż w pozostałych biozonach.

7. Drobnozarniste osady silikoklastyczne (mułowce, iłowce) powstają na rozmaitych głębokościach: od strefy przybrzeżnej do abysalnej. Dlatego ocena batymetrii środowiska ich depozycji nie jest tak jednoznaczna, jak w przypadku np. utworów piaszczystych czy wapieni organogenicznych. Zespoły otwornic obecne w tych drobnozarnistych utworach silikoklastycznych dobrze służą oszacowaniu batymetrii środowiska sedymentacyjnego. Występują taksony ogólnie traktowane jako standardy dla pewnych zakresów głębokości (Murray 1991). Jednakże dla interpretacji paleobatymetrii zbiornika według takiego kryterium wymagana jest znajomość paleotemperatury pelagialu (wyznaczana np. za pomocą udziału planktonu zimnolubnego). Jest to konieczne, ponieważ taksony otwornic przyjmowane jako charakterystyczne dla wód głębszych (poniżej termokliny) wykazują jednocześnie adaptację do niskiej temperatury i z tego powodu na obszarze wód chłodniejszych występują w płytszych siedliskach. Taksony otwornic przyjmowane jako charakterystyczne dla krawędziowej części nerytu oraz batialu (m.in. *Hoeglundina elegans*, *Ehrenbergina serrata*, *Sphaeroidina bulloides*, *Melonis pampilioides*, *Pullenia bulloides*) są indykatorami tej właśnie głębokości, ale tylko w odniesieniu do cieplej strefy klimatycznej. Dlatego w interpretacji paleotemperatury za pomocą metody ekologicznej powinien być brany pod uwagę udział chłodnolubnych otwornic planktonicznych. Jeśli jest on znaczący, to jest prawdopodobne, że głębokość zbiornika była płytsza niż wskazywałby na to udział wymienionych powyżej taksonów bentonicznych (Kategoria K6 w tym opracowaniu).

8. Prezentowane w tym opracowaniu populacje otwornic wskazują na dwudzielność badenianu w aspekcie produktywności środowiska: była ona niska w obrębie biozon IIA-B oraz II $\beta$ , i wysoka w młodszej części profilu. Na granicy tych dwóch typów środowiska znajduje się biozona IIC, odznaczająca się szczególnie niestabilnymi wa-

runkami. W profilach badenianu występują ponadto inne paleontologiczne i geochemiczne dowody potwierdzające tą tezę: zawartość stałych izotopów tlenu i wodoru w węglanowych skorupkach otwornic (Durakiewicz *et al.* 1997, Gonera *et al.* 2000) oraz obecność skamieniałości wskaźnikowych dla wód o wysokiej produktywności (okrzemki, Pteropoda, promienice), reprezentowanych licznie w obrębie formacji z Gliwic.

Produktywność ekosystemu zależy od dostępności soli pokarmowych. Są one podstawą, na której opiera się produkcja pierwotna – wytwarzanie węgla organicznego w procesie fotosyntezy. Wszystkie pozostałe ogniwa łańcucha troficznego bazują na ilości biomasy wytworzonej w tym procesie. W ekosystemie morskim, przy dostatecznej ilości światła i odpowiedniej temperaturze, intensywność produkcji pierwotnej jest zależna od zawartości soli pokarmowych obecnych w strefie fotycznej danego obszaru. Wśród pierwiastków, których sole są niezbędne dla rozwoju autotrofów, kluczową rolę odgrywa fosfor, azot, krzem i żelazo. Są one trudno dostępne (klark azotu w litosferze wynosi  $1,9 \times 10^{-3}$ , a fosforu  $9,3 \times 10^{-2}$ ) a jednocześnie niezbędne dla podstawowych procesów biochemicznych w żywych komórkach. Biosfera wykazuje wielkie zapotrzebowanie na te właśnie, decydujące o produktywności ekosystemu składniki – nazywane pierwiastkami biogenicznymi. Są pewne biologiczne i fizyczne czynniki, które mogą działać w sposób stymulujący na obecność tych pierwiastków w ekosystemie morskim (Brasier 1995). Najbardziej wydajnym procesem do uzyskania soli pokarmowych jest remineralizacja materii organicznej. Mikroorganizmy (bakterie i grzyby), które uczestniczą w tym procesie, mają swoje siedlisko w osadzie, skąd sole pokarmowe muszą dostać się do strefy (eu)fotycznej. Te procesy były bardzo wydajne w obrębie formacji z Gliwic, przewyższając w tym względzie środowisko formacji ze Skawiny. Decydującą rolę dla przebiegu tego procesu odegrały dwa czynniki: klimat i cyrkulacja estuariowa w zbiorniku, które umożliwiły wynoszenie soli biogenicznych w strefę fotyczną.

9. Wszystkie formacje badenianu zawierają wkładki wulkanicznego pyłu osadzonego w środowisku wodnym – tufitu. Obszarem alimentacyjnym był dla tych osadów wulkanizm wewnętrznego łuku Karpat (obszar Wyhorlatu i Gór Słańskich). Petrograficzne i geochemiczne analizy tufitów badeńskich wskazują na ich genetyczny związek z ryodacytami – są to kwaśne skały wylewne, odpowiadające granitowi (*vide* Alexandrowicz, Pawlikowski 1978; Kalićiak, Žec 1995). W rozważaniach nad produktywnością ekosystemu morskiego wysuwane jest niekiedy twierdzenie, że wulkanizm jest procesem powodującym lokalny wzrost żyzności środowiska. Tufity badenianu są potencjalnym źródłem takich pierwiastków biogenicznych, jak krzem, żelazo, fosfor.

Rezultaty prezentowanych w tym opracowaniu badań wskazują, że produkcja pierwotna w morzu – nawet bezpośrednio znajdującym się w sąsiedztwie obszaru objętego wulkanizmem – nie była w sposób bezpośredni poddana wpływowi tego procesu. W badanych profilach nie występuje korelacja pomiędzy okresem największego nasilenia wulkanizmu a maksimum produktywności ekosystemu – wulkanizm nie odegrał

więc w środowisku morskim badenianu bezpośredniej i znaczącej roli jako źródło biogenicznych pierwiastków w ekosystemie. Największa produktywność ekosystemu – jak na to wskazują dowody paleontologiczne – miała miejsce w wyższej części formacji z Gliwic, a właśnie na ten przedział czasu przypada minimum aktywności wulkanicznej w obszarze Paratetydy Centralnej – wkładki tufitowe występują głównie w niższej części osadów podgipsowych oraz w dolnej części formacji z Gliwic. Decydującym źródłem biogenicznych pierwiastków był splyw kontynentalny i wymuszony klimatem estuariowy typ cyrkulacji w zbiorniku – optymalny dla procesu wynoszenia soli pokarmowych z dna zbiornika w strefę (eu)fotyczną.

W warunkach lądowych tuf wulkaniczny jest bogatym źródłem soli pokarmowych. Osad ten stanowi mineralną bazę dla rozwoju bardzo żyznych gleb. Jest to jednak proces wymagający czasu, oraz udziału mikroorganizmów. W warunkach morskich, tuf jako jeden z produktów wulkanizmu jest tylko potencjalnie źródłem wzrostu żyzności środowiska. Dzieje się tak z dwu powodów. Po pierwsze, pierwiastki biogeniczne zawarte w tym osadzie, aby mogły stać się przyswajalne przez jednokomórkowe organizmy autotroficzne (okrzemki, glony, bruzdnice, kokolitowate, złotowiciowce), muszą uzyskać geochemiczną postać jonów (m.in. fosforanów). Tymczasem tuf wulkaniczny składa się ze szkliwa (zasobnego w krzem, glin, potas oraz sól) i minerałów (m.in. idiomorficznego kwarcu, biotyту, skaleni, magnetytu, piryту, cyrkonu). Ażeby przejść ze związków mineralnych w postać jonową (przyswajalną dla jednokomórkowych organizmów autotroficzných) tuf musiał zostać poddany działaniu złożonych procesów (bio)chemicznych. Rozkład kwaśnego szkliwa wulkanicznego (czyli m.in. takiego jak w tufitach badenianu) prowadzi do powstania bentonitu, skały złożonej z minerałów ilastych – głównie montmorillonitu (uwodniony glinokrzemian). Teoretycznie jest to więc proces, który mógłby być źródłem krzemu do produkcji pierwotnej. Byłoby to możliwe, gdyby tuf po opadnięciu na dno zbiornika nie został przykryty warstwą osadu (czyli odizolowany) lecz poddawany długotrwałemu procesowi rozkładu – halmyroliza popiołów wulkanicznych jest procesem znacznie bardziej czasochłonnym niż ich wietrzenie w warunkach lądowych. Osady pyłów wulkanicznych występujące w badenianie są jednak tufitami, a nie bentonitami. A ponadto zawarte w nich okruchy szkliwa nie wykazują śladów dewitryfikacji (Parachoniak 1962). Dlatego tufit jako źródło biogenicznych pierwiastków musiałby znajdować się w strefie braku bądź bardzo powolnej sedymentacji, a jonowe produkty tego rozkładu, jako sole pokarmowe, znajdować się powinny w strefie fotycznej. W środowisku badenianu warunki te nie zaistniały – w profilu brak korelacji pomiędzy występowaniem poziomów tufitowych a wzmożoną produktywnością środowiska.

**10.** W ciągu badenianu następowały modyfikacje składu taksonomicznego otwornic, a kolejne stadia tego procesu definiowane są jako biozony zespołowe. Zmiany składu taksonomicznego otwornic w analizowanych profilach badenianu, obserwowane jako stratygraficzne następstwo ich zespołów, były w głównej mierze kształtowane migracjami poszczególnych populacji. Proces ten był reakcją na zmiany zachodzące w śro-

dowisku. Pod wpływem tych zmian, poszczególne populacje poddawane były selekcji. Omawiane w tym opracowaniu biozony otwornicowe mają więc charakter ekozon. Udział czynnika ewolucyjnego w tym procesie nie posiada zapisu paleontologicznego w analizowanych utworach. Pojawiające się nowe taksony w profilu są gatunkami, których ewolucyjny początek miał miejsce na innym obszarze. Ich pojawienie się w omawianej części zbiornika Paratetydy miało charakter imigracyjny – pojawiły się tutaj, gdyż zaistniały dla nich odpowiednie warunki siedliskowe. Całokształt czynników środowiskowych w nowych warunkach powodował, że jedne populacje odchodziły (bądź ginęły) a inne zasiedlały badany obszar. Zmiany środowiska były na tyle silne, że pomiędzy kolejnymi biozonami występują bardzo znaczne różnice składu taksonomicznego. Jedynie w dwu przypadkach paleontologiczny zapis tych zmian ma charakter do pewnego stopnia ciągły. W tych dwu przypadkach, albo zmiany w środowisku zachodziły powoli, albo tempo sedymentacji było szybkie. Zjawisko tego typu występuje w transformacji zespołu IIA-B w zespół II $\beta$  oraz IIIB w III $\beta$ . W obydwu tych przypadkach kierunek taksonomicznych zmian w faunie otwornic prowadzi do redukcji bioróżnorodności. Wszystkie pozostałe granice biostratygraficzne charakteryzują się radykalną zmianą w składzie taksonomicznym – w biozonie młodszej nie występują na ogół taksony obecne w stratygraficznie starszym zespole. Jest prawdopodobne, że przynajmniej częściowo ten rodzaj zapisu paleontologicznego jest spowodowany powolnym tempem sedymentacji, dlatego brak w nim etapów pośrednich – sukcesji populacji. Zespoły pojawiające się w badanych profilach jako nowe, kolejne biozony zespołowe otwornic, formowały się na skutek migracji z innych (nieznanych) rejonów i zasiedlały go do czasu, aż warunki nie uległy zmianie wykraczającej poza granice tolerowane przez poszczególne populacje tego zespołu. Wówczas następował czas kolejnych zmian w składzie taksonomicznym fauny otwornic. Omawiane w tym opracowaniu, stratygraficznie następujące po sobie biozony reprezentują na tyle radykalnie zmienione warunki w środowisku, że przestawały one być tolerowane przez dotychczasowe populacje.

Tego typu zmiany w biostratygraficznym profilu badenianu są skutkiem fundamentalnych przemian, jakie przebiegały w środowisku (cyrkulacja, klimat). Te ostatnie procesy mogą być precyzyjnym narzędziem biostratygraficznym, zwłaszcza w morzach epikontynentalnych i płytkich strefach brzegowych – czyli rejonach, które są najbardziej narażone na zmiany warunków. Fauna otwornic tej strefy jest szczególnie podatna na wszelkie zmiany w biotopie. Wystarczy wśród tych zmian udokumentować wielkoskalowe (lub globalne) procesy, leżące u podstaw zmian biocenotycznych i zastosować je do celów biostratygraficznych. Biozony zespołowe są w tych warunkach znacznie bardziej użyteczne niż biozony oparte na filogenetycznych przemianach jednego taksonu – choćby najbardziej progresywnego pod tym względem (np. linie filogenetyczne *Globorotalia* w miocenie). W odniesieniu do utworów osadzonych w warunkach przybrzeżnych i w środowisku mórz epikontynentalnych łatwo o nieściśłości i pomyłki biostratygraficzne ze względu na to, iż nie jest to optymalne środowisko dla planktonu (zwłaszcza *Globorotalia*) a ponadto właśnie w tym środowisku resedymentacja i redepozycja jest zjawiskiem powszechnym. Obecność taksonów indeksowych

w osadach, które spełniają odpowiednie warunki w aspekcie biostratonomicznym, stanowić może markery biostratygraficzne (ang. golden nail) dla bardziej szczegółowej biostratygrafii – opartej na obecności ekozespołów. Dla stratygrafii osadów pochodzących z basenów epikontynentalnych, procesy ewolucyjne oraz wielkoskalowe przemiany środowiska są równorzędne, jeśli chodzi o ich użyteczność w biostratygrafii. Integracja rezultatów dwu metod badawczych: biostratygrafii – tam, gdzie jest to możliwe – oraz przedstawiona w tym opracowaniu interpretacja paleośrodowiska oparta na otwornicach dała możliwość uszczegółowienia korelacji stratygraficznej obszaru Paratetydy z otwartym morzem i zdarzeniami o zasięgu globalnym.

**11.** Jednostki podziału litostratygraficznego, czyli formacje badenianu na prezentowanym obszarze zapadliska przedkarpacciego są wewnątrznie zróżnicowane; na przykład pod względem (paleo)środowiskowym niektóre z nich składają się z kilku etapów rozwoju. Najbardziej homogeniczne w tym aspekcie są osady salinarnie (formacja z Krzyżanowic *vel* formacja z Wieliczki oraz formacja z Radruża). Przeprowadzone badania wskazują, że osady tych formacji są izochroniczne i jednorodne pod względem paleośrodowiska – odzwierciedlają etap wielkiej regresji morza spowodowanej eustatycznym obniżeniem jego poziomu. Pozostałe dwie formacje badenianu mają pod tym względem charakter złożony. Składają się z osadów deponowanych podczas kilku kolejnych, (paleo)środowiskowo zróżnicowanych etapów dziejów geologicznych regionu. Formacja ze Skawiny składa się z osadów pełnego rozwoju morskiej transgresji, regresji oraz ponownej transgresji. Dodatkowo, podczas tych etapów miała miejsce zmiana klimatu (ochłodzenie). Formacja z Gliwic składa się z osadów deponowanych w trzech rodzajach warunków: w zbiorniku stratyfikowanym halo-klina, w etapie pełnego rozwoju transgresji (podczas której zbiornik był intensywnie przewietrzany i posiadał dobrze rozwiniętą cyrkulację typu estuariowego) oraz postępującego wysłodzenia i regresji. Praktyczność omawianego podziału litostratygraficznego polega na wyodrębnieniu obecności poziomu osadów salinarnych. Tak skonstruowany podział litostratygraficzny zgadza się z podziałem biostratygraficznym tylko w odniesieniu do granic formacji z Krzyżanowic – w podziale biostratygraficznym odpowiada on poziomowi azoicznemu. Pozostałe formacje badenianu składają się z kilku taksonomicznie zróżnicowanych biozon zespołowych i jako jednostki litostratygraficzne nie są one wewnątrznie jednolite ani pod względem (paleo)biocenotycznym ani (paleo)środowiskowym. Formacje litostratygraficzne nie odzwierciedlają więc w pełni warunków w basenie sedymentacyjnym.

**12.** Konserwatorska ochrona odsłoneń geologicznych jest gwarancją zachowania ich dla celów naukowych i edukacyjnych (co jest szczególnie istotne w odniesieniu do profili wzorcowych). Z tych samych powodów należy dążyć do tego, aby geostrukturalna i geochronologiczna różnorodność kraju miała odzwierciedlenie w krajowym systemie ochrony przyrody. Postęp w tej dziedzinie zależy od zaangażowania społecz-

ności geo(morfo)logów. Naturalną konsekwencją ich pracy naukowej powinien być wniosek o konserwatorską ochronę wybranych stanowisk geologicznych wartościowych w aspekcie wykonanych badań. Odsłonięcia na obszarach eksploatacji górniczej są bardzo cenne dla dokumentacji naukowej. Niestety, obecnie są to efemeryczne źródła informacji. Pełna realizacja programu ochrony georóżnorodności wymaga unormowań prawnych umożliwiających konserwatorską ochronę odsłonięć na obszarach eksploatacji górniczej. Użytkownik tego obszaru powinien odnosić wymierną korzyść z tytułu posiadania na swoim terenie prawnie chronionego odsłonięcia. Koncesja powinna określać korzyści materialne wynikające z tej bezpośredniej formy włączenia się w ochronę przyrody. Byłby to wówczas jedyny punkt ustawy „Prawo geologiczne i górnicze” nawiązujący do ustawy „Ochrona przyrody”, której trzeci artykuł mówi: „Ochrona przyrody jest obowiązkiem (...) osób (...) prawnych prowadzących działalność wpływającą na przyrodę”.



