

Dr Renata Jach
Instytut Nauk Geologicznych
Uniwersytet Jagielloński

Autoreferat Opis dorobku i osiągnięć naukowych

1. Imię i nazwisko: **Renata Jach**

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe:

- 2003: Doktor Nauk o Ziemi w zakresie geologii, stopień uzyskany uchwałą Rady Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Jagiellońskiego. Praca doktorska wykonana pod kierunkiem prof. dr. hab. Afreda Uchmana w zakresie sedymentologii pt: Rozwój facjalny utworów przełomu jury dolnej i środkowej w jednostce krížniańskiej Tatr Zachodnich.
- 1998: Magister geologii, specjalność geologia stratygraficzno-poszukiwawcza, tytuł uzyskany w Instytucie Nauk Geologicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego. Praca magisterska wykonana pod kierunkiem prof. dr. Stanisława Dżużyńskiego oraz dr. Joachima Szulca pt: Budowa geologiczna okolic Brodeł koło Alwerni.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

- od 2005: adiunkt w Zakładzie Sedymentologii i Analizy Paleośrodowisk; Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego
- 2003 – 2005: asystent w Zakładzie Sedymentologii i Analizy Paleośrodowisk; Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego

4. Na podstawie art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.) jako główne osiągnięcie naukowe przedstawiam cykl dwóch publikacji pod zbiorczym tytułem:

„Węglanowo-krzemionkowe osady jury środkowej i górnej domeny Fatrikum w Tatrach: zintegrowana stratygrafia, facje i środowisko sedymentacji”

Lista publikacji składających się na główne osiągnięcie naukowe:

Jach, R., Djerić, N., Goričan, Š. & Reháková, D., 2014. Integrated stratigraphy of the Middle Upper Jurassic of the Krížna Nappe, Tatra Mountains. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 84: 1–33.

recenzenci publikacji: Daria Ivanova, José Sandoval, Hisashi Suzuki i Hubert Wierzbowski

Jach, R. & Reháková, D., 2019. Middle to Late Jurassic carbonate-biosiliceous sedimentation and palaeoenvironment in the Tethyan Fatricum Domain, Krížna Nappe, Tatra Mts, Western Carpathians. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 89: 1–46.

recenzenci publikacji: Roman Aubrecht, Špela Goričan, recenzent anonimowy.

Omówienie głównego osiągnięcia naukowego

Wprowadzenie w tematykę badań, dotychczasowy stan wiedzy i istniejące problemy badawcze

W czasie jury następowały szybkie zmiany układu lądów i mórz w wyniku postępującej dezintegracji kontynentu Pangei i rozwoju rozległego Oceanu Tetydy (Fig. 1). W wyniku ryftingu na obszarze tak zwanej Tetydy Alpejsko-Medyterańskiej powstało wówczas wiele, częściowo izolowanych basenów, które początkowo były relatywnie wąskie i wydłużone. Były one założone na skorupie kontynentalnej podlegającej rozciąganiu i ścienianiu. W skrajnych przypadkach, w części z tych basenów, doszło do krecacji skorupy oceanicznej. Baseny te były obrzeżone uskokami normalnymi lub przesuwczymi i rozdzielone elewacjami, zazwyczaj o charakterze podmorskich wyniesień.

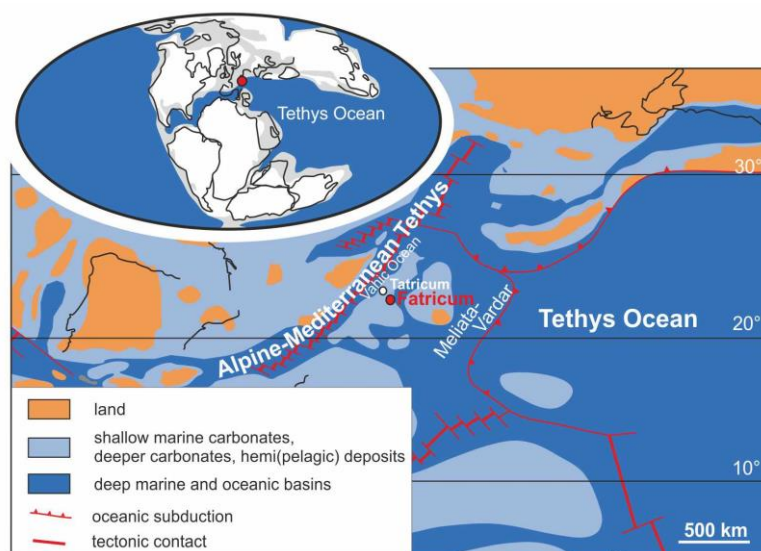


Fig. 1. Pozycja paleogeograficzna domeny Fatrikum w keloweju (wg Thierry & Barrier, 2000; uproszczone, z Jach & Reháková, 2019)

Odmienne facje były deponowane w basenach a odmienne na rozdzielających je podmorskich wyniesieniach (Bernoulli & Jenkyns, 1974). W basenach powstawały różnorakie osady hemipelagiczne i osady masowej redepozycji – głównie sphywów grawitacyjnych (Eberli, 1987) – oraz radiolaryty (Baumgartner, 2013; De Wever *et al.*, 2014), a na wyniesieniach między innymi wapienie krynowidowe, wapienie bositrowe oraz czerwone wapienie, często o charakterze bulastym (Jenkyns, 1974; Santantonio, 1993; Martire, 1996). Osady wyniesień zazwyczaj mają charakter osadów skondensowanych i obfitują w różnorakie pelagiczne mikrobiality. Na przełomie jury i kredy szeroko rozprzestrzeniają się wapienie mikrytowe, w których dominującym składnikiem są węglanowe szkielety planktonicznych mikroorganizmów.

Powyżej zarysowana reguła ma charakter uniwersalny, jednak jurajska ewolucja każdego z basenów Tetydy Alpejsko-Medyterańskiej przebiegała w nieco odmienny sposób. Było to warunkowane różnorakimi czynnikami od lokalnych po regionalne, takimi jak: syngedymantacyjna aktywność tektoniczna danego obszaru (Bertok & Martire, 2009; Picotti & Cobianchi, 2017), reorganizacja układu mikrokontynentów (Lewandowski *et al.*, 2005; Muttoni *et al.*, 2005, 2013), zmiany cyrkulacji oceanicznej (Nieto *et al.*, 2012; Vörös, 2012), zmiany trofizmu wody morskiej, które w skrajnym przypadku prowadziły do kryzysu produkcji i sedymentacji węglanowej (Bartolini & Cecca, 1999; Morettini *et al.*, 2002; Cecca *et al.*, 2005; Baumgartner, 2013; De Wever *et al.*, 2014), jak również zmiany ewolucyjne organizmów wytrącających węglan wapnia (Erba, 1989; Erba and Tremolada, 2004). Czynniki powyższe pozostawały w ścisłych, wzajemnych interakcjach.

