

**POLSKA AKADEMIA NAUK**  
**Komitet Badań Czwartorzędu**

**ZASADY POLSKIEJ KLASYFIKACJI  
I TERMINOLOGII  
STRATYGRAFICZNEJ CZWARTORZĘDU**



**Wydanie II, zmienione**  
**pod redakcją**  
**Leszka Marksa, Andrzeja Bera i Leszka Lindnera**

**Warszawa 2014**

POLSKA AKADEMIA NAUK  
Komitet Badań Czwartorzędu

**ZASADY POLSKIEJ KLASYFIKACJI  
I TERMINOLOGII  
STRATYGRAFICZNEJ CZWARTORZĘDU**

Wydanie II, zmienione  
pod redakcją Leszka Marksa, Andrzeja Bera i Leszka Lindnera

Warszawa 2014

Wydanie publikacji finansowane  
ze środków Polskiej Akademii Nauk

ISBN 978-83-61236-53-5

Na okładce: Kompleksy lessowo-glebowe środkowego i młodszego plejstocenu  
w Costinești w rumuńskiej części wybrzeża Morza Czarnego (fot. L. Marks)

© Copyright by Komitet Badań Czwartorzędu PAN  
Warszawa 2014



Realizacja wydawnicza i druk:  
PAN Warszawska Drukarnia Naukowa  
ul. Śniadeckich 8, 00-656 Warszawa  
tel./fax 22 628-76-14  
e-mail: [wdnpan@wdnpan.pl](mailto:wdnpan@wdnpan.pl)  
[www.wdnpan.pl](http://www.wdnpan.pl)

## SPIS TREŚCI

<b>PRZEDMOWA</b> .....	5
<b>WSTĘP</b> <i>Andrzej Ber, Leszek Lindner, Leszek Marks</i> .....	7
<b>POJĘCIA PODSTAWOWE</b> <i>Andrzej Ber, Leszek Lindner, Leszek Marks</i> .....	11
<b>LITOSTRATYGRAFIA</b> <i>Jan Goździk, Maria Łanczont, Leszek Marks, Przemysław Mroczek</i> .....	17
Litostratygrafia <i>sensu stricto</i> .....	22
Pedostratygrafia .....	25
Kriostratygrafia .....	26
<b>MORFOSTRATYGRAFIA</b> <i>Leszek Lindner, Edward Wiśniewski</i> .....	29
<b>BIOSTRATYGRAFIA</b> <i>Witold Paweł Alexandrowicz, Wojciech Granoszewski, Teresa Madeyska, Leszek Marks, Adam Nadachowski, Paweł Valde-Nowak</i> .....	35
<b>BIOSTRATYGRAFIA PALEOBOTANICZNA</b> .....	37
Palinostratygrafia .....	37
<b>BIOSTRATYGRAFIA PALEOZOOLOGICZNA</b> .....	40
Malakostratygrafia .....	40
Teriostratygrafia .....	45
Antropostratygrafia .....	48

<b>MAGNETOSTRATYGRAFIA</b> <i>Leszek Marks</i> . . . . .	51
<b>CHRONOSTRATYGRAFIA</b> <i>Leszek Marks,</i> <i>Wojciech Stankowski</i> . . . . .	55
<b>KLIMATOSTRATYGRAFIA</b> <i>Leszek Marks</i> . . . . .	61
<b>INNE KLASYFIKACJE STRATYGRAFICZNE</b> <i>Leszek Marks</i> .	65
Stratygrafia izotopowa . . . . .	65
Cyklostratygrafia . . . . .	66
Tektonostratygrafia . . . . .	66
Stratygrafia zdarzeń . . . . .	67
<b>LITERATURA</b> . . . . .	69

## PRZEDMOWA

Wychodząc naprzeciw postulatom badaczy czwartorzędu w Polsce, Komitet Badań Czwartorzędu PAN przystąpił w 2004 roku do przygotowania nowego opracowania zasad klasyfikacji stratygraficznej czwartorzędu. Impulsem do takiego działania było opublikowanie przez Komitet Nauk Geologicznych Polskiej Akademii Nauk zaktualizowanych polskich zasad stratygrafii (Racki i Narkiewicz 2006). Zostały one szeroko wykorzystane w niniejszym opracowaniu. Powołano zespół autorów reprezentujących najważniejsze ośrodki naukowe zajmujące się badaniami czwartorzędu w Polsce: Andrzej Ber i Wojciech Granoszewski (Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy), Leszek Lindner i Leszek Marks (Uniwersytet Warszawski), Maria Łanczont i Przemysław Mroczek (Uniwersytet im. Marii Curie-Skłodowskiej), Witold Paweł Alexandrowicz (Akademia Górniczo-Hutnicza), Adam Nadachowski (Instytut Systematyki i Ewolucji Zwierząt PAN w Krakowie), Paweł Valde-Nowak (Uniwersytet Jagielloński); Wojciech Stankowski (Uniwersytet im. Adama Mickiewicza); Jan Goździk (Uniwersytet Łódzki); Edward Wiśniewski (Uniwersytet im. Mikołaja Kopernika) i Teresa Madeyska (Instytut Nauk Geologicznych PAN w Warszawie). Uwzględniono również uwagi Jacka Grabowskiego (Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy w Warszawie) dotyczące magnetostratygrafii. Redakcję opracowania autorskiego wykonali Andrzej Ber, Leszek Lindner i Leszek Marks. Nieoceniony wkład w ostateczny kształt opracowa-

nia wniosły uwagi zawarte w recenzji Marka Narkiewicza (Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy w Warszawie).

Nowe wydanie *Zasad polskiej klasyfikacji i terminologii stratygraficznej czwartorzędu* jest w części oparte na pionierskim opracowaniu opublikowanym pod redakcją Profesora Józefa Edwarda Mojskiego w 1988 roku, ale uwzględnia aktualny stan osiągnięć metodyki stratygrafii czwartorzędu na świecie. Wykorzystano również osiągnięcia polskiej stratygrafii czwartorzędu, które były efektem owocnych obrad dwudziestu jeden konferencji *Stratygrafia plejstocenu Polski*, organizowanych corocznie od 1994 roku z inicjatywy Komisji Stratygrafii Komitetu Badań Czwartorzędu PAN.

Komitet Badań Czwartorzędu PAN oraz autorzy i redaktorzy niniejszego opracowania wyrażają głęboką nadzieję, że zalecenia zawarte w *Zasadach...* uzyskają szeroką akceptację i będą uwzględniane w badaniach czwartorzędu w Polsce.

*Prof. dr hab. Krystyna Szeroczyńska*  
*Przewodnicząca Komitetu Badań Czwartorzędu PAN*

## WSTĘP

W formalnym podziale stratygraficznym kenozoiku czwartorzęd jest traktowany jako okres równorzędny z paleogenem i neogenem. Jednakże ze względu na nieporównywalnie krótszy czas trwania stosowanie w podziale stratygraficznym czwartorzędu takich samych kryteriów wyróżniania jednostek stratygraficznych może stwarzać poważne trudności.

Powszechnie przyjęty jest podział czwartorzędu na plejstocen i holocen. Czas trwania obu tych jednostek stratygraficznych jest jednak jeszcze bardziej nieporównywalny ze sobą aniżeli czwartorzędu a starszych okresów geologicznych. Plejstocen rozpoczął się 2,58 mln lat temu, natomiast holocen zaledwie 11 700 lat (przed 2000 AD), a więc trwa ponad 220 razy krócej niż plejstocen. W związku z tym, przy zachowaniu zasad klasyfikacji stosowanej dla starszych okresów geologicznych ramy czasowe czwartorzędu i jego dwóch głównych jednostek stratygraficznych stwarzają zasadnicze trudności w określeniu rangi mniejszych jednostek podziału stratygraficznego. Tradycja podziału stratygraficznego czwartorzędu wywodzi się jednak zupełnie z innych źródeł niż w przypadku okresów starszych. Badania czwartorzędu koncentrowały się przede wszystkim na łatwiej dostępnych osadach lądowych i już od dawna było wiadomo, że decydującą rolę w ich kształtowaniu odgrywały zmiany klimatu. Z tego powodu dotychczasowe schematy podziału stratygraficznego czwartorzędu były na ogół podziałami klimatostratygraficznymi, ale asynchroniczność zmian klimatu w różnych regionach utrudniała korelację opartą wyłącznie na kryterium klimatycznym.



Waga poprawnej stratygrafii czwartorzędu wynika przede wszystkim z ogromnego znaczenia jego osadów w badaniach geologicznych, w tym w kartografii geologicznej, ale również w życiu społeczeństw ludzkich. W Europie, kolebce zdefiniowania czwartorzędu po raz pierwszy, osady i procesy tego okresu odegrały decydującą rolę w ukształtowaniu przypowierzchniowej budowy geologicznej i rzeźby terenu. Ogromne zróżnicowanie przestrzenno-czasowe oraz stopień rozpoznania osadów czwartorzędu, w tym jego odwzorowania kartograficznego, uzasadniają utrzymywanie historycznego podziału na plejstocen i holocen. Tocząca się w ostatnich latach na forum międzynarodowym burzliwa dyskusja dotycząca konieczności sformalizowania podziału stratygraficznego czwartorzędu, skłania do propagowania w Polsce przynajmniej tych podstawowych standardów stratygraficznych, które powoli zyskują uznanie wśród badaczy czwartorzędu na świecie.

Pierwszą próbę uporządkowania zasad polskiej klasyfikacji, terminologii i nomenklatury stratygraficznej czwartorzędu podjął zespół specjalistów, powołany przez Komitet Badań Czwartorzędu Polskiej Akademii Nauk w 1980 roku. W nawiązaniu do zasad zamieszczonych w międzynarodowym kodeksie stratygraficznym (Hedberg, 1976) zaproponowano wówczas podstawy wyróżniania i podziału jednostek stratygraficznych czwartorzędu, pojęcie stratotypu, zasady nazewnictwa oraz ustalania i rewizji formalnych i nieformalnych jednostek stratygraficznych (Mojski, 1988). Zostało to uzupełnione szerszym opisem w kilku artykułach (Goździk, 1987; Janczyk-Kopikowa, 1987; Konecka-Betley, 1987; Lindner, 1987; Madeyska, 1987; Mojski, 1987; Rzechowski, 1987). Niestety, sformułowane wówczas zasady były w minionych latach stosowane jedynie w bardzo ograniczonym stopniu, nawet przez ich autorów, co sprawiło, że nie odegrały oczekiwanej roli w badaniach stratygraficznych czwartorzędu w Polsce, a ich stosowanie było również oceniane krytycznie. W polskich badaniach stratygraficznych czwartorzędu nadal przeważa dowolność i niekonsekwencja, dotycząca w szczególności:

- kryteriów wyróżniania i dokumentowania profili stratotypowych;
- arbitralności stosowania istniejącej oraz wprowadzania nowej terminologii stratygraficznej;

- nadmiernej i nieuzasadnionej szczegółowości schematów stratygraficznych, nie popartej odpowiednią dokumentacją geologiczną;
- wprowadzania do obiegu naukowego i/lub publikacyjnego nieformalnych jednostek stratygraficznych, których status stał w wyraźnej sprzeczności z powszechnie przyjmowaną w innych krajach tradycją;
- nazewnictwa i pisowni nazw wyróżnianych jednostek.

W związku z powyższym, pojawiła się konieczność przypomnienia coraz rzadziej stosowanych i prawie zapomnianych, wcześniej opracowanych zasad (Mojski, 1988), dopasowanych jednakże do aktualnego stanu badań stratygraficznych czwartorzędu na świecie. W ostatnich latach dyskusja dotycząca konieczności uporządkowania polskiej terminologii stratygraficznej czwartorzędu odbywała się zarówno na posiedzeniach Komitetu Badań Czwartorzędu PAN, jak i na wielu konferencjach oraz przeniosła się również na łamy publikacji naukowych (m.in. Ber i in., 2005, 2007a, b, 2009; Ber i Marks, 2004; Lindner et al., 2012). To ożywienie dyskusji dotyczącej zasad stratygrafii czwartorzędu Polski było w pewnym stopniu sprowokowane kwestionowaniem zasadności wyróżniania czwartorzędu na forum międzynarodowym (por. Marks, 2005, 2006, 2007, 2010), a po odrzuceniu takich zakusów – podjęciem przez Komisję Stratygrafii i Chronologii Międzynarodowej Unii Badań Czwartorzędu i Podkomisję Stratygrafii Czwartorzędu Międzynarodowej Komisji Stratygrafii wysiłków dla sformalizowania podziału czwartorzędu.

Niniejsze opracowanie jest oparte zasadniczo na poprzednim opracowaniu (Mojski, 1988) i na polskich zasadach stratygrafii (Racki i Narkiewicz 2006). Uwzględnia również fakt, że w miarę upływu czasu i postępu badań stratygraficznych czwartorzędu pojawiły się nowe kategorie klasyfikacji stratygraficznej, a poprzednio stosowane podlegały udoskonalaniu. W związku z toczącą się od wielu lat dyskusją na temat pisowni w języku polskim nazw jednostek stratygraficznych czwartorzędu, wykorzystano w tej sprawie także opinię Rady Języka Polskiego przy Prezydium Polskiej Akademii Nauk.



---

## POJĘCIA PODSTAWOWE

Stratygrafia jest działem geologii, zajmującym się określaniem wzajemnego ułożenia skał w kolejności ich powstawania, czyli ustalaniem ich wieku względnego (Racki i Narkiewicz, 2006). Celem stratygrafii jest porządkowanie serii skalnych na podstawie ich pierwotnego rozprzestrzenienia, co umożliwi periodyzację dziejów Ziemi. Klasyfikacja stratygraficzna polega więc na ustalaniu normalnego następstwa warstw w skorupie ziemskiej oraz grupowaniu ich na podstawie różnych właściwości w jednostki podziału. Podstawowe zasady stratygrafii czwartorzędu są na ogół identyczne jak ogólne zasady stratygrafii (por. Salvador, 1994; Murphy i Salvador, 1999; Racki i Narkiewicz, 2006). Jednak specyfika czwartorzędu oraz tradycja badań stratygraficznych czwartorzędu spowodowały konieczność przyznania większej rangi niektórym klasyfikacjom stratygraficznym, pełniących bardziej marginalną rolę w badaniach skał przedczwartorzędowych. Czwartorzęd jest reprezentowany w Polsce przez skały osadowe, które jedynie w znikomym zakresie są skonsolidowane, dlatego w dalszej części opracowania będą one nazywane osadami.

**Jednostka stratygraficzna** obejmuje osady o naturalnym następstwie czasoprzestrzennym, powiązane ze sobą na podstawie jakiegokolwiek z wielu właściwości. Jednocześnie jednostki stratygraficzne jednej kategorii nie muszą pokrywać się z jednostkami innych kategorii. Jednostkę stratygraficzną definiuje się przez określenie jej cech diagnostycznych, a więc przede wszystkim przez wyznaczenie granic, ale również charakterystykę zawartości, co umożliwi rozpoznanie jednostki w przypadku, gdy nie są widoczne jej granice.

**Kategorie klasyfikacji stratygraficznej** czwartorzędu są wyróżniane na podstawie różnych właściwości osadów:

- Klasyfikacja litostratygraficzna – na podstawie kryteriów litologicznych.
- Klasyfikacja morfostratygraficzna – na podstawie form rzeźby terenu.
- Klasyfikacja biostratygraficzna – na podstawie skamieniałości, szczególnie przewodnich.
- Klasyfikacja magnetostratygraficzna – na podstawie podobieństwa właściwości magnetycznych, zdefiniowanych przez inwersje polarności, które odzwierciedlają historię skokowych zmian pola magnetycznego Ziemi.
- Klasyfikacja chronostratygraficzna – na podstawie wieku (klasyfikacja geochronologiczna), często hipotetycznego wynikającego z mniej lub bardziej rozbudowanej interpretacji; wywodzi się pośrednio z korelacji dokonywanej przy zastosowaniu kryteriów paleontologicznych (biostratygrafia), litologicznych (litostratygrafia), magnetycznych (magnetostratygrafia), radiometrycznych (stratygrafia izotopowa) oraz, coraz częściej, morfologicznych (morfostratygrafia) i klimatycznych (klimatostratygrafia).
- Klasyfikacja klimatostratygraficzna – na podstawie zmian klimatu zarejestrowanych w osadach.

**Jednostka formalna** to jednostka każdej klasyfikacji stratygraficznej, nazwana i ustanowiona zgodnie z niniejszymi „Zasadami” oraz zaleceniami Podkomisji Klasyfikacji Stratygraficznej Międzynarodowej Komisji Stratygrafii (por. Salvador, 1994; Murphy i Salvador, 1999).