## PIŚMIENNICTWO

Pełne nazwy czasopism podano na końcu spisu literatury.

Full names of papers are at the end of the list of references.

- Adams C. G., Gentry A. W., Whybrow P. J. 1983. Dating the terminal Tethyan event. W: J. E. Meulenkamp (Red.). Reconstruction of marine paleoenvironments. Utrecht Micropaleontol., Bull. 30: 273–298.
- Alexandrowicz S. W. 1957a. Profile stratygraficzne miocenu w południowej części Zagłębia Górnego-Śląskiego. Stratigraphical profiles of Miocene in the south part of the Upper Silesian Basin (in Polish). Prz. Geol. 5, 12: 552–555.
- Alexandrowicz S. W. 1957b. Piroklastyczne kwarcze w tortonie okolic Krakowa. Pyroclastic quartzes in the Tortonian of the Cracov region (in Polish, with English summary). Biul. Inst. Geol. 115: 27–61.
- Alexandrowicz S. W. 1958a. Zarys stratygrafii mikrofaunistycznej miocenu śląsko-krakowskiego. Outline of microfaunistic stratigraphy of the Silesian-Cracovian Miocene (in Polish, with English summary). Kwart. Geol. 2, 1: 54–81.
- Alexandrowicz S. W. 1958b. Transgresywne osady miocenu z kop. Makoszowy i ich pozycja stratygraficzna. Transgressive Miocene deposits in the Makoszowy Mine and their stratigraphic position (in Polish, with English summary). Acta Geol. Pol. 8, 1: 149–174.
- Alexandrowicz S. W. 1959a. Stratygrafia i tektonika miocenu w Halembie koło Chorzowa. Stratigraphy and tectonics of Miocene deposits in Halemba (Upper Silesia) (in Polish). Prz. Geol. 7, 9: 408–411.
- Alexandrowicz S. W. 1959b. O wieku transgresywnych osadów miocenu w Mazańcowicach koło Bielska. Age of transgressive Miocene deposits at Mazańcowice near Bielsko (Western Carpathians) (in Polish, with English summary). Kwart. Geol. 3, 3: 662–676.
- Alexandrowicz S. W. 1959c. Badania nad stratygrafią miocenu okolic Korytnicy. Spraw. Pos. Nauk. PAN 2, 1: 284–286.
- Alexandrowicz S. W. 1960a. Pozycja stratygraficzna miocenińskiego złoża soli w okolicach Żor i Rybnika. Spraw. Pos. Nauk. PAN 3, 1: 161–164.
- Alexandrowicz S. W. 1960b. Profil stratygraficzny dolnego tortonu w Czechowicach koło Gliwic. Stratigraphic section of the Lower Tortonian at Czechowice near Gliwice (the Upper Silesian Basin) (in Polish, with English summary). Biul. Inst. Geol. 155: 5–70.
- Alexandrowicz S. W. 1961a. Stratygrafia osadów tortońskich w okolicach Wiednia. Stratigraphy of Tortonian deposits in the vicinity of Vienna (in Polish). Prz. Geol. 9, 5: 282–283.
- Alexandrowicz S. W. 1961b. Stratygrafia warstw chodenickich i grabowieckich w Chełmie nad Rabą. Stratigraphy of Chodenice and Grabowiec Beds at Chelm on the Raba River (in Polish, with English summary). Kwart. Geol. 5, 3: 646–667.
- Alexandrowicz S. W. 1961c. Stratigraphic Position of the Tortonian Evaporites Formation in the Southern Part of the Upper Silesia Basin. Bull. Acad. Pol. Sci. Série Sci. géol. et géogr. 9, 1: 45–51.
- Alexandrowicz S. W. 1961d. Poziomy faunistyczne dolnego tortonu w okolicach Miechowa i Działoszyc. Spraw. Pos. Nauk. PAN 5, 2: 446–448.
- Alexandrowicz S. W. 1962. Zarys stratygrafii miocenu okolic Krakowa. Spraw. Pos. Nauk. PAN 6, 2: 520–523.
- Alexandrowicz S. W. 1963a. Osady dolnego opolu w okolicach Bytomia i Tarnowskich Gór. Spraw. Pos. Nauk. PAN 7, 1: 285–287.
- Alexandrowicz S. W. 1963b. Osady dolnego tortonu w Brzezówce koło Cieszyna. Sediments of the Lower Tortonian at Brzezówka, near Cieszyn (in Polish, with English Summary). Kwart. Geol. 7, 2: 319–336.
- Alexandrowicz S. W. 1963c. Stratygrafia osadów miocenińskich w Zagłębiu Górnos Śląskim. Stratigraphy of the Miocene deposits in the Upper Silesian Basin (in Polish with English summary). Pr. Inst. Geol. 39, 147 s.

- Alexandrowicz S. W. 1964a. Przejawy tektoniki miocenińskiej w Zagłębiu Górnos Śląskim. Miocene tectonics in the Upper Silesia Basin (in Polish, with English summary). *Acta Geol. Pol.* 14, 2: 175–231.
- Alexandrowicz S. W. 1964b. Stratygrafia mikropaleontologiczna ilów miocenińskich na obszarze Krakowa. *Spraw. Pos. Nauk. PAN* 8, 1: 274–277.
- Alexandrowicz S. W. 1965a. Das stratigraphische Profil des Untertorton in Działoszyce und sein Verhältnis zur Aufteilung des Miozäns im Wiener Becken. *Bull. Acad. Pol. Sci. Série Sci. géol. et géogr.* 13, 1: 73–80.
- Alexandrowicz S. W. 1965b. L'évolution de l'avant-fosse des Carpathes et la stratigraphie du miocene de la Pologne Meridionale. *Carpatho-Balkan Geological Association, VII Congress, Sofia, Reports, II*, 1: 189–193.
- Alexandrowicz S. W. 1966. La stratigraphie et la faune du Tortonien des environs de Racibórz (Haute Silésie). *Bull. Acad. Pol. Sci. Série Sci. géol. et géogr.* 14, 4: 217–225.
- Alexandrowicz S. W. 1968a. „Karpat” i „Baden” w schemacie stratygraficznym miocenu Zagłębia Górnos Śląskiego. „Karpat” and „Baden” in the stratigraphic scheme of the Miocene in the Upper Silesia Basin (in Polish). *Spraw. Pos. Nauk. PAN* 12, 2: 550–553.
- Alexandrowicz S. W. 1968b. Pozycja geologiczna ilów miocenińskich w Groszowicach koło Opola. Geological situation of Miocene loams in Groszowice near Opole (in Polish). *Spraw. Pos. Nauk. PAN* 12, 2: 565–568.
- Alexandrowicz S. W. 1969a. Pozycja geologiczna warstw kędzierzyńskich w zachodnim obrzeżeniu Zagłębia Górnos Śląskiego. Geological position of the Kędzierzyn strata in the western borderland of the Upper Silesia Basin (in Polish). *Spraw. Pos. Nauk. PAN* 13, 2: 569–573.
- Alexandrowicz S. W. 1969b. Pozycja stratygraficzna warstw kłodnickich w miocenie Zagłębia Górnos Śląskiego. Stratigraphic position of the Kłodnica strata in the Miocene of the Upper Silesia Basin (in Polish). *Spraw. Pos. Nauk. PAN* 13, 2: 573–576.
- Alexandrowicz S. W. 1969c. Miocene Diatomites in the Eastern Part of the Upper Silesian Coal Basin. *Bull. Acad. Pol. Sci. Série Sci. géol. et géogr.* 17, 2: 115–122.
- Alexandrowicz S. W. 1971. Regional Stratigraphy of the Miocene in the Polish Part of the Fore Carpathian Trough. *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 15: 49–61.
- Alexandrowicz S. W. 1972a. Typowe profile litostratygraficzne warstw kędzierzyńskich. Typical lithostratigraphical profiles of strata near Kędzierzyn (in Polish). *Spraw. Pos. Nauk. PAN* 16, 1: 219–220.
- Alexandrowicz S. W. 1972b. Ilowce dolomityczne w profilu środkowego badenu okolic Gliwic. Les schistes argileux dolomitiques dans le profil moyen du Badenien des environs de Gliwice (in Polish, with English summary). *Akademia Górniczo-Hutnicza (Kraków), Zeszyty naukowe, Geologia* 16: 17–26.
- Alexandrowicz S. W. 1973. Profil wzorcowy warstw skawieńskich (badenian) w Skawinie koło Krakowa. Model profile of strata (Badenian) at Skawina near Cracow (in Polish). *Spraw. Pos. Nauk. PAN* 17, 1: 194–195.
- Alexandrowicz S. W. 1976. Spikule gąbek w piaskach glaukonitowych z warstw skawieńskich w Chelmie nad Przemszą. Sponge spicules in glauconite sands from the Skawina clays at Chelm on the Przemsza (in Polish). *Spraw. Pos. Nauk. PAN* 20, 2: 399–401.
- Alexandrowicz S. W. 1977. Lithostratigraphy of the Miocene Deposits in the Gliwice Area (Upper Silesia, Poland). *Bull. Pol. Acad. Sci. Earth Ser.* 45, 2–4: 167–179.
- Alexandrowicz S. W., Garlicki A., Rutkowski J. 1982. Podstawowe jednostki litostratygraficzne miocenu zapadliska przedkarpackiego. Main stratigraphic units of the Miocene of the Carpathian Foredeep (in Polish). *Kwart. Geol.* 26, 2: 470–471.
- Alexandrowicz S. W., Kleczkowski A. S. 1974. Osady trzeciorzędowe Opolszczyzny. *Przewodnik 46 Zjazdu Pol. Towarzystwa Geologicznego (Opole)*: 38–48.
- Alexandrowicz S. W., Krach W. 1963. Dolny torton w Przeciszowie koło Oświęcimia. Le Tortonien inférieur à Przeciszów près d'Oświęcim (in Polish, with English summary). *Ann. Soc. Géol. Pol.* 33, 4: 493–515.
- Alexandrowicz S. W., Odrzywolska-Bieńkowska E. 1960. Morskie osady dolnego tortonu w Łędzinach

- (Zagłębie Górnosląskie). Marine deposits of the Lower Tortonian at Łędziny (the Upper Silesia Basin) (in Polish, with English summary). *Biul. Inst. Geol.* 155: 71–99.
- Alexandrowicz S. W., Parachoniak W. 1956. Tufity miocenijskie w okolicach Pińczowa nad Nidą. Miocene tuffites in the vicinity of Pińczów on the Nida-river (in Polish, with English summary). *Acta Geol. Pol.* 6, 3: 301–326.
- Alexandrowicz S. W., Pawlikowski M. 1978. Tufity miocenijskie w Chełmie Wielkim nad Przemszą. Miocene tuffites from Chełm Wielki on Przemsza River (in Polish, with English summary). *Kwart. Geol.* 22, 1: 131–144.
- Alexandrowicz Z. 1991. Stanowisko dokumentacyjne jako nowa kategoria ochrony przyrody nieożywionej. The site of scientific documentation – a new category of the inanimate nature conservation (in Polish, with English summary). *Chrońmy Przyrodę Ojczyzn* 47, 1–2: 5–9.
- Alexandrowicz Z. (Red.) 1999. Representative Geosites of Central Europe. Proceedings of the Central Europe Working Group Workshop ProGEO'97. Polish Geological Institute Special Papers 2, 103 s.
- Alexandrowicz Z., Poprawa D. (Red.) 2000. Ochrona georóżnorodności w Polskich Karpatach (Geodiversity Conservation of the Polish Carpathians). PIG, Warszawa.
- Altenbach A. V. 1992. Short term processes and patterns in the foraminiferal response to organic flux rates. *Mar. Micropaleontol.* 19, 1–2: 119–129.
- Altenbach A. V., Sarnthein M. 1989. Productivity record in benthic foraminifera. W: W. H. Berger, V. S. Smetacek, G. Wefer (Red.). *Productivity of the Ocean: Present and Past*. Wiley, New York, s. 255–269.
- Anderson R. O. 1988. *Comparative Protozoology, Ecology, Physiology, Life History*. Springer, Berlin.
- Baldi T. 1968. On the positions of the stages of the European Neogene. *Föld. Közl.* 98: 285–289.
- Bandy O. L. 1956. Ecology of Foraminifera in northeastern Gulf of Mexico. *U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.* 274-G: 179–204.
- Bandy O. L. 1964. General correlation of foraminiferal structure with environment. W: J. Imbrie, N. Newell (Red.). *Approaches to Paleocology*. Wiley, New York, s. 75–90.
- Bandy O. L., Arnal R. E., 1960. Concepts of foraminiferal paleoecology. *Amer. Assoc. Petroleum Geol., Bull.* 44, 12: 1921–1932.
- Bandy O. L., Ingle J. C. Jr, Resig J. M. 1964. Foraminifera, Los Angeles County outfall area, California. *Limnol. Oceanogr.* 9, 1: 124–137.
- Banner F. T., Blow W. H. 1960. Some primary types of species belonging to the superfamily Globigerinaceae. *Cushman Found. Foram. Res., Contr.* 11, 1: 1–41.
- Barrera E., Keller G., Savin S. M. 1985. Evolution of the Miocene ocean in the eastern North Pacific as inferred from oxygen and carbon isotopic ratios of foraminifera. W: J. P. Kennett (Red.). *The Miocene Ocean: Paleooceanography and Biogeography*. The Geological Society of America Memoir 163: 83–102.
- Barwicz-Piskorz W. 1978. The Miocene Radiolaria from the Carpathian Foredeep. *Acta Palaeontologica Polonica* 23, 3: 223–248.
- Bé A. W. H. 1960. Ecology of Recent planktonic Foraminifera: Pt. 2 – Bathymetric and seasonal distribution in the Sargasso Sea of Bermuda. *Micropaleontol.* 6, 4: 373–392.
- Bé A. W. H. 1977. An Ecological, Zoogeographic and Taxonomic Review of Recent planktonic Foraminifera. W: A. T. S. Ramsay (Red.). *Oceanic Micropaleontology*. Academic Press, London, t. 1, s. 1–100.
- Bé A. W. H., Hutson W. H. 1977. Ecology of planktonic foraminifera and biogeographic patterns of life and fossil assemblages in the Indian Ocean. *Micropaleontol.* 23, 4: 369–414.
- Bé A. W. H., Tolderlund D. S. 1971. Distribution and ecology of living planktonic Foraminifera in surface waters of the Atlantic and Indian Oceans. W: B. M. Funnel, W. R. Riedel (Red.). *The Micropaleontology of Oceans*. Cambridge Univ. Press, s. 105–149.
- Benson R. H. 1976. Miocene deep-sea ostracodes of the Iberian Portal and the Balearic Basin. *Micropaleontol.* 1, 3: 249–262.
- Berger J. P. 1992. Correlative chart of the European Oligocene and Miocene: Application to the Swiss Molasse Basin. *Eclogae Geologicae Helveticae* 85, 3: 573–609.