Domena Fatrikum była jedną z domen (elementów) paleogeograficznych karpackiego segmentu Tetydy Alpejsko-Medyterańskiej. Skały ją budujące znalazły się w kredzie w obrębie płaszczowiny krizniańskiej. Obecnie występują one w różnych masywach górskich Karpat Centralnych, między innymi w Tatrach. Osady jurajskie dokumentują rozwój domeny Fatrikum od stadium inicjalnego, kiedy w triasie późnym dominowały warunki lądowe i płytkomorskie po rozległy zbiornik istniejący w czasie kredy wczesnej. W czasie jury domena Fatrikum była ograniczona wyniesieniem (grzbietem) Tatricum od północy (wg dzisiejszych koordynatów) i tzw. grzbietem kimeryjskim (od południa; *Cimmerian wedge sensu* Michalík, 2007).

Dotychczasowe badania wykazały, że osady jury środkowej i górnej domeny Fatrikum w Tatrach to kompleks węglanowo-krzemionkowy o łącznej miąższości kilkudziesięciu metrów. Osady krzemionkowe były interpretowane jako głębokowodne facje pelagiczne (Lefeld, 1974, 1981) a ich wiek był określany na podstawie aptychów i radiolarii na baton–kimeryd (Gąsiorowski, 1959, 1962; Polák *et al.*, 1998; Bąk, 2001). Istniejący podział stratygraficzny kompleksu węglanowo-krzemionkowego oparty jest w dużej mierze na analogiach z sukcesją osadową Pienin (Lefeld, 1974; Lefeld *et al.*, 1985), aczkolwiek sugerowane były korekty (Pszczółkowski, 1996; Grabowski & Pszczółkowski, 2006) i daleko idące modyfikacje tego podziału (Polák *et al.*, 1998).

Pomimo powyżej podsumowanych, dotychczasowych badań stan rozpoznania sukcesji osadów jury środkowej i górnej domeny Fatrikum w Tatrach nie był w pełni zadowalający. Nie były znane szczegóły dotyczące wielu facji (typ mikrofacjalny, rodzaje składników, struktury sedymentacyjne, itp.). Istniały nawet wyraźne rozbieżności w istotnych szczegółach następstwa pionowego facji. Jako przykład można podać enigmatyczną pozycję wapieni bulastych (formacja wapienia niedzickiego – Lefeld *et al.*, 1985) w sukcesji węglanowo-krzemionkowej (Lefeld, 1974; Lefeld *et al.*, 1985 *versus* Polák *et al.*, 1998; patrz też Jach *et al.*, 2019). Nie były znane również wzajemne oboczne relacje przestrzenne wyróżnianych facji. Dane stratygraficzne dotyczące radiolarytów jednostki krizniańskiej bazujące na aptychach i radiolariach, wymagały rewizji, co wynikało głównie z faktu, że osady te nie były poddane szczegółowemu opróbowaniu i jednocześnie kompleksowej analizie mikrofaunistycznej. Istniała także potrzeba ich uzupełnienia o niezależne dane oparte na innych markerach biostratygraficznych i danych chemostratygraficznych (stratygrafii izotopowej).

Cele badań

Celem przeprowadzonych badań było ustalenie stratygrafii kompleksu węglanowo-krzemionkowego jury środkowej i górnej domeny Fatrikum w Tatrach, określenie pionowego następstwa facji i lateralnej zmienności facjalnej, odtworzenie warunków i mechanizmów sedymentacji tego kompleksu, określenie szeroko pojętych czynników paleośrodowiskowych warunkujących sedymentację badanych osadów, zwłaszcza takich jak zmiany poziomu morza, głębokość basenu sedymentacyjnego, wpływ poziomu kompensacji aragonitowej (ACD) i kompensacji kalcytowej (CCD), warunki troficzne i paleoklimatyczne.

Przyjęta i zrealizowana strategia badań

Biorąc pod uwagę niedostateczne rozpoznanie pionowego następstwa facji jury środkowej i górnej do badań zostały wytypowane kluczowe profile położone w Tatrach Zachodnich i we wschodniej części Tatr (regle Tatr Wysokich i Tatry Bielskie na Słowacji), które następnie były precyzyjnie mierzone i opróbowane metodą warstwa po warstwie. Łącznie pomierzono i opróbowano ponad 450 m profili. Kolejnym krokiem było wyróżnienie i zdiagnozowanie typowych facji. Następnie, przy zastosowaniu narzędzi stratygrafii izotopowej (zmienność $\delta^{13}\text{C}$) i biostratygraficznych (analiza zespołów radiolarii, wapiennych dinocyst oraz kalpionellidów), we współpracy ze specjalistami od biostratygrafii (Nevnka Djerić, Špela Goričan, Daniela Reháková), została opracowana zintegrowana stratygrafia badanych osadów. Zagadnienia stratygraficzne zostały zawarte w pierwszym artykule będącym częścią składową

głównego osiągnięcia naukowego (Jach *et al.*, 2014). Chciałam dodać, że artykuł ten spotkał się z pozytywnym oddźwiękiem w międzynarodowej literaturze o czym świadczy liczba cytacji (cytowany jest w 14 artykułach w ciągu 5 lat). Ustalenie stratygrafii badanej sukcesji skalnej umożliwiło odtworzenie relacji czasowych poszczególnych facji i otworzyło możliwości dokonania różnorodnych dalej idących analiz dotyczących tempa i rozwoju sedymentacji, ewolucji badanego fragmentu basenu i czynników ją warunkujących. Zagadnienia te są zawarte w drugim artykule będącym częścią składową głównego osiągnięcia naukowego (Jach & Reháková, 2019).

Osiągnięte wyniki – rozpoznanie następstwa facji i stratygrafii osadów jury środkowej i późnej domeny Fatrikum (jednostki krizniańskiej) w Tatrach – zawarte w pracy Jach *et al.* (2014)

Stratygrafia kompleksu węglanowo-krzemionkowego jury środkowej i górnej została ustalona stosując standardowe metody biostratygraficzne (radiolarie, wapienne dinocysty, kalpionellidy) zintegrowane z analizą danych izotopowych ($\delta^{13}\text{C}$) w węglanach (Fig. 2).