**Jednostka nieformalna** jest często określana na podstawie kombinacji różnych kategorii klasyfikacji stratygraficznej. Stosowanie takich jednostek może mieć znaczenie zwłaszcza we wstępnym etapie badań geologicznych i w opracowaniach analitycznych oraz dotyczyć niewielkich obszarów badań. Należy dążyć do formalizowania takich jednostek nieformalnych, które odzwierciedlają ważne ponad-lokalne etapy rozwoju litosfery, a także są przydatne dla celów praktycznych (kartografii, hydrogeologii, opracowań złożowych, itp.).

**Jednostki lokalne i regionalne** są często wydzielane dla poszczególnych obszarów ze względu na swoistość ich budowy geologicznej. Dotyczy to przede wszystkim jednostek litostratygraficznych.

**Korelacja stratygraficzna** polega na wskazaniu odpowiedników wiekowych lub ciągłości obocznej osadów. Może to być dokonywane na podstawie różnych kryteriów (np. skamieniałości, litologii, danych radiometrycznych, znamion klimatu), a rezultatem jest stopniowa redukcja jednostek lokalnych na rzecz regionalnych i globalnych.

**Granice jednostki stratygraficznej** powinny możliwie dokładnie pokrywać się z zasięgiem występowania cech diagnostycznych tej jednostki. Granice jednostek należących do różnych kategorii stratygraficznych nie muszą się pokrywać. Najważniejsze są dolne i górne granice jednostki stratygraficznej, bo odzwierciedlają czasowe zmiany cech diagnostycznych, natomiast zasięg oboczny bywa trudny do prześledzenia. Niekiedy wyróżnia się **horyzont stratygraficzny**, reprezentujący powierzchnię lub cienką warstwę o wyraźnej pozycji w profilu stratygraficznym, często izochroniczną.

**Ustanawianie nowej jednostki stratygraficznej** wymaga publikacji w ogólnie dostępnym wydawnictwie naukowym napisanej w języku kongresowym (zazwyczaj w angielskim). Opis powinien zawierać następujące elementy:

- Nazwa własna jednostki, jej etymologia oraz lokalizacja występowania typowego (stratotyp);
- Rodzaj i ranga jednostki;
- Uzasadnienie celowości wydzielenia, zwłaszcza porównanie z sąsiednimi jednostkami tej samej rangi w danej kategorii klasyfikacyjnej, tło historyczne i synonimy;
- Definicja jednostki zawierająca wskazanie cech diagnostycznych, precyzyjnych kryteriów wyznaczania granic, ustalenie stratotypu (stratotypów) jednostki lub jej granic, z dokumentacją lub jej wskazaniem w literaturze geologicznej; stratotypy nie są niezbędne dla jednostek biostratygraficznych oraz dla tych jednostek, które są sumą jednostek niższego rzędu (a więc definiowanych przez swoje stratotypy);
- Aspekty regionalne jednostki;

- Wiek jednostki;
- Charakterystyka jednostki, stosunek do innych jednostek, ewentualnie ze wskazaniem dodatkowych opisów w literaturze;
- Literatura przedmiotu.

**Rewizja jednostki stratygraficznej** jest propozycją zmiany jednostki już istniejącej i wymaga takiego samego uzasadnienia, jak utworzenie nowej jednostki. Może być następstwem konieczności dokonania zmiany granic danej jednostki. Przy dzieleniu jednostki na nowe jednostki tej samej rangi, co pierwotna, nie wolno zachowywać nazwy pierwotnej dla żadnej z jednostek nowoutworzonych. Przy łączeniu jednostek pod jedną nazwą, nową nazwą wybiera się na zasadzie priorytetu (pozostawiając nazwę najstarszą), powszechności użycia w literaturze, kompletności profili stratotypowych, itp. Dopuszcza się uznanie nazwy młodszej za ważną, jeśli przemawiają za tym aspekty merytoryczne. Zaleca się raczej rewizję starszych jednostek niż tworzenie nowych.

**Stratotyp** powinien być w jak największym stopniu reprezentatywny dla wyróżnianej jednostki. Jest on wybranym profilem geologicznym (odsłonięcie, otwór wiertniczy), który zawiera wzorcowe następstwo warstw dla danej jednostki lub granicy stratygraficznej (Racki i Narkiewicz, 2006). Stratotyp nie musi zawierać wszystkich zmian litologicznych czy facjalnych, ale powinien być starannie wybierany lub wyznaczany oraz stanowić podstawę klarownej, jednolitej, trwałej i jednoznacznej definicji stratygraficznej.

- **Stratotyp jednostki stratygraficznej** jest wzorcowym (kompletnym) profilem osadów, stanowiącym podstawę definicji i charakterystyki danej jednostki stratygraficznej, której zakres czasowy jest zdefiniowany przez dwie powierzchnie graniczne, będące stratotypami granicy dolnej i górnej.
- **Stratotyp granicy stratygraficznej** jest powierzchnią charakterystyczną w obrębie wybranego następstwa osadów o ciągłej depozycji, stanowiący wzorzec dla definicji danej jednostki stratygraficznej przez wyróżnienie jej granicy. W osadach lądowych powierzchnie graniczne mogą nie być izochroniczne (np. wskutek postępującej transgresji lodowca lub morza).

- **Stratotyp złożony** tworzy się przez powiązanie kilku stratotypów cząstkowych, czyli obejmujących części profilu danej jednostki stratygraficznej.
- **Obszar stratotypowy (typowy) jednostki** lub **granicy stratygraficznej** jest obszarem, na którym znajduje się stratotyp; w przypadku braku stratotypu jest to obszar, na którym po raz pierwszy dokonano danego wyróżnienia stratygraficznego.
- **Holostratotyp** jest miejscem pierwszego określenia danej jednostki lub granicy stratygraficznej.
- **Parastratotyp** – dodatkowy profil stratygraficzny, wyznaczony i opisany w czasie ustanawiania jednostki stratygraficznej dla poszerzenia definicji ustanowionej przez stratotyp podstawowy (holostratotyp); zwykle znajduje się w obszarze stratotypowym.
- **Hipostratotyp** (profil odniesienia) jest stratotypem uzupełniającym zasięgu jednostki lub granicy stratygraficznej określonej przez odpowiedni stratotyp; ustanawia się go w celu rozszerzenia danej jednostki stratygraficznej na inny obszar geograficzny lub facjalny, a także może być podstawą lokalnej korelacji wiekowej.

Dla jednostek chronostratygraficznych o zasięgu międzynarodowym niezbędne są uzgodnienia międzynarodowe dotyczące wyznaczenia stratotypów granic. W przypadku czwartorzędu procedurze takiej winny być poddawane przede wszystkim jednostki chronostratygraficzne rangi piętra (por. Marks, 2010). Do tego celu służy ustanawianie globalnych profili i punktów stratotypowych (*Global Stratotype Section and Point – GSSP*), które podkreślają unikalną naturę granic formalnych jednostek geochronologicznych i chronostratygraficznych (Cowie et al., 1986). Wyznaczanie każdej takiej jednostki opiera się na koncepcji dwóch znaczników (tzw. „złoty gwoździ”) w dwóch profilach stratotypowych dla dolnych granic dwóch kolejnych jednostek, co pozwala zdefiniować odpowiedni odcinek czasu geologicznego. Jednostka chronostratygraficzna odpowiadająca temu odcinkowi czasu geologicznego obejmuje zestaw wszystkich osadów, które wówczas powstały.

Niektóre jednostki formalne w różnych kategoriach klasyfikacji stratygraficznej mają identyczne nazwy (np. piętro, poziom, kompleks,



faza). Dlatego kategoria zastosowanej klasyfikacji stratygraficznej powinna być zawsze jednoznacznie określona, a w przypadkach wątpliwych można uzupełnić nazwę jednostki o przymiotnikową formę klasyfikacji stratygraficznej (np. poziomy pyłkowy, kompleks morfostratygraficzny, faza klimatostratygraficzna, itp.).

## LITOSTRATYGRAFIA

Klasyfikacja litostratygraficzna jest podstawowym rodzajem klasyfikacji stratygraficznej i służy określaniu jednostek stratygraficznych na podstawie zasadniczych, możliwych do zaobserwowania cech litologicznych, ich zmienności oraz następstwa. Celem tej klasyfikacji jest ustalenie logicznego porządku warstw skalnych skorupy ziemskiej, co wyraża się określeniem wyróżnianych jednostek i ich zmienności oraz nadaniem im nazw własnych.

Osady będące przedmiotem klasyfikacji litostratygraficznej mają określony zespół właściwości litologicznych i litogenetycznych, pedologicznych i pedogenetycznych bądź kriostrukturalnych. Kryterium wyodrębniania jednostki litostratygraficznej stanowią zarówno pojedyncze cechy i zespoły, jak również zespoły właściwości (np. litologicznych *sensu stricto* i pedologicznych lub litologicznych *sensu stricto* i kriostrukturalnych).

Granice jednostek litostratygraficznych są określane na podstawie wyraźnej zmiany cechy wiodącej lub zespołu cech wiodących, stanowiących podstawowe kryterium wyróżniania danej jednostki. W przypadku stopniowej zmiany cech można definiować granice w takich miejscach, gdzie zachodzi określona wyraźna zmiana wzajemnych proporcji podstawowych składników litologicznych lub zmiana proporcji w cechach diagnostycznych ujętych ilościowo. Granice jednostek litostratygraficznych mogą być wyznaczane na podstawie obecności i typu pokrywy wietrzeniowej, obecności i charakteru struktur

glaciodynamicznych lub glacitektonicznych, rzeźby współczesnej lub kopalnej, występowania gleb kopalnych i struktur kriogenicznych.

W klasyfikacji litostratygraficznej wyróżnia się jako klasyfikacje podrzędne pedostratygraficzną i kriostratygraficzną. **Klasyfikacja pedostratygraficzna** ma na celu uporządkowanie w jednostki stratygraficzne powstałych na różnym podłożu skalnym gleb kopalnych i reliktowych, wyróżnianych na podstawie diagnostycznych cech biofizykochemicznych i morfologicznych. **Klasyfikacja kriostratygraficzna** ma na celu uporządkowanie w jednostki stratygraficzne epigenetycznych struktur peryglacialnych, uformowanych na różnym podłożu skalnym, a wyróżnianych na podstawie właściwych sobie cech diagnostycznych i ich zmienności. Litostratygrafia *sensu stricto* oraz pedostratygrafia i kriostratygrafia mają tę wspólną właściwość, że każda z nich dotyczy warstw osadów.

**Jednostka litostratygraficzna** jest warstwą lub zespołem warstw bądź poziomem lub zespołem poziomów glebowych lub kriostrukturalnych, przeważnie jednorodnych litologicznie lub pedologicznie i strukturalnie. Jednostka może składać się z kombinacji typów litologicznych (litotypów) albo mieć inne, wyraźne i sobie właściwe cechy strukturalne, petrograficzne, mineralogiczne, geochemiczne, geofizyczne, pedologiczne lub paleontologiczne. W przypadku jednostki pedostratygraficznej, którą jest gleba kopalna, do jej specyficznych cech różniących od skały macierzystej należą: morfologia, mikromorfologia, właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne. Wśród cech paleontologicznych jednostki litostratygraficznej uwzględnia się organizmy kopalne jedynie jako charakterystyczny składnik fizyczny lub element skałotwórczy (np. piaski muszlowe, diatomity, torfy, itp.).

Jednostki różnych klasyfikacji litostratygraficznych czwartorzędu są autonomiczne i nie są sobie podporządkowane hierarchicznie. Czynnikiem jednoczącym jednostki litostratygraficzne *sensu stricto*, jednostki pedostratygraficzne i jednostki kriostratygraficzne w jedną grupę taksonomiczną jednostek litostratygraficznych *sensu lato* jest fakt, że żadna z nich nie może istnieć, być wyróżniana lub opisywana bez istnienia osadu.

Jednostki litostratygraficzne są odbiciem określonych faz rozwoju geologicznego skorupy ziemskiej na obszarze, w którym zostały wy-

dzielone, ale zakres zmian litologicznych decydujących o wydzieleniu jednostki litostratygraficznej nie jest ściśle określony i zależy od budowy geologicznej danego obszaru. W odniesieniu do gleb kopalnych zakres zmian cech diagnostycznych powinien być zgodny z zasadami podziału gleb kopalnych. Jest pożądane, aby charakterystyczne cechy diagnostyczne jednostek litostratygraficznych były określane nie tylko jakościowo, ale także ilościowo.

Jednostka litostratygraficzna winna być określana i wyróżniana w taki sposób, aby było możliwe jej rozpoznanie w terenie, ocena jej geometrii oraz przedstawienie na przekroju geologicznym i na mapie (por. fig. 1).

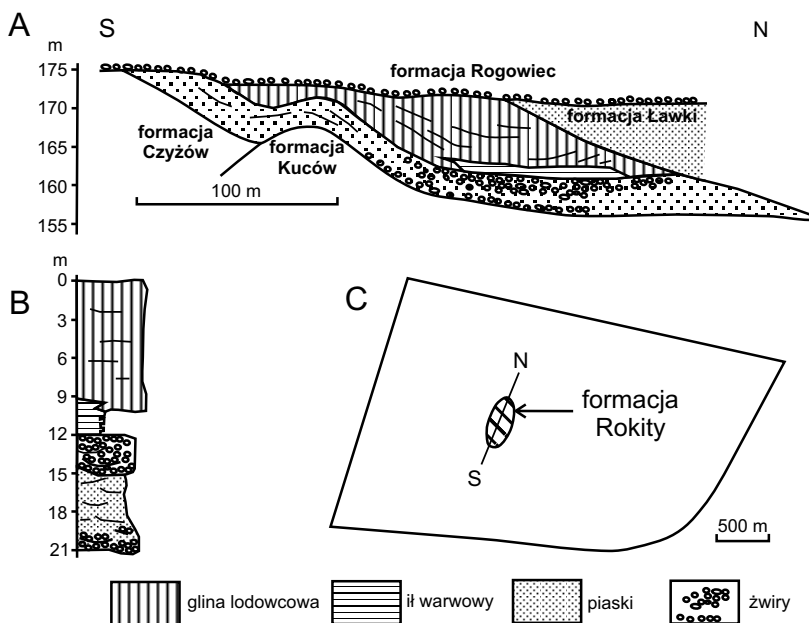


Fig. 1. Propozycja ustanowienia formacji w odkrywce Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów” według Krzyszkowskiego (1991), nieco zmodyfikowane  
 A – przekrój geologiczny, B – profil formacji, C – zasięg występowania formacji na tle zarysu odkrywki kopalni

**Formalna jednostka litostratygraficzna** jest częścią uporządkowanego systemu klasyfikacji i terminologii litostratygraficznej. Do formalnych jednostek litostratygraficznych należą:

- jednostki litostratygraficzne *sensu stricto*, czyli wyróżniane na podstawie litologicznych właściwości osadu;
- jednostki pedostratygraficzne, czyli wyróżniane na podstawie kryteriów pedologicznych;
- jednostki kriostratygraficzne, czyli wyróżniane na podstawie kryteriów kriogenetycznych.

**Granica jednostki litostratygraficznej** jest określona przez pojawienie się lub zanik cechy diagnostycznej lub ich zespołu. W przypadku stopniowej zmiany cech można definiować granicę w miejscu, gdzie zachodzi określona wyraźna zmiana wzajemnych proporcji podstawowych składników litologicznych lub zmiana proporcji w ilościowo ujętych cechach diagnostycznych. W przypadku jednostki pedostratygraficznej jej granicami są granice gleby kopalnej wyznaczone na podstawie takich cech diagnostycznych jak barwa, skład granulometryczny, występowanie lub brak węglanów oraz stopień cementacji podłoża macierzystego różnymi związkami. Ważnym kryterium przy ustalaniu granicy jednostki litostratygraficznej może być obecność i typ pokrywy wietrzeniowej, obecność i charakter struktur glacydynamicznych lub glacytektonicznych oraz rzeźba terenu (współczesna lub kopalna).

Granice dolna i górna każdej jednostki litostratygraficznej implikują pewien przedział czasowy jej formowania się, ale aspekty wiekowe nie są istotne przy jej definiowaniu. Zasięg przestrzenny jednostki litostratygraficznej jako realnie istniejącego ciała geologicznego nie może być zmieniony wskutek zmiany poglądów na wiek jej granic. Granice jednostek litostratygraficznych nie muszą być tożsame z granicami jednostek biostratygraficznych, morfostratygraficznych i chronostratygraficznych.