- Berger W. H. 1968. Planktonic Foraminifera: selective solution and paleoclimatic interpretation. *Deep-Sea Research* 15, 1: 31–43.
- Berger W. H. 1969. Ecologic patterns of living planktonic Foraminifera. *Deep-Sea Research* 16, 1: 1–24.
- Berger W. H. 1970. Planktonic Foraminifera: Selective solution and the lysocline. *Mar. Geol.* 8, 2: 111–138.
- Berger W. H., Mayer L. A. 1987. Cenozoic paleoceanography 1986: an introduction. *Paleoceanography* 2, 6: 613–623.
- Berger W. H., Vincent E., Thierstein H. R. 1981. The deep-sea record: major steps in Cenozoic ocean evolution. *SEPM* 32: 489–504.
- Berggren W. A. 1978. *Marine Micropaleontology: An Introduction*. W: B. U. Haq, A. Boersma (Red.). Introduction to Marine Micropaleontology. Elsevier, New York, s.1–17.
- Berggren W. A., Kent D. U., Swisher C. III, Aubry M. P., 1995. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. W: W. A. Berggren, D. U. Kent., M. P. Aubry, J. Hardenbol (Red.). *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlations: A Unified Temporal Framework for an Historical Geology*. *SEPM* 54: 129–212.
- Bernhard J. M. 1986. Characteristic assemblages and morphologies of benthic foraminifera from anoxic, organic-rich deposits: Jurassic through Holocene. *Jour. Foram. Res.* 16, 3: 207–215.
- Birkenmajer K. (Red.) 1975. *Zasady polskiej klasyfikacji, terminologii i nomenklatury stratygraficznej. Instrukcje i metody badań geologicznych* 33: 63 s.
- Blow W. H. 1956. Origin and evolution of the foraminiferal genus *Orbulina* d'Orbigny. *Micropaleontol.* 2, 1: 57–70.
- Blow W. H. 1959. Age, correlation, and biostratigraphy of the Upper Tocuyo (San Lorenzo) and Pozon formations, Eastern Falcon, Venezuela. *Am. Paleontol., Bull.* 39 (178): 67–251.
- Blow W. H. 1969. Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. W: P. Bronnimann, H. H. Renz (Red.). *Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils* (Geneva, 1967). Leiden, E.J. Brill. 1: 199–421.
- Blow W. H. 1970. Validity of biostratigraphic correlations based on the Globigerinacea. *Micropaleontol.* 16, 3: 257–268.
- Bogdanowicz A. K. 1950. Chokrakian foraminifera of Western Predcaucasia (Russ.). *VNIGRI, Trudy, new series* 51. *Microfauna of the USSR* 4: 129–176.
- Bolli H. M. 1957. Planktonic Foraminifera from the Oligocene-Miocene Ciperó and Lengua Formations of Trinidad. *B.W.I. U.S. Natl. Museum, Bull.* 215: 97–123.
- Bolli H. M. 1971. The direction of coiling in planktonic foraminifera. W: B. M. Funnel, W. R. Riedl (Red.) *The Micropaleontology of the Oceans*. Cambridge University Press, s. 639–648.
- Bolli H. M., Saunders J. B. 1982. *Globorotalia mayeri* and its relationship to *Globorotalia siakensis* and *Globorotalia continuosa*. *Jour. Foram. Res.* 12, 1: 39–50.
- Bolli H. M., Saunders J. B. 1985. Oligocene to Holocene low latitude planktic foraminifera. W: H. M. Bolli, J. B. Saunders, K. Perch-Nielsen (Red.). *Planktonic Stratigraphy*. Cambridge University Press, s. 155–261.
- Boltovskoy E. 1971. Planktonic foraminiferal assemblages of the epipelagic zone and their thanatocoenosis. W: B. M. Funnel, W. R. Riedel (Red.). *The Micropaleontology of Oceans*. Cambridge Univ. Press, s. 277–288.
- Boltovskoy E., Wright R. 1976. *Recent Foraminifera*. Junk, The Hague.
- Brady H. B. 1884. Report on the Foraminifera dredged by H. M. S. Challenger during the years 1873–1876: Challenger Exped. 1873–1876. Rept., London, Zoology, 9.
- Brasier M. D. 1975. Morphology and habitat of living benthonic foraminiferids from Caribbean carbonate environments. *Rev. Españ. Micropaleontol.* 7, 3: 567–578.
- Brasier M. D. 1992. *Microfossils*. Chapman & Hall, London.
- Brasier M. D. 1995. Fossil indicators of nutrient levels. 1: Eutrophication and climate change. 2: Evolution and extinction in relation to oligotrophy. W: D. W. J. Bosence, P. A. Allison (Red.). *Marine Palaeoenvironmental Analysis from Fossils*. Geological Society Special Publication No.83, s. 113–150.

- Brönnimann P. 1951. The genus *Orbulina* d'Orbigny in the Oligo-Miocene of Trinidad, B.W.I. Cushman Found. Foram. Res., Contr. 2, 4: 132–138.
- Brönnimann P., Resig J. 1971. Neogene globigerinacean biochronologic time-scale of the south-western Pacific. Initial Reports of the Deep-Sea Drilling Project, Washington D.C. (U.S. Government Printing Office, P.M.) 7: 1235–1469.
- Bzrobogaty R., Cicha I. 1975. Problems of biozonal classification of the Late Tertiary of the Eastern Alps and West Carpathians. W: I. Cicha (Red.). Biozonal division of the Upper Tertiary basins of the Eastern Alps and West Carpathians. Geological Survey, Prague: 7–8.
- Cherif O. H., Al-Ghadban A.-N., Al-Rifaiy I. A. 1997. Distribution of foraminifera in the Arabian Gulf. Micropaleontol. 43, 3: 253–280.
- Cicha I. 1970. Stratigraphical problems of the Miocene in Europe. Rozpr. Ústřed. Ústavu Geol. 35: 134 s.
- Cicha I. 1975. Foundations of biozonal classification of Late Tertiary basins in the Earth Alps and Western Carpathians. W: I. Cicha (Red.). Biozonal Division of the Upper Tertiary Basins of the Eastern Alps and West Carpathians. Geological Survey, Prague, s. 11–18.
- Cicha I., Čtyrká J., Jiříček R., Zapletalová I. 1975. Principal biozones of the Late Tertiary in the East Alps and West Carpathians. W: I. Cicha (Red.). Biozonal Division of the Upper Tertiary Basins of the Eastern Alps and West Carpathians. Geological Survey, Prague, s. 19–33.
- Cicha I., Hagn H., Martini E. 1971. Das Oligozän und Miozän der Alpen und der Karpaten ein Vergleich mit Hilfe planktonischer Organismen. Mitteilungen der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie 11: 279–293.
- Cicha I., Seněš J. 1968. Sur la position du Miocène de la Paratéthys centrale dans le cadre du Tertiaire de l'Europe. Geologický Sborník – Geologia Carpathica 19, 1: 95–116.
- Cifelli R. 1969. Radiation of Cenozoic planktonic foraminifera. Systematic Zoology 18: 154–168.
- Cimerman F., Langer M. R. 1991. Mediterranean Foraminifera. Dela Opera 30. Academia Scientorum et Artium Slovenica, 118 s.
- Cita M. B., Gelati R. 1960. *Globoquadrina langhiana* n. sp. del Langhiano tipo. Rivista Italiana Paleontologica e Stratigrafia 66: 241–246.
- Corliss B. H. 1985. Microhabitats of benthic foraminifera within deep-sea sediments. Nature 314: 435–438.
- Corliss B. H., Chen Ch. 1988. Morphotype patterns of Norwegian Sea deep-sea benthic foraminifera and ecological implication. Geology 16, 8: 716–719.
- Culver S. J., Banner F. T. 1978. Foraminiferal assemblages as Flandrian palaeoecological indicators. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 24, 1: 53–72.
- Culver S. J., Buzas M. A. 1981. Recent benthic foraminiferal provinces on the Atlantic continental margin of North America. Jour. Foram. Res. 11, 3: 217–240.
- Culver S. J., Goshorn J. H. 1996. Foraminifera and paleoenvironments of the Eastover formation (Upper Miocene, Virginia, USA). Jour. Foram. Res. 26, 4: 300–323.
- Cushman J. A. 1918. Some Miocene foraminifera of the coastal plain of the United States. U.S. Geological Survey Bulletin 676: 39–98.
- Cushman J. A., Dorsey A. L. 1940. Some notes on the genus *Candorbulina*. Cushman Found. Foram. Res. Contr. 16: 40–42.
- Czapowski G. 1994. The Middle Badenian rock salts in the Carpathian Foredeep – characteristics, origin and economic value. Kwart. Geol. 38, 3: 513–526.
- Debenay J. P., Redois F. 1997. Distribution of the twenty seven dominant species of shelf benthic foraminifera on the continental shelf, north of Dakar (Senegal). Mar. Micropaleontol. 29, 3–4: 237–255.
- Dodd J. R., Stanton R. Z. 1981. Paleocology, Concepts and Applications. Wiley, New York.
- Douglas R. G., Savin S. M. 1971. Isotopic analyses of planktonic foraminifera from the Cenozoic of the Northwestern Pacific, Leg 6. Initial reports of the Deep Sea Drilling Project, 6, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office: 1123–1127.
- Drooger M. M. 1982. Quantitative range chart analyses. Utrecht Micropaleontol., Bull. 26: 227 s.
- Durakiewicz T., Gonera M., Peryt T. M. 1997. Oxygen and Carbon Isotopic Changes in the Middle

- Miocene (Badenian) Foraminifera of the Gliwice Area (SW Poland). *Bull. Pol. Acad. Sci., Earth Sci.* 45, 2-4: 145-156.
- Ellis B. F., Messina A. 1940. *Catalogue of Foraminifera*. American Museum of Natural History (supplements post 1940). New York.
- Friedberg W. 1932. Die Pectiniden des Miozäns von Polen und ihre stratigraphische Bedeutung. I-II Teil. *Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres. Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles*, B II: 47-66, 114-122.
- Funnell B. M. 1967. Foraminifera and Radiolaria as depth indicators in the marine environment. *Mar. Geol.* 5: 333-347.
- Funnell B. M., Riedel W. R. (Red.) 1971. *The Micropaleontology of Oceans*. Cambridge University Press.
- Gabzdyl W., Kapuściński T. 1972. Tufity miocenijskie z obszaru Gliwic. Miocene tuffites from the area of Gliwice (in Polish, with English summary). *Kwart. Geol.* 16, 3: 685-694.
- Garlicki A. 1979. Sedymentacja soli miocenijskich w Polsce. Sedimentation of miocene salts in Poland (in Polish, with English summary). *Prace Geologiczne PAN* 119: 67 s.
- Gedl P. 1997. Palynofacies of the Miocene Deposits in the Gliwice Area (Upper Silesia, Poland). *Bull. Pol. Acad. Sci., Earth Sci.* 45, 2-4: 191-201.
- Gibson T. G. 1989. Planktonic - Benthonic foraminiferal ratios: modern patterns and Tertiary applicability. *Mar. Micropaleontol.* 15, 1: 29-52.
- Gibson T. G., Buzas M. A. 1973. Species diversity: patterns in modern and Miocene foraminifera of the eastern margin of North America. *Geological Society of America Bulletin* 84, 1: 217-238.
- Golik A., Phleger F. B. 1977. Benthonic foraminifera from the Gulf of Panama. *Jour. Foram. Res.* 7, 2: 83-99.
- Gonera M. 1991. Ochrona stanowisk paleontologiczno-stratygraficznych Miocenu Karpat Polskich. Paleontological and stratigraphical Miocene sites protection in Polish Carpathians (in Polish with English summary). *Ochrona Przyrody* 49, 2: 119-141.
- Gonera M. 1992. Ochrona stanowisk paleontologiczno-stratygraficznych miocenu zapadliska przedkarpackiego (Kotlina Sandomierska, Wyżyna Małopolska). The protection of Miocene paleontological sites of the Carpathian foredeep (in Polish with English summary). *Chrońmy Przyrodę Ojczyzną* 48, 4: 5-15.
- Gonera M. 1994a. Paleocology of Marine Middle Miocene (Badenian) in the Polish Carpathians (Central Paratethys). Foraminiferal record. *Bull. Pol. Acad. Sci. Earth Sci.* 42, 2: 107-125.
- Gonera M. 1994b. Miocene carbonate platforms in the Polish Carpathians (Central Paratethys). Foraminiferal record. *Géologie Méditerranéenne* 21, 1-2: 37-47.
- Gonera M. 1995. Distributional pattern of Middle Miocene Foraminifera communities in the Polish Carpathians (Central Paratethys). Paleoenvironmental interpretation. *Geological Society of Greece, Special Publication* 4: 190-194.
- Gonera M. 1997. Miocene Foraminiferal assemblages in the Gliwice area (Upper Silesia, Poland). *Bull. Pol. Acad. Sci. Earth Sci.* 45, 2-4: 97-105.
- Gonera M., Kulka A. 1979. Wiek i pozycja stratygraficzna piasków heterosteginowych okolic Miechowa i Raclawic. The age and stratigraphic position of the Heterostegina Sands Miechów and Raclawice region (in Polish, with English summary). *Akademia Górniczo-Hutnicza (Kraków), Zeszyty naukowe, Geologia* 5, 3: 65-71.
- Gonera M., Peryt T. M., Durakiewicz T. (2000). Biostratigraphical and paleoenvironmental implications of isotopic studies ( $^{18}\text{O}$ ,  $^{13}\text{C}$ ) of middle Miocene (Badenian) foraminifers in the Central Paratethys. *Terra Nova*, 12: 231-238.
- Gooday A. J. 1988. A response by benthic foraminifera to the deposition of phytodetritus in the deep sea. *Nature* 332: 70-73.
- Greiner G. O. G. 1974. Environmental factors controlling the distribution of Recent benthonic foraminifera. *Breviora, Museum of Comparative Zoology* 420: 1-35.
- Hallock P., Glenn E. Ch. 1986. Larger foraminifera; a tool for paleoenvironmental analyses of Cenozoic carbonate depositional facies. *Palaios* 1: 55-64.

- Hallock P., Röttger R., Wetmore K. 1991. Hypotheses on form and function in foraminifera. W: O. R. Anderson (Red.). *Biology of the Foraminifera*. Academic Press, London, s. 41–72.
- Haunold T. G., Baal Ch., Piller W. E. 1997. Benthic foraminiferal association in the Northern Bay of Safaga, Red Sea, Egypt. *Mar. Micropaleontol.* 29, 3–4: 185–210.
- Haynes J. R. 1981. *Foraminifera*. Macmillan, London.
- Hecht A. D. 1973. A model for determining Pleistocene paleotemperatures from planktonic foraminiferal assemblages. *Micropaleontol.* 19, 1: 68–77.
- Hecht A. D. 1976a. An ecologic model for test size variation in recent planktonic foraminifera: applications to the fossil record. *Jour. Foram. Res.* 6, 4: 295–311.
- Hecht A. D. 1976b. The oxygen isotopic record of foraminifera in deep-sea sediment. W: R. H. Hedley, C. G. Adams (Red.). *Foraminifera*, t. 2, s. 1–43.
- Hedley R. H., Adams C. G. (Red.) 1976. *Foraminifera* t. 1, 2, Academic Press, London.
- Hemleben Ch., Spindler M., Anderson O. R. 1989. *Modern Planktonic Foraminifera*. Springer, New York.
- Holdgate G., Gallagher S. 1997. Microfossil paleoenvironments and sequence stratigraphy of Tertiary cool-water carbonates, onshore Gippsland Basin, southern Australia. *SEPM* 56: 205–220.
- Holzmann M. 2000. Species concept in foraminifera: *Ammonia* as a case study. *Micropaleontol.* 46, Supplement 1: 21–37.
- Hottinger L. 1983. Process determining the distribution of larger foraminifera in space and time. W: J. E. Meulenkamp (Red.). *Reconstruction of marine paleoenvironments*. Utrecht Micropaleontol., Bull. 30: 239–253.
- Hottinger L., Halicz E., Reiss Z. 1993. Recent Foraminiferida from the Gulf of Aquaba, Red Sea. *Dela Opera* 33. *Academia Scientiarum et Artium Slovenia*, 410 s.
- Iaccarino S. 1985. Mediterranean Miocene and Pliocene planktic foraminifera. W: H. M. Bolli, J. B. Saunders, K. Perch-Nielsen (Red.). *Planktonic Stratigraphy*. Cambridge University Press, s. 283–314.
- Jenkins D. G., 1985. Southern mid-latitude Paleocene to Holocene planktic foraminifera. W: H. M. Bolli, J. B. Saunders, K. Perch-Nielsen (Red.). *Planktonic Stratigraphy*. Cambridge University Press, s. 263–282.
- Jonkers H. A. 1984. Pliocene benthonic foraminifera from homogeneous and laminated marls on Crete. *Utrecht Micropaleontol.*, Bull. 31, 179 s.
- Jorissen F. J. J. 1988. Benthic foraminifera from the Adriatic Sea; Principles of phenotypic variation. *Utrecht Micropaleontol.*, Bull. 37, 176 s.
- Jorissen F. J. J., Barmawidjaja D. M., Puskaric S., Van der Zwaan G. J. 1992. Vertical distribution of benthic foraminifera in the northern Adriatic Sea: The relation with the organic flux. *Mar. Micropaleontol.* 19, 2: 131–146.
- Kahn M. I. 1981. Ecological and paleoecological implications of the phenotypic variation in three species of living planktonic foraminifera from the northeastern Pacific Ocean (50°N, 145°W). *Jour. Foram. Res.* 11, 3: 203–211.
- Kaiho K. 1991. Global changes of Paleogene aerobic/anaerobic benthic foraminifera and deep-sea circulation. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 83, 1: 65–85.
- Kaličiak M. I., Žec B. 1995. Review of Neogene volcanism of eastern Slovakia. *Acta Vulcanologica* 7, 2: 87–95.
- Kasiński J., Piwocki M. 1994. Neogene coal forming sedimentation in the Carpathian Foredeep. *Kwart. Geol.* 38, 3: 527–551.
- Katz M. E., Thunell R. C., 1984. Benthic foraminiferal biofacies associated with Middle Miocene to Early Pliocene oxygen-deficient conditions in the eastern Mediterranean. *Jour. Foram. Res.* 14, 3: 187–202.
- Keller G. 1985. Depth stratification of planktonic foraminifers in the Miocene ocean. W: J. P. Kennett (Red.). *The Miocene Ocean: Paleooceanography and Biogeography*. The Geological Society of America, *Memoir* 163: 177–195.
- Keller G., Barron J. A. 1987. Paleodepth distribution of Neogene deep-sea hiatuses. *Paleoceanography* 2, 6: 697–713.