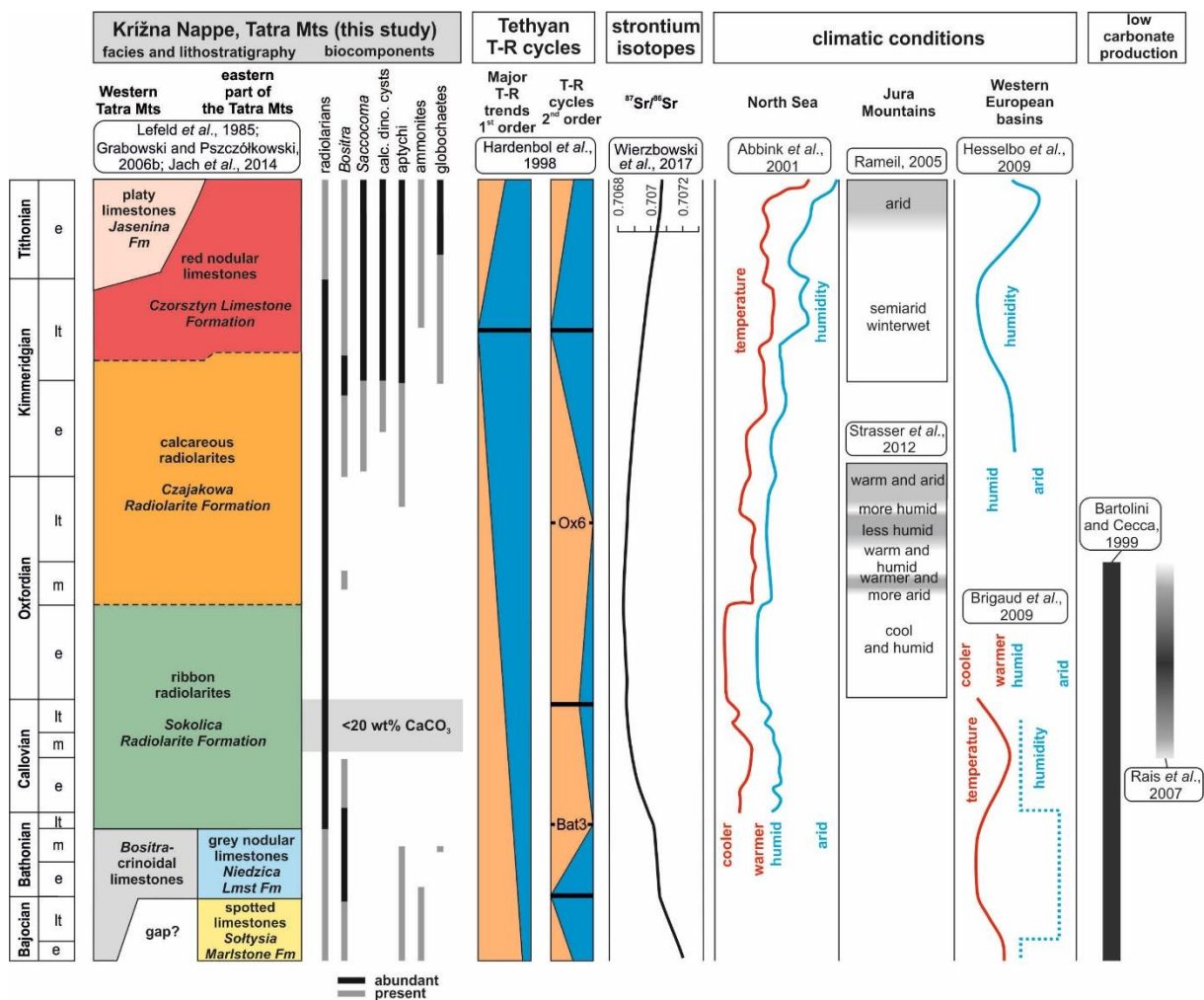


Fig. 2. Facje oraz zasięgi występowania wybranych skamieniałości w badanych profilach Tatr porównane z ogólną krzywą zmian poziomu morza, krzywą $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, danymi paleoklimatycznymi oraz produktywnością węglanową od bajosu do tytonu wczesnego

Badania terenowe doprowadziły do stwierdzenia znacznego zróżnicowania facjalnego badanych osadów manifestującego się pionową sukcesją facji i ich lateralną zmiennością. We wschodniej części Tatr (regle Tatr Wysokich i Tatry Bielskie) miększe wapienie i mułowce plamiste są przykryte szarymi

wapieniami bulastymi. Wapienie te były najprawdopodobniej wyróżniane jako formacja wapienia niedzickiego (Lefeld *et al.*, 1985) i lokowane wyżej w sukcesji węglanowo-krzemionkowej. W Tatrach Zachodnich lateralnym ekwiwalentem powyżej wymienionych facji są częściowo skondensowane wapienie bositrowo-krynoidowe. Ponad tymi osadami znajduje się zróżnicowany wewnętrznie kompleks radiolarytowy, w spągu zdominowany przez radiolaryty zielone a w stropie czerwone. Miąższość tego kompleksu jest zmienna, lecz generalnie większa we wschodniej części Tatr. Radiolaryty są z kolei przykryte przez czerwone wapienie bulaste, mające większą miąższość we wschodniej części Tatr oraz szare wapieni płytowe, które są bardziej miąższe w Tatrach Zachodnich i są częściowo lateralnym ekwiwalentem czerwonych wapieni bulastych.

Kompleksowe podejście do stratygrafii badanych osadów i zastosowanie metod stratygrafii zintegrowanej pozwoliły na ustalenie precyzyjnego schematu stratygraficznego badanych osadów (Fig. 2). Generalnie ujednoliconą sedymentacja radiolarytowa rozpoczęła się w batonie późnym i trwała aż do kimerydu późnego. Powrót sedymentacji węglanowej nastąpił w późniejszym kimerydzie (zona Moluccana), kiedy rozpoczęła się sedymentacja czerwonych wapieni bulastych (por. też Jach *et al.*, 2012).

Dodatkowym ciekawym wynikiem płynącym z przeprowadzonych badań było pozytywne zweryfikowanie zastosowania proporcji izotopów trwałych węgla ($\delta^{13}\text{C}_{\text{carb.}}$) jako narzędzia chemostratygraficznego w facjach krzemionkowych o małej zawartości węglanu wapnia. Badania wykazały, że analiza $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb.}}$ w próbkach radiolarytów, nawet o małej zawartości CaCO_3 (ok. 12 wt%), dostarcza wiarygodnych danych o znaczeniu chemostratygraficznym. Krzywa zmienności $\delta^{13}\text{C}$ uzyskana z próbek osadów węglanowo-krzemionkowych wykazuje zdarzenia izotopowe w bajosie wczesnym, bajosie późnym, batonie późnym, keloweju późnym, oksfordzie środkowym i kimerydzie późnym (zona Moluccana). Dodatkowo, krzywa ta cechuje się wyraźnym trendem ku wyższym wartościom w keloweju; wysokie wartości utrzymują się w interwale kelowej późny – oksford środkowy. Od środkowego oksfordu do wczesnego tytonu zaznacza się trend ku coraz to niższym wartościom. Przebieg krzywej, wyznaczone piki i trendy dobrze korelują się z krzywymi przebiegu zmienności $\delta^{13}\text{C}$ opracowanymi w innych profilach Tetydy (e.g., Bartolini *et al.*, 1999; Jenkyns *et al.*, 2002; O'Dogherty *et al.*, 2006).

Osiągnięte wyniki – sedymentacja węglanowo-krzemionkowa jury środkowej i późnej domeny Fatrikum w Tatrach i czynniki ją warunkujące – zawarte w pracy Jach & Reháková (2019)

Wcześniejsza paleotopografia dna basenu wywarła znaczący wpływ na sedymentację osadów jury środkowej. Szczegółowa analiza facji wraz z określeniem ich tempa sedymentacji wykazała, że wapienie plamiste, zawierające warstwy redeponowanych wapieni krynoidowych, i szare wapienie bulaste znane wyłącznie ze wschodniej części Tatr były deponowane w lokalnym obniżeniu. Natomiast równowiekowe wapienie bositrowo-krynoidowe z Tatr Zachodnich reprezentują facje podmorskiego wyniesienia. Szare wapienie bulaste podlegały synsedymentacyjnemu pełnieniu w dół podmorskiego skłonu, co zadecydowało o ich cechach strukturalnych.