**Nazwa jednostki litostratygraficznej** (np. formacji, ogniwa, warstwy, gleby kopalnej i kriohoryzontu) jest tworzona z określenia geograficznego, ewentualnie w połączeniu z określeniem litologicznym, paleontologicznym, pedologicznym albo kriogenicznym. Człon geograficzny nazwy pochodzi od miejsca, miejscowości lub okolicy, gdzie

znajduje się stratotyp jednostki. Każda nazwa geograficzna może być użyta w nazwie jednostki tylko jednokrotnie, niezależnie od rangi tej jednostki. Oznacza to, że gdy jakaś nazwa geograficzna została użyta do określenia na przykład warstwy, to nie może być już zastosowana po raz drugi zarówno dla innej warstwy, jak i dla ogniwa, formacji lub grupy. Ten sam źródłosłów geograficzny można wyjątkowo wykorzystać w nazwie jednostki pedostratygraficznej lub kriostratygraficznej, jeśli znalezienie innego określenia geograficznego jest trudne (np. formacja z Ferdynandowa i gleba z Ferdynandowa). Przy tworzeniu nazw jednostek wyższego rzędu niż jednostka podstawowa (grupa, zespół gleb, kriozona) należy ograniczać się do określenia geograficznego, wywodzącego się od większych elementów geograficznych.

Określenia geograficzne w nazwach jednostek litostratygraficznych mogą być używane w formie przymiotnikowej lub rzeczownikowej. Forma rzeczownikowa (w połączeniu ze spójnikiem „z”) jest zalecana zwłaszcza w przypadkach, gdy forma przymiotnikowa jest trudna do utworzenia lub może powodować dwuznaczność w brzmieniu źródłosłowu.

W nazwie formalnej jednostki litostratygraficznej nie mogą być używane przedrostki „nad” lub „pod” w połączeniu z pochodną nazwy geograficznej, litologicznej, paleontologicznej, pedologicznej lub kriogenetycznej. Nie mogą być również stosowane przedrostki typu „meta”, „para”, „orto”, „sub” i „supra”. W terminologii formalnej nie dopuszcza się również stosowania takich określeń jak: „dolny”, „środkowy” i „górnny”, które wymagałyby powtarzania tego samego członu geograficznego w różnych jednostkach.

**Nieformalna jednostka litostratygraficzna** to jednostka ustalona niezgodnie z omówionymi zasadami formalizacji. Wiele określeń (terminów) litostratygraficznych, powszechnie będących w użyciu jak przykładowo warstwy, ławica, seria, sekwencja, kompleks, poziom czy horyzont należy zaliczyć do terminów nieformalnych. Istnieje bardzo dużo jednostek litostratygraficznych nieformalnych jak ily elbląskie, ławica paludinowa, seria dryasowa czy seria Ochoty. Niektóre z nich mają wieloletnią tradycję w stosowaniu i dlatego mogą pozostać w polskim nazewnictwie litostratygraficznym jako jednostki nieformalne. Każda z takich jednostek może zostać przemianowana na jednostkę

formalną po spełnieniu wszystkich warunków i zasad formalizacji. W takich przypadkach stara, tradycyjna nazwa będzie mogła być częściowo zachowana w nazwie jednostki sformalizowanej.

### **Litostratygrafia *sensu stricto***

Podstawą wydzielenia jednostki litostratygraficznej są jej cechy opisowe, ściśle powiązane z określonym środowiskiem sedymentacyjnym (Krzyszowski, 1991; Krzyszowski i Nita, 1995; Wysota 2002). Dotychczasowa praktyka badań czwartorzędu wykazała, że wydzielenie trzech rodzajów jednostek litostratygraficznych (formacja, ogniwo, warstwa) zapewnia na ogół przejrzystość i praktyczność podziału osadów czwartorzędowych, zarówno w skali lokalnej (*vide m.in.* Krzyszowski, 1991; Krzyszowski i Nita, 1995), jak i regionalnej (Makowska, 1986; Wysota, 2002). Brak dotychczas przykładów w literaturze polskiej wydzielenia grupy, czyli jednostki nadrzędnej w stosunku do formacji, chociaż takie jednostki litostratygraficzne czwartorzędu są wyróżniane w podziałach stratygraficznych w innych krajach (np. McMillan, 2005).

**Formacja** to podstawowa jednostka litostratygraficzna, która bez względu na miąższość osadów czy też ich ciągły lub nieciągły charakter powinna odznaczać się takim zespołem cech litologicznych, które umożliwiają podstawowy podział osadów czwartorzędowych (fig. 2). Formacja powinna być możliwa do odwzorowania kartograficznego w skali 1:50 000 i większej. Miąższość osadów nie stanowi ograniczenia przy wyodrębnianiu formacji. Formacja może mieć charakter ciągły lub nieciągły, może być jednorodna genetycznie i litologicznie lub być kombinacją dwu lub więcej litotypów. Zmienność cech wewnątrz formacji może być jej ogólną cechą wspólną, wyróżniającą spośród innych jednostek. W obrębie formacji nie powinno być większych niezgodności kątowych lub stratygraficznych, zaś mogą występować nieznaczne przerwy erozyjne. Liczba formacji w danym regionie w praktyce nie jest ograniczona, a ich wyodrębnienie zależy od lokalnych warunków geologicznych oraz od wyboru kryteriów pozwalających zdefiniować te formacje. Zgodnie z proponowanym kryterium litogenetycznym zasadniczym wyróżnikiem w obrębie formacji

jest przynależność do jednej z dwóch grup środowisk depozycyjnych: glacialnych i nieglacialnych. Formację glacialną lub nieglacialną mogą tworzyć osady należące do jednego lub kilku środowisk depozycyjnych. W tym drugim przypadku istnieje więc uzasadniona potrzeba wydzielenia w obrębie formacji jednostek litostratygraficznych niższego rzędu jak ogniwa lub warstwy, przy czym podział formacji może być całkowity lub częściowy (fig. 3). Formalnych jednostek litostratygraficznych innej rangi nie wolno jednak wydzielać bez wcześniejszego wyróżnienia formacji.

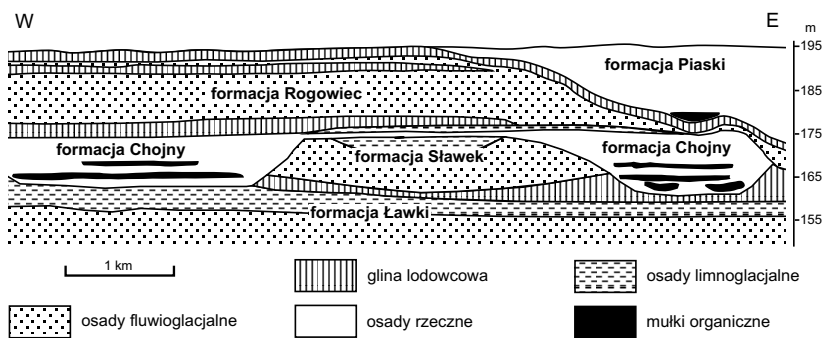


Fig. 2. Schematyczny przekrój geologiczny wzdłuż ściany odsłonięcia pokazujący podział na formacje w odkrywce Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów” według Krzyszkowskiego i Nity (1995), nieco zmodyfikowane

**Ogniwo** jest jednostką litostratygraficzną pośrednią pomiędzy formacją a warstwą, przy czym cała formacja lub tylko jej część może być podzielona na ogniwa, chociaż taki podział nie jest obligatoryjny. Ogniwo może być jednorodnie litologicznie lub składać się z dwu i więcej typów osadów. W formacjach glacialnych ogniwa dokumentują środowiska depozycji: glacialnej *sensu stricto*, glacialfluwalnej, glaciallimnicznej i marinoglacialnej, natomiast w formacjach nieglacialnych – środowiska depozycji: fluwalnej, limnicznej, bagiennej, eolicznej, itp. W przypadku w pełni udokumentowanego ogniwa i normalnego następstwa stratygraficznego jego odmian litologicznych, można dokonać w nim wydzielenia jednostek niższego rzędu, czyli warstw.



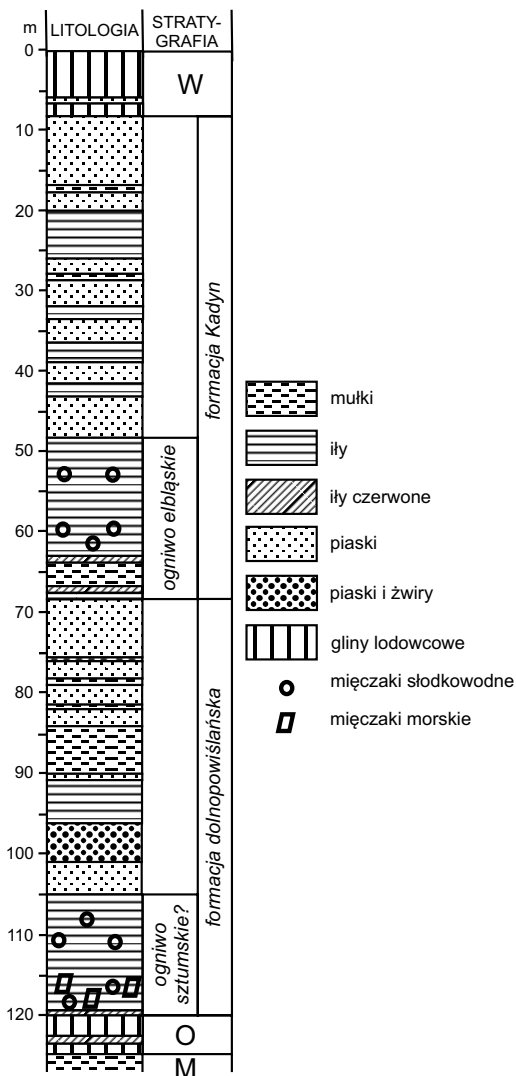


Fig. 3. Podział litostratigraficzny osadów w profilu otworu wiertniczego w Nadbrzeżu według Makowskiej (1986), nieco zmodyfikowane  
 M – interglacjał mazowiecki, O – zlodowacenie odry, W – stadiał główny zlodowacenia wisły

**Warstwa** jest jednostką litostratygraficzną najniższej rangi, jednorodną litologicznie. Przykładowo, w ogniwie glacialnym warstwa może identyfikować subsródownisko równiny dennej zbiornika glacialimnicznego, natomiast w ogniwach nieglacialnych może to być warstwa identyfikująca subsródownisko pozakorytowe rzeki. Warstwa ma zwykle miąższość od 1 cm do kilkunastu metrów i może występować równocześnie w różnych jednostkach wyższego rzędu. Odnosi się to zwłaszcza do warstw przewodnich w sensie stratygraficznym, nazywanych horyzontami lub poziomami przewodnimi (wskaźnikowymi), które charakteryzują się dużą rozciągłością poziomą przy niewielkiej miąższości, a przy tym są zazwyczaj izochroniczne (np. warstwa popiołu wulkanicznego).

**Grupa** jest jednostką litostratygraficzną nadrzędną w stosunku do formacji. Zawiera przynajmniej 2 formacje o wspólnych lub pokrewnych charakterystycznych elementach litologicznych. Grupy oddzielone są od siebie zwykle większymi niezgodnościami kątowymi lub nieciągłościami stratygraficznymi, ale mogą być także wyróżniane dla podkreślenia związku litologicznego między formacjami przechodzącymi w siebie stopniowo. Wydzielanie grupy powinno mieć miejsce jedynie w uzasadnionych przypadkach, gdy ma to istotne znaczenie dla celów praktycznych w kartografii, opracowaniach regionalnych lub złożowych (por. Racki i Narkiewicz, 2006).

Skład formacji w grupie może zmieniać się lateralnie. Jeżeli grupa rozciągając się poza obszar, na którym została ustanowiona na podstawie formacji wchodzących w jej skład, traci zróżnicowanie litologiczne stanowiące podstawę wyróżnienia formacji, to wówczas jej ranga zostaje obniżona do formacji (por. Racki i Narkiewicz, 2006).

### **Pedostratygrafia**

Charakterystyka gleb kopalnych powinna obejmować analizę ich profili określanych mianem pedonów. Ze względu na położenie pedonów gleb kopalnych w profilu stratygraficznym można wyróżnić dwa rodzaje jednostek pedostratygraficznych: glebę kopalną i zespół gleb kopalnych.

**Gleba kopalna** jest podstawową jednostką pedostratygraficzną, którą można wyróżnić jako formalną jedynie wtedy, gdy występują składowe poziomy diagnostyczne pozwalające na określenie typu gleby.

**Zespół gleb kopalnych** jest nadrzędną jednostką pedostratygraficzną, złożoną co najmniej z dwóch gleb kopalnych. W niektórych przypadkach młodsze gleby kopalne mogły powstać na podłożu osadów, które pogrzebały gleby starsze, co wskazuje na przerwę w procesach glebotwórczych i przyczyniło się do izolacji gleb starszych przed wpływem pedogenezy młodszej. Innym przykładem zespołu gleb kopalnych jest **pedokompleks**, odzwierciedlający złożone i wieloetapowe procesy glebotwórcze. Zawiera on przynajmniej dwie gleby, z których młodsza została uformowana w obrębie poziomów gleby starszej, przez co ich właściwości fizykochemiczne i mikromorfologiczne są wynikiem co najmniej dwóch faz glebotwórczych, przy czym młodsza nakłada się na starszą, modyfikując wcześniej wykształcony profil glebowy. Sytuacja taka może mieć miejsce, gdy młodsze procesy glebotwórcze wnikną w stropowe partie gleby starszej lub gdy gleba młodsza formuje się bezpośrednio w obrębie pedonu starszej. Gleba starsza nabiera wówczas charakteru relikтового, a przy wysokim stopniu zaawansowania procesów pedogenicznych może dojść do całkowitego zatarcia jej cech.

Za formalną jednostkę pedostratygraficzną można uznać wyłącznie taką, która ma określone poziomy diagnostyczne dla konkretnego typu gleby. Gleby określane jako interglacjalne posiadają jednoznaczną pozycję stratygraficzną, co umożliwia uznanie ich za **stratotypy glebowe**, charakteryzujące się wysokim stopniem zaawansowania pedogenezy wyrażonej wykształceniem poziomów glebowych diagnostycznych.

## **Kriostratygrafia**

Formalne jednostki kriostratygraficzne to wystąpienia takich struktur post-sedymentacyjnych lub ich zespołów, które mają ściśle określone cechy diagnostyczne, będące efektem działania procesów mrozowych i obecności wieloletniej zmarzliny (np. wypełnienia po klinach i szczelinach mrozowych, struktury soliflukcyjne i krioturbacyjne).

---

Wykazując ściśle określone cechy diagnostyczne właściwe dla odpowiednich rodzajów takich struktur, mogą być ujmowane w dwie kategorie jednostek formalnych: kriohoryzont i kriozona.

**Kriohoryzont** jest podstawową jednostką kriostratygraficzną, która zawiera tylko jedną generację struktur. Miąższość takiej jednostki zależy od pionowego zasięgu struktur i nie stanowi ograniczenia przy jej wyróżnianiu. Ten sam kriohoryzont może wchodzić w skład różnych kriozon.

**Kriozona** jest nadrzędną jednostką kriostratygraficzną obejmującą co najmniej dwa kriohoryzonty i nie może być wyróżniona bez ich uprzedniego wyodrębnienia. Kryterium miąższości nie stanowi ograniczenia przy wyróżnianiu kriozony.

Zarówno kriohoryzont jak i kriozona mogą być odwzorowane kartograficznie. Górna granica jednostki kriostratygraficznej jest zawsze granicą ostrą, zaś dolną wyznacza pionowy zasięg struktur epigenetycznych (Lindner i Bogucki, 2002). Jednostka kriostratygraficzna, w której nie można w sposób jednoznaczny rozdzielić generacji różnych struktur nie powinna podlegać formalizacji.



## MORFOSTRATYGRAFIA

Zajmuje się porządkowaniem stratygraficznym form i typów rzeźby powierzchni Ziemi na podstawie ich cech morfometrycznych, morfogenetycznych i morfochronologicznych. W niektórych przypadkach, przy odpowiedniej ilości danych z otworów wiertniczych, umożliwia to również identyfikowanie oraz porządkowanie stratygraficzne kopalnych form rzeźby tworzących paleopowierzchnie (Lindner, 1987).

Jednostki morfostratygraficzne są wyznaczane na podstawie zespołu form lub typów rzeźby (np. lodowcowej, rzecznej, eolicznej, jeziornej, wybrzeża morskiego), występujących na jakimś obszarze i różniących się od sąsiednich cechami geomorfologicznymi lub paleogeomorfologicznymi. Odzwierciedlają one określone etapy rozwoju rzeźby powierzchni Ziemi na obszarze, na którym zostały wydzielone oraz umożliwiają wyznaczenie na mapie zasięgu form i typów rzeźby powierzchniowej lub kopalnej. Jednostki ciągłe lateralnie zachowują swój charakter na dużym obszarze występowania.