- Kennett J. P. 1968. Latitudinal variation in *Globigerina pachyderma* (Ehrenberg) in surface sediments of the southwest Pacific Ocean. *Micropaleontol.* 14, 3: 305–318.
- Kennett J. P. 1970. Comparison of *Globigerina pachyderma* (Ehrenberg) in Arctic and Antarctic areas. *Cushman Found. Foram. Res., Contr.* 21, 2: 47–49.
- Kennett J. P. 1976. Phenotypic variation in some Recent and Late Cenozoic planktonic foraminifera. W: R. H. Hedley, C. G. Adams (Red.). *Foraminifera*. Academic Press, London, t. 2, s. 111–170.
- Kennett J. P., Keller G., Srinivasan M. S. 1985. Miocene planktonic foraminiferal biogeography and paleoceanographic development of the Indo-Pacific region. W: J. P. Kennett (Red.). *The Miocene Ocean: Paleooceanography and Biogeography*. The Geological Society of America, Memoir 163: 197–235.
- Kennett J. P., Srinivasan M. S. 1983. *Neogene Planktonic Foraminifera. A Phylogenetic Atlas*. Hutchinson Ross Publishing Company, Stroudsburg.
- Kirchner Z. 1953. Z zagadnień biostratygrafii miocenu. Some problems of the Miocene biostratigraphy (in Polish). *Prz. Geol.* 1, 6: 1–8.
- Kirchner Z. 1956a. Próba korelacji mikrofaunistycznej poziomów miocenu Mielca i Pilzna. Microfaunistic correlation of Miocene horizons from Mielec and Pilzno (Carpathian foreland) (in Polish). *Prz. Geol.* 4, 1: 10–13.
- Kirchner Z. 1956b. Stratygrafia miocenu przedgórze Karpat Środkowych na podstawie mikrofauny. Miocene stratigraphy of the Central Carpathian foreland based on microfaunal studies (in Polish, with English summary). *Acta Geol. Pol.* 6, 4: 421–449.
- Kitazato H. 1988. Ecology of benthic foraminifera in the tidal zone of a rocky shore. *Revue de Paléobiologie. Vol. Spéc. 2 (Benthos'86)*: 815–825.
- Klasz I. de, Rérat D. 1962. Quelques nouveaux foraminifères du Crétacé et du Tertiaire du Gabon (Afrique Equatoriale). *Revue de Micropaléontologie* 4, 4: 175–189.
- Kotas A. 1982. Zarys budowy geologicznej Górnoląskiego Zagłębia Węglowego. *Przewodnik 54 Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego (Sosnowiec)*: 45–72.
- Kotlarczyk J. 1985a. Evolution of the Carpathian tectogene in the Miocene. Guide to Excursion 4 of the CBGA XIII Congress Cracow, Poland: 21–32.
- Kotlarczyk J. 1985b. An outline of the stratigraphy of marginal tectonic units of the Carpathian Orogen in the Rzeszów–Przemyśl area. Guide to Excursion 4 of the CBGA XIII Congress Cracow, Poland: 39–64.
- Kowalewski K. 1958. Stratygrafia miocenu południowej Polski ze szczególnym uwzględnieniem południowego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. Miocene stratigraphy of southern Poland with special attention paid to the southern margin of the Święty Krzyż Mountains (in Polish, with English summary). *Kwart. Geol.* 2, 1: 3–43.
- Kozłowski S. 1993a. Ochrona litosfery w świetle postanowień „Szczytu Ziemi” w Rio de Janeiro. Protection of lithosphere in the light of resolution of „Summit to save the Earth in Rio de Janeiro” (in Polish, with English summary). *Prz. Geol.* 41, 3: 137–139.
- Kozłowski S. 1993b. Globalny program działań – Agenda 21. *Aura* 4: 5–6.
- Kozłowski S. 1993c. Rio – początek ery ekologicznej. *Biblioteka Ery Ekologicznej* 2: 159 s.
- Krach W. 1947. Miocen okolic Miechowa. Stratygrafia i paleontologia. Miocene of the neighbourhood of Miechów (Central Poland). Stratigraphy and paleontology (in Polish with English summary). *Biul. Państ. Inst. Geol.* 43: 95 s.
- Krach W. 1954. Nowy profil i fauna miocenu z Gliwic Starych na Górnym Śląsku. New profile and Miocene fauna from Gliwice Stare, Upper Silesia (in Polish with English summary). *Biul. Inst. Geol.* 71: 171–180.
- Krach W. 1956. Analiza faunistyczna profilu miocenijskiego w Krywałdzie na Górnym Śląsku. The faunistic analysis of the Miocene profile in Krywałd, Upper Silesia (in Polish, with English summary). *Biul. Inst. Geol.* 107: 123–144.
- Krach W. 1957. Pectinidae from Upper Miocene deposits of Upper Silesia. *Acta Geol. Pol.* 7, 3: 321–359.
- Kroon D. 1991. Distribution of extant planktic foraminiferal assemblages in Red Sea and northern Indian Ocean surface waters. *Rev. Españ. Micropaleontol.* 23, 1: 37–74.



- Krzywiec P. 1997. Large-scale tectono-sedimentary Middle Miocene history of the central and eastern Polish Carpathian Foredeep Basin – results of seismic data. *Prz. Geol.* 45, 10/2: 1039–1052.
- Krzywiec P., Jachym P. 1997. Charakterystyka miocenijskiej strefy subdukcji Karpat Polskich na podstawie wyników modelowań ugięcia litosfery. Characteristics of the Miocene subduction zone of the Polish Carpathians: results of flexural modelling (in Polish). *Prz. Geol.* 45, 8: 785–792.
- Kubica B. 1998. Atlas geologiczno-sozologiczny miocenijskiej formacji skalnej zapadliska przedkarpaciego. Geological-environmental atlas of the Miocene rock formation of the Carpathian Foredeep (1 : 500 000). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Kuciński T. 1969. Pozycja stratygraficzna odpowiedników warstw buhlowskich w zapadlisku przedkarpaciego. Stratigraphic position of the equivalents of Buhlov Beds in the Carpathian Foredeep (in Polish, with English summary). *Kwart. Geol.* 13, 4: 853–859.
- Kuciński T. 1974. Konsekwencje stratygraficzne nowego podziału badenianu na podpiętra. Stratigraphic consequences of the new division of Badenian into substages (in Polish). *Spraw. Pos. Nauk. PAN.* 18, 2: 501–502.
- Kuciński T. 1976. Zarys stratygrafii ramowej podpiętra wielician. Outline of general stratigraphy of the Wielician subzone (in Polish). *Spraw. Pos. Nauk. PAN* 20, 1: 163.
- Kuciński T. 1982. Propozycja ramowego schematu stratygraficznego miocenu morskiego Polski południowej. *Kwart. Geol.* 26, 2: 471–472.
- Kuciński T., Mitura F. 1958. Wpływ tektoniki na rzeźbę powierzchni karbonu Gómośląskiego Zagłębia Węglowego. Influence of tectonics on the relief of the carboniferous surface of Upper Silesia Coal Basin (in Polish with English summary). *Prace Instytutu Naftowego A*, 55: 8 s.
- Lagoe M. B. 1977. Recent benthic foraminifera from the central Arctic Ocean. *Jour. Foram. Res.* 7, 2: 106–129.
- Langer M. 1988. Recent epiphytic foraminifera from Vulcano (Mediterranean Sea). *Revue de Paléobiologie. Vol. Spéc. 2 (Benthos'86):* 827–832.
- Laskarev V. 1924. Sur les equivalents du Sarmatian superieur en Serbie. W: Vujevic P. (Red.). *Recueil de travaux offert a M. Jovan Cvijic par ses amis et collaborateurs:* s. 73–85.
- Lee J. J. 1976. Towards understanding the niche of Foraminifera. W: R. H. Hedley, C. G. Adams (Red.). *Foraminifera. Academic Press, London, t. 2, s. 207–260.*
- Lee J. J., Anderson O. R. 1991. *Biology of foraminifera. Academic Press, London.*
- LeRoy L. W. 1939. Some small foraminifera, ostracoda and otoliths from the Neogene (Miocene) of the Rokan-Tapanoeli area, central Sumatra. *Natuurwetenschappelijk Tijdschrift* 99, 6: 215–296.
- Levinton J. S. 1970. The paleoecological significance of opportunistic species. *Lethaia* 3: 69–78.
- Lewis Steineck P., Fleisher R. L. 1978. Towards the classical evolutionary reclassification of Cenozoic Globigerinacea (Foraminiferida). *Jour. Paleontol.* 52, 3: 618–635.
- Lipps J. H., Valentine J. W. 1970. The role of foraminifera in the trophic structure of marine communities. *Lethaia* 3, 3: 279–286.
- Li Qianyu, McGowran B. 1997. Miocene climatic oscillation recorded in the Lakes Entrance oil shaft, southern Australia: benthonic foraminiferal response on a mid-latitude margin. *Micropaleontol.* 43, 2: 149–164.
- Lisitzin A. P. 1971. Distribution of carbonate microfossils in suspension and in bottom sediments. W: B. M. Funnel, W. R. Riedel (Red.). *The Micropaleontology of Oceans. Cambridge Univ. Press, s. 197–218.*
- Loeblich A. R. Jr., Tappan H. 1988. Foraminiferal genera and their classification. T. 1, 2.
- Loubere P. 1989. Bioturbation and sedimentation rate control of benthic microfossil taxon abundances in surface sediments: a theoretical approach to the analysis of species microhabitats. *Mar. Micropaleontol.* 14, 4: 317–325.
- Łuczowska E. 1953. O tortońskich otwornicach z warstw chodenickich i grabowieckich okolic Bochni. Tortonian Foraminifera from the Chodenice and Grabowiec Beds in the Vicinity of Bochnia (in Polish, with English summary). *Ann. Soc. Géol. Pol.* 23: 77–156.
- Łuczowska E. 1955. Z zagadnień stratygrafii mikropaleontologicznej w miocenie polskim. Some problems of micropaleontological stratigraphy in the Polish Miocene (in Polish). *Prz. Geol.* 3, 3: 104–109.

- Luczkowska E. 1958. Mikrofauna miocenska przedgórze karpackiego. The Miocene microfauna of the Carpathian foredeep (in Polish, with English summary). *Kwart. Geol.* 2, 1: 105–126.
- Luczkowska E. 1964. Stratygrafia mikropaleontologiczna miocenu w rejonie Tarnobrzeg–Chmielnik. The micropaleontological stratigraphy of the Miocene in the region of Tarnobrzeg–Chmielnik (in Polish with English summary). *Prace Geologiczne PAN* 20, 72 s.
- Luczkowska E. 1969. Problem „mikrofauny lancendorfskiej” i facji utworów spągowych badenianu (tortonu) w południowej Polsce. Problem of the „Lanzendorf microfauna” and the facies of the floor formations of Badenian (tortone) in southern Poland (in Polish). *Spraw. Pos. Nauk. PAN* 13, 2: 582–586.
- Luczkowska E. 1970. A new zone with *Praeorbulina indigena* (Foraminiferida, Globigerinidae) in the Upper Badenian (Tortonian s.s.) of Central Paratethys. *Ann. Soc. Géol. Pol.* 40, 3–4: 445–448.
- Luczkowska E. 1974a. Facjostratotyp badenianu z wiercenia w Krywałdzie na Górnym Śląsku. Badenian faciostratotype from the boring at Krywałd in Upper Silesia (in Polish). *Spraw. Pos. Nauk. PAN* 18, 1: 181–183.
- Luczkowska E. 1974b. Stratygrafia mikropaleontologiczna miocenu w świetle VII Sympozjum Paratethys CMNS w Krakowie. Micropaleontological stratigraphy in the light of the VII Symposium CMNS Paratethys in Cracow (in Polish). *Spraw. Pos. Nauk. PAN.* 18, 2: 499–501.
- Luczkowska E. 1978a. Holostratotypen der Unterstufen des Badenien. Wielician. Wieliczka – Salzgrube. W: E. Brestenska (Red.). Chronostratigraphie und Neostratotypen, Miozän der Zentralen Paratethys M4, Badenian. VEDA, Bratislava: 148–151.
- Luczkowska E. 1978b. Faziostratotypen des Badenien. 1. Faziostratotypus: Bohrung Kłaj-1. W: E. Brestenska (Red.). Chronostratigraphie und Neostratotypen, Miozän der Zentralen Paratethys M4, Badenian. VEDA, Bratislava: 155–158.
- Luczkowska E. 1998. Marine Miocene deposits of the Paratethys in Poland. W: I. Cicha, F. Rögl, Ch. Rupp, J. Ctryroka (Red.). Oligocene-Miocene foraminifera of the Central Paratethys. *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft.* 549: 28–34.
- Małeck J. 1952. O nowych rodzajach otwornic aglutynujących z polskiego miocenu. New genera of agglutinated Foraminifera from the Polish Miocene (in Polish, with English summary). *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 22, 4: 497–513.
- Matthews R. K., Poore R. Z. 1980. Tertiary  $\delta^{18}\text{O}$  record and glacio-eustatic sea-level fluctuations. *Geology* 8, 6: 501–504
- McGowran B., Qianyu Li. 1997. Miocene climatic oscillation recorded in the lake Entrance oil shaft, southern Australia: reappraisal of the planktonic foraminiferal record. *Micropaleontol.* 43, 2: 129–148.
- McLaughlin Jr. P. P., Sen Gupta B. K. 1994. Benthic foraminiferal record in the Miocene-Pliocene sequence of the Azua Basin, Dominican Republic. *Jour. Foram. Res.* 24, 2: 75–109.
- Miller K. G., Feigenson M. D., Wright J. D., Clement B. M. 1991. Miocene isotope reference section, Deep Sea Drilling Project site 608: an evaluation of isotope and biostratigraphic resolution. *Paleoceanography* 6, 1: 33–52.
- Miller K. G., Wright J. D., Fairbanks R. G. 1991. Unlocking the Ice House: Oligocene-Miocene oxygen isotopes, eustasy, and margin erosion. *Journal of Geophysical Research* 96, B4: 6829–6848.
- Mullineux L. S., Lohmann G. P. 1981. Late Quaternary stagnations and recirculation of the Eastern Mediterranean: changes in the deep water records by fossil benthic foraminifera. *Jour. Foram. Res.* 11, 1: 20–39.
- Murray J. W. 1966. The Foraminiferida of the Persian Gulf; 3. The Halat Al Bahrani Region; 4. Khor Al Bazar; 5. The shelf off the Trucial Coast. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2, 1: 59–68; 2: 153–169; 3: 267–278.
- Murray J. W. 1973. *Distribution and Ecology of Living Benthic Foraminiferids.* Heinemann Educational Books, London.
- Murray J. W. 1976. A method of determining proximity of marginal seas to the ocean. *Mar. Geol.* 22, 2: 103–119.
- Murray J. W. 1991. *Ecology and Paleoecology of Benthic Foraminifera.* Longman, Harlow.
- Murray J. W. 1995. Microfossil indicators of ocean water masses, circulation and climate. W: D. W.

- J. Bosence, P. A. Allison (Red.). Marine Paleoenvironmental Analysis from Fossils. Geological Society Special Publication No.83, s. 245–264.
- Musiał T. 1987. Miocen Roztocza (Polska południowo-wschodnia). Miocene of Roztocze (South-eastern Poland) (in Polish, with English summary). *Prace Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego*, 31, 149 s.
- Neev D. 1979. Deep-water gypsum deposits as indicated by the Neogene geological history of the Central Coastal Plain of Israel. *Sedimentary Geology* 23, 1–4: 127–136.
- Ney R. 1968. Rola rygla krakowskiego w geologii zapadliska przedkarpackiego i rozmieszczeniu złóż ropy i gazu. The role of the „Cracow Bolt” in the geological history of the Carpathian fore-deep and in the distribution of oil and gas deposits (in Polish, with English summary). *Prace Geologiczne PAN* 45, 82 s.
- Ney R., Burzewski W., Bachleda T., Górecki W., Jakóbczyk K., Słupczyński K. 1974. Zarys paleogeografii i rozwoju litologiczno-facjalnego utworów miocenu zapadliska przedkarpackiego. Outline of paleogeography and evolution of lithology and facies of Miocene layers on the Carpathian Foredeep (in Polish with English summary). *Prace Geologiczne PAN* 82: 65 s.
- Nigam R., Khare N. 1999. Spatial and temporal distribution of foraminifera in sediments off the central west coast of India and use of their test morphology for the reconstruction of paleomonsunal precipitation. *Micropaleontol.* 45, 3: 285–303.
- Odrzywolska-Bieńkowska E. 1977. Wybrane profile miocenu opolszczyzny w świetle badań mikropaleontologicznych. Selected Miocene profiles from Opole Silesian in the light of micropaleontological studies (in Polish, with English summary). *Prz. Geol.* 25, 1: 12–16.
- Olsson R. K. 1964. *Praeorbulina* Olsson, a new foraminiferal genus. *Jour. Paleontol.* 38, 4: 770–771.
- Orbigny A. d' 1846. Foraminifères fossiles du Bassin Tertiaire de Vienne (Autriche). *Gide et Comp. Paris*.
- Oszast J. 1960. Analiza pyłkowa ilów tortońskich ze Starych Gliwic. Pollen analysis of Tortonian clays from Stare Gliwice in Upper Silesia, Poland (in Polish, with English summary). *Monographiae Botanicae* 9, 1: 47 s.
- Oszczypko N. 1995. The Miocene subsidence history of the Carpathian Foredeep in Poland. *Geological Society of Greece, Spec. Publ.*, 4: 372–379.
- Oszczypko N. 1997. The Early-Middle Miocene Carpathian peripheral foreland basin (Western Carpathians, Poland). *Prz. Geol.*, 45, 10/2: 1054–1063.
- Oszczypko N., Ślęczka A. 1989. The evolution of the Miocene basin in the Polish Outer Carpathians and their foreland. *Geologický Zborník – Geologia Carpathica*, 40, 1: 23–36.
- Oszczypko N., Zajac R., Garlicka I., Mencik E., Dvorak J., Matejkovska O. 1989. Geological map of the substratum of the Tertiary of the western outer Carpathians and their foreland (1 : 500 000). Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa.
- Ottens J. J., Nederbragt A. J. 1992. Planktonic foraminiferal diversity as indicator of ocean environments. *Mar. Micropaleontol.* 19, 1: 13–28.
- Papp A., Cicha I., Senes J. 1978. Gliederung des Badenian, Faunenzone und Unterstufen. W: E. Brestenska (Red.). *Chronostratigraphie und Neostatotypen, Miozän der Zentralen Paratethys M4, Badenian*. VEDA, Bratislava, s. 49–52.
- Papp A., Grill R., Janoschek R., Kopounek I., Kollmann K., Turmovsky K. 1968. Zur Nomenklatur des Neogens in Österreich. *Verhandlungen Geologischen der Bundesanstalt*, 1–2: 9–27.
- Papp A., Rögl F., Cicha I., Čtyrka J., Pishvanova L. S. 1978. Planktonische Foraminiferen im Badenian. W: E. Brestenska (Red.). *Chronostratigraphie und Neostatotypen, Miozän der Zentralen Paratethys M4, Badenian*. VEDA, Bratislava, s. 268–278.
- Papp A., Schmid M. E. 1985. Die Fossilen Foraminiferen des tertiären Beckens von Wien. Revision der Monographie von Alcide d'Orbigny (1846). *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt* 37, 311 s.
- Papp A., Senes J., Steininger F. F. 1978. Diskussion der Äquivalente des Badenian in Eupopa. W: E. Brestenska (Red.). *Chronostratigraphie und Neostatotypen, Miozän der Zentralen Paratethys M4, Badenian*. VEDA, Bratislava, s. 55–59.
- Papp A., Steininger F. F. 1978. Holostratotypus des Badenian: Baden-Sooss. W: E. Brestenska (Red.).