Wyżejległe radiolaryty powstały na skutek podniesienia się poziomu CCD. Zjawisko to wiąże się z powszechnym w Tetydzie kryzysem sedymentacji węglanowej w czasie kelowej środkowy – oksford wczesny, który jest sumarycznym efektem różnorodnych, powiązanych ze sobą procesów, takich jak eutrofizacja i związane z tym i zakwaszenie kolumny wody, zwilgotnienie klimatu, a być może także zwiększona podaż CO_2 pochodzenia endogenego. Uruchomienie sedymentacji radiolarytowej nastąpiło stosunkowo gwałtownie, co znajduje wyraźny zapis w analizowanych profilach.

Górna część kompleksu radiolarytów (oksford środkowy – kimeryd górny) charakteryzuje się podwyższoną zawartością węglanu wapnia. Charakteryzuje się ona także niższym tempem sedymentacji niż radiolaryty niżejległe. Jest to efektem stopniowego zamierania sedymentacji krzemionkowej i bardzo powolnego odradzania się sedymentacji węglanowej. Proces ten zbiega się w czasie z osuszeniem i ociepleniem klimatu.

Analiza facji wykazała, że wcześniejsza paleotopografia została wyrównana podczas sedymentacji dolnej części kompleksu radiolarytów. Stwierdzone znaczące lateralne zróżnicowanie facji wapieni znajdujących się w profilach ponad radiolarytami oraz ich tempa sedymentacji wskazują na rewers reliefu dna morskiego w czasie jury późnej. Facje powstające w Tatrach Zachodnich były deponowane w lokalnym obniżeniu, natomiast wapień czerwony wykształcony jako litotyp pseudonodularny, który jest charakterystyczny dla wschodniej części Tatr, powstawały na lokalnym wyniesieniu podmorskim.

Rozwój badanego fragmentu domeny Fatrikum został wytłumaczony w oparciu o postulowaną przez Michalíka (2007) naturę *pull apart* tego basenu z wykorzystaniem wyników analogowego modelowania takich basenów przeprowadzonego przez Wu *et al.* (2009). W tym ujęciu w trakcie rozwoju domeny Fatrikum doszło do jej tektonicznej modyfikacji i przemieszczenia depocentrum (Fig. 3). Wnioski płynące z przeprowadzonych badań wykazują, że domena Fatrikum, podobnie jak wiele innych basenów Tetydy Alpejsko-Medyterańskiej podlegała synsedymencyjnej tektonice w czasie znacznie późniejszym niż etap jej ryftingu, przypadający na przełom triasu i jury. Wnioski te pozwoliły wysunąć przypuszczenie, że rozwój tektoniczny tej domeny w jurze mógł być warunkowany subdukcją Oceanu Meliata zachodzącą po przeciwnej stronie obrzeżającego ją grzbietu kimeryjskiego.

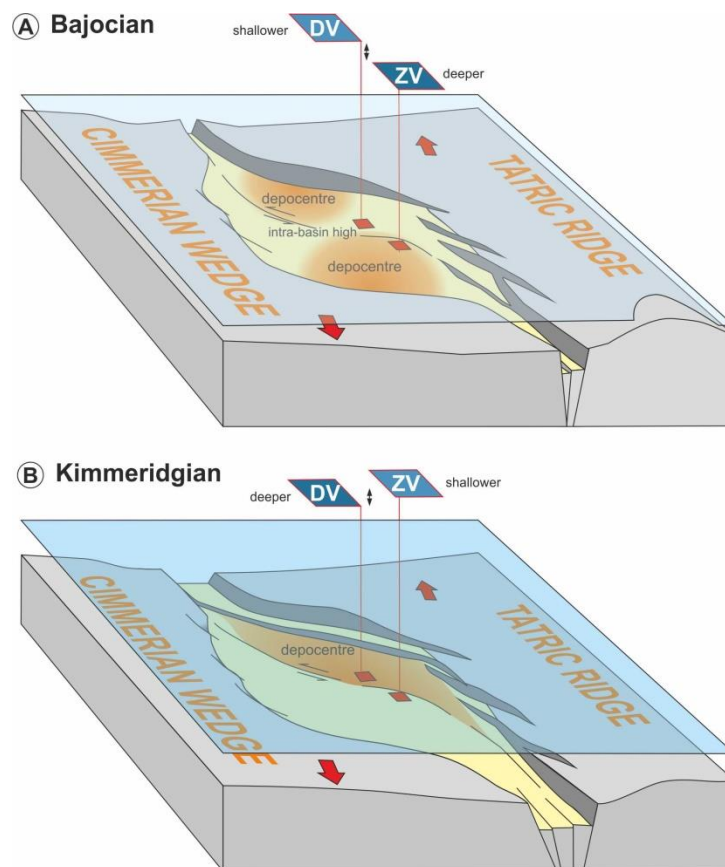


Fig. 3. Schematyczny model tektoniczny (nie w skali, inspirowany pracami Michalík, 2007 oraz Wu *et al.*, 2009) przedstawiający paleobatymetryczne zróżnicowanie i zmiany na badanym obszarze między Doliną Długą (DV) a Płaczliwą Skalą (ZV); z Jach i Reháková (2019)

Pozostałe osiągnięcia naukowe

Poza badaniami, których wyniki są scharakteryzowane powyżej i które stanowią główne osiągnięcie naukowe, moje prace naukowe koncentrują się przede wszystkim wokół sedymentacji innych morskich osadów węglanowych. Ponadto opracowywałam zagadnienia związane z powstawaniem

słodkowodnych osadów węglanowych, paleośrodowiskowym znaczeniem subfosylnych drążeni chrząszczy i problemy dotyczące budowy geologicznej rejonu krakowskiego. Moje badania koncentrują się zwłaszcza na obszarze Tatr, a także Wyżyny Krakowskiej. Prowadziłam badania również we wschodniej Serbii i w Argentynie.

Sedymentacja osadów jury dolnej jednostki krizniańskiej Tatr Zachodnich

Zagadnień tych dotyczyła moja rozprawa doktorska przygotowana pod kierunkiem prof. dr. hab. Alfreda Uchmana. Wyniki badań prowadzonych w ramach realizacji rozprawy doktorskiej i finansowanych z promotorskiego projektu Komitetu Badań Naukowych (KBN) były prezentowane na międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych, a część z nich została opublikowana przed uzyskaniem stopnia doktora (Jach, 2002), co nastąpiło we wrześniu 2003 r. Badania tych zagadnień kontynuowałam po uzyskaniu stopnia doktora, we współpracy z naukowcami z mojej macierzystej jednostki i z innych ośrodków naukowych w Polsce, także w ramach realizacji kolejnego projektu badawczego KBN.