Jednostka morfostratygraficzna może być wyróżniona na podstawie charakterystyki morfometrycznej, morfogenetycznej i morfochronologicznej form i typów rzeźby. Może być także scharakteryzowana przez kombinację dwóch lub więcej form rzeźby (np. lodowcowej, rzecznej i eolicznej czy rzecznej i denudacyjnej). Granice jednostek morfostratygraficznych określa zmiana wzajemnych stosunków podstawowych cech geomorfologicznych lub paleogeomorfologicznych, a więc zarówno na powierzchni terenu, jak i w stanie kopalnym. Granice jednostek morfostratygraficznych mogą przecinać skośnie granice jednostek

biostratygraficznych i litostratygraficznych, a zatem nie muszą być z nimi izochroniczne. Obszar stratotypowy jednostki morfostratygraficznej to obszar, na którym znajduje się zespół form lub typów rzeźby diagnostycznych dla danej jednostki. Nazwa jednostki morfostratygraficznej pochodzi od nazwy geograficznej: obszaru typowego lub miejscowości występowania.

Wyróżnia się tradycyjnie cztery jednostki morfostratygraficzne: kompleks, stadium, faza i etap (fig. 4, 5).

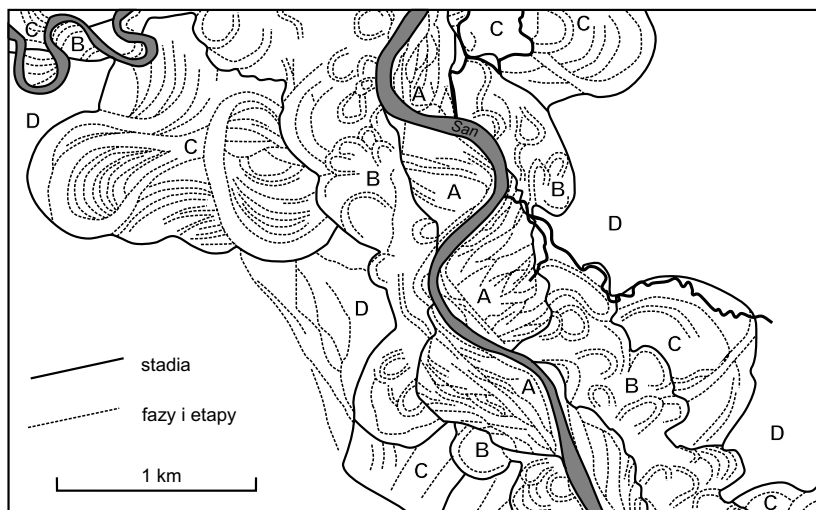


Fig. 4. Jednostki morfostratygraficzne w dolinie rzecznej (Lindner, 1987), na przykładzie doliny Sanu w rejonie Leżajska według A. Szumańskiego (Starkel, 1977), uproszczone i zmodyfikowane; stadium i fazy chłodne charakteryzuje rozwinięcie roztokowe, a stadium i fazy ciepłe – rozwinięcie meandrowe koryt rzecznych; etap jest zaznaczony przez rozwój systemów meandrowych na powierzchni tarasu. Tarasy niskie: A – ze śladami rzeki roztopowej, B – ze śladami generacji małych meandrów, C – ze śladami wielkich meandrów; D – taras średni ze śladami rzeki roztokowej

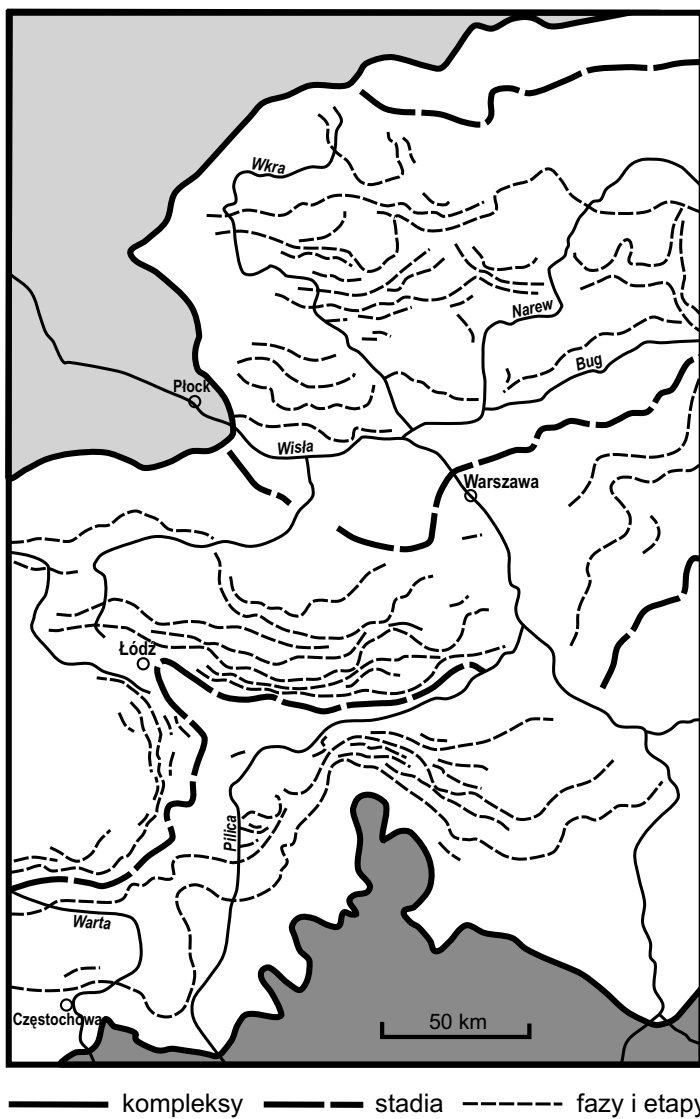


Fig. 5. Jednostki morfostratygraficzne w Polsce Środkowej na podstawie Różyckiego (1972), uproszczone i zmodyfikowane



**Kompleks** jest główną jednostką klasyfikacji morfostratygraficznej czwartorzędu (np. kompleks vistuliański, kompleks eemski, kompleks odrzański, kompleks mazowiecki). W większości przypadków kompleks jest jednostką morfostratygraficzną dającą się ująć kartograficznie. Kompleks może być reprezentowany przez zespół form i typów rzeźby i musi mieć określony obszar typowy. Pożądane jest również określenie pomocniczych obszarów typowych. Nie zaleca się stosowania w nazwie kompleksu określeń paleontologicznych. Jeżeli zachodzi uzasadniona potrzeba, w obrębie kompleksu mogą być wyróżnione jednostki morfostratygraficzne niższego rzędu, przy czym podział może być całkowity lub częściowy, pozostawiając jego części jako wydzielenia nieformalne.

**Stadium** jest jednostką morfostratygraficzną, wyróżnioną w obrębie kompleksu (np. stadium radomki, stadium pilicy, stadium warty). Stadium jest zawsze częścią kompleksu, ale może być zdefiniowane bez wydzielenia jednostki wyższego rzędu. Wyróżnianie stadium jest wskazane tylko wówczas, gdy służy to określonej celowi. Stadium ma własną nazwę pochodzącą od nazwy geograficznej, która nie może być identyczna z nazwą kompleksu. W większości przypadków stadium jest jednostką morfostratygraficzną dającą się ująć kartograficznie.

**Faza** jest jednostką morfostratygraficzną wydzielaną w miarę potrzeby w obrębie stadium (np. faza leszna, faza gowarczowa), ale może być wyróżniana bez wydzielenia jednostki wyższego rzędu. W większości przypadków faza jest jednostką dającą się ująć kartograficznie.

**Etap** jest jednostką morfostratygraficzną najniższej rangi, wydzielaną w miarę potrzeby w obrębie różnych jednostek morfostratygraficznych wyższego rzędu. Etap ma własną nazwę pochodzącą od nazwy geograficznej, która nie może być identyczna z żadną inną nazwą jednostek wyższego rzędu. W większości przypadków etap jest jednostką dającą się ująć kartograficznie.

Granice jednostek morfostratygraficznych nie są tożsame z granicami jednostek biostratygraficznych, litostratygraficznych i chronostratygraficznych. Ze względu na szczególną przydatność szczątków organicznych do stratygraficznej korelacji wiekowej, metoda biostratygraficzna jest często wykorzystywana do ustanawiania, wyróż-

---

niania i definiowania jednostek morfostratygraficznych. Jednostki morfostratygraficzne same bądź w połączeniu z innymi kategoriami jednostek stratygraficznych mogą być wykorzystywane do ustanawiania, wyróżniania i definiowania jednostek chronostratygraficznych i klimatostratygraficznych.



## **BIOSTRATYGRAFIA**

Celem klasyfikacji biostratygraficznej czwartorzędu jest wydzielanie w osadach jednostek na podstawie analizy zasięgów stratygraficznych przewodnich taksonów kopalnych, czyli skamieniałości przewodnich (por. Racki i Narkiewicz, 2006). Klasyfikacja ta zasadniczo odzwierciedla historię rodową (filogenezę) organizmów żywych, w której podstawową rolę ma powstawanie i wymieranie taksonów, a jednorazowość wydarzeń filogenetycznych stanowi o unikalnym charakterze biostratygrafii i jej potencjale korelacyjnym. Ze względu na krótkotrwałość czwartorzędu oraz ograniczoną ewolucję flory i fauny w tym czasie, o wiele większe znaczenie stratygraficzne odgrywa jednak migracja zwierząt i przemieszczanie stref roślinnych, zachodzące w reakcji na zmiany klimatu. W biostratygrafii czwartorzędu przydatne są przede wszystkim taksony wskaźnikowe, charakterystyczne dla określonych warunków środowiskowych i klimatycznych. Powinno się dążyć do nadania jednostkom biostratygraficznym znaczenia globalnego, ponieważ wiele granic jednostek chronostratygraficznych i klimatostratygraficznych o zasięgu regionalnym jest definiowanych na podstawie kryteriów paleontologicznych.

Jednostka biostratygraficzna obejmuje osady o różnej genezie i wykształceniu, wyodrębnione na podstawie ich zawartości paleontologicznej. Formalne jednostki biostratygraficzne powinny być ustanawiane na podstawie skamieniałości równowiekowych z zawierającymi je osadami, czyli autochtonicznych (występujących w miejscu życia organizmów), para-autochtonicznych (poza miejscem życia, podle-

gających transportowaniu,) oraz mieszanych (zawierających jednowiekowe elementy autochtoniczne i para-autochtoniczne). W żadnym przypadku nie można wykorzystywać do ustalenia formalnych jednostek skamieniałości, które mogą znajdować się na złożu wtórnym.

Jednostki biostratygraficzne mogą być wzajemnie powiązane lub niepowiązane, przy czym jednostki powiązane charakteryzuje występowanie wspólnych granic (dolna granica kolejnej jednostki jest zarazem górną granicą jednostki poprzedzającej). Z kolei jednostki niepowiązane nie mają wspólnych granic, a więc ich zasięgi stratygraficzne nie stykają się.

Nazwa jednostki biostratygraficznej jest nadawana od dominującego gatunku lub gatunków (w przypadku zespołu), jak również od taksonu (taksonów) uznawanych za szczególnie charakterystyczne, chociaż nie muszą one być i zazwyczaj nie są elementem dominującym w zespole. Jednostka biostratygraficzna nosi nazwę zwykle od jednego lub dwóch taksonów nominalnych, z których żaden nie musi być taksonem wskaźnikowym, czyli diagnostycznym dla wyróżnienia określonej jednostki. Dany takson może być wskaźnikowy dla większej liczby jednostek biostratygraficznych w przypadku użycia nazw więcej niż jednego taksonu. Zasięg stratygraficzny taksonu nie musi pokrywać się (i zazwyczaj się nie pokrywa) z zasięgiem stratygraficznym jednostki.

Niektóre osady nie zawierające skamieniałości mogą być wyróżniane w postaci międzypoziomów lub śródpodziomów jałowych. Jednostki te nie są formalnymi jednostkami biostratygraficznymi, toteż nie ustanawia się wiążących zasad stanowiących o tworzeniu ich nazw. Wprowadzenie takich terminów wydaje się pożądane tylko wówczas, gdy nie przyjmuje się możliwości występowania luki stratygraficznej w profilu, a brak skamieniałości w niektórych osadach jest wynikiem cech tych osadów.

Dopuszczalne, a często nawet pożądane jest kwalifikowanie tych samych osadów do różnych jednostek biostratygraficznych (np. poziomy zespołów pyłkowych, poziomy okrzemkowe i poziomy malakologiczne).

W biostratygrafii czwartorzędu największą rolę odgrywa w jej części paleobotanicznej palinostratygrafia, natomiast w biostratygrafii paleozoologicznej – malakostratygrafia i teriostratygrafia oraz antro-

postratygrafia, chociaż ta ostatnia, z racji innego zakresu badań jest traktowana odrębnie. W ostatnim czasie pewnego znaczenia zaczynają nabierać klasyfikacje biostratygraficzne oparte na innych zespołach skamieniałości roślinnych i zwierzęcych. Wśród nich, w klasyfikacjach paleobotanicznych największą rolę zaczynają odgrywać obecnie podziały biostratygraficzne przeprowadzone na podstawie makroszczątków roślinnych i okrzemek. Podejmowane próby klasyfikacji stratygraficznej tych grup skamieniałości są wzorowane na klasyfikacji palinostratygraficznej.

## **BIOSTRATYGRAFIA PALEOBOTANICZNA**

### **Palinostratygrafia**

Palinostratygrafia zajmuje się porządkowaniem i klasyfikacją osadów na podstawie zawartych w nich sporomorf (pyłku i zarodników roślin), a ostatnio również tzw. ekstra-palinomorf (cenobia glonów i zarodniki grzybów).

Jednostka palinostratygraficzna jest określona przez osady, wyodrębnione na podstawie składu jakościowego i ilościowego sporomorf. Może być wyróżniana na podstawie ilościowego występowania wybranych taksonów, ich wartości wskaźnikowej lub wyróżniającej (np. dla określonych warunków środowiskowych lub klimatu) oraz na podstawie następstwa taksonów. Jednostka palinostratygraficzna może być definiowana tylko w obrębie granic występowania cech palinologicznych, które stanowiły podstawą do jej wyróżnienia.

Istnieją trzy formalne jednostki palinostratygraficzne (od rangi najwyższej do najniższej):

- sukcesja pyłkowa,
- poziom pyłkowy,
- podpoziom pyłkowy.

Przyjmuje się możliwość wyróżnienia dodatkowej jednostki pomiędzy poziomem pyłkowym a sukcesją pyłkową jako tzw. piętro pyłkowe, zaproponowane przez Szafera (1953), a odpowiadające super-zonie Hedberga (1976).

**Poziom pyłkowy** (poziom zespół pyłkowy, odpowiednik angielskiego *pollen assemblage zone*) jest podstawową formalną jednostką palinostratygraficzną (fig. 6). Obejmuje osady, charakteryzujące się występowaniem określonego, naturalnego zespołu sporomorf. Poziom zespołu pyłkowego może mieć rangę lokalną lub regionalną.

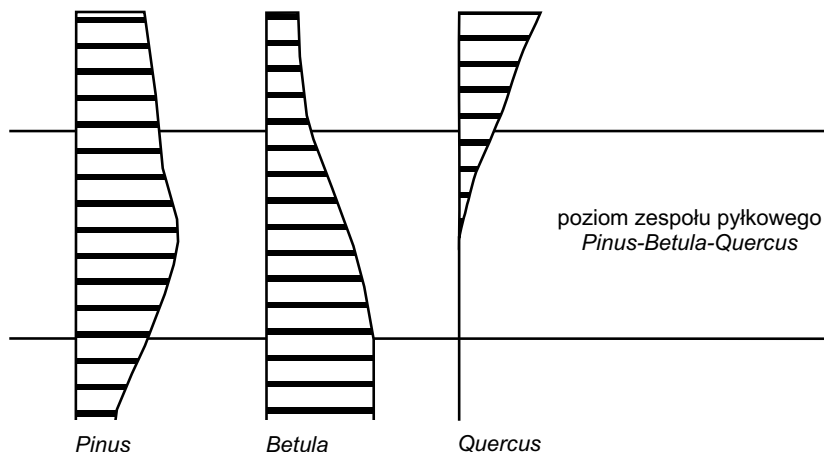


Fig. 6. Przykład definiowania poziomu zespołu pyłkowego (Mojski, 1988)

Nazwa składa się z terminu ‘poziom zespołu pyłkowego’ oraz nazwy charakterystycznego taksonu lub taksonów występujących w obrębie poziomu. W przypadku posługiwania się taksonami w randze gatunku należy używać pełnej nazwy składającej się z nazwy rodzaju i epitetu gatunkowego. W wyjątkowych przypadkach dopuszcza się użycie, oprócz łacińskiej nazwy taksonu, innego ogólnie przyjętego terminu, na przykład NAP, czyli pyłek nie-drzew (*Non-Arboreal Pollen*) (np. poziom zespołu pyłkowego *Quercus-Ulmus-Corylus*, poziom zespołu pyłkowego *Pinus-Betula-NAP*, poziom zespołu pyłkowego *Betula nana-NAP*). Nazwa poziomu pyłkowego nie powinna składać się z większej liczby aniżeli czterech członów (fig. 6). Poszczególne taksony składające się na zespół charakteryzujący dany poziom zespołu pyłkowego mogą wykraczać swym zasięgiem stratygraficznym

i geograficznym poza zasięg tego poziomu. Nie wszystkie taksony charakteryzujące dany poziom zespołu pyłkowego muszą dorównywać swym zasięgiem stratygraficznym zasięgowi tego poziomu. Poszczególne partie osadu mogą być zaliczane do poziomu zespołu pyłkowego również w przypadku występowania w nich tylko części taksonów charakteryzujących dany poziom.