- Chronostratigraphie und Neostatotypen, Miozän der Zentralen Paratethys M4, Badenian. VEDA, Bratislava, s. 138–145.
- Parachoniak W. 1962. Miocenne utwory piroklastyczne przedgórza Karpat polskich. Miocene Pyroclastic Deposits of the Foreland of the Polish Carpathians (in Polish, with English summary). *Prace Geologiczne PAN* 11, 79 s.
- Parker F. L. 1964. Foraminifera from the experimental Mohole drilling near Guadalupe Island, Mexico: *Jour. Paleontol.* 38, 4: 617–636.
- Parker F. L. 1971. Distribution of planktonic Foraminifera in Recent deep-sea sediments. W: B. M. Funnel, W. R. Riedel (Red.). *The Micropaleontology of Oceans*, Cambridge Univ. Press, s. 289–307.
- Parker W. C., Feldman A., Arnold A. I. 1999. Paleobiogeographic patterns in the morphologic diversification of the Neogene planktonic foraminifera. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 152, 1: 1–14.
- Perez-Cruz L. L., Machain-Castillo M. L. 1990. Benthic foraminifera of the oxygen minimum zone, continental shelf of the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Jour. Foram. Res.* 20, 4: 312–325.
- Peterson L. C., Prell W. L. 1985. Carbonate dissolution in recent sediments of the eastern equatorial Indian Ocean: preservation patterns and carbonate loss above the lysocline. *Mar. Geol.* 64, 3–4: 259–290.
- Phleger F. B. 1960. *Ecology and Distribution of Recent Foraminifera*. John Hopkins Press, Baltimore.
- Phleger F. B. 1964. Foraminiferal ecology and marine geology. *Mar. Geol.* 1, 1: 16–43.
- Phleger F. B., Soutar A. 1973. Production od benthic foraminifera in three east Pacific oxygen minima. *Micropaleontol.* 19, 1 : 110–115.
- Popescu G. 1969. Some new Globigerina (Foraminifera) from the Upper Tortonian of the Transylvanian Basin and the Subcarpathians, *Revue Roumaine de Géologie, Géophysique et Géographie, Série Géol.* 13, 1: 103–106.
- Popescu G. 1975. Études des foraminifères du Miocène inférieur et moyen du nord-ouest de la Transylvanie. *Mémoires Institut de Géologie et de Géophysique* 23, 121 s.
- Popescu G. 1976. Phylogenetic remarks on the genera *Candorbulina*, *Velapertina* and *Orbulina*. *Dări de Seamă ale şedintelor Institutul de Geologie şi Geofizică* 62, 3: 161–167.
- Popescu G. 1987. Marine middle Miocene microbiostratigraphical correlation in Central Paratethys. *Dări de Seamă ale şedintelor Institutul de Geologie şi Geofizică* 72–73, 3: 149–167.
- Popescu G., Cioflica G. 1973. Contributi la microbiostratigrafia miocenului mediu din nordul Transilvaniei. *Studii şi Cercetori de Geologie. Secta de Geologie şi Geografie şi Institutul de Geologie şi Geografie* 18, 1: 187–218.
- Radwański A. 1968. Transgresja dolnego tortonu na obszarze Wyżyny Miechowskiej i Krakowskiej. Lower Tortonian transgression onto the Miechów and Cracow Uplands (in Polish, with English summary). *Acta Geol. Pol.* 18, 2: 387–440.
- Radwański A. 1969. Transgresja dolnego tortonu na południowych stokach Gór Świętokrzyskich (strefa zatok i ich przedpola). Lower Tortonian transgression onto the southern slopes of the Holy Cross Mts (in Polish, with English summary). *Acta Geol. Pol.* 19, 1, 164 s.
- Radwański A. 1973. Transgresja dolnego tortonu na południowo-wschodnich i wschodnich stokach Gór Świętokrzyskich. Lower Tortonian transgression onto the south-eastern and eastern slopes of the Holy Cross Mts (in Polish, with English summary). *Acta Geol. Pol.* 23, 2: 375–434.
- Reuss A. E. 1850. Neue Foraminiferen aus den Schichten des Österreichischen Tertiärbeckens. *Denkschriften Österreichische Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, Dankschriften* 1: 365–390.
- Reynolds L. A., Thunell R. C. 1985. Seasonal succession of planktonic foraminifera in the subpolar north Pacific. *Jour. Foram. Res.* 15, 4: 282–301.
- Reynolds L. A., Thunell R. C. 1986. Seasonal production and morphologic variation of *Neoglobobulina pachyderma* (Ehrenberg) in the northeast Pacific. *Micropaleontol.* 32, 1: 1–18.
- Rhoads D. C., Morse J. W. 1971. Evolutionary and ecologic significance of oxygen-deficient marine basins. *Lethaia* 4, 4: 413–428.
- Rio D., Cita M. B., Iaccarino S., Gelati R., Gnaniolini M. 1997. Langhian, Serravallian and Tortonian

- historical stratotypes. W: A. Montanari, G. S. Odin, R. Coccioni (Red.). *Miocene Stratigraphy: An Integrated Approach*. Elsevier Science B.V., s. 57–87.
- Rögl F. 1975. Die planktonischen foraminiferen der Zentralen Paratethys. *Proceedings of the VI<sup>th</sup> Congress Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy Bratislava*: 113–120.
- Rögl F. 1985. Late Oligocene and Miocene planktonic foraminifera of the Central Paratethys. W: H. M. Bolli, J. B. Saunders, K. Perch-Nielsen (Red.). *Planktonic Stratigraphy*. Cambridge University Press, s. 315–328.
- Rögl F. 1996. Stratigraphic Correlation of the Paratethys Oligocene and Miocene. *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.* 41: 1–9.
- Rögl F. 1998. Taxonomical Index. W: I. Cicha, F. Rögl, Ch. Rupp, J. Ctyroka (Red.). *Oligocene-Miocene foraminifera of the Central Paratethys*. *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft*. 549, s. 78–137.
- Rögl F., Steininger F. F. 1984. Neogene Paratethys, Mediterranean and Indo-pacific Seaways. W: P. Branchley (Red.). *Fossils and Climate*. J. Wiley & Sons, s. 171–200.
- Ruddiman W. F. 1985. Climate studies in ocean cores. W: A. D. Hecht (Red.). *Paleoclimate analysis and modeling*. J. Wiley & Sons, s. 197–257.
- Sancetta C. 1978. Neogene Pacific microfossils and paleoceanography. W: B. U. Haq (Red.). *Cenozoic Paleooceanography*. *Mar. Micropaleontol.* 3, 4: 347–376.
- Savin S. M., Douglas R. G., Keller G., Killingley J. S., Shaughnessy L., Sommer M. A., Vincent E., Woodruff F. 1981. Miocene benthic foraminiferal isotope records: a synthesis. W: B. U. Haq (Red.). *Cenozoic Paleooceanography*. *Mar. Micropaleontol.* 6, 5–6: 423–450.
- Schafer Ch. T. 2000. Monitoring nearshore marine environments using benthic foraminifera: Some protocols and pitfalls. *Micropaleontol.* 46, 1: 161–169.
- Seiglie G. A. 1975. Foraminifers of Guayanilla Bay and their use as environmental indicators. *Rev. Españ. Micropaleontol.* 7, 3: 453–487.
- Sellwood B. W. 1978. Shallow-water Carbonate Environments. W: H. G. Reading (Red.). *Sedimentary Environments and Facies*. Blackwell Scientific Publications, s. 259–313.
- Seneš J. 1971. Korrelation des Miozäns der Zentralen Paratethys (Stand 1970). *Geologicky Zbornik – Geologica Carpathica* 22, 1: 3–9.
- Seneš J. 1978. Verzeichnis und Charakter des Holostratotypus und der Faziostratotypen. W: E. Brestenska (Red.). *Chronostratigraphie und Neostratotypen, Miozän der Zentralen Paratethys M4, Badenian*. VEDA, Bratislava, s. 131–137.
- Seneš J., Steininger F. F., 1985. Mediterranean and Paratethys Neogene stages and their current correlations. W: F. F. Steininger, J. Seneš, K. Kleeman, Rögl F. (Red.). *Neogene of the Mediterranean Tethys and Paratethys*. *Univ. Vienna Inst. Paleontol.*, t. 1, s. 1–10.
- Serandrei-Barbero R., Corbognini L., Taroni G., Cova E. 1999. Distribution of recent benthic foraminifera in the southern basin of the Venice lagoon (Italy): Statistical evaluation of taxa significance. *Micropaleontol.* 45, 1: 99–111.
- Shackleton N. J., Kennett J. P. 1975. Paleotemperature history of the Cenozoic and initiation of antarctic glaciation: oxygen and carbon isotope analyses in DSDP Site 277, 279 and 281. *Initial Reports of the Deep-Sea Drilling Project*, Washington D.C. (U.S. Government Printing Office P.M. 29: 743–755).
- Shi G. R. 1993. Multivariate data analysis in paleoecology and palaeobiogeography – a review. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 105, 3–4: 199–234.
- Sjoerdsma P. G., Van der Zwaan G. J. 1992. Simulating the effect of changing organic flux and oxygen content on the distribution of benthic foraminifera. *Mar. Micropaleontol.* 19, 2: 163–180.
- Smith P. B. 1964. Ecology of benthonic species. Recent foraminifera off central America. *U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.* 429-B, 55 s.
- Spezzaferri S. 1991. Oligocene planktonic foraminiferal biostratigraphy and paleoclimatic interpretation from Hole 538A, DSDP Leg 77, Gulf of Mexico. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 83, 3: 217–263.
- Spezzaferri S. 1992. The Oligocene/Miocene boundary in the „Oceanic record” (Atlantic, Indian and Pacific Ocean): biostratigraphy and paleoclimatology. *Paleopelagos* 2: 79–88.

- Srinivasan M. S., Kennett J. P. 1981. Neogene planktonic foraminiferal biostratigraphy and evolution: Equatorial to Subantarctic, South Pacific. W: B. U. Haq (Red.). *Cenozoic Paleoceanography*. Mar. Micropaleontol. 6, 5-6: 499-533.
- Stainforth R. M., Lamb J. L., Luterbacher H., Beard J. H., Jeffords R. M. 1975. Cenozoic planktonic foraminiferal zonation and characteristics of index forms. *Paleontological Contributions of the University of Kansas* 62, t. 1, 2.
- Stehli F. G., Douglas R. G., Newell N. D. 1969. Generation and maintenance of gradients in taxonomic diversity. *Science* 164 (3882): 947-949.
- Steininger F. F. 1977. Integrated assemblage-zone biostratigraphy at marine-nonmarine boundaries: examples from the Neogene of Central Europe. W: E. G. Kauffman, J. H. Hazel (Red.). *Concepts and Methods of Biostratigraphy*. Dowden, Hutchinson & Ross Inc., Stroudsburg: s. 235-256.
- Steininger F. F., Rögl F., Martini E. 1976. Current Oligocene/Miocene biostratigraphic concept of the Central Paratethys (Middle Europe). *Newsletters on Stratigraphy*, 4: 174-202.
- Steininger F. F., Senesš J., Kleeman K., Rögl F. (Red.) 1985. Neogene of the Mediterranean Tethys and Paratethys. Stratigraphic correlation tables and sediment distribution map. Univ. Vienna Inst. Paleont., t. 1, 2.
- Stevens G. C. 1989. The latitudinal gradient in geographical range: how so many species coexist in the tropics. *The American Naturalist* 133, 2: 240-256.
- Stigter H. C., Jorissen F. J., Van der Zwaan G. J. 1998. Bathymetric distribution and microhabitat partitioning of life (rose bengal stained) benthic foraminifera along a shelf to bathyal transect in the southern Adriatic Sea. *Jour. Foram. Res.* 28, 1: 40-65.
- Subbotina N. N., Pishvanova L. S., Ivanova L. V. 1960. Stratigraphia oligocenovih i miocenovih otlozhenii Predkarpattia po foraminiferam. *Trudy VNIGRI*. 153. Mikrofauna of the USSR 9, s. 5-127.
- Suess E. 1980. Particulate organic carbon flux in the oceans-surface productivity and oxygen utilization. *Nature* 288: 260-263.
- Szafer W. 1961. Miocenska flora ze Starych Gliwic na Śląsku. Miocene flora from Stare Gliwice in Upper Silesia (in Polish with English summary). *Pr. Inst. Geol.* 33, 205 s.
- Szczechura J. 1982. Middle Miocene foraminiferal biochronology and ecology of SE Poland. *Acta Paleontologica Polonica* 27, 1-4: 3-44.
- Szczechura J. 1998. The distribution of *Triebelina raripila* and *Carinocythereis carinata* (Ostracoda) from the Middle Miocene of the Central Paratethys and their palaeogeographic implications. *Journal of Micropaleontology* 17: 125-130.
- Szczechura J. 2000. Age and evolution of depositional environments of the supra-evaporitic deposits in the northern, marginal part of the Carpathian Foredeep: micropaleontological evidence. *Geological Quarterly* 44, 1: 81-100.
- Szénás G. 1972. The Carpathian system and global tectonics. *Tectonophysics* 15, 4: 267-286.
- Szewczyk E. 1975. Zmiany głębokości morza miocenskigo w okolicach Krakowa. The Miocene sea depth variations in the environs of Kraków (in Polish, with English summary). *Akademia Górniczo-Hutnicza (Kraków), Zeszyty naukowe, Geologia* 1, 1: 23-40.
- Śmigieliska T. 1955. Otwornice miocenske z Gliwic Starych. The Miocene Foraminifera from Gliwice Stare (in Polish, with English summary). *Ann. Soc. Géol. Pol.* 25, 3: 245-304.
- Thunell R. C. 1981. Cenozoic paleotemperatures changes and planktonic foraminiferal speciation. *Nature* 289 (5799): 670-672.
- Thunell R. C., Belyea P. 1982. Neogene planktonic foraminiferal biogeography of the Atlantic Ocean. *Micropaleontol.* 28, 4: 381-398.
- Triffleman N. J., Hallock P., Hine A. C., Peebles M. W. 1991. Distribution of foraminiferal tests in sediments of Serranilla Bank, Nicaragua Rise, southwestern Caribbean. *Jour. Foram. Res.* 21, 1: 39-47.
- Valentine J. W. 1971. Resource supply and species diversity patterns. *Lethaia* 4, 1: 51-61.
- Van der Zwaan G. J. 1983. Quantitative analyses and the reconstruction of benthonic foraminiferal communities. W: J. E. Meulenkamp (Red.). *Reconstruction of marine paleoenvironments*. Utrecht Micropaleontol., Bull. 30: 49-68.