Jednym z istotnych osiągnięć tych badań jest wykazanie płyciejącego trendu w trakcie sedymentacji osadów pliensbachu późnego i toarku wczesnego w jednostce krizniańskiej w Tatrach Zachodnich. Trend ten manifestuje się zmianami w zespole gąbek krzemionkowych zasiedlających podmorskie wyniesienie (Jach, 2002) i pojawianiem się początkowo dystalnych a w górę profilu proksymalnych tempestytyw krynoidowych, cechujących się amalgamacją ławic, obecnością symetrycznych riplemarków i warstwowaniem kopułowym (*hummocky cross stratification*; Jach, 2005). Tempestyty krynoidowe były deponowane pomiędzy normalną a sztormową podstawą falowania, a tempestyty proksymalne zapewne w pobliżu normalnej podstawy falowania. Powstaniu mięszszego kompleksu tempestytyw sprzyjało usytuowanie badanego basenu w narożu rozległego i zwężającego się ku zachodowi Oceanu Tetydy.

Wspólnie z M. Gradzińskim, J. Tyszką i A. Uchmanem opracowałam genezę, ekologiczne i paleośrodowiskowe uwarunkowania wzrostu mikrobialno-otwornicowych żelazistych onkoidów ze skondensowanych czerwonych wapieni toarku (wapieni typu adneckiego) jednostki krizniańskiej Tatr (Gradziński *et al.*, 2004). Onkoidy te formowały się na podmorskim wyniesieniu w warunkach wolnego tempa sedymentacji. Nowatorskim wnioskiem naszych badań było, że rozwojowi zespołów mikroorganizmów i inkrustujących otwornic tworzących onkoidy sprzyjała oligotrofizacja wód w basenie krizniańskim (domenie Fatrikum) u schyłku jury wczesnej. Wniosek ten ma charakter uniwersalny, dotyczy ogólnych prawideł rozwoju asocjacji otwornic i mikroorganizmów i spotkał się z pozytywnym oddźwiękiem w literaturze. Dowodzi tego stosunkowo liczne cytowanie naszego artykułu (cytowanie w 38 pracach).

Zebrana przeze mnie kolekcja amonitów i łozików z czerwonych wapieni toarku została taksonomicznie opracowana przez R. Myczyńskiego i przedstawiona w naszej wspólnej publikacji (Myczyński & Jach, 2009). Uzyskane dane, dzięki precyzyjnej lokalizacji badanych okazów na szczegółowym profilu, pozwoliły na uściślenie wieku czerwonych wapieni toarku w Tatrach Zachodnich. Koncentracja amonitów i łozików potwierdza niskie tempo sedymentacji tych wapieni, co wcześniej zostało wykazane na podstawie makroonkoidów (Gradziński *et al.*, 2004) i cech autochtonicznych ziaren glaukonitu (Jach & Starzec, 2003).

Rozpoznałam także zróżnicowanie facjalne wapieni bositrowo-krynoidowych znajdujących się ponad czerwonymi wapieniami toarku i przedyskutowałam czynniki warunkujące ich powstanie (Jach, 2007). Wykazałam, że są to osady znacznie obocznie zróżnicowane, co powiązałam z paleobatymetrycznym ukształtowaniem podłoża. Na podstawie pozycji tych wapieni w profilu postulowałam ich wiek na aalen wczesny – baton wczesny, co później zrewidowałam na bajos – baton środkowy na podstawie danych chemostratygraficznych (Jach *et al.*, 2014).

Badania prowadzone w ramach projektu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego realizowanego w latach 2004–2006 (nr PB 2PO4D 03127), którego byłam pomysłodawcą i kierownikiem, dotyczyły enigmatycznych manganowych osadów toarku, występujących jedynie lokalnie pomiędzy Doliną Chochołowską i Doliną Lejową. Szczegółowe i wielopłaszczyznowe badania obejmujące studium mikrofacji, składu mineralnego i cech geochemicznych (w tym pierwiastków ziem rzadkich) wykazały, że osady te są związane z podmorskim ventem (Jach & Dudek, 2005). Był on zasilany dzięki ascenzyjnej cyrkulacji geofluidów wzdłuż aktywnych uskoku. W sąsiedztwie ventu rozwijały się bentoniczne zespoły mikroorganizmów, które stymulowały wytrącanie tlenkowych minerałów manganu w formie laminowanych naskorupień i onkoidów. Obszar ten był zasiedlany także przez specyficzny zespół fauny zdominowany przez osadożerców (jeżowce i strzykwę). Przedstawiona interpretacja zmieniła dotychczasowe poglądy, które wiązały koncentrację manganu z tak zwanym toarckim wydarzeniem anoksydacyjnym (Krajewski *et al.*, 2001). W świetle naszej interpretacji badane osady są rzadko spotykanym zapisem aktywności kopalnego podmorskiego ventu funkcjonującego na głębokościach nerytycznych. Współczesne odpowiedniki tego ventu są znane jedynie z nielicznych miejsc na Ziemi, między innymi z Zatoki Kalifornijskiej (Prol-Ledesma *et al.*, 2004). Przedstawiona przez nas interpretacja spotkała się z pozytywnym oddźwiękiem w literaturze.

Kontynuacją badań osadów ventowych było stwierdzenie w nich unikalnego, monogatunkowego zespołu aglutynujących otwornic bentonicznych. Zespół ten opracowałam wraz z paleontologami J. Tyszką i M. Bubikiem, czego efektem było opisanie nowego dla wiedzy gatunku *Recurvoides infernus* i określenie jego specyficznych wymagań ekologicznych (deficyt tlenu, niskie pH; Tyszka *et al.*, 2010). Gatunek ten jest jednym z najstarszych znanych przedstawicieli nadrodziny Recurvoidacea.

Sedymentacja osadów eocenu tatrzańskiego

Opracowywałam również zagadnienia sedymentacji eocenu tatrzańskiego. Wspólnie z M. Gradzińskim i A. Uchmanem, stwierdziliśmy występowanie licznych stromatolitów oraz onkoidów sinicowych w spągowej części zlepieńców eocenu w Dolinie Suchej Wody (Gradziński *et al.*, 2006). Przedstawiliśmy dowody świadczące o słodkowodnej genezie omawianych osadów. W świetle uzyskanych wyników, stromatolity i onkoidy reprezentują kopalne martwice wapienne, a ich występowanie dokumentuje, że spągowa część tatrzańskich zlepieńców eoceńskich była deponowana w warunkach lądowych. Pośrednio wskazuje też na rozwój zjawisk krasowych w Tatrach poprzedzający transgresję eoceńską. Wniosek ten potwierdziłam badając wspólnie z M. Gradzińskim i H. Hercman relikty kopalnych osadów krasowych zachowane lokalnie w Tatrach Zachodnich pod czerwonymi zlepieńcami eocenu (Jach *et al.*, 2016).

W ramach projektu MNiSW kierowanego przez E. Machaniec, którego byłam głównym wykonawcą, brałam udział w badaniach sedymentologicznych morskich osadów eocenu tatrzańskiego. Wykazaliśmy, że osady odsłaniające się w klasycznym stanowisku w kamieniołomie Pod Capkami zapisują reakcję zespołów bentonicznych zdominowanych przez duże otwornice na dynamicznie zmieniające się warunki sedymentacji wywołane podnoszeniem się poziomu morza (Machaniec *et al.*, 2011).