**Podpoziom pyłkowy** jest formalną jednostką palinostratygraficzną podrzędną w stosunku do poziomu zespołu pyłkowego. Każdy podpoziom palinostratygraficzny jest częścią jakiegoś poziomu palinostratygraficznego i nie może wykraczać poza jego zasięg stratygraficzny i geograficzny. W obrębie poziomu pyłkowego może być wyróżnionych kilka podpoziomów, jednak poziom nie musi być całkowicie podzielony na podpoziomy. W obrębie tego samego poziomu zespołu pyłkowego mogą być wyróżnianie w różnych profilach inne podpoziomy. Nazwę podpoziomu pyłkowego tworzy się na tych samych zasadach, co nazwę poziomu zespołu pyłkowego. Ten sam takson może być taksonem wyróżniającym dla poziomu oraz jednego z podporządkowanych mu podpoziomów.

**Sukcesja pyłkowa** jest jednostką palinostratygraficzną składającą się przynajmniej z dwóch poziomów pyłkowych. Może ona służyć do ustanowienia, definiowania i wyróżniania jednostek chronostratygraficznych. Obejmuje osady, charakteryzujące się określonym następstwem poziomów pyłkowych, dającym obraz rozwoju flory pyłkowej. Sukcesja może być lokalna lub regionalna. Nazwa takiej jednostki składa się z terminu ‘sukcesja pyłkowa’ (ponieważ jest sukcesją flory pyłkowej) oraz nazwy jednostki chronostratygraficznej, którą wyznacza (np. holocenińska sukcesja pyłkowa), nazwy miejscowości, gdzie znajduje się stratotyp osadów scharakteryzowanych przez daną sukcesję (np. ferdynandowska sukcesja pyłkowa) lub nazwy miejscowości, w której po raz pierwszy w Polsce wyróżniono poziomy tej jednostki (np. imbramowicka sukcesja pyłkowa).

Wprowadzenie międzypoziomu bądź śródpodziomu jałowego wskazuje na ciągłość sukcesji pyłkowej. Przykładem może być sytuacja, gdy w osadach jeziornych (mułkach, gytii) i bagiennych (torfach) obfitujących w sporomorfy, występują nikłej miąższości osady grubopiaszczyste, nie zawierające sporomorf.



**Między poziom jałowy** obejmuje osady nie zawierające skamieniałości, a występujące między dwoma poziomami palinostratygraficznymi. Nazwa międzypoziomu jałowego może być złożona z terminu ‘między poziom jałowy’ i nazw taksonów poziomów palinostratygraficznych – podścielającego i wyżej leżącego. W takim przypadku nazwa taksonu wyróżniającego poziom podścielający powinna zostać wymieniona jako pierwsza.

**Śródpoziom jałowy** obejmuje osady pozbawione skamieniałości, zawarte w obrębie poziomu palinostratygraficznego. Śródpoziomy jałowe mogą być określane nazwami, na przykład ‘śródpoziom jałowy w dolnej części poziomu zespołu pyłkowego Pinus – Betula – NAP’.

## BIOSTRATYGRAFIA PALEOZOologiczna

Jednostkami formalnymi są osady wyodrębnione na podstawie obecności taksonu przewodniego, obecności przeciwstawionej nieobecności taksonów wskaźnikowych, obecności pełnego lub niepełnego zespołu taksonów charakteryzujących dany przedział stratygraficzny, określonego sposobu bytowania, środowiska przyrodniczego i warunków paleoklimatycznych, a także zmian liczebności charakterystycznych taksonów, zaniku lub pojawiania się pojedynczych taksonów lub ich zespołów oraz szczególnie licznego występowania określonego taksonu. Ważne jest, aby podstawa wyróżnienia danej jednostki była wyraźnie określona.

### Malakostratygrafia

Malakostratygrafia zajmuje się porządkowaniem i wiekową klasyfikacją osadów czwartorzędowych na podstawie występujących w nich skamieniałości mięczaków, (ślimaków i małży), ale mających na ogół znaczenie lokalne lub najwyżej regionalne. Skorupki mięczaków są zazwyczaj mało mobilne w środowiskach sedymentacyjnych i bardzo łatwo ulegają zniszczeniu w stopniu uniemożliwiającym oznaczenie do rangi gatunku, a często nawet do rangi rodzaju. Domieszka elementów starszych jest najczęściej niewielka i zwykle łatwa do wychwycenia,

a w związku z tym wpływ domieszek na wnioskowanie stratygraficzne jest zazwyczaj mały lub wręcz nieistotny.

Znaczenie stratygraficzne pojedynczych taksonów mięczaków w badaniach osadów czwartorzędowych jest stosunkowo niewielkie. Możliwe jest wyróżnienie jedynie trzech grup taksonów o znaczeniu stratygraficznym dla obszaru Polski. Pierwszą z nich są formy, które całkowicie wymarły, zarówno same taksony (np. *Theodoxus serratilineiformis* Geyer, *Viviparus diluvianus* (Knuth), *Corbicula fluminaris* (Müller), *Pisidium sculatum* (Wood) i *Vallonia tenuilabris* Braun), jak i ich ekoformy (np. *Pupilla muscorum loessica* Ložek i *Pupilla muscorum densegyrata* Ložek). Grupa druga obejmuje gatunki przybyłe na obszar Polski, głównie w wyniku działalności człowieka (np. *Potamopyrgus antipodarum* (Gray) i *Physa acuta* Draparnaud). Do grupy trzeciej zaliczyć można taksony występujące tylko w określonej pozycji stratygraficznej, ale współcześnie żyjące w innych krajach Europy, na przykład *Drobacia banatica* (Rossm.) lub *Belgrandia marginata* (Mich.).

Podstawowe znaczenie w malakostratygrafii czwartorzędu mają zespoły mięczaków. Zmiany ich składu i struktury były związane najczęściej z migracją, spowodowaną przez zmiany klimatu skutkujące istotnymi zmianami środowiskowymi, a zwłaszcza przebudową formacji roślinnych mających fundamentalne znaczenie dla rozwoju i składu gatunkowego asocjacji malakologicznych. Jednostki malakostratygraficzne mają więc charakter lokalny lub częściej regionalny, zarówno w znaczeniu geograficznym jak i klimatycznym. W obrębie regionów geograficznych są uwarunkowane charakterem siedlisk (np. wodne, otwarte lądowe, zalesione, podmokłe). Korelacja pomiędzy jednostkami wyróżnianymi w osadach tego samego wieku, ale reprezentujących różne siedliska, nawet w obrębie tego samego regionu geograficznego, może nastrożać znaczne trudności.

**Poziom malakostratygraficzny** (zona malakostratygraficzna) jest podstawową jednostką malakostratygraficzną, która obejmuje osady zawierające określony zespół mięczaków bądź rzadziej, charakterystyczne taksony. Ze względu na niewielkie odcinki czasu, które obejmują poziomy malakostratygraficzne wydzielanie mniejszych jednostek (podpoziomy/podzony) jest praktycznie niemożliwe i często

dyskusyjne. Poziomy malakostratygraficzne mają mniej lub bardziej ograniczony zasięg geograficzny, głównie wskutek silnej zależności między składem zespołów mięczaków a cechami środowiska, determinowanymi przez warunki klimatyczne i dominującą formację roślinną. W obrębie poszczególnych regionów geograficznych granice pomiędzy poziomami mogą być uważane za synchroniczne. Granice między poziomami wyznaczane dla różnych regionów geograficznych (nawet sąsiadujących ze sobą) są zazwyczaj diachroniczne. Nazwa poziomu malakostratygraficznego składa się z terminu ‘poziom malakostratygraficzny’ oraz łacińskiej nazwy jednego lub dwóch taksonów, bez podania nazwisk kreatorów i pisanych kursywą (np. poziom malakostratygraficzny *Discus ruderatus*).

Typy poziomów malakostratygraficznych wyróżnia się ze względu na zróżnicowanie fauny, a także specyficzny skład zespołów mięczaków. Z tego powodu precyzyjne określenie typu poziomu malakostratygraficznego jest bardzo istotne (fig. 7).

- **Malakostratygraficzny poziom zespołowy** (malakostratygraficzna zona zespołowa, poziom zespołu mięczaków) jest główną i najczęściej stosowaną jednostką podziału malakostratygraficznego (fig. 7A). Jest wyróżniany na podstawie składu i struktury zespołu mięczaków, a jego granice są wyznaczane momentem pojawienia się charakterystycznej asocjacji malakologicznej. Nazwa poziomu jest nadawana od taksonu/taksonów dominujących w zespole (np. malakostratygraficzny poziom zespołowy *Valvata piscinalis*, malakostratygraficzny poziom zespołowy *Pupilla muscorum loessica* i *Vallonia tenuilabris*) lub od taksonu/taksonów uznawanych za szczególnie charakterystyczne (np. malakostratygraficzny poziom zespołowy *Discus perspectivus*, malakostratygraficzny poziom zespołowy *Vertigo genesii* i *Vertigo geyeri*). W tym drugim przypadku taksony nominalne (wskaźnikowe) nie muszą być i zazwyczaj nie są elementem dominującym w zespole.
- **Malakostratygraficzny poziom rozkwitu** (malakostratygraficzna zona rozkwitu) jest jednostką malakostratygraficzną wyróżnianą na podstawie gatunku szczególnie licznie występującego (fig. 7B). W skrajnych przypadkach jest to jedyny takson występujący w osadzie. Nazwa poziomu zawsze pochodzi od gatunku dominującego.

Jego zasięg stratygraficzny jest jednak większy od zasięgu poziomu (np. malakostratygraficzny poziom rozkwitu *Pupilla muscorum loessica*).

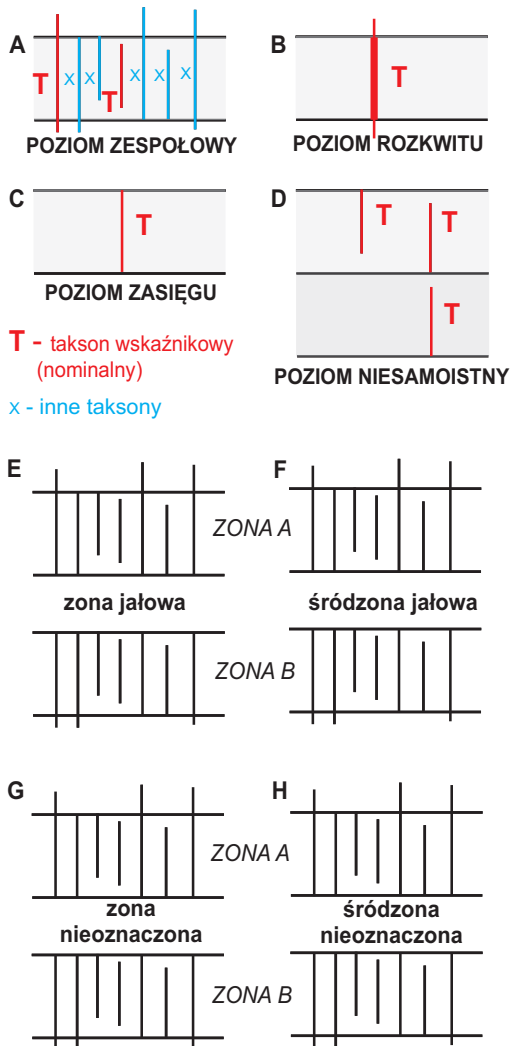


Fig. 7. Typy poziomów malakostratygraficznych; szczegółowy opis w tekście

- **Malakostratygraficzny poziom zasięgu** (malakostratygraficzna zona zasięgu) jest jednostką malakostratygraficzną wyróżnianą na podstawie zasięgu stratygraficznego taksonu, który jednocześnie tworzy nazwę tego poziomu (fig. 7C). Zasięg ten wyznacza dolną i górną granicę poziomu (np. malakostratygraficzny poziom zasięgu *Belgrandia marginata*).
- **Malakostratygraficzny poziom niesamoistny** (malakostratygraficzna zona niesamoistna) jest jednostką malakostratygraficzną wyróżnianą na podstawie dolnego lub górnego zasięgu stratygraficznego taksonu (fig. 7D). Zasięgi stratygraficzne wskaźnikowych gatunków mogą być szersze od zasięgu poziomu, ale jego granice są wyznaczane zawsze w momencie ich pojawienia się lub zaniku (np. malakostratygraficzny poziom niesamoistny *Potamopyrgus antipodarum*, malakostratygraficzny poziom niesamoistny *Gyraulus laevis*).

**Poziomy i śródpoziomy (zony i śródzony) jałowe** są odcinkami profili malakologicznych pozbawionymi skorupek mięczaków. Zjawisko to może być pierwotne (jeśli skorupy nie występowały w osadzie w czasie jego tworzenia) lub wtórne (skorupy pierwotnie występowały w osadzie, ale w wyniku procesów mechanicznych lub chemicznych zostały z niego usunięte). Poziomy jałowe występują pomiędzy poziomami malakostratygraficznymi (fig. 7E), podczas gdy śródpoziomy jałowe pojawiają się w obrębie poziomów malakostratygraficznych (fig. 7F), na przykład śródpoziomy jałowy w obrębie malakostratygraficznego poziomu zespołowego *Discus ruderatus*.

**Poziomy i śródpoziomy (zony i śródzony) nieoznaczone** są to odcinki profili malakologicznych zawierające wprawdzie skorupy mięczaków, ale stan ich zachowania uniemożliwia oznaczenie do rangi gatunku, a często także rodzaju. Poziomy nieoznaczone występują pomiędzy poziomami malakostratygraficznymi (fig. 7G), natomiast śródpoziomy nieoznaczone pojawiają się w obrębie poziomów malakostratygraficznych (fig. 7H) np. śródpoziomy nieoznaczony w obrębie malakostratygraficznego poziomu zespołowego *Succinea oblonga*. Takie poziomy i śródpoziomy są faktycznie tożsame z poziomami i śródpoziomami jałowymi, bo nieoznaczalność fauny nie różni się w tym względzie od jej braku.

Poziomy i śródpoziomy (zony i śródzony) jałowe i nieoznaczone nie posiadają nazwy. Jedynym wyjątkiem jest sytuacja występowania wyłącznie wapiennych płytek ślimaków nagich. Wówczas możliwe jest używanie terminu poziom lub śródpoziom nieoznaczony *Limacidae*.

Konstrukcja podziałów malakostratygraficznych jest oparta na użyciu wszystkich zdefiniowanych typów poziomów. Konieczne jest jednak każdorazowe i dokładne wskazanie, który ze zdefiniowanych powyżej typów poziomów został wykorzystany.

Nieformalne jednostki malakostratygraficzne wyróżniane zwłaszcza w starszej literaturze (np. warstwy paludinowe, ławica paludinowa) mogą być także przydatne i wykorzystywane w rozważaniach biostratygraficznych. Zalecane byłoby jednak ich sformalizowanie.

### **Teriostratygrafia**

Nazwa pochodzi od terminu teriologia, oznaczającego naukę o ssakach. Teriostratygrafia jest działem biostratygrafii, zajmującym się porządkowaniem i klasyfikacją osadów czwartorzędu na podstawie szczątków ssaków. Wprawdzie w osadach czwartorzędu występują również szczątki innych kręgowców (ryby, płazy, gady i ptaki), ale nie są one dotychczas przydatne do celów stratygraficznych.

Zespół form ssaków kopalnych jest bardzo rzadko zbliżony składem do składu biocenozy. Częściej jest to fragment biocenozy o składzie zależnym od sposobu nagromadzenia szczątków. Jednostka teriostratygraficzna obejmuje tylko te osady, w których występują szczątki kostne ssaków i są one równowiekowe z tymi osadami. Mogą to być różne nagromadzenia szczątków kostnych, między innymi typu tanatocenozy lub jako resztki pokarmowe drapieżników (np. zrzutki ptaków drapieżnych lub pozostałości po zwierzynie upolowanej przez ssaki drapieżne), a także pozostałości nagromadzone w wyniku działalności człowieka. Przykładowo, inny skład ma tanatocenoza w dnie studni krasowej, do której wpadały duże i małe zwierzęta, inny – zespół szczątków zwierząt będących pozostałością pokarmową sów, jeszcze inny – zespół nagromadzony w głębi jaskini pod miejscem, gdzie przebywała kolonia nietoperzy.