- Van der Zwaan G. J. 1985. Paleocology of Late Miocene Mediterranean Foraminifera. *Utrecht Micropaleontol.*, Bull. 25, 202 s.
- Van Leeuwen R. J. W. 1989. Sea-floor distribution and Late Quaternary faunal patterns of planktonic and benthonic foraminifera in the Angola Basin. *Utrecht Micropaleontol.*, Bull. 38: 287 s.
- Van Marle L. J., Van Hinte J. E., Nederbragt A. J. 1987. Plankton percentage of the foraminiferal fauna in seafloor samples from the Australian – Irian Jaya continental margin, Eastern Indonesia. *Mar. Geol.* 77, 1–2: 151–156.
- Vasiček M. 1953. Change in the ratio of sinistral and dextral individuals of the foraminifer *Globorotalia scitula* (Brady) and their use in stratigraphy. *Sbornik Ústředního Ústavu Geologického Institutu. Oddíl Paleontologický*, 20: 401–420.
- Vergnaud-Grazzini C. 1983. Reconstruction of Mediterranean Late Cenozoic hydrography by means of carbon isotope analyses. W: J. E. Meulenkamp (Red.). *Reconstruction of marine paleoenvironments. Utrecht Micropaleontol.*, Bull. 30: 25–47.
- Vincent E., Killingley J. S., Berger W. H. 1985. Miocene oxygen and carbon isotope stratigraphy of the tropical Indian Ocean. W: J. P. Kennett (Red.). *The Miocene Ocean: Paleooceanography and Biogeography*. The Geological Society of America, Memoir 163: 103–130.
- Waller H. O., 1960. Foraminiferal biofacies off the south China coast. *Jour. Paleontol.* 34, 6: 1164–1182.
- Walton W. R., Sloan B. J. 1990. The genus *Ammonia* Brünnich, 1772: its geographic distribution and morphologic variability. *Jour. Foram. Res.* 20, 2: 128–156.
- Ważnyńska H. (Red.) 1998. Polynology and palaeogeography of the Neogene in the Polish Lowlands. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, 160, 45 s.
- Wei Kuo-Yen, Kennett J. P. 1986. Taxonomic evolution of Neogene planktonic foraminifera and paleoceanographic relations. *Paleoceanography* 1, 1: 67–84.
- Wiewiórka J., Gonera M., Kuc T., Brudnik K. 1994. Geologiczne stanowiska dokumentacyjne w Kopalni Soli Wieliczka. Geological documentary sites in the Wieliczka Salt Mine (in Polish with English summary). *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* 50, 4: 57–65.
- Wilson Ch. (Red.) 1994. *Earth Heritage Conservation*. The Geological Society, The Open University, London.
- Woodruff F., Douglas R. G. 1981. Response of deep-sea benthic foraminifera to Miocene paleoclimatic events, DSDP site 289. W: B. U. Haq (Red.). *Kenozoic Paleooceanography*. *Marine Micropaleontol.* 6, 5–6: 617–632.
- Woodruff F., Savin S. M. 1989. Miocene deepwater oceanography. *Paleoceanography* 4, 1: 87–140.
- Woodruff F., Savin S. M. 1991. Mid-Miocene isotope stratigraphy in the deep sea: high-resolution correlations, paleoclimatic cycles, and sediment preservation. *Paleoceanography* 6, 6: 755–806.
- Wright J. D., College B., Wisconsin B. 1978. Neogene paleobatymetry of the Mediterranean based on benthic foraminifers from DSDP Leg 42A. *Initial Reports of the Deep-Sea Drilling Project, Washington D.C. (U.S. Government Printing Office, P.M.)*, 42, 1: 837–846.
- Wright J. D., Thunell R. C. 1988. Neogene planktonic foraminiferal biogeography and paleoceanography of the Indian Ocean. *Micropaleontol.* 34, 3: 193–216.
- Zachariasse W. J., Spaak P. 1983. Middle Miocene to Pliocene paleoenvironmental reconstruction of the Mediterranean and adjacent Atlantic Ocean: planktonic foraminiferal record of Southern Italy. W: J. E. Meulenkamp (Red.). *Reconstruction of marine paleoenvironments. Utrecht Micropaleontol.*, Bull. 30: 91–110.

Pełne nazwy czasopism (Full names of papers):

*Acta Geol. Pol.* – *Acta Geologica Polonica*

*Amer. Assoc. Petroleum Geol., Bull.* – *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin*

*Ann. Soc. Géol. Pol.* – *Annales Societatis Geologorum Poloniae*

*Biul. Inst. Geol.* – *Biuletyn Instytutu Geologicznego*

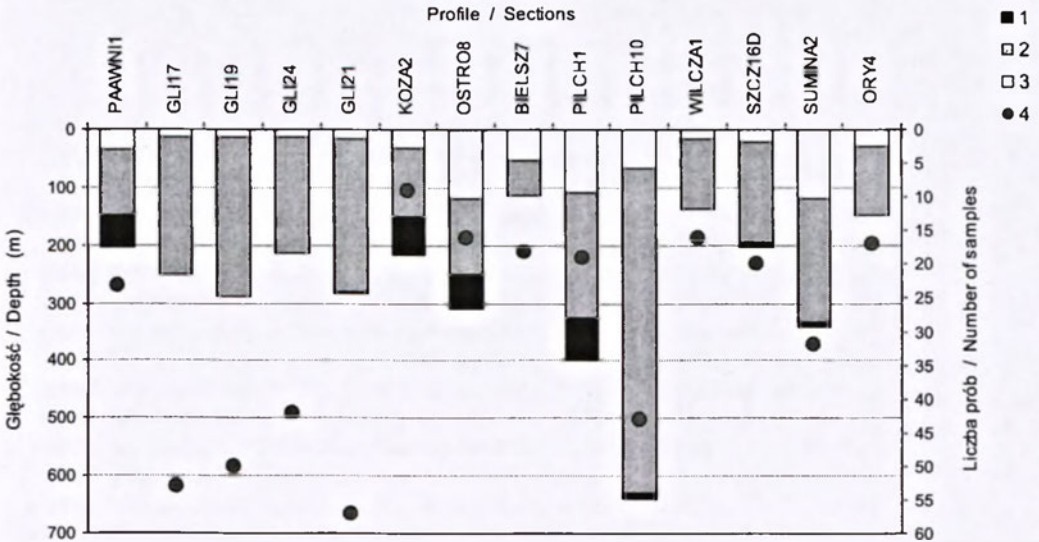
*Biul. Państw. Inst. Geol.* – *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*

- Bull. Acad. Pol. Sci. Série Sci. géol. et géogr. – Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences Série des Sciences Géologiques et Géographiques
- Bull. Pol. Acad. Sci. Earth Sci. – Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Earth Sciences
- Cushman Found. Foram. Res., Contr. – Cushman Foundation Foraminifera Research, Contributions
- Jour. Foram. Res. – Journal of Foraminiferal Research
- Jour. Paleontol. – Journal of Paleontology
- Kwart. Geol. – Kwartalnik Geologiczny
- Limnol. Oceanogr. – Limnology and Oceanography
- Mar. Geol. – Marine Geology
- Mar. Micropaleontol. – Marine Micropaleontology
- Micropaleontol. – Micropaleontology
- Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud Österr. – Mitteilungen Gesellschaft Geologischen Bergbaustud Österreich
- Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. – Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology
- Pr. Inst. Geol. – Prace Instytutu Geologicznego
- Prz. Geol. – Przegląd Geologiczny
- Rev. Españ. Micropaleontol. – Revista Española de Micropaleontología
- Riv. Ital. Paleont. – Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafica
- Rocz. Pol. Tow. Geol. – Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego
- SEPM – Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication
- Spraw. Pos. Nauk. PAN – Sprawozdania z Posiedzeń Komisji Naukowych PAN. Oddział w Krakowie
- U.S. Geol. Surv. Prof. Pap. – Geological Survey Professional Paper (United States)
- U.S. Natl. Museum, Bull. – Bulletin of the United States National Museum
- Utrecht Micropaleontol., Bull. – Utrecht Micropaleontological Bulletins



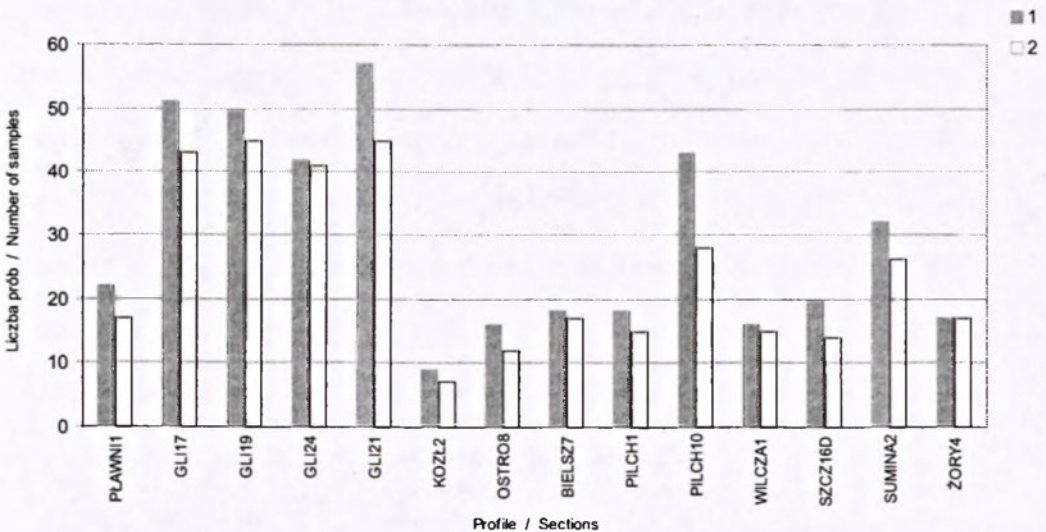
Załącznik 1. Gęstość opróbowania osadów miocenu badanych profili (symbole profili jak na ryc. 5). 1 – osady formacji z Kłodnicy, 2 – osady badenianu, 3 – osady formacji z Kędzierzyna i utwory czwartorzędowe, 4 – liczba zbadanych prób otwornicowych.

Appendix 1. Sampling density of the Miocene deposits of the studied sections (see Fig. 5). 1 – deposits of the Kłodnica Formation, 2 – Badenian deposits, 3 – deposits of the Kędzierzyn Formation and Quaternary, 4 – number of studied, micropaleontological samples.



Załącznik 2. Liczba wykonanych analiz ilościowych w poszczególnych profilach (symbole profili jak na ryc. 5). 1 – zespoły otwornic bentonicznych, 2 – zespoły otwornic planktonicznych.

Appendix 2. Number of performed quantitative analyses in the studied sections (symbols of sections as in Fig. 5). 1 – benthonic foraminiferal assemblages, 2 – planktonic foraminiferal assemblages.



Załącznik 3. Lista taksonów Foraminiferida (otwornice) występujących w osadach miocenu Górnego Śląska (zapadlisko przedkarpackie). Układ systematyczny według Loeblich, Tappan (1988).

Appendix 3. List of foraminiferal taxa of the Miocene deposits in Upper Silesia (Carpathian Foredeep). The systematic concept according to Loeblich, Tappan (1988).

| Podrząd<br>Suborder | Nadrodzina<br>Superfamily  | Rodzina<br>Family   | Rodzaj<br>Genus  |
|---------------------|--|---|--|
| 1                   | 2  | 3   | 4  |
| <b>Textulariina</b> | Astrorhizacea<br>Ammodiscacea<br>Hormosinacea<br>Lituolacea<br>Spiroplectamminacea<br><br>Pavonitinaea<br><br>Verneuilinaea<br>Ataxophragmiacea<br>Textulariacea | <b>Bathysiphonidae</b><br><b>Ammodiscidae</b><br><b>Hormosinidae</b><br><b>Haplophragmoididae</b><br><b>Spiroplectamminidae</b><br><br><b>Pavonitinae</b><br><br><b>Verneulinidae</b><br><b>Globotextulariidae</b><br><b>Eggerellidae</b><br><br><b>Textulariidae</b> | Bogdanowiczia<br>Glomospira<br>Reophax<br>Haplophragmoides<br>Spirolectinella<br>Vulvulina<br>Pavonitina<br>Pseudotriplasia<br>Gaudryina<br>Liebusella<br>Eggerella<br>Karrerella<br>Martinottiella<br>Bigenerina<br>Semivulvulina<br>Textularia<br>Siphotextularia  |
| <b>Spirillinina</b> |  | <b>Spirillinidae</b><br><b>Patellinidae</b>   | Spirillina<br>Patellina  |
| <b>Miliolina</b>    | Cornuspiracea<br><br>Miliolacea<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>Alveolinacea  | <b>Cornuspiridae</b><br><b>Fischerinidae</b><br><br><b>Spiroloculinidae</b><br><b>Hauerinidae</b><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><b>Riveroinidae</b><br><b>Alveolinidae</b><br><b>Peneroplidae</b>  | Cornuspira<br>Nodobaculariella<br>Wiesnerella<br>Spiroloculina<br>Siphonaperta<br>Cycloforina<br>Hauerina<br>Lachlanella<br>Podolia<br>Quinqueloculina<br>Affinetrina<br>Miliolinella<br>Pseudotriloculina<br>Pyrgo<br>Triloculina<br>Sigmoidinella<br>Spirosigmoidinella<br>Sigmoidinopsis<br>Articulina<br>Pseudohauerina<br>Borelis<br>Dendritina |

## Załącznik 3 c.d. (Appendix 3 continued)

| 1                    | 2                                  | 3   | 4  |
|----------------------|------------------------------------|---|--|
| <b>Lagenina</b>      | Nodosariacea                       | <b>Nodosariidae</b>                                 | Dentalina<br>Grigelis<br>Laevidentalina<br>Nodosaria<br>Lingulina<br>Tollmannia<br>Fronicularia<br>Amphimorphina<br>Plectofronicularia |
|                      |                                    | <b>Vaginulinidae</b>                                | Dimorphina<br>Lenticulina<br>Saracenaria<br>Amphicoryna<br>Marginulina<br>Vaginulinopsis<br>Planularia<br>Vaginulina                   |
|                      |                                    | <b>Lagenidae</b>                                    | Hyalinonetrion<br>Lagena<br>Pygmaeoseistrion   |
|                      |                                    | <b>Polymorphinidae</b>                              | Globulina<br>Guttulina<br>Polymorphina<br>Ramulina   |
|                      |                                    | <b>Ellipsolagenidae</b>                             | Favulina<br>Homolohedra<br>Lagnea<br>Oolina<br>Fissurina<br>Lagenosolenia<br>Palliolatella<br>Pseudofissurina                          |
|                      |                                    | <b>Glandulinidae</b>                                | Glandulina   |
| <b>Robertinina</b>   | Ceratobuliminacea                  | <b>Ceratobuliminidae</b>                            | Ceratobulimina<br>Ceratacantris<br>Hoeglundina   |
|                      | Robertinacea                       | <b>Epistominidae</b><br><b>Robertinidae</b>         | Robertinoides  |
| <b>Globigerinina</b> | Heterohelicacea<br>Globorotaliacea | <b>Chiloguembelinidae</b><br><b>Globorotaliidae</b> | Streptochilus<br>Globorotalia<br>Neogloboquadrina  |
|                      |                                    | <b>Catapsydracidae</b>                              | Dentoglobigerina<br>Globoquadrina<br>Velapertina   |
|                      | Hantkeninacea                      | <b>Cassigerinellidae</b>                            | Cassigerinella   |
|                      | Globigerinacea                     | <b>Globigerinidae</b>                               | Globigerina<br>Globigerinita<br>Globigerinella   |