Efektom badań było także wyróżnienie i opisanie wraz z E. Machaniec i A. Uchmanem trzech morfotypów skamieniałości śladowej *Nummipera eocenica* (Jach *et al.*, 2012). Stwierdziliśmy, że ściany poszczególnych morfotypów zbudowane są ze skorupki dużych otwornic bentonicznych (*Discocyclus*, *Nummulites*) o różnej morfologii, co wiązaliśmy głównie ze zmiennym reżimem energetycznym w trakcie sedymentacji. Koncentracja badanych skamieniałości śladowych została zinterpretowana jako efekt spowolnienia sedymentacji w czasie postępującej transgresji.

W ramach kontynuacji badań eocenu tatrzańskiego zainicjowałam przeprowadzenie rewizji muzealnej kolekcji flor pochodzącej z morskich osadów rejonu Hrubego Regła. Badany zespół kopalnej flory jest zdominowany przez dobrze zachowane liście należące do rodziny bukowatych (Fagaceae), wawrzynowatych (Lauraceae); ponadto stwierdzono owoce palmy *Nypa* typowej dla lasów

mangrowych (Worobiec *et al.*, 2015). Cechy opisanej flory wskazują na jej związek z tropikalnym lub subtropikalnym wiecznie zielonym lasem. Stan zachowania flory świadczy, że była ona deponowana w pobliżu brzegu.

Inne kierunki badań

Przy okazji moich badań terenowych w Tatrach Zachodnich zlokalizowałam nieznanie wcześniej stanowisko brekcji stokowych. Wspólnie z M. Gradzińskim i E. Stworzewicz wykazaliśmy, że cementacja brekcji nastąpiła w atlantyckiej fazie holocenu i była warunkowana głównie procesami natury fizykochemicznej sterowanymi ucieczką CO₂ z roztworu (Gradziński *et al.*, 2001).

Efektom opieki nad pracą magisterską E. Górnikiewicz było zlokalizowanie nieopisywanych wcześniej specyficznych węglanowych naskorupień powstałych w szczelinach w skale Kramnica (pieniński pas skałkowy; Gradziński *et al.*, 2013). Wspólnie z M. Gradzińskim określiliśmy, że badane naskorupienia są swego rodzaju „brakującym ogniwem” pomiędzy węglanami pedogenicznymi a jaskiniowymi. Oryginalnym wnioskiem było także wskazanie możliwości, że prekursorem mikroskładników budujących naskorupienia były amorficzne węglany wapnia.

W holocenijskich aluwiach Raby znalazłam subfossylne pnie czarnych dębów, z dobrze zachowanymi żerowiskami chrząszcza kozioroga dębosza (*Cerambyx cerdo*) wraz z jego subfossylnymi larwami, poczwarkami i osobnikami dorosłymi. Znaleździło to pozwoliło na zainicjowanie interdyscyplinarnych badań realizowanych wspólnie z S. Knutelskim, A. Uchmanem, H. Hercman oraz M. Dohnalikiem, w ramach których zidentyfikowano różne stadia rozwojowe kozioroga dębosza, opisaliśmy jego żerowiska z wykorzystaniem mikrotomografii rentgenowskiej (micro-CT; Jach *et al.*, 2018, Knutelski *et al.*, 2018). Istotnym elementem badań były datowania dendrochronologiczne oraz radiowęglowe, które wykazały, że subfossylne czarne dęby jak i występujące w nich koziorogi dębosze odpowiadają głównie ciepłemu okresowi rzymskiemu (od 45 lat p.n.e. do 558 lat n.e.). Masowe nagromadzenie powalonych pni dębów wiąże się z fazą zwilgotnienia w dorzeczu Wisły, po którym z powodu ochłodzenia klimatu w okresie „wieków ciemnych” doszło do pogorszenia warunków siedliskowych dla kozioroga dębosza.

Moje zainteresowania naukowe dotyczą również budowy geologicznej obszaru krakowskiego, co jest pokłosiem mojej pracy magisterskiej, która dotyczyła budowy geologicznej okolic Brodeł (koło Alwerni; Jach, 2000). Wynikiem tych zainteresowań było współautorstwo rozdziału dotyczącego budowy geologicznej, rzeźby i zjawisk krasowych Ojcowskiego Parku Narodowego wydanej w monografii OPN (Gradziński *et al.*, 2008).

Konsekwencją moich zainteresowań budową geologiczną Tatr było współredagowanie wraz z T. Rychlińskim i A. Uchmanem monograficznego opracowania zawierającego szczegółową charakterystykę wraz z ilustracjami wszystkich osadowych skał tatrzańskich (Jach *et al.*, ed., 2014). Opracowanie to złożone z rozdziałów napisanych przez 20 autorów i liczące 278 stron ukazało się nakładem Tatrzańskiego Parku Narodowego.

Literatura

- Abbink, O., Targarona, J., Brinkhuis, H. & Visscher, H., 2001. Late Jurassic to earliest Cretaceous palaeoclimatic evolution of the southern North Sea. *Global and Planetary Change*, 30: 231–256.
- Bąk, M., 2001. Promienice z kompleksu radiolarytów środkowej i górnej jury jednostki reglowej dolnej Tatr - ich znaczenie biostratygraficzne. In: Bąk, K. (ed.), *Przewodnik Sympozjum Terenowego, III Ogólnopolskie Warsztaty Mikropaleontologiczne, Zakopane 2001*. Akademia Pedagogiczna w Krakowie, Kraków, pp. 50–53.