**Poziom** jest podstawową jednostką teriostratygraficzną formalną, wyróżnioną na podstawie szczątków ssaków. **Podpoziom** jest jednostką niższego rzędu. W nazwie poziomu lub podpoziomu podaje się nazwę jednego lub kilku taksonów wskaźnikowych (w łacińskiej pisowni i kursywą), czyli wskaźników poziomu lub podpoziomu.

**Moment** (granica, horyzont) określa pojawienie się lub zanik taksonu. Może dotyczyć pojawienia się danego gatunku lub rodzaju w ogóle, lub tylko w danej jednostce biogeograficznej. W tym drugim przypadku można mówić o miejscowym momencie pojawienia się lub zaniku taksonu, związanym najczęściej ze zmianą warunków środowiskowych. W międzynarodowym kodeksie stratygraficznym (Hedberg 1976) taką jednostkę określono w ogólności jako biohoryzont (*biohorizon*), a w szczególności jako FAD (*first appearance datum*) i LAD (*last appearance datum*), co w stratygrafii czwartorzędu Europy wprowadził jako pierwszy Horáček (1981). W teriostratygrafii czwartorzędu szczególnie istotny moment wyznacza zanik form neogeńskich w plejstocenie dolnym i pojawienie się nowych form na granicy plejstocenu dolnego i środkowego.

W teriostratygrafii wyróżniane są następujące typy poziomów:

- **Całkowity poziom trwania** (całkowity poziom zasięgu, ontozona, holozona), obejmuje osady odpowiadające zasięgowi określonego taksonu w całkowitym zasięgu stratygraficznym i na całym obszarze jego występowania. Całkowity poziom trwania określa się na podstawie zestawienia poziomów cząstkowych (merozon) wyznaczonych w poszczególnych profilach, oraz miejscowych poziomów trwania. W miarę przybywania materiałów z nowych stanowisk, czyli dodatkowych poziomów miejscowych i cząstkowych należy korygować całkowity poziom trwania danego gatunku. Przykładem jest całkowity poziom trwania podrodzaju *Microtus* (*Allophaiomys*), który na obszarze jego występowania zaczyna się przed zdarzeniem paleomagnetycznym Olduvai około 2,2 mln lat temu w Europie i nieco wcześniej, ok. 2,3-2,4 mln lat w Azji, a kończy się tuż przed lub w obrębie zdarzenia paleomagnetycznego Jaramillo około 1 mln lat temu (Maul i in., 2007; Maul i Markova, 2007).
- **Miejscowy poziom trwania** (topozona) jest określany na podstawie lokalnego zasięgu stratygraficznego danego taksonu. Ta jednostka

ma szczególne znaczenie w stratygrafii czwartorzędu ze względu na duże różnice zasięgów poszczególnych taksonów, zależne między innymi od zmian paleoklimatu. Przykładowo całkowity poziom trwania *Pliomys coronensis* (dawniej *P. lenki*) zaczyna się w Europie pod koniec plejstocenu dolnego tuż po zdarzeniu paleomagnetycznym Jaramillo, a kończy w późnym glacialu ostatniego zlodowacenia (Bartolomei i in., 1975; Cuenca-Bescos i in., 2010), natomiast miejscowy poziom trwania dla Polski kończy się w na przełomie plejstocenu dolnego i środkowego (por. Nadachowski, 1990).

- **Poziom filogenetyczny** (filozona) może być wyznaczony na podstawie zasięgu poszczególnych gatunków lub podgatunków tej samej linii fyletycznej. Przykładowo w szeregu ewolucyjnym *Mimomys hassiacus* – *M. polonicus* – *M. pliocaenicus* – *M. ostramosensis* – *M. savini* (Chaline i Laurin, 1986) granice poszczególnych poziomów filogenetycznych mogą być ustalone na podstawie umownego przyjęcia momentów granicznych dla poszczególnych gatunków wywodzących się jeden z drugiego.
- **Poziom ścieśniony** odpowiada części zasięgu stratygraficznego taksonu, ograniczonej pojawianiem się innego taksonu. Odmianę stanowi filogenetyczny poziom ścieśniony, gdy granica górna jest wyznaczona przez pojawienie się nowego taksonu stanowiącego odgałęzienie od istniejącego dalej taksonu podstawowego. Przykładem jest poziom ścieśniony *Mimomys savini*/*Mimomys pusillus* z *Microtus* (*Allophaiomys*), którego górna granica wypada na koniec zdarzenia paleomagnetycznego Jaramillo i wyznacza moment pojawiania się innych podrodzajów *Microtus* (*Stenocranius* i *Pallasiinus*) (Maul i Markova, 2007).
- **Poziom współwystępowania** odpowiada wspólnej części zasięgów stratygraficznych dwu lub więcej taksonów, na przykład poziom współwystępowania *Mimomys savini* i *Mimomys pusillus* z *Microtus* (*Allophaiomys*).
- **Poziom rozkwitu** obejmuje osady, w których dany takson występuje szczególnie licznie; przykładowo poziomem rozkwitu renifera są osady plejstocenu górnego, a poziomem rozkwitu *Pliomys episcopalpis* – osady plejstocenu dolnego (od zdarzenia paleomagnetycznego Olduvai po zdarzenie paleomagnetyczne Jaramillo).



- **Ekologiczny poziom rozkwitu** (klimatyczny poziom rozkwitu, ekozona rozkwitu) może być wydzielony na podstawie szczególnie licznego występowania taksonu związanego z wyjątkowo sprzyjającymi warunkami klimatyczno-ekologicznymi, na przykład poziomy rozkwitu lemingów (*Dicrostonyx* i *Lemmus*) w faunach jaskiniowych w stadiach górnoplejstoceniowych.
- **Poziom zespołowy** obejmuje osady charakteryzujące się zespołem lub fragmentem zespołu szczątków ssaków, mniej lub bardziej zbliżonym do zespołu naturalnego. Osady mogą być zaliczone do jednego poziomu także w przypadku występowania w nich tylko części taksonów, a poszczególne taksony mogą mieć większy lub mniejszy zasięg stratygraficzny.
- **Ekologiczny poziom zespołowy** (ekozona zespołowa) jest odmianą poziomu zespołowego, ale wyznaczonego na podstawie odrębnej wymowy ekologicznej zespołu fauny. W odróżnieniu od poziomu zespołowego, charakteryzuje go możliwość powtórzenia w mało zmienionym składzie, w wyniku nawrotu podobnych warunków środowiskowych i klimatycznych. Przykładem są ekologiczne poziomy zespołowe gryzoni wydzielone na podstawie stanowisk jaskiniowych plejstocenu górnego (Madeyska, 1982).

Jednostki teriostratygraficzne były często wyróżniane w badaniach czwartorzędowej fauny kopalnej, chociaż określano je innymi nazwami. Odpowiadające im jednostki czasowe pierwszy określił Kretzoi (1941), a następnie zostały one zmodyfikowane regionalnie (np. Chaline 1972; Horáček 1981) jako fazy chronologiczne, przy czym nadawane im nazwy pochodziły od stanowisk charakterystycznych. Na obecnym etapie badań odchodzi się od nazw faz pochodzących od stanowisk, a stosuje się termin 'biozona', uzupełniony o nazwy taksonów charakterystycznych (np. Fejfar i in., 1998).

### **Antropostratygrafia**

Wykorzystanie materiałów prehistorycznych (archeologicznych) do badań stratygraficznych czwartorzędu pozwala na wydzielanie poziomów zasięgu kultury jako jednostek antropostratygraficznych. Są one odpowiednikami poziomu zasięgu taksonu lub miejscowego poziomu

---

zasięgu taksonu w teriostratygrafii. Zaletą jednostek antroprostarygraficznych jest stosunkowo krótki zasięg czasowy ich trwania, wynikający ze znacznie szybszego tempa rozwoju kulturowego w porównaniu z tempem ewolucji biologicznej. Wadą jest natomiast rzadkość występowania materiałów archeologicznych i ich ograniczenie na obszarze Polski do plejstocenu górnego i holocenu, a także współwystępowanie kultur, co nasila się w holocenie.

Przykładami poziomów antroprostarygraficznych mogą być poziomy: zasięgu kultury mikocko-prądnickiej, zasięgu kultury jermianowickiej i zasięgu kultury pucharów lejkowatych.



## MAGNETOSTRATYGRAFIA

Zasady klasyfikacji magnetostratygraficznej w badaniach stratygraficznych czwartorzędu są identyczne jak w ogólnych zasadach stratygrafii (por. Racki i Narkiewicz, 2006). Podstawą magnetostratygrafii jest korelacja parametrów dawnego pola magnetycznego Ziemi lub różnych właściwości magnetycznych osadów. Zwykle wykorzystuje się polarność pierwotnego kierunku namagnesowania, przy czym może być ona normalna (jeśli w momencie utrwalenia namagnesowania w osadzie północny biegun magnetyczny występował w pobliżu północnego bieguna geograficznego) lub odwrotna (jeśli północny biegun magnetyczny występował w pobliżu południowego bieguna geograficznego). Zapis inwersji (odwrócenia) pola magnetycznego w profilu osadów umożliwia skorelowanie z globalną geomagnetyczną skalą podatności, a tym samym skutkuje kalibracją geochronologiczną, na ogół wspartą przez inne metody stratygraficzne.

Magnetostratygrafia czwartorzędu może wykorzystywać również zapis względnych zmian natężenia pola magnetycznego Ziemi (por. Racki i Narkiewicz, 2006). Krótkie zmiany kierunku pola magnetycznego (100-1000 lat), zwane wiekowymi, mogą służyć do korelacji osadów holocenu i najmłodszego plejstocenu. Zmiany parametrów petromagnetycznych, a szczególnie podatności magnetycznej są podstawą podziału klimatostratygraficznego m.in. lessów, ponieważ nawiązują wprost do wahań klimatycznych zapisanych w krzywych stosunku izotopów tlenu w osadach głębokomorskich (Heller i Evans, 1995).

W osadach głębokomorskich zmiany podatności magnetycznej o dużej amplitudzie i długim okresie wiążą się zwykle z globalnymi zmianami poziomu morza, ponieważ silnej erozji łądu w trakcie regresji morza towarzyszy wzbogacenie osadów w nośniki podatności, w tym przede wszystkim w magnetyt detrytyczny. W związku z tym, cykliczne małoskalowe zmiany podatności magnetycznej przeważnie odzwierciedlają oscylacje klimatyczne.

Podstawową jednostką magnetostratygraficzną czwartorzędu jest magnetozona (zona magnetyczna) reprezentująca pakiet osadów o określonej polarności namagnesowania i o długości  $\leq 1$  mln lat (fig. 8). Może wykazywać jednolitą polarność normalną lub odwrotną, ale także polarność mieszaną. Krótsze jednostki magnetostratygraficzne to magnetosubzony o długości 0,1-1 mln lat. Jednostki magnetostratygraficzne czwartorzędu mają swoje odpowiedniki w klasyfikacji geochronologicznej i chronostratygraficznej (fig. 8).

<b>MAGNETO-STRATYGRAFIA</b>	<b>GEOCHRONOLOGIA</b>	<b>CHRONO-STRATYGRAFIA</b>	<b>Przeciętny czas trwania (w latach)</b>
Magnetozona	Chrona (doba)	Chronozona	$10^6$ - $10^7$
Magnetosubzona	Subchrona	Subchronozona	$10^5$ - $10^6$
Kryptozona	Kryptochrona	Kryptochronozona	$<3 \times 10^4$

Fig. 8. Jednostki magnetostratygraficzne czwartorzędu, ich odpowiedniki geochronologiczne i chronostratygraficzne na podstawie Ogg i Smith (2004), uzupełnione

Kryptozony są jednostkami bez statusu formalnego i reprezentują w klasyfikacji geochronologicznej krótkotrwałe zmiany pola magnetycznego Ziemi (prowadzące czasem do pełnej inwersji) zwane w klasyfikacji geochronologicznej kryptochronami lub zdarzeniami geo-

magnetycznymi, niekiedy są również utożsamiane z subchronami. Ze względu na krótki czas trwania są trudne do wykrycia, ale stanowią użyteczne narzędzie w korelacji stratygraficznej.

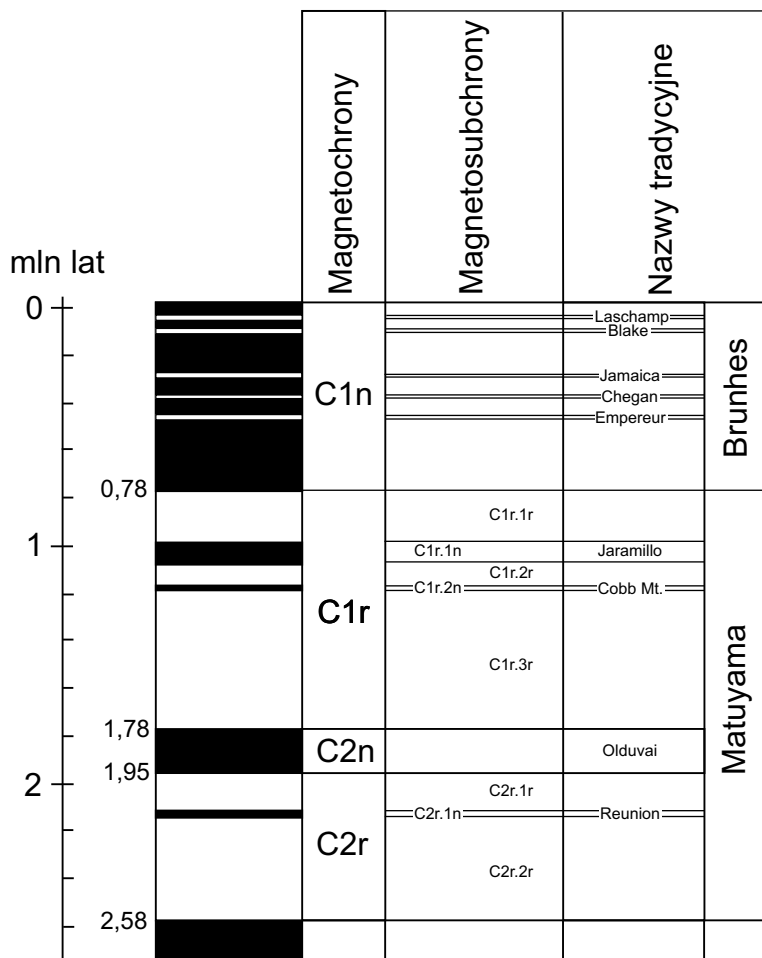


Fig. 9. Podział magnetostratygraficzny czwartorzędu; na podstawie Racki i Narkiewicz (2006), uzupełnione

**C** – magnetozona kenozoiczna i kredowa (młodsza od najniższego aptu),  
**n** – magnetozona normalna (*normal*), **r** – magnetozona odwrotna (*reverse*)

Nazewnictwo magnetozon jest ściśle związane z numeracją liniowych anomalii magnetycznych dna oceanicznego w porządku rosnącym od najmłodszych (por. fig. 9). Magnetozony kenozoiczne oznaczane są symbolem 'C', zwykle z dodaniem litery 'n' lub 'r', odpowiednio dla magnetozony normalnej (*normal*) lub odwrotnej (*reverse*). Magnetozona normalna jest zawsze młodsza od magnetozony odwrotnej o tym samym numerze.

Jednostki magnetostratygraficzne w czwartorzędzie są tradycyjnie nazywane nazwiskami znanych badaczy magnetyzmu ziemskiego (np. magnetozona Brunhes, obecnie C1n). Pierwotnie miały one rangę epok lub chron, ale obecnie mogą obejmować kilka magnetochron (np. dawnej epoce Matuyama odpowiada obecnie C1r, C2n i C2r). Niektóre magnetochrony i magnetosubchrony noszą nazwy od miejsc ich pierwszego wyróżnienia (np. Cobb Mountain, obecnie C1r.2n).

## CHRONOSTRATYGRAFIA

Porządkuje następstwo osadów na podstawie ich wieku i stosunków czasowych (por. Racki i Narkiewicz, 2006). Celem klasyfikacji chronostratygraficznej czwartorzędu jest uporządkowanie osadów w jednostki chronostratygraficzne mające własne nazwy i odpowiadające przedziałom czasu geologicznego, czyli jednostkom geochronologicznym. Jednostki chronostratygraficzne czwartorzędu winny być ustanawiane w sposób umożliwiający czasowe porządkowanie zjawisk geologicznych. Każda z nich obejmuje osady o różnych właściwościach i powstała w ściśle określonym przedziale czasu geologicznego (jednostce geochronologicznej), a więc są ograniczone przez powierzchnie i horyzonty izochroniczne i wyznaczone przez stratotypy granic: dolnej i górnej. Rangę hierarchiczną jednostki chronostratygraficznej nie wyznacza jej miąższość, a długość przedziału czasowego, w którym jest ona zawarta. Każdej jednostce chronostratygraficznej, reprezentującej osady utworzone w danym przedziale czasu w czwartorzędzie, odpowiada odpowiednia jednostka geochronologiczna reprezentująca przedział czasu geologicznego. Obie takie jednostki mają identyczną nazwę własną (np. jednostka chronostratygraficzna ‘system czwartorzęd’ odpowiada jednostce geochronologicznej ‘okres czwartorzęd’).