## Załącznik 3 c.d. (Appendix 3 continued)

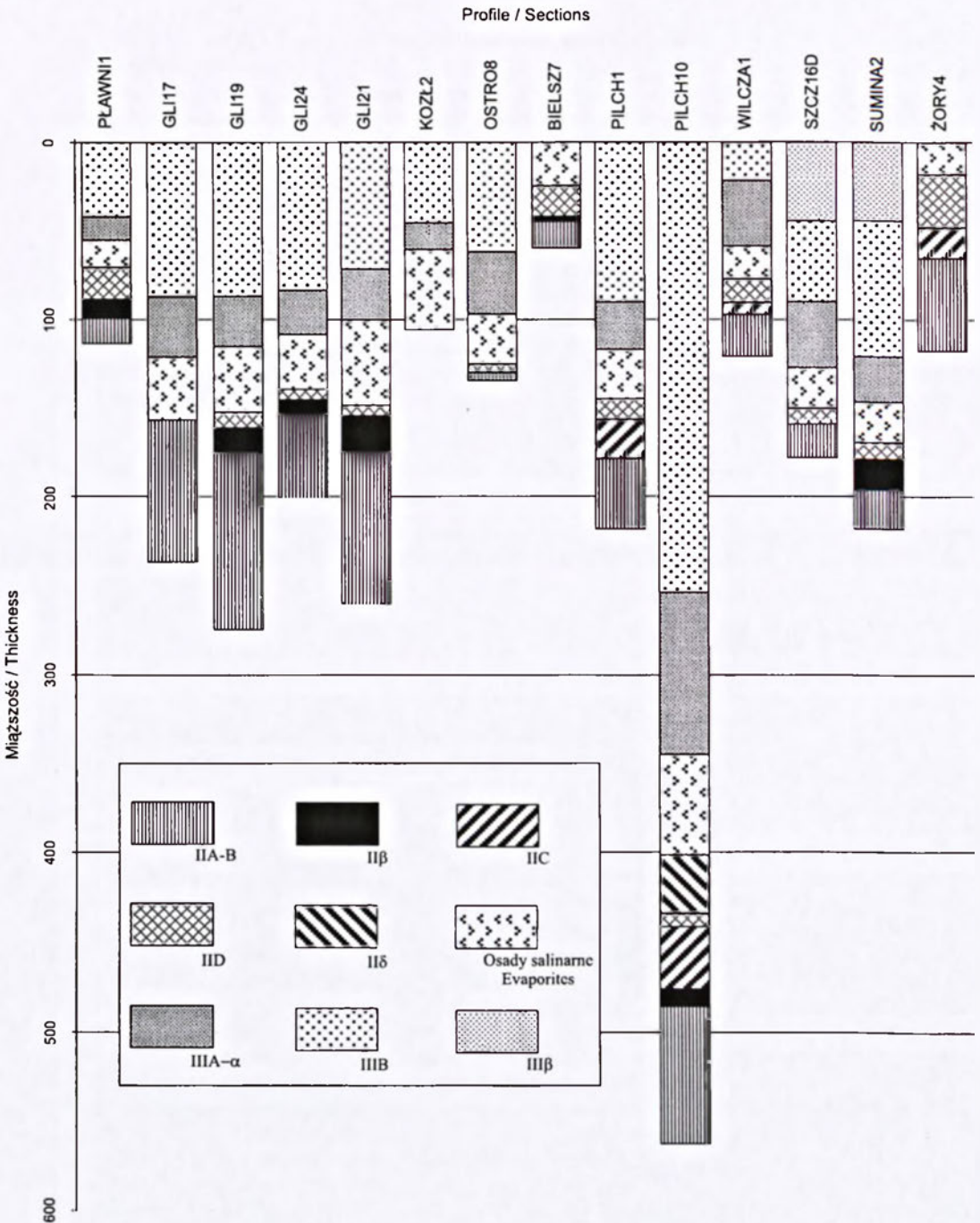
| 1                | 2  | 3  | 4   |
|------------------|--|--|---|
|                  |  |  | Globigerinoides<br>Turborotalita<br>Orbulina<br>Praeorbulina  |
| <b>Rotaliina</b> | Bolivinacea<br>Loxostomatacea<br>Cassidulinacea<br><br>Turrilinacea<br><br>Buliminacea<br><br>Fursenkoinacea<br><br>Delosinacea<br>Discorbacea<br><br>Glabratellacea<br><br>Siphoninacea<br>Discorbinellacea<br>Planorbulinacea<br><br>Asterigerinacea<br><br>Nonionacea | <b>Bolivinidae</b><br><b>Bolivinellidae</b><br><b>Cassidulinidae</b><br><br><b>Turrilinae</b><br><b>Tosaiidae</b><br><b>Stainforthiidae</b><br><b>Siphogenerinoididae</b><br><b>Buliminidae</b><br><b>Buliminellidae</b><br><br><b>Reussellidae</b><br><b>Fursenkoinidae</b><br><b>Virgulinellidae</b><br><b>Caucasinidae</b><br><b>Bagginidae</b><br><br><b>Eponididae</b><br><b>Rosalinidae</b><br><br><b>Sphaeroidinidae</b><br><b>Glabratellidae</b><br><br><b>Siphoninidae</b><br><b>Discorbinellidae</b><br><b>Planulinidae</b><br><b>Cibicididae</b><br><br><b>Planorbulinidae</b><br><b>Asterigerinatidae</b><br><b>Asterigerinidae</b><br><b>Amphisteginidae</b><br><b>Nonionidae</b> | Bolivina<br>Bolivinella<br>Cassidulina<br>Evolvocassidulina<br>Globocassidulina<br>Ehrenbergina<br>Neobulimina<br>Tosaia<br>Hopkinsina<br>Sagrinella<br>Bulimina<br>Buliminella<br>Uvigerina<br>Angulogerina<br>Trifarina<br>Reusella<br>Fursenkoina<br>Virgulinella<br>Caucasina<br>Cancris<br>Valvulineria<br>Eponides<br>Gavelinopsis<br>Neoconorbina<br>Rosalina<br>Sphaeroidina<br>Angulodiscorbis<br>Conorbella<br>Glabratella<br>Pijpersia<br>Schackoinella<br>Siphonina<br>Discorbinella<br>Planulina<br>Cibicides<br>Fontbotia<br>Lobatula<br>Planorbulina<br>Eoeponidella<br>Asterigerina<br>Amphistegina<br>Nonion<br>Nonionella |

## Załącznik 3 c.d. (Appendix 3 continued)

| 1 | 2   | 3  | 4  |
|---|---|--|--|
|   | Chilostomellacea<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>Rotaaliacea<br><br><br><br>Nummulitacea | <b>Chilostomellidae</b><br><br><br><br><b>Heterolepidae</b><br><br><b>Gavelinellidae</b><br><br><br><br><b>Rotaliidae</b><br><b>Elphidiidae</b><br><br><br><b>Nummulitidae</b> | Astrononion<br>Melonis<br>Pullenia<br>Allomorpha<br>Chilostomella<br>Anomalinoidea<br>Heterolepa<br>Gyroidinoidea<br>Hansenisca<br>Hanzawaia<br>Ammonia<br>Cribroelphidium<br>Elphidium<br>Heterostegina |

Załącznik 4. Biozony otwornicowe w osadach badenianu badanych profili (objaśnienia jak do ryc. 5).

Appendix 4. Foraminiferal biozones of the Badenian stage in the studied sections (explanations as in Fig. 5).



## Summary

### 1. Introduction

The sediments of the stratigraphic formations discussed in this work represent an epicontinental environment at the peripheral area of the Tethys bioprovince (Fig. 1, 2). Various deposits which appeared in the region, form now a solid cap on the Silesian and Sandomierska Lowlands (Carpathian Foredeep) and, as isolated patches, occur on the slopes of the surrounding hills of the Carpathians and Malopolska Upland (Fig. 4). Three main phases of the geological history of the Carpathian Foredeep were distinguished: the opening phase (brackish/freshwater environment), fully developed phase (normal salinised conditions of the sea), and closing phase (brackish/freshwater environment). These phases were accorded the status of stratigraphic stages and given the successive names: Karpatian, Badenian and Sarmatian) (Fig. 1).

The latest attempts to orderly classify the Badenian deposits resulted in dividing them into three formations (Fig. 3). This classification is now applied in practice even though it does not meet all the formal requirements; for instance the issue of stratotypes has not been solved for the newly distinguished units. The Krzyżanowice Formation (*vel* Wieliczka Formation) is possibly the most spectacular phase in the history of the Badenian. It was just at that time when the sedimentation of the evaporite deposits occurred, *inter alia* of gypsum sediments of the Poniżanie area and the salt-rocks presently extracted in the salt mines of Wieliczka and Bochnia. The presence of this formation is a result of a temporary transformation of a regular sea basin into a saline one, i.e. a body of water with a high concentration of salt. In stratigraphic terms, this stage of geological history separates the pre- and post-evaporation parts of the Badenian. This event is reflected in all the stratigraphic classifications of the stage (litho- and chronostratigraphic ones) although opinions about the correlations between these vary (Fig. 3).

The objective of the presented study was to use foraminifers for the assessment of the environment in which fossiliferous deposits, both above and below the evaporite level of the western part of the Carpathian Foredeep, were formed (Fig. 4), and now classified as the Skawina Formation and Gliwice Formation. The associations of planktonic and benthonic foraminifers in the deposits are two separate and – to a certain degree – independent sources of information about the marine environment. The combination of results obtained by studying them provided an insight into local conditions and changes occurring in the environment.

### 2. Study area and material

The thickness of the Miocene deposits in the Polish part of Paratethys is very variable: from less than twenty metres in the vicinity of Kraków up to 3 400 m in the eastern part of the Carpathian Foredeep. In the study area there is a considerable stratigraphic gap that separates the Miocene deposits from their substrate. The depth of the Miocene basement in this area is variable: Palaeozoic/Mesozoic deposits either appear on the surface or occur under a several hundred metres-thick layer of the Neogene deposits. There are diverse opinions about the effect of synsedimentary and the post-Miocene disjunctive tectonics in the area.

Except for minor exceptions, the Miocene sediments of the Paratethys lack the planktonic foraminifers index taxa of standard (oceanic) biostratigraphic scales. In this area, biozones based on other taxa of foraminifers are distinguished and their correlation with the Tethys area is still open to question. In the central Paratethys, three stratigraphic stages (biozones) are distinguished and based on planktonic foraminifers: *Orbulina suturalis*, *Globigerina druryi* (and *G. decoraperta*), and *Velapertina indigena*. These three biozones occurring in succession were first marked as biostratigraphic zones not having an independent nature, i.e. the evolutionary appearance of each marks the floor of the next biozone. In chronostratigraphic terms, these units indicate the substages of the Badenian (Fig. 1). The practical ap-

plication of the concept of these Badenian zones that are not self-contained turned out to be difficult because in many regions of the Paratethys, the indicator taxa do not occur e.g. because of the environment of sedimentation. The alternative concept to this is the suggested assemblage biozones i.e. the zones made of the natural association of foraminifers. For the Miocene stage of the Paratethys, several such biostratigraphic classifications were developed (Fig. 3), which, in line with the principles of the biostratigraphic code, are the assemblage zones. One of these, that of Alexandrowicz (1963c) was applied in this study. In the studied sections of the Badenian, the extend of these foraminifer biozones were identified (Appendix 4), the full taxonomic composition was determined, and the percentage proportions among individual taxa were calculated (data in possession of the Author).

The material was obtained from fourteen drilling sections situated on a ca. 600 km<sup>2</sup> area between Gliwice and Rybnik (Fig. 5). The depth of the substrate of the Miocene deposits ranges from 112.8 to 640.2 m and the Badenian deposits in the analysed cores are between 59.8 m to 628.2 m thick (Appendix 1). Taxonomic quantitative analysis was performed with respect to 414 samples (Appendix 2). The studied material contains all three aforementioned Badenian formations. Except for the BIELSZOWICE<sup>7</sup> and ŻORY<sup>4</sup> sections, where sediments from the Gliwice Formation are lacking, all other sections contain a complete sequence (Fig. 6–19).

### 3. Planktonic foraminifers

In this group of foraminifers, 25 taxonomic units were identified (Appendix 3, Table 1), representing four super-families (Heterohelicacea, Globorotaliacea, Hantkeninacea and Globigerinacea). As this is a key (orthobiostratigraphic) group for the biostratigraphy of the Badenian, a short account of the synonymy of the taxa is referred to, and provided together with SEM photographs (Fig. 20–24).

The data on the ecology of recent foraminifers were used to interpret the fossil associations in the analysed Badenian sediments. The presence of the taxa highly susceptible to the properties of the solution (e.g. *Globigerinoides*, *Orbulina*), as well as the type of the analysed Badenian sediments (Fig. 6–19) indicate that taphonomic and biostratigraphic processes did not affect the original thanatocoenosis of the planktonic foraminifera to a degree which could disqualify the palaeoenvironmental analysis of fossil associations. The concept of a faunistic category (i.e. a taxon or taxa indicative for certain properties in the environment) has been adopted as a basis for palaeoecological interpretation. The percentage shares of the nine index taxa (Table 1 – taxa with a numeric index) were used as the initial data for the analysis of the palaeoenvironment of the Paratethys area. The individuals of species represented in trace quantities were not included in the quantitative and palaeoecological analysis; in Table 1 these taxa do not have any numeric index. The vertical variability, in the percentage shares of considered taxa of the planktonic foraminifers in the sections, is displayed in Table 2–15.

The nine groups of taxa so distinguished were next classified into faunistic categories. The way of dividing them is based on two environmental parameters: temperature and the occupied depth of water. As far as the palaeotemperature is concerned, the species were divided into warm-water and cool-water (Table 16), which follows from the recent distribution of the *Globigerinina* species: warm and cold zones of the surface layer of ocean waters do not share species in common. The only area where both species of cold waters and most of the species of warm waters occur, is the zone of temperate climate in the thermal gradient of the top water layers of the ocean. This transitional zone of the ocean has no *Globigerinina* species which would be specific only to it. The limits of distribution of both warm-water and cool-water forms overlap, thus the populations of foraminifers of cold and warm waters develop here seasonally and, subsequently, in fossil associations of this zone they occur alongside each other. In the warm-water association, the shallow-living forms were distinguished which have supplementary apertures on sutures (analogous with those of contemporary *Globigerinoides*), and those living in deeper layers of the epipelagial. Among the taxa occurring in the studied deposits, only *Globorotalia praescitula* show the structural features similar to the taxa recently occupying the deepest parts of the epipelagial. The percentage shares of the warm-water and cool-water taxa (Fig. 25.1–14) was thus the basic method applied in the interpretation of the palaeotemperature. The auxiliary method applied in the



interpretation of this feature of the environment was the taxonomic diversity of the association. Only the taxa subject to quantitative analysis were considered. The taxonomic diversity is thus of general and prime importance with respect to the interpreted features of the palaeoenvironment.

With respect to the interpretation of the depth of the basin, the basic method used in this study involves the P/B coefficient, i.e. percentage proportion of plankton in the association of foraminifers (Fig. 25.1-14). The auxiliary method is the percentage proportion of the deep-dwelling taxa. In this study, for the purpose of a bathymetric interpretation of the environments of the Badenian, a modification of the standard values of the P/B coefficient corresponding with specific ranges of depth was introduced. This modification takes into account the temperature of the epipelagial. For those parts of the sections in which a cool-water plankton association occurred, the rule was assumed with the implication that the higher proportion of planktonic foraminifers (higher value of P/B) was caused not by the greater depth of the basin but rather by the more efficient vertical exchange of water masses. This process, providing nutrients to the surface zone, creates more favourable conditions for plankton development than in the analogous bathymetric zone of warm waters, i.e. characterised by an evident temperature gradient. In this second case, the influx of nutrients to the surface is difficult (and sometimes may be blocked altogether) which creates a feeding barrier for the development of plankton (and gives a relative increase of benthos proportion). The presented concept, applied to the palaeobathymetry of the marine environment is innovative and relationships between the P/B coefficient were assumed with a certain approximation. The features of the environment for the studied assemblages are illustrated in Fig. 26.1-2 and in Table 17.1-3.

#### 4. Benthonic foraminifers

In the studied sediments, 196 taxa of benthonic foraminifers occur, which belong to the Textulariina, Spirillinina, Miliolina, Lagenina, Robertinina, and Rotaliina suborders (Appendix 3). Around half of that number are taxa represented by a small number of individuals, and sometimes only by traces. These taxa which occur in the study material in higher, significant quantities (Table 18 – taxa marked with the digit index) were subject to quantitative analysis to obtain the percentage spectrum of their share in individual samples. Among the parameters, by which a marine environment can be characterised, those were selected which also exert the strongest effects on the populations of benthonic foraminifers, such as: chemistry, temperature, bathymetry, trophic status, and dynamics. For the purpose of the procedure of interpretation of the palaeoenvironment adopted in this study, the groups of taxa of benthonic foraminifers were applied which, as faunistic categories (K1–K10) were used to assess particular features of the environment. The taxonomic composition of the adopted faunistic categories (Fig. 27) was established on the basis of the ecology of the benthonic foraminifers.

*Elphidium* and *Ammonia*, as well as the representatives of the Miliolina suborder were used as the faunistic category, indicative of waters where salinity deviates from normal (K1). Agglutinated foraminifers (suborder Textulariina) served as an indicator of less favourable conditions for crystallisation of calcium carbonate (K2). The individuals of the Miliolina suborder as well as *Amphistegina* and *Heterostegina* (K3) were adopted as temperature indicators, as these taxa occur, in the warmest habitats of the marine environment (where the temperature does not drop below 18°C). In the studied associations of foraminifers, three faunistic categories indicative of the bathymetry of the environment were distinguished. The first includes taxa which occur at present in the shallowest (euphotic) zone of littoral. This is made of epibiontic forms (K4). The second category includes benthonic foraminifers, characteristic for the sublittoral zone (K5). The third category consists of taxa whose most numerous populations occur below the littoral (K6). The foraminifers which prefer regions with high organic content (even if it is associated with a certain reduction in the oxygen content) were distinguished as another faunistic category (K7) indicative of a eutrophic environment. The numbers of *Valvulineria* and *Cibicides* (K8) – the taxa regarded as opportunistic, were combined. They have occurred in recent times in highly variable conditions without showing any evident preferences apart from the normal level of salinity in the environment. Together with the taxonomic diversity of the association (S in Fig. 27–40) all these con-

stitute the basis for the representation of the trophic conditions of the environment for the studied deposits. The dynamic condition of water affects the benthonic foraminifers both directly and indirectly. The direct effect occurs in shallow waters. In this type of environment, the foraminifers occur which are permanently or temporarily attached to relatively stable elements on the sea bottom e.g. plants or rocks. This faunistic category was discussed in the section pertaining to bathymetry (K3). The water dynamics affects the quantity of oxygen in the benthic (thus indirectly affecting the foraminifers). *Bolivina* were distinguished as a faunistic category indicative of environments with a low oxygen content (K9). Under the condition of a suitable oxygen content, foraminifers live both in the sediment (infauna) and on its surface (epifauna). The shortage of oxygen is primarily reflected in the drop in numbers of the infauna. In the study material, these relationships were taken into account as two more faunistic categories: K10a (epifauna) and K10b (infauna).

The percentage shares of the discussed faunistic categories were presented in Figs. 27–40 and on this basis the palaeoenvironment of benthic was interpreted in particular biozones of these sections. There is a sequence of several types of benthic environments. The separated type of environment includes sometimes only one biozone or pertains to several successive biozones (Fig. 41). In the text, the most important features were discussed which distinguish the environment, such as: bathymetry, salinity, temperature, trophic status and oxygen content. The guiding principle applied in separating the environments is that should even one parameter change – obviously within the range that can be inferred from the foraminiferal fauna – it represents sufficient reason to distinguish a new type of environment; for instance, when the salinity was unchanged and a bathymetrically different fauna appeared it was treated as a symptom of environmental change.

In the analysed material there are certain trends repeated throughout all sections. One of these trends pertains to taxonomic diversity. In the mid-part of the studied sections (IIC, IID, II $\delta$  and IIIA- $\alpha$ ), the number of taxa is much lower than in other biozones (IIA-B, II $\beta$ , IIIB). At the boundary of these Skawina Formation biozones, the assemblage of foraminifers where a K-type selection prevailed (biozone IIA-B, and II $\beta$  locally) was replaced by populations subject to r-type selection (depending on a section this occurs in either in biozones IIC, IID, II $\delta$  or IIIA- $\alpha$ ). A reverse direction of changes, i.e. restoring the K-type selection takes place in the studied sections within the Gliwice Formation (replacement of foraminifers association IIIA- $\alpha$  by association IIIB).