- Bartolini, A. & Cecca, F., 1999. 20 My hiatus in the Jurassic of Umbria-Marche Apennines (Italy): carbonate crisis due to eutrophication. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Série 2, Sciences de la Terre et des Planètes*, 329: 587–595.
- Bartolini, A., Baumgartner, P. O. & Guex, J., 1999. Middle and Late Jurassic radiolarian palaeoecology versus carbon-isotope stratigraphy. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 145: 43–60.
- Baumgartner, P. O., 2013. Mesozoic radiolarites – Accumulation as a function of sea surface fertility on Tethyan margins and in ocean basins. *Sedimentology*, 60: 292–318.
- Bernoulli, D. & Jenkyns, H. C., 1974. Alpine, Mediterranean and Central Atlantic Mesozoic facies in relation to the early evolution of the Tethys. In: Dott, R. H. & Sharer, R. H. (eds), *Modern and Ancient Geosynclinal Sedimentation. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication*, 19: 129–160.
- Bertok, C. & Martire, L., 2009. Sedimentation, fracturing and sliding on a pelagic plateau margin: the Middle Jurassic to Lower Cretaceous succession of Rocca Busambra (Western Sicily, Italy). *Sedimentology*, 56: 1016–1040.
- Brigaud, B., Durllet, C., Deconinck, J.-F., Vincent, B., Pucéat, E., Thierry, J. & Trouiller, A., 2009. Facies and climate/environmental changes recorded on a carbonate ramp: a sedimentological and geochemical approach on Middle Jurassic carbonates (Paris Basin, France). *Sedimentary Geology*, 222: 181–206.
- Cecca, F., Garin, M. B., Marchand, D., Lathuiliere, B. & Bartolini, A., 2005. Paleoclimatic control of biogeographic and sedimentary events in Tethyan and peri-Tethyan areas during the Oxfordian (Late Jurassic). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 222: 10–32.
- De Wever, P., O'Dogherty, L. & Goričan, Š., 2014. Monsoon as a cause of radiolarite in the Tethyan realm. *Comptes Rendus Geoscience*, 346: 287–297.
- Eberli, G. P., 1987. Carbonate turbidite sequences in rift basins of the Jurassic Tethys Ocean (eastern Alps, Switzerland). *Sedimentology*, 34: 363–388.
- Erba, E., 1989. Upper Jurassic to Lower Cretaceous *Nannoconus* distribution in some sections from northern and central Italy. *Memorie di Scienze Geologiche*, 41: 255–261.
- Erba, E. & Tremolada, F., 2004. Nannofossil carbonate fluxes during the Early Cretaceous: Phytoplankton response to nutrification episodes, atmospheric CO₂, and anoxia. *Paleoceanography*, 19: 1–18.
- Gąsiorowski, S. M., 1959. Nowe dane o wieku radiolarytów serii regłowej dolnej w Tatrach. *Acta Geologica Polonica*, 9: 221–230.
- Gąsiorowski, S. M., 1962. Aptychy doggeru, malmu i neokomu Karpat Zachodnich i ich znaczenie stratygraficzne. *Studia Geologica Polonica*, 10: 1–151.
- Grabowski, J. & Pszczółkowski, A., 2006. Górny tyton i berias w płaszczowinie regłowej dolnej Tatr Zachodnich w świetle danych lito-, bio- i magnetostratygraficznych. *Przegląd Geologiczny*, 54: 870–877.
- Gradziński, M., Gradziński, R. & Jach, R., 2008. Geologia, rzeźba i zjawiska krasowe okolic Ojcowa. In: Klasa, A. & Partyka, J. (eds), *Monografia Ojcowskiego Parku Narodowego, Przyroda*. Wydawnictwo OPN, Ojców, pp. 31–95.
- Gradziński, M., Jach, R. & Górniewicz, E., 2013. Needle-fibre calcite and nanofibres as components of Holocene fissure-filling carbonates in southern Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 83: 229–242.
- Gradziński, M., Jach, R. & Stworzewicz, E., 2001. Cementation of Holocene slope breccias in the Długa Valley (the Western Tatra Mts.). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 71: 105–113.
- Gradziński, M., Jach, R., Riding, R. & Uchman, A., 2006. Słodkowodne stromatolity i onkoidy w zlepieńcach eoceńskich Doliny Sucheje Wody w Tatrach. In: Wysocka, A. & Jasionowski, M. (eds), *II Polska Konferencja Sedymentologiczna POKOS2, IX Krajowe Spotkanie Sedymentologów, Przebieg i Zmienność Sedymentacji w Basenach Przedgórskich, Zwierzyniec, 20–23.06.2006 r., Materiały Konferencyjne: Przewodnik Sesji Terenowych, Streszczenia Referatów i Posterów*. Instytut Geologii Podstawowej, Wydział Geologii UW, Warszawa, p. 123.

- Gradziński, M., Tyszka, J., Uchman, A. & Jach, R., 2004. Large microbial-foraminiferal oncoids from condensed Lower–Middle Jurassic deposits: A case study from the Tatra Mountains, Poland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 213: 133–151.
- Hardenbol, J., Thierry, J., Farley, M. B., Jacquin, T., de Graciansky, P.-C. & Vail, P. R., 1998. Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins. In: de Graciansky, P.-C., Hardenbol, J., Jacquin, T., Vail, P. R. (eds), *Mesozoic and Cenozoic Sequence Chronostratigraphic Framework of European Basins. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication*, 60: 763–781.
- Hesselbo, S. P., Deconinck, J.-F., Huggett, J. M. & Morgans-Bell, H. S., 2009. Late Jurassic palaeoclimatic change from clay mineralogy and gamma-ray spectrometry of the Kimmeridge Clay, Dorset, UK. *Journal of the Geological Society*, 166: 1123–1133.
- Jach, R., 2000. Nowe dane na temat budowy geologicznej okolic Brodeń koło Alwerni, Wyżyna Krakowska. *Przegląd Geologiczny*, 48: 1159–1162.
- Jach, R., 2002. Lower Jurassic spiculite series from the Krížna Unit in the Tatra Mts, Western Carpathians, Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 72: 131–144.
- Jach, R., 2005. Storm-dominated deposition of the Lower Jurassic crinoidal limestones in the Krížna Unit, Western Tatra Mountains, Poland. *Facies*, 50: 561–572.
- Jach, R., 2007. *Bositra* limestones – a step towards radiolarites: case study from the Tatra Mountains. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 77: 161–170.
- Jach, R., Djerić, N., Goričan, Š. & Reháková, D., 2014. Integrated stratigraphy of the Middle Upper Jurassic of the Krížna Nappe, Tatra Mountains. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 84: 1–33.
- Jach, R. & Dudek, T., 2005. Origin of a Toarcian manganese carbonate/silicate deposits from the Krížna Unit, Tatra Mountains, Poland. *Chemical Geology*, 224: 136–152.
- Jach, R., Goričan, Š., Reháková, D., Uchman, A. & Iwańczuk, J., 2019. Comment on “Decadal to millennial variations in water parameters in pelagic marine environments of the Western Tethys (Carpathian realm) during Middle–Late Jurassic – Evidence from the radiolarian record” by M. Bąk, K. Bąk and M. Michalik. *Global and Planetary Change*, in press, <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.10.009>.
- Jach, R., Gradziński, M. & Hercman, H., 2016. New data on pre-Eocene karst in the Tatra Mountains, Central Carpathians, Poland. *Geological Quarterly*, 60: 291–300.
- Jach, R., Knutelski, S., Uchman, A., Hercman, H. & Dohnalik, M., 2018. Subfossil markers of climate change during the Roman Warm Period of the late Holocene. *Science of Nature*, 105: 6.
- Jach, R., Machaniec, E. & Uchman, A., 2012. The trace fossil *Nummipera eocenica* from the Tatra Mountains, Poland: morphology and palaeoenvironmental implications. *Lethaia*, 45: 342–355.
- Jach, R. & Reháková, D., 2019. Middle to Late Jurassic carbonate-biosiliceous sedimentation and palaeoenvironment in the Tethyan Facies Domain, Krížna Nappe, Tatra Mts, Western Carpathians. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 89: 1–46.
- Jach, R., Reháková, D. & Uchman, A., 2012. Biostratigraphy and palaeoenvironment of the Kimmeridgian–Lower Tithonian pelagic sediments of the Krížna Nappe, Lejowa Valley, Tatra Mts., southern Poland. *Geological Quarterly*, 56: 773–788.
- Jach, R., Rychliński, T. & Uchman, A. (eds), *Skaly osadowe Tatr. Tatrzanski Park Narodowy – Wydawnictwa, Zakopane*, 278 p.
- Jach, R. & Starzec, K., 2003. Glaucony from the condensed Lower-Middle Jurassic deposits of the Krížna Unit, Western Tatra Mountains, Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 73: 183–192.
- Jenkyns, H. C., 1974. Origin of red nodular limestones (Ammonitico Rosso, Knollenkalke) in the Mediterranean Jurassic: a diagenetic model. In: Hsü, K. J. & Jenkyns, H. C. (eds), *Pelagic Sediments: On Land and Under the Sea. International Associations of Sedimentologists, Special Publications*, 1: 249–271.
- Jenkyns, H. C., Jones, C., Gröcke, D. R., Hesselbo, S. P. & Parkinson, D. N., 2002. Chemostratigraphy of the Jurassic System: applications, limitations and implications for palaeoceanography. *Journal of the Geological Society*, 159: 351–378.