Punkt odniesienia skali wiekowej (‘zerowy’) w klasyfikacji geochronologicznej, a co za tym idzie – również w klasyfikacji chronostratygraficznej, nie został dotychczas ujednoczony i dlatego wymaga każdorazowo jednoznacznego sprecyzowania (por. Wolff, 2007). Jest to szczególnie istotne dla holocenu i młodszego plejstocenu, ponieważ



może spowodować znaczące niedokładności w korelacji stratygraficznej. Aktualnie w stosowanych skalach wiekowych funkcjonuje dla czwartorzędu kilka punktów ‘zerowych’ wyrażanych w latach. Pierwsza skala wiekowa została wprowadzona w końcu lat czterdziestych ubiegłego wieku i jest to skala radiometryczna, oparta na datowaniu metodą radiowęglą, dla której punktem odniesienia jest rok 1950, a wartość liczbową wieku jest uzupełniana symbolem ‘BP’ (*before present*), ewentualnie ostatnio również ‘ $^{14}\text{C}$  BP’. Od kilkudziesięciu lat skala ta jest kalibrowana do lat kalendarzowych (przede wszystkim przez nawiązanie do wyników badań dendrochronologicznych), a uzyskane w ten sposób daty są oznaczane jako ‘kal BP’ (*cal BP*), przy czym nie zawsze w sposób jednoznaczny są określane zarówno rodzaj jak i wersja zastosowanego programu kalibracyjnego. Dla najmłodszej części holocenu, obejmującej ostatnie 2000 lat, dopuszczalne jest stosowanie symbolu AD (*Anno Domini*) lub n.e. (naszej ery), zwłaszcza wobec możliwości korelacji z danymi historycznymi. Jednocześnie należy unikać symbolu BC (*before Christ*), ponieważ wprowadza on jedynie zamieszanie w badaniach geochronologicznych czwartorzędu. Symbol BP jest stosowany również w przypadku datowania innymi metodami (np. luminescencyjnymi, izotopów kosmogenicznych), ale w takich przypadkach przeważnie w ogóle nie wiadomo, jaki jest punkt zerowy skali wiekowej, najprawdopodobniej jest to zazwyczaj moment datowania. W przypadku posługiwania skalą wiekową opartą na analizie rdzeni lodowych, punkt zerowy jest zróżnicowany: dla starszych rdzeni jest to rok wykonania wiercenia, co niekiedy podlegało następnie kalibracji do roku 1950. W przypadku młodszych rdzeni lodowych punkt zerowy został określony na rok 2000, co bywa oznaczane adnotacją ‘b2k’ (*before 2000*).

Granice jednostek chronostratygraficznych są powierzchniami izochronicznymi, które są odtwarzane za pomocą łącznego stosowania różnych kryteriów. Granice chronostratygraficzne mogą przebiegać niezgodnie w stosunku do granic jednostek litostratygraficznych, biostratygraficznych i morfostratygraficznych w ujęciu regionalnym i ponad-regionalnym, natomiast mogą być zgodne z granicami litostratygraficznymi i biostratygraficznymi w profilach bądź obszarach stratotypowych.

Z istoty definicji wynika, że jednostki chronostratygraficzne nie powinny mieć ograniczenia regionalnego. W praktyce jednak, ze względu na niewystarczająco małą rozdzielczość stosowanych metod jednostki takie, zwłaszcza niższego rzędu, definiowane są lokalnie bądź regionalnie.

W podziałach stratygraficznych systemu/okresu czwartorzęd stosowane są 3 główne jednostki chronostratygraficzne: oddział, piętro i chronozona, którym odpowiadają jednostki geochronologiczne: epoka, wiek i chrona (fig. 10). Jeśli niezbędne są jednostki dodatkowej rangi, można stosować przedrostki pod- (sub-) i nad- (super-) wraz z odpowiednią nazwą jednostki. Dalszy podział w obrębie jednostki chronostratygraficznej powinien oddawać względną pozycję w profilu stratygraficznym, przez takie określenia jak: najniższe, dolne, środkowe, górne i najwyższe. Umieszczenie w obrębie jednostki geochronologicznej wymaga informacji czasowej: najwcześniejsze, wczesne, środkowe, późne i najpóźniejsze.

Jednostki chronostratygraficzne	Jednostki geochronologiczne
system	okres
oddział	epoka
piętro	wiek
chronozona	chrona

Fig. 10. Hierarchia i kategorie jednostek chronostratygraficznych i geochronologicznych czwartorzędu

**Oddział** jest jednostką chronostratygraficzną najwyższej rangi w hierarchii systemu czwartorzęd, a w skali geochronologicznej odpowiada mu epoka. Granice oddziału muszą być wyznaczone przez stratotypy granic. W obrębie oddziału plejstocen są wyróżniane 3 pododdziały (plejstocen dolny, środkowy i górny).

**Piętro** jest podstawową jednostką chronostratygraficzną w podziale stratygraficznym czwartorzędu i uważa się je za odpowiednie zakresem i rangą dla praktycznej klasyfikacji regionalnej. W czwartorzędzie reprezentuje interwał czasu geologicznego od 0,1 do 1 mln lat. Granice piętra są wyznaczone przez stratotypy granic i powinny być punktowo umiejscowione w profilu osadów zasadniczo ciągłych, najczęściej morskich (umowny „złoty gwóźdź” reprezentujący globalny profil i punkt stratotypowy – GSSP). Nazwa piętra i odpowiadającego mu w skali geochronologicznej wieku powinna pochodzić od nazwy geograficznej w sąsiedztwie stratotypu jednostki lub typowego obszaru występowania. Wprowadzenie nowych pięter jako jednostek formalnych wymaga uzgodnień międzynarodowych, przegłosowania przez Międzynarodową Komisję Stratygraficzną (ICS) oraz zatwierdzenia przez Międzynarodową Unię Nauk Geologicznych (IUGS).

**Podpiętro** jest częścią piętra, ale może objąć tylko jego fragment, bez przeprowadzania podziału reszty. Granice podpiętra winny być wyznaczone stratotypami granic. Zasady nazewnictwa podpięter są analogiczne do przyjętych w przypadku piętra.

**Chronozona (poziom wiekowy)** jest formalną jednostką chronostratygraficzną ustalaną niezależnie od układu hierarchicznego (fig. 11). Obejmuje utwory geologiczne utworzone w interwale czasowym odpowiadającym określonej jednostce stratygraficznej, zwykle litostratygraficznej lub biostratygraficznej, a także może określać trwanie zjawiska geologicznego (Racki i Narkiewicz, 2006). W skali geochronologicznej odpowiada jej chrona (doba).

Formalnymi jednostkami chronostratygraficznymi w przypadku podziału stratygraficznego czwartorzędu Polski są jedynie oddziały plejstocen i holocen (por. fig. 12). Oprócz nich w użyciu są liczne jednostki nieformalne.

CHRONOZONY	WIEK lata <sup>14</sup> C BP	WIEK lata kal BP (b2k)
subatlantycka	2 500	2 600
subborealna	5 000	5 800
atlantycka	8 000	8 900
borealna	9 000	10 150
preborealna	10 000	11 700

Fig. 11. Nieformalne chronozoney holocenu według Walanusa i Nalepki (2005), uzupełnione; podano wiek dolnej granicy każdej chronozoney: <sup>14</sup>CB – w latach radiowęglowych (przed AD 1950), BP (b2k) – w latach kalendarzowych (przed AD 2000)

ka	ERATEM	SYSTEM	ODDZIAŁ	PODODDZIAŁ	PIĘTRO	GSSP	
11,7	<b>KENOZOIK</b>	<b>CZWARTORZĘD</b>	holocen			2008	NGRIP (Grenlandia)
130			plejstocen górny	<i>tarent</i>			
781			plejstocen środkowy	<i>jon</i>			
1806			plejstocen	plejstocen	kalabr	2011	Vrica (Włochy)
2588				dolny	gelas	2009	Monte San Nicola (Włochy)

Fig. 12. Podział chronostratigraficzny oraz globalne profile i punkty stratotypowe (GSSP) czwartorzędu; kursywą zaznaczono propozycje pięter bez zatwierdzonego GSSP



## KLIMATOSTRATYGRAFIA

Dominujący wpływ zmian klimatu na procesy sedymentacji i erozji oznacza, że klasyfikacja oparta na cyklicznych zmianach klimatu (cyklach klimatycznych) odgrywa najważniejszą rolę w podziale sekwencji osadów czwartorzędu. Podstawy klimatostratygrafii czwartorzędu są oparte na koncepcji cykli klimatycznych, dla których uzasadnienie teoretyczne dostarczyła analiza parametrów ruchu orbitalnego Ziemi, odzwierciedlonych przez tzw. cykle Milankoviča. Rytm zmian klimatycznych w czwartorzędzie jest rozpoznawany na podstawie zmienności litologicznej i paleontologicznej w osadach kontynentalnych i morskich. Współczesny podział sekwencji osadów głębokomorskich na tlenowe stadia izotopowe jest oparty w szczególności na koncepcji stratygrafii klimatycznej.

Mankamentem klimatostratygrafii są trudności w określeniu na podstawie osadów (sekwencji osadowych) czasu trwania poszczególnych epizodów, tym bardziej, jeśli występowały zjawiska ekstremalne (np. powodzie, wybuchy wulkanów). W związku z tym, w klasyfikacji klimatostratygraficznej czas trwania jednostki nie odgrywa zwykle większej roli dla określenia jej rangi. Jednakże w ostatnich latach czas trwania poszczególnych epizodów klimatycznych zaczął być definiowany przez odniesienie do zapisu zmienności stosunku izotopów tlenu w osadach głębokomorskich i rdzeniach lodowych oraz pomiary astronomiczne. Stało się to wskaźnikiem głównych zmian klimatu i podstawą datowania wyznaczanych przez nie jednostek czasowych dla czwartorzędu, które w związku z tym zaczęły być definiowane jako jednostki chronostratygraficzne (Zalasiewicz et al., 2004).

Klimatostratygrafia jest klasyczną stratygrafią zintegrowaną (holostratygrafią), polegająca na łączeniu poszczególnych klasyfikacji stratygraficznych dla uzyskania korelacji od skali lokalnej po globalną i możliwie największej rozdzielczości wiekowej (por. Racki i Narkiewicz, 2006). Sprzyja to tworzeniu zbiorczych wzorców i profili stratygraficznych, a uzyskane efekty korelacyjne przewyższają dokładnością możliwości pojedynczych klasyfikacji stratygraficznych.

Jednostki klimatostratygraficzne czwartorzędu mają zasadniczo charakter regionalny lub lokalny, ponieważ rytm zmian klimatu w czwartorzędzie podlegał istotnej modyfikacji w różnych obszarach, które mają swoją własną historię klimatyczną, zależną między innymi od szerokości geograficznej i rzeźby terenu. Ze zmianami klimatu związane były zmiany zasięgu lodowców, przesuwanie stref roślinnych, wędrówki zwierząt i penetracja różnych obszarów przez hominidy

Klasyfikację jednostek klimatostratygraficznych czwartorzędu obszarów zlodowaconych w plejstocenie dla Niemiec zaproponował Lütting (1958), a dla potrzeb badań stratygraficznych czwartorzędu w Polsce zaadaptował ją i zmodyfikował Różycki (1964). W tych pierwszych klasyfikacjach klimatostratygraficznych jednostki zimne odnoszone były do zmian zasięgu czoła lądolodu (pod tym względem klasyfikacja klimatostratygraficzna jest zbliżona do klasyfikacji morfostratygraficznej), natomiast jednostki ciepłe wyróżniono przede wszystkim na podstawie kryteriów biostratygraficznych i litostratygraficznych.

Za podstawowe jednostki klimatostratygraficzne w strefie występowania zlodowaceń plejstocenijskich uważa się tradycyjnie:

- **zlodowacenie** (glacjał), kiedy w umiarkowanych szerokościach geograficznych występowały lądolody;
- **interglacjał**, w którego najcieplejszej części występowała roślinność wskazująca na klimat co najmniej tak ciepły jak w optimum holocenu w tym samym regionie.

Jednostki niższej rangi to kolejno **stadiał** lub **interstadiał**, odpowiadające zmianom zasięgu czoła lądolodu ponad 100 km, **faza** lub **interfaza** – 20-50 km i **etap** lub **oscylacja** dla zupełnie niewielkich zmian zasięgu lądolodu lub jedynie dłuższej stabilizacji jego czoła (por. fig. 13).

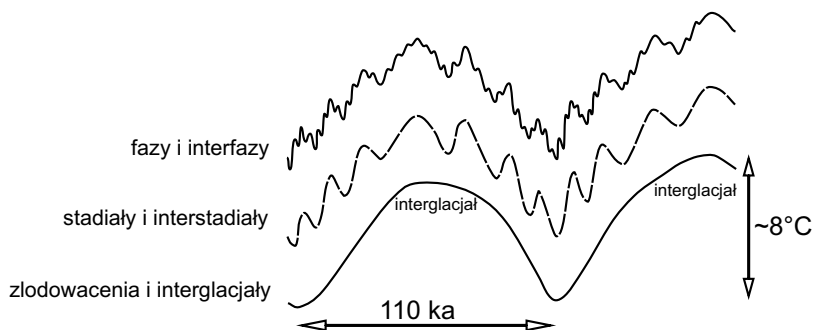


Fig. 13. Hierarchia jednostek klimatostratygraficznych według Różyckiego (1964), zmodyfikowane; zaznaczono odstęp czasu pomiędzy zlodowaceniami oraz różnicę średniej temperatury globalnej pomiędzy interglacjałem a zlodowaceniem

W plejstocenie na większości obszaru Ziemi oraz w plejstocenie dolnym w Polsce nie stwierdzono dotąd występowania zlodowaceń, dlatego wyróżniane są w nich na podstawie stratotypów regionalnych inne (równoważne) jednostki klimatostratygraficzne. Przy braku łądolu, ale jednocześnie jednoznacznych dowodach występowania klimatu zimnego (np. biostratygraficznych lub kriostratygraficznych) taką jednostkę klimatostratygraficzną określa się jako **ochłodzenie**, a okres cieplejszego klimatu pomiędzy kolejnymi ochłodzeniami jako **ocieplenie**. Jako jednostki mniejszej rangi stosuje się zwykle terminy faza i interfaza.

Zlodowacenia (ochłodzenia) i interglacjały (ocieplenia) traktowano tradycyjnie jako piętra klimatostratygraficzne, ale obecnie uważa się raczej, że reprezentują one jednostki niższej rangi. Do rangi piętra klimatostratygraficznego pretenduje natomiast grupa kolejno następujących po sobie ociepleń i ochłodzeń, zazwyczaj określana w podziałach stratygraficznych jako kompleks (np. kompleks kromerski, kompleks południowopolski). W klimatostratygrafii czwartorzędu Polski kompleksami są również interglacjały charakteryzujące się więcej niż jednym optimum klimatycznym (por. Lindner i in., 2013).





## INNE KLASYFIKACJE STRATYGRAFICZNE

W stratygrafii czwartorzędu są stosowane również inne klasyfikacje stratygraficzne, wyznaczone na podstawie takich cech jak właściwości sejsmiczne, przewodnictwo elektryczne, parametry geochemiczne, środowisko sedymentacji (w tym cykliczność depozycji), występowanie powierzchni nieciągłości, itp. Wśród tych klasyfikacji są zarówno takie, które mają charakter zasadniczo obiektywny (opisowy), jak również takie, które oparte są na założeniach uwzględniających interpretacje genetyczne (por. Racki i Narkiewicz, 2006).

Bardzo zbliżony charakter mają klasyfikacje stratygraficzne jednostek ograniczonych niezgodnościami oraz allostratygrafia. Granicom jednostek stratygraficznych obu tych klasyfikacji towarzyszą znaczące luki sedymentacyjne lub inne przerwy w następstwie stratygraficznym, a ich wyróżnianie i korelacja są oparte na identyfikacji powierzchni niezgodności. Wydaje się jednak, że wyodrębnianie takich klasyfikacji stratygraficznych nie jest w przypadku osadów czwartorzędowych konieczne, gdyż doskonale spełnia tę rolę klasyfikacja litostratygraficzna.