The feature of biozone IIIB in the studied sections is a remarkable share of taxa of the K6 category, i.e. those representing the deepest part of the littoral and archibenthic. It seems that the reason for it is not bathymetry but rather the temperature requirements of these taxa. The drop in temperature has caused that in the biozone IIIB deep-waters foraminifers (faunistic category K6) occur in the shallower zone of the sublittoral, whereas in biozone IIA-B they occupy deeper regions of the sea.

Two index taxa for warm waters, *Amphistegina* and *Heterostegina*, occur only in the Skawina Formation. Their presence was confirmed in biozones II $\beta$  and IID of the BIELSZOWICE7 section and in the top portion of the IIA-B biozone and II $\beta$  of the sections from the area of Gliwice (GLIWICE17, GLIWICE19, GLIWICE21, GLIWICE24), where they occur sporadically or even in trace quantities. These facts indicate that the environment of the Gliwice Formation did not reach a temperature as high as that which prevailed in the biozones where *Amphistegina* and *Heterostegina* are found (IIA-B, II $\beta$ , IID).

## 5. Evolution of the Badenian palaeoenvironment

The studied foraminiferal associations of the Badenian are individualised units in terms of taxonomy, and this was the basis for using them in the stratigraphic application. The analysis of these associations presented in this study proved that they are individualised also in terms of palaeoenvironment.

When the features of this environment (bathymetry, dynamics, temperature, chemistry and trophic status) are juxtaposed with the ecological factors affecting foraminifers, it transpires that nutrient supply and oxygen content are the only ecological factors totally affected by the marine environment; namely that each of the factors listed affect the patterns of both nutrient and oxygen supplies in a given habitat

(Table 19). The stratigraphic sequence of the foraminiferal assemblages within the Skawina and Gliwice Formations and the taxonomic diversity thereof have been interpreted as resulting from the environmental conditions in a considered area. Newly emerging habitats were colonised mainly by immigrants (the taxa for which the prevailing conditions were suitable). The associations occurring in a sequence following one another, occur mainly as a result of migration of certain populations and of such phenomena as the polytopism (cosmopolitism) and opportunism of particular taxa. The changes in the regimes of nutrient and oxygen supply in the analysed period of geological time, were the principal cause of the modifications in the set of species in the studied fossil associations; this particularly pertains to benthos. The patterns of the ecological relationships typical in this respect have exemplification in the associations of the foraminifers studied. There are some examples where a small number of pioneering taxa occur in a new zone of adaptation, and in an unstable environment (r-type selection). The environment in which an unstable food-supply and chemistry conditions prevailed was inhabited by a smaller number of taxa than the environment where these conditions were stable. The species diversity then increased up to the maximum utilisation of the capacity of the biotope (K-type selection). The foraminifers associations of the Badenian indicate the presence of two types of nutrient abundance in the environment: oligotrophic and eutrophic. The status of foraminiferal populations proves that the production of organic carbon was generally higher in the Gliwice Formation than that in the Skawina Formation. The critical point of the high level of trophy of the environment was too intense organic life development – dead organisms were undergoing oxygenation, removing oxygen from the environment which led to an azoic status, especially in the inner parts of the deposit (the bottom of the Gliwice Formation is an example thereof).

In the biostratigraphic sequence of the Badenian association the effect of the evolutionary change factor cannot practically be noticed. In all there are only two such cases: *Anomalinoides dividens* (a benthonic taxon which occurs in the top of the Badenian sediments) and *Velapertina indigena* a planktonic form, characteristic for the Gliwice Formation). The former of the species does not belong – stratigraphically – to the Badenian, and is a diagnostic taxon for the beginning of the younger stratigraphic level, i.e. the Sarmatian. The latter species is an index taxon for the Upper Badenian (Kosovian substage), and its origin is derived from *Globigerinoides trilobus*.

The studies indicate that the cause of the above changes in the environment in the Badenian was a change in the circulation of water masses in the basin. In stratigraphic terms, two main types of water circulation, following one another, can be identified in the area of Paratethys: anti-estuarine and estuarine (Fig. 42). The first shows the phase of full development (E1) and its decline (E2), whereas the second one has the initial phase (E3) followed by the phase of the full development of the estuarian circulation (E4).

To explain the causes that determined the described course of the water mass circulation in the basin, a fact of key importance is that the changes found in its bathymetry (regression which started at the bottom of the biozone II $\beta$  and transgression which started at the bottom of biozone IIIA- $\alpha$ , coincide with the changes in the temperature in the environment: namely cooling down at the bottom of biozone II $\beta$  and warming at the bottom of biozone IIIA- $\alpha$ . The coincidence of these facts indicate that the intensity and direction of the exchange of masses of water between the studied area and the open sea were controlled by eustatic changes in the water level (i.e. by climate). The analysis carried out for the foraminifers of the Badenian in the area of the palaeoenvironment and biostratigraphy, showed that the changes in the environment which took place in the studied area of Paratethys correlate with the Middle Miocene changes in climate (Fig. 42).

## 6. Recapitulation of results and concluding remarks

In the Badenian, there were modifications in the species composition of the foraminiferal fauna, and the consecutive stages of this process are defined as assemblage biozones. The changes of the foraminiferal species composition in the analysed sections of the Badenian, observed as a stratigraphic sequence of their associations, were shaped primarily by migrations of individual populations. This process was

a response to changes appearing in the environment. These populations were subject to selection as an effect of these changes. Thus the biozones discussed in this study have the properties of ecozones as well. The effect of the evolutionary factor in the process of their emergence has no palaeontological record in the formations under analysis. The new taxa appearing in the section are the species whose evolutionary emergence took place elsewhere. Their appearance in the studied part of the Paratethys was of an immigration nature – they occurred because there were suitable habitat conditions. The overall regime of environmental factors in these new conditions caused some populations to leave or become extinct, while others colonised the studied area. The alterations in the environment were deep enough to cause very significant differences in species composition between the successive biozones. Only in two cases, is the palaeontological record of these changes somewhat continuous. The phenomenon of this type occurs in the transformation of the IIA-B association into a IIB association and of IIIB into III $\beta$ . In these two cases it was either that the changes in the environment proceeded slowly or the sedimentation rate was rapid. Under both these scenarios, the direction of taxonomic changes led to reduced biodiversity. All other biostratigraphic boundaries are characterised by radical changes in species composition – the younger biozone generally does not contain the taxa occurring in the association which is stratigraphically older. It is likely that, at least partly, this kind of stratigraphic record results from a slow rate of sedimentation, and because of it there are no intermediate stages of populations replacing each other. The associations appearing in the studied sections as new, successive assemblage biozones of foraminifers, formed because of immigration from other (unknown) regions, and inhabited the study area until the conditions changed beyond the limits tolerated by particular populations of the association. Then, there was the time for the next alteration in the species composition of the assemblage. The biozones discussed in this paper appearing stratigraphically as a sequence, represent environmental conditions so dramatically changed that were no longer tolerated by the current fauna.

This type of alterations in the biostratigraphy of the Badenian result from fundamental transformations in the environment (circulation, climate). The latter processes can be a precise biostratigraphic tool. Particularly in the epicontinental seas and shallow coastal zones, i.e. in those regions which are most exposed to changes in the environment. The fauna of this zone is particularly vulnerable to any changes in the biotope. It is enough to document large-scale (or global) processes among these, which are at the foundation of the faunal changes, and apply them for biostratigraphic purposes. The assemblage biozones are much more suitable than the biozones based on the phylogenetic transformations of a single taxon, and even the most progressive in this respect (e.g. phylogenetic lines of *Globorotalia* in Miocene). With respect to coastal deposits and those of epicontinental sea environments, the mistakes are easily made as these do not represent the environment most suitable for plankton (particularly *Globorotalia*) and – additionally – it just in this environment where resedimentation and redeposition are common phenomena. The presence of index taxa in the sediments where suitable conditions are met in biostratigraphic terms, can provide biostratigraphic markers (golden nails) for more detailed biostratigraphy, based on the presence of eco-associations. For the stratigraphy of deposits originating in the epicontinental basin, the evolutionary processes and large-scale changes in the environment are equally useful in the biostratigraphy. The integration of these two research methods: biostratigraphy, whenever possible, and the interpretation of the palaeoenvironment based on foraminifers as presented in this study, provided the possibility of detailing the stratigraphic correlation of the Paratethys with the open sea and the phenomena on the global scale.

The units of the lithostratigraphic divisions, i.e. the formations of the Badenian in the presented area of the Carpathian Foredeep are internally diversified; for example, in (palaeo)environmental terms, some of them consist of several stages of development. The most homogenous in this respect are evaporite deposits (Krzyżanowice Formation also known as Wieliczka Formation, and Raduż Formation). The results of this study indicate that the deposits of these formations are isochronic and homogenous in terms of the palaeoenvironment – and they reflect the period of a great regression of the sea caused by the eustatic lowering of its level. The other two formations of the Badenian are not uniform in this respect. They consist of deposits accumulated during the sequence of several stages of the geological history of the region, differing in the terms of the palaeoenvironment. The Skawina Formation consists of deposits of the full development of sea transgression, its regression and transgression again. Additionally, there was a climate change (cooling) accompanying these stages. The Gliwice Formation consists

of sediments formed under three sets of conditions: firstly in a basin stratified by a halocline, secondly in the full development of transgression (when the basin was intensively aerated and had a well developed circulation of an anti-estuarine type), and finally, a stage of progressive reduced salinity and regression. The practicality of the described lithostratigraphic classification comes from the identification of the presence of evaporite deposits level. The stratigraphic divisions developed this way match the biostratigraphic divisions only within the limits of the Krzyżanowice Formation – and in the biostratigraphic division it corresponds with an azoic level. The remaining formations of the Badenian consist of several assemblage biozones differing in taxonomic features. These deposits are internally heterogeneous both in their palaeobiocenotic and palaeoenvironmental aspects. Thus the lithostratigraphic formations do not reflect fully the conditions in the sedimentation basin.

The stratotypes of the Badenian and Sarmatian were determined in drilling cores and they do not exist any longer, as they have been destroyed like the stratotypes of the Skawina and Gliwice formations. These two were also determined in drilling cores and they are not available now or at least their place of storage is not known. These examples show that neither the durability nor availability of the stratotypes in the form of drilling cores prove suitable in practice. Poland lacks relevant legal provisions as to the storage and access to that type of material. The traditional source of information in geological research provided by exposures, is still valid, and thus the proposal of the stratotypes of the Badenian lithostratigraphic units in outcrops is presented. The exposure of the clay deposits of the Lower Badenian in the Raclawice locality and in the abandoned Zakrzówek quarry in Kraków, as well as an outcrop of these deposits in the Chelm Wielki locality upon the Przemsza river, are designated as stratotypes of the Skawina Formation. The youngest of the lithostratigraphic units of the Badenian – the Gliwice Formation, through its name it is directly linked with the Upper Silesia area. In the north-western part of the region, the siliciclastic deposits of this formation occur, several hundred-metres thick, and it seems that the brickyard in Ostropa should play a role of the stratotype for the Gliwice Formation.

Even though some of these exposures seem to be very durable elements of the Earth's surface, they are endangered for many reasons and yet their durability and accessibility are necessary because of the purposes for which the stratotypes of geological formations are used (*inter alia*, sampling for studies and revisions). The best way of preserving them is to include them in the conservation system. The only example of such a type of protection provided for a Badenian lithostratigraphic units is the Wieliczka Formation. The stratotype of this formation is in the Wieliczka Salt Mine, in the Rarańcza gallery (II lower level of the mine) and is included in the preservation scheme as a documentation site of an inanimate nature. The exposures listed above, suggested as stratotypes of the Badenian were also registered for inclusion in a conservation scheme. This kind of protection of geological sites guarantees their preservation for scientific and educational purposes (which is of paramount importance with respect to stratotype). For the same reasons it is intended that the geostructural and geochronological diversity of this country should be reflected in the national system of nature conservation. The progress in this respect depends on the commitment of the community of geo(morpho)logists. A natural follow-up to their studies should be an application to include the selected geological sites, which are valuable from the viewpoint of the studies. The exposures in the mining areas are extremely valuable sources of scientific data. Unfortunately, these are ephemeral sources. The full implementation of the programme for the protection of geodiversity requires amendments to the law enabling conservation measures to be applied to exposures in mining areas. The user of the site should tangibly benefit from the fact that there is a legally protected site on his land. The mining concession should define the financial benefits resulting from a site being included in a conservation scheme. This would be the only provision of the Geology and Mining Law corresponding to the Nature Conservation Act whose article 3 reads: „The nature conservation is an obligation resting on (...) legal (...) entities involved in activities affecting nature”.

In the first part of the paper, we discuss the general approach to the study of the structure of the human brain. We then describe the various methods used to study the brain, including anatomical, physiological, and psychological methods. We then discuss the results of these studies and the implications for our understanding of the brain.

The study of the human brain is a complex task, and it is important to use a variety of methods to gain a comprehensive understanding of its structure and function. Anatomical methods provide information about the physical structure of the brain, while physiological methods provide information about its electrical and chemical activity. Psychological methods provide information about the brain's role in behavior and cognition.

The results of these studies have shown that the human brain is a highly complex and organized system. It is composed of billions of neurons that are interconnected in a highly specific manner. This organization allows the brain to perform a wide range of functions, from basic sensory processing to complex cognitive tasks.

The study of the human brain is an ongoing process, and there is still much to be learned about its structure and function. As our methods of study continue to improve, we will gain a deeper understanding of this remarkable organ.

**Zeszyty STUDIA NATURAE wydane w ostatnich latach**  
**Recently published fascicles of STUDIA NATURAE**

- The population of White Stork *Ciconia ciconia* L. in Poland. Part II (Populacja bociana białego *Ciconia ciconia* L. w Polsce. Część II). 1991. Opr. zbiorowe pod red. Z. Jakubca. *Studia Naturae*, ser. A, 37.
- Dyduch-Falniowska A. 1991. The gastropods of the Tatra Mountains (Ślimaki Tatr Polskich). *Studia Naturae*, ser. A, 38.
- Program rezerwatowej ochrony przyrody i krajobrazu polskich Karpat na tle aktualnej sieci obszarów chronionych (Programme of reserve protection of nature and landscape in the Polish Carpathians against a background of the actual net of protected areas). 1993. Opr. zbiorowe pod red. Z. Denisiuka. *Studia Naturae* 39.
- Kotańska M. 1993. Response of wet meadows of the *Calthion* alliance to variations of weather and management practices – a thirteen-year study of permanent plots (Reakcja wilgotnych łąk ze związku *Calthion* na zmienność pogody i sposób użytkowania – 13 lat badań na stałych poletkach). *Studia Naturae* 40.
- Wpływ narciarstwa i turystyki pieszej na przyrodę masywu Piłska (The impact of skiing and hiking on the nature of the Piłsko Massif). 1996. Opr. zbiorowe pod red. A. Łajczaka, S. Michalika i Z. Witkowskiego. *Studia Naturae* 41.
- Geochrona Beskidu Sądeckiego i Kotliny Sadeckiej (Geoconservation of the Beskid Sądecki Mountains and the Sącz Basin, Polish Carpathians). 1996. Opr. zbiorowe pod red. Z. Alexandrowicz. *Studia Naturae* 42.
- Barabasz B. 1997. Zmiany roślinności łąk w północnej części Puszczy Niepołomickiej w ciągu 20 lat (Changes in the meadows of the northern part of the Niepołomice Forest). *Studia Naturae* 43.
- Environmental degradation in the Czarna Wiselka and Biała Wiselka catchments, Western Carpathians [Degradacja środowiska w zlewniach Czarnej Wiselki i Białej Wiselki (Karpaty Zachodnie)]. 1998. Opr. zbiorowe pod red. S. Wróbla. *Studia Naturae* 44.
- Zarzycki J. 1999. Ekologiczne podstawy kształtowania ekosystemów łąkowych Babiogórskiego Parku Narodowego (Ecological principles of meadow ecosystem management in the Babia Góra National Park, Western Carpathians). *Studia Naturae* 45.
- Grotty Kryształowe w kopalni soli Wieliczka (Crystal caves in the Wieliczka salt mine). 2000. Opr. zbiorowe pod red. Z. Alexandrowicz. *Studia Naturae* 46.
- Zbigniew Jakubiec. 2001. Niedźwiedź brunatny *Ursus arctos* L. w polskiej części Karpat (The brown bear *Ursus arctos* L. in the Polish part of the Carpathians). *Studia Naturae* 47.

**Inne wydawnictwa Instytutu Ochrony Przyrody PAN**

**Other publications of the Institute of Nature Conservation of the Polish Academy of Sciences**

OCHRONA PRZYRODY – rocznik, wydawnictwo naukowe

NATURE CONSERVATION – annual, scientific publication

CHROŃMY PRZYRODĘ OJCZYSTĄ – dwumiesięcznik, czasopismo popularno-naukowe

LET US PROTECT THE INDIGENOUS NATURE OF OUR HOMELAND – bimonthly, popular scientific periodical

Wszystkie pozycje wydawnicze można nabyć w Instytucie Ochrony Przyrody PAN, al. Mickiewicza 33, 31-120 Kraków, tel. 634-48-65 w. 112. Można je również otrzymać za zaliczeniem pocztowym.