### **Stratygrafia izotopowa**

Jest jedną z kategorii klasyfikacji stratygraficznej w ramach chemostratygrafii, która opiera się na zmianach geochemicznej charakterystyki sukcesji osadowej, między innymi związanej z pochodzeniem składników ziarnistych, środowiskiem depozycji lub zmianami diagenetycznymi. Stratygrafia izotopowa jest powszechnie stosowana w ba-

daniach stratygraficznych czwartorzędu. Jest oparta na zmienności stosunku izotopów tlenu  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  w osadach głębokomorskich i rdzeniach lodowych, co jest odnoszone do zmian temperatury globalnej (fig. 14).

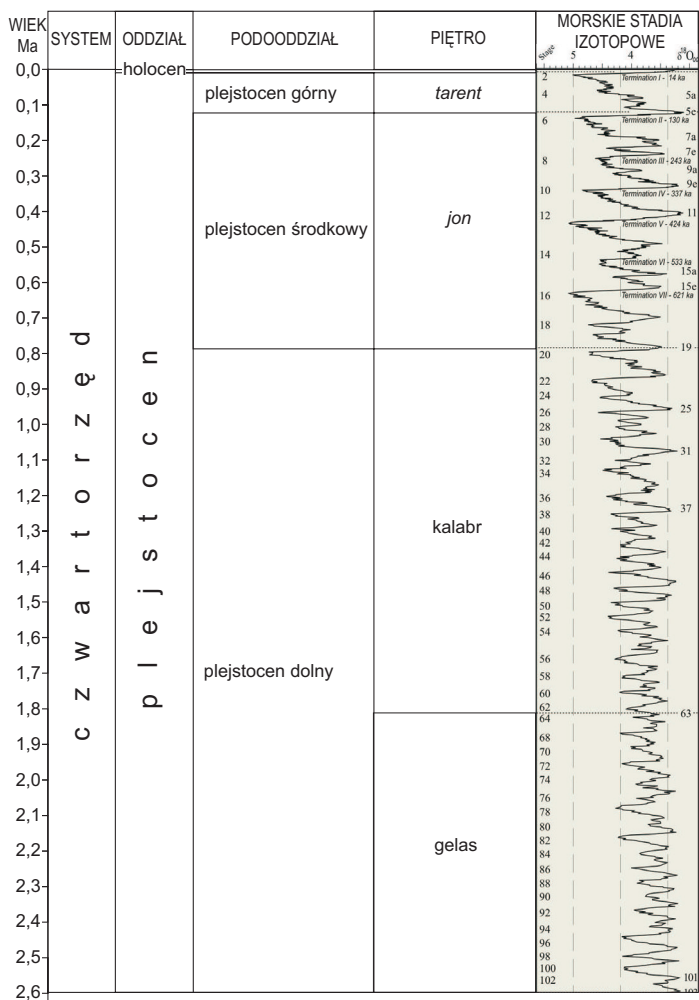


Fig. 14. Korelacja podziału chronostratygraficznego czwartorzędu z morskimi stadiami izotopowymi według <http://quaternary.stratigraphy.org/charts/>; piętra nieformalne oznaczono kursywą

Wyróżnione na tej podstawie jednostki noszą nazwę zależną od pochodzenia rdzenia wiertniczych: morskich pięter izotopowych (MIS – *marine isotope stages*) lub tlenowych pięter izotopowych (OIS – *oxygen isotope stages*), zwyczajowo nazywanych stadiami izotopów tlenu. Stadia są numerowane kolejno, od piętra 103 w najniższym plejstocenie do piętra 1 korelowanego z holocenem, przy czym jednostki odpowiadające okresom ciepłym mają numerację nieparzystą, a zimnym – parzystą.

### Cyklostratygrafia

Klasyfikacja stratygraficzna, która traktuje cyklotemy jako jednostki izochroniczne, utworzone w wyniku różnych zjawisk powodujących cykliczność sedymentacji, w tym cykliczne zmiany (wahania) klimatu, na przykład odzwierciedlone przez cykle glacialno-interglacialne czy lessowo-glebowe (Kukła, 1978; Lindner i in., 2002). Cyklostratygrafia może być podstawową metodą precyzyjnej korelacji, niezależnie od wątpliwości dotyczących jej uwarunkowań genetycznych. W badaniach czwartorzędu może być stosowana **eustatostratygrafia**, oparta na zjawisku globalnych zmian poziomu morza, które mogą mieć przyczyny klimatyczne (glacieustatyka) lub tektoniczne (tektono-eustatyka). W powszechnym zastosowaniu w badaniach stratygraficznych czwartorzędu jest **klimatostratygrafia**, oparta na rejestrze zmian klimatycznych.

### Tektonostratygrafia

Klasyfikacja stratygraficzna, która uwzględnia rolę deformacji tektonicznych i ich aspektów wiekowych przy podziale kompleksów skalnych (Racki i Narkiewicz, 2006). W tektonostratygrafii czwartorzędu szczególną rolę odgrywa **kinetostratygrafia**, a jej jednostka kinetostratygraficzna grupuje serię glacialną określonego wieku, złożoną z osadów zdeformowanych odpowiadających nasunięciu, postojowi i recesji lodowca (Berthelsen, 1973). W skład takiej serii zdeformowanej mogą wchodzić zarówno osady starsze, jak również deponowane podczas tego nasunięcia lodowca, który spowodował powstanie defor-

macji. Jednostka kinetostratygraficzna jest więc jednostką sedymentacyjną osadzoną przez lodowiec, posiadającą charakterystyczny układ i wykazującą określony kierunek ruchu lodu. Mogłaby mieć rangę piętra lub podpiętra strukturalnego (kinetostratygraficznego).

### **Stratygrafia zdarzeń**

Polega na wykorzystaniu zapisu krótkotrwałych zmian środowiskowych w skali regionalnej lub globalnej, pozostawiających zapis między innymi w postaci anomalii sedymentacyjnych, geochemicznych i faunistycznych. Zmiany te mogą mieć charakter krótkotrwałych epizodów wyjątkowych warunków środowiskowych (np. warstwy impaktowe, powodziowe, sztormowe, związane z wybuchami wulkanów) oraz innych gwałtownych wydarzeń prowadzących do nieodwracalnych w krótkim czasie zmian reżimu depozycji (np. skutki trzęsienia ziemi). Mogą być zapisane jako epizody depozycyjne (warstwy przewodnie) lub epizody niedepozycyjne bądź erozyjne (nieciągłości, niezgodności), jak również znajdować swoje odbicie w raptownym rozwoju lub kryzysie świata organicznego.

---

## LITERATURA

Bartolomei, G., Chaline, J., Fejfar, O., Jánossy, D., Jeannet, D., Koenigswald, W., Kowalski K., 1975. *Pliomys lenki* (Heller, 1930) (Rodentia, Mammalia) in Europe. *Acta Zoologica Cracoviensia*, 20: 393-467.

Ber, A., Lindner, L., Marks, L., 2005. Propozycja nowego podziału stratygraficznego czwartorzędu Polski. XII Konferencja *Stratygrafia plejstocenu Polski*, Zwierzyniec, 31. sierpnia – 3. września 2005: 26-28.

Ber, A., Lindner, L., Marks, L. 2007a. Proposal of a stratigraphic subdivision of the Quaternary of Poland. *Quaternary International*, 167-168 Suppl.: 32.

Ber, A., Lindner, L., Marks, L., 2007b. Propozycja podziału stratygraficznego czwartorzędu Polski. *Przegląd Geologiczny*, 55 (2): 115-118.

Ber, A., Lindner, L., Marks, L., 2009. Czwartorzęd. W: R. Wagner (red.), *Suplement do Tabeli Stratygraficznej Polski*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa: 9-10.

Ber, A., Marks, L., 2004. O potrzebie uporządkowania polskiej terminologii stratygraficznej dla czwartorzędu. XI Konferencja *Stratygrafia plejstocenu Polski*, Supraśl, 30. sierpnia – 3 września 2004: 17-18.

Berthelsen, A., 1973. Weichselian ice advance and drift successions in Denmark. *Bulletin of the Geological Institution of the University of Uppsala, New Series*, 5: 21-29.

Chaline, J., 1972. Les rongeurs du Pléistocène moyen et supérieur de France. *Cahiers de Paléontologie Conseil Nationale Recherche Scientifique*, 410 pp.

Chaline, J., Lourin, B., 1986. Phyletic gradualism in a European Plio-Pleistocene *Mimomys* lineage (Arvicolidae, Rodentia). *Paleobiology*, 12 (2): 203-216.

Cowie, J.W., Ziegler, W., Boucot, A.J., Bassett, M.G., Remane, J., 1986. Guidelines and statute of the International Commission on Stratigraphy (ICS). *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 83: 1-14.

Cuenca-Bescos, G., Straus, L.G., Garcia-Pimienta, J.C., Gonzalez Morales, M.R., Lopez-Garcia, J.M., 2010. Late Quaternary small mammal turnover in the Cantabrian Region: The extinction of *Pliomys lenki* (Rodentia, Mammalia). *Quaternary International*, 212: 129-136.

Fejfar, O., Heinrich, W.-D., Lindsay, E.H., 1998. Updating the Neogene rodent biochronology in Europe. *Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO*, 60: 533-554.

Gibbard, P.L., Head, J.M., Walker, J.C., Alloway, B., Beu, A.G., Coltorti, M., Hall, V.M., Liu, J., Knudsen, K.L., Kolfschoten, Van T., Litt, T., Marks, L., McManus, J., Partridge, T.C., Piotrowski, J.A., Pillans, B., Rousseau, D.-D., Suc, P., Tesakov, A.S., Turner, C., Zazo, C., 2010. Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. *Journal of Quaternary Science*, 25 (2): 96-102.

Goździk, J., 1987. Osady i struktury peryglacjalne w klasyfikacji stratygraficznej czwartorzędu Polski. *Kwartalnik Geologiczny*, 31 (1): 175-184.

Hedberg, H. (red.), 1976. *International Stratigraphic Guide: A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure*. John Wiley & Sons, New York.

Heller, F., Evans, M.E., 1995. Loess magnetism. *Reviews in Geophysics*, 33 (2): 211-240.

Horáček, I., 1981. Comments of the lithostratigraphic context of the early Pleistocene mammal biozones of Central Europe. W: Project 73/1/24 Quaternary Glaciations in the Northern Hemisphere, Report IGCP, 6. Prague: 99-117.

Janczyk-Kopikowa, Z., 1987. Uwagi na temat palinostratygrafii czwartorzędu. *Kwartalnik Geologiczny*, 31 (1): 155-162.

Konecka-Betley, K., 1987. Gleby kopalne jako jednostki klasyfikacji stratygraficznej czwartorzędu. *Kwartalnik Geologiczny*, 31 (1): 185-190.

Kretzoi, M., 1941. Die unterpleistozäne Säugetierfauna von Betfia bei Nagyvárad. *Földtany Közlöny*, 71: 308-335.

Krzyszkowski, D., 1991. Saalian sediments of the Bełchatów outcrop, central Poland. *Boreas*, 20: 29-46.

Krzyszkowski, D., Nita, M., 1995. The intra-Saalian interstadial floras of the Chojny formation of Bełchatów, central Poland. *Journal of Quaternary Science*, 10 (3): 225-240.

Kukla, G.J., 1978. The classical European glacial stage: correlation with deep-sea sediments. *Transactions of the Nebraskan Academy of Sciences*, 6: 57-93.

Lindner, L., 1987. Podstawy morfostratygrafii czwartorzędu Niżu Polskiego. *Kwartalnik Geologiczny*, 31 (1): 163-174.

Lindner, L., Bogucki, A., 2002. Pozycja wiekowa środkowo- i późnoplejstocenijskich zjawisk peryglacialnych w środkowo-wschodniej Europie. W: B. Jaśkowski (red.), *Zagadnienia peryglacjalu Polski i obszarów sąsiednich*. Prace Instytutu Geografii Akademii Świętokrzyskiej w Kielcach, 8: 81-106.

Lindner, L., Bogutsky, A., Gozhik, P., Marciniak, B., Marks, L., Łanczont, M., Wojtanowicz, J., 2002. Correlation of main climatic glacial-interglacial and loess-palaeosol cycles in the Pleistocene of Poland and Ukraine. *Acta Geologica Polonica*, 52 (4): 459-469.

Lindner, L., Marks, L., Nita, M., 2013. Climatostratigraphy of interglacials in Poland: Middle and Upper Pleistocene lower boundaries from a Polish perspective. *Quaternary International*, 292: 113-123. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2012.11.018>

Lüttig, G., 1958. Eiszeit – Stadium – Phase – Staffel, eine nomenklatorische Betrachtung. *Geologisches Jahrbuch*, 76: 235-260.

Madeyska, T., 1982. The stratigraphy of Paleolithic sites of the Cracow Upland. *Acta Geologica Polonica*, 32: 227-242.

Madeyska, T., 1987. Podstawy wydzielenia jednostek stratygraficznych czwartorzędu na podstawie kręgowców. *Kwartalnik Geologiczny*, 31 (1): 139-154.

Makowska, A. 1986. Morza plejstocenijskie w Polsce – osady, wiek i paleogeografia. *Prace Instytutu Geologicznego*, 120: 1-74.

Marks, L., 2005. Co dalej z czwartorzędem? *Przegląd Geologiczny*, 53 (5): 394-395.

Marks, L., 2006. Bitwy o czwartorzęd ciąg dalszy. *Przegląd Geologiczny*, 54 (8): 682-684.

Marks, L., 2007. A w czwartorzędzie powrót do normalności. *Przegląd Geologiczny*, 55 (5): 372-374.

Marks, L., 2010. Pozycja chronostratygraficzna granicy neogen/czwartorzęd. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 438: 93-98.

Maul, L.C., Heinrich, W.-D., Parfitt, S.A., Paunescu, A.-C., 2007. Comments on the correlation between magnetostratigraphy and the evolution of *Microtus* (Arvicolidae, Rodentia, Mammalia) during the Early and early Middle Pleistocene. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 259: 243-263.

Maul, L.C., Markova, A.K., 2007. Similarity and regional differences in Quaternary arvicolid evolution in Central and Eastern Europe. *Quaternary International*, 160: 81-99.



McMillan, A.A., 2005. A provisional Quaternary and Neogene lithostratigraphical framework for Great Britain. *Netherlands Journal of Geosciences – Geologie en Mijnbouw*, 84 (2): 87-107.

Mojski, J.E., 1987. W sprawie klasyfikacji, nomenklatury i terminologii stratygrafii czwartorzędu. *Kwartalnik Geologiczny*, 31 (1): 117-123.

Mojski, J.E. (red.), 1988. *Zasady polskiej klasyfikacji, terminologii i nomenklatury stratygraficznej czwartorzędu. Instrukcje i metody badań geologicznych*, 47: 3-63.

Murphy, M.A., Salvador, A. (red.), 1999. International Subcommittee on Stratigraphic Classification of IUGS, International Commission on Stratigraphy; *International Stratigraphic Guide: an abridged version. Episodes*, 22 (4): 255-271 [[www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org)]

Nadachowski, A., 1990. Lower Pleistocene rodents of Poland: faunal succession and biostratigraphy. *Quartärpaläontologie*, 8: 215-223.

Racki, G., Narkiewicz, M. (red.), 2006. *Polskie zasady stratygrafii*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.

Różycki, S.Z., 1964. Klimatostratygraficzne jednostki podziału plejstocenu. *Acta Geologica Polonica*, 14 (3): 321-339.

Rzechowski, J., 1987. Problemy formalnej litostratygrafii czwartorzędu w Polsce. *Kwartalnik Geologiczny*, 31 (1): 125-137.

Salvador, A. (red.), 1994. *International Stratigraphic Guide: A guide to stratigraphic classification, terminology and procedure (2nd ed.)*. International Union of Geological Science and Geological Society of America, Boulder, CO [[www.stratigraphy.org/guide](http://www.stratigraphy.org/guide)]

Starkel, L. 1977. *Paleogeografia holocenu*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.

Walanus, A., Nalepka, D., 2005. Wiek rzeczywisty granic chronozon wyznaczonych w latach radiowęglowych. *Botanical Guidebooks*, 28: 313-321.

Wolff, E.W. 2007. When is the „present”? *Quaternary Science Reviews*, 26: 3023-3024.

Wysota, W., 2002. *Stratygrafia i środowiska sedymentacji zlodowacenia wisły w południowej części dolnego Powiśla*. Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń: 1-144.

Zalasiewicz, J.A., Smith, A., Brenchley, P., Evans, J., Knox, R., Riley, N., Gale, A., Rushton, A., Gibbard, P., Hesselbo, S., Marshall, J., Oates, M., Rawson, P., Trewhin, N., 2004. Simplifying the stratigraphy of time. *Geology*, 32: 1-4.