- Knutelski, S., Jach, R., Uchman, A., Dohnalik, M. & Hercman, H., 2018. W czarnym domu chrząszcza. *Academia*, 2(54): 26–30.
- Krajewski, K. P., Lefeld, J. & Łącka, B., 2001. Early diagenetic processes in the formation of carbonate-hosted Mn ore deposit (Lower Jurassic, Tatra Mountains) as indicated from its carbon isotopic record. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences*, 49: 13–29.
- Lefeld, J., 1974. Middle-Upper Jurassic and Lower Cretaceous biostratigraphy and sedimentology of the Sub-Tatric Succession in the Tatra Mts. (Western Carpathians). *Acta Geologica Polonica*, 24: 277–364.
- Lefeld, J., 1981. Upper Jurassic radiolarite – nodular limestone vertical symmetry in the Polish Central Carpathians as reflection of regional depth changes in the ocean. *Studia Geologica Polonica*, 68: 89–96.
- Lefeld, J., Gaździcki, A., Iwanow, A., Krajewski, K. & Wójcik, K., 1985. Jurassic and Cretaceous lithostratigraphic units in the Tatra Mts. *Studia Geologica Polonica*, 84: 7–93.
- Lewandowski, M., Krobicki, M., Matyja, B. A. & Wierzbowski, A., 2005. Palaeogeographic evolution of the Pieniny Klippen Basin using stratigraphic and palaeomagnetic data from the Veliky Kamenets section (Carpathians, Ukraine). *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 216: 53–72.
- Machaniec, E., Jach, R. & Gradziński, M., 2011. Morphotype variation of orthophragminids as a paleoecological indicator: A case study of Late Bartonian limestone, Pod Capkami Quarry, Tatra Mts, Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 81: 199–205.
- Martire, L., 1996. Stratigraphy, facies and synsedimentary tectonics in the Jurassic Rosso Ammonitico Veronese (Altopiano di Asiago, NE Italy). *Facies*, 35: 209–236.
- Michalík, J., 2007. Sedimentary rock record and microfacies indicators of the latest Triassic to mid-Cretaceous tensional development of the Zliechov Basin (Central Western Carpathians). *Geologica Carpathica*, 58: 443–453.
- Morettini, E., Santantonio, M., Bartolini, A., Cecca, F., Baumgartner, P. O. & Hunziker, J. C., 2002. Carbon isotope stratigraphy and carbonate production during the Early-Middle Jurassic: example from the Umbria-Marche-Sabina Apennines (central Italy). *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 184: 251–273.
- Muttoni, G., Dallanave, E. & Channell, J. E. T., 2013. The drift history of Adria and Africa from 280 Ma to Present, Jurassic true polar wander, and zonal climate control on Tethyan sedimentary facies. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 386: 415–435.
- Muttoni, G., Erba, E., Kents, D. V. & Bachtadse, V., 2005. Mesozoic Alpine facies deposition as a result of past latitudinal plate motion. *Nature*, 434: 59–63.
- Myczyński, R. & Jach, R., 2009. Cephalopod fauna and stratigraphy of the Adnet type red deposits of the Krížna unit in the Western Tatra Mountains, Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 79: 27–39.
- Nieto, L. M., Reolid, M., Molina, J. M., Ruiz-Ortiz, P. A., Jiménez-Millán, J. & Rey, J., 2012. Evolution of pelagic swells from hardground analysis (Bathonian–Oxfordian, eastern External Subbetic, southern Spain). *Facies*, 58: 389–414.
- O'Dogherty, L., Sandoval, J., Bartolini, A., Bruchez, S., Bill, M. & Guex, J., 2006. Carbon-isotope stratigraphy and ammonite faunal turnover for the Middle Jurassic in the Southern Iberian palaeomargin. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 239: 311–333.
- Picotti, V. & Cobianchi, M., 2017. Jurassic stratigraphy of the Belluno basin and Friuli Platform: a perspective on far-field compression in the Adria passive margin. *Swiss Journal of Geosciences*, 110: 833–850.
- Polák, M., Ondrejčíková, A. & Wiczorek, J., 1998. Lithostratigraphy of the Ždiar Formation of the Krížna nappe. *Slovak Geological Magazine*, 4: 35–52.
- Prol-Ledesma, R. M., Canet, C., Torres-Vera, M. A., Forrest, M. J. & Armienta, M. A., 2004. Vent fluid chemistry in Bahia Concepción coastal submarine hydrothermal system, Baja California Sur, Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 137: 311–328.
- Pszczółkowski, A., 1996. Calpionellid stratigraphy of the Tithonian-Berriasian pelagic limestones in the Tatra Mts (Western Carpathians). *Studia Geologica Polonica*, 109: 103–130.

- Rais, P., Louis-Schmid, B., Bernasconi, S. M. & Weissert, H., 2007. Palaeoceanographic and palaeoclimatic reorganization around the Middle–Late Jurassic transition. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 251: 527–546.
- Rameil, N., 2005. Carbonate sedimentology, sequence stratigraphy, and cyclostratigraphy of the Tithonian in the Swiss and French Jura Mountains. A high-resolution record of changes in sea level and climate. *GeoFocus*, 13: 1–246.
- Santantonio, M., 1993. Facies associations and evolution of pelagic carbonate platform/basin systems: examples from the Italian Jurassic. *Sedimentology*, 40: 1039–1067.
- Strasser, A., Védrine, S. & Stienne, N., 2012. Rate and synchronicity of environmental changes on a shallow carbonate platform (Late Oxfordian, Swiss Jura Mountains). *Sedimentology*, 59: 185–211.
- Thierry, J. & Barrier, E., 2000. Map 8. Middle Toarcian (180–178 Ma). In: Dercourt, J., Gaetani, M., Vrielynck, B., Barrier, E., Biju-Duval, B., Brunet, M. F., Cadet, J. P., Crasquin, S. & Sandulescu, M. (eds), *Atlas Peri-Tethys. Palaeogeographical Maps*. Peri-Tethys Programme, Paris.
- Tyszka, J., Jach, R., & Bubik, M., 2010. A new vent-related foraminifer from the lower Toarcian black claystone of the Tatra Mountains, Poland. *Acta Palaeontologica Polonica*, 55: 333–342.
- Wierzbowski, H., Anczkiewicz, R., Pawlak, J., Rogov, M. A. & Kuznetsov, A. B., 2017. Revised Middle–Upper Jurassic strontium isotope stratigraphy. *Chemical Geology*, 466: 239–255.
- Vörös, A., 2012. Episodic sedimentation on a peri-Tethyan ridge through the Middle–Late Jurassic transition (Villány Mountains, southern Hungary). *Facies*, 58: 415–443.
- Wu, J. E., McClay, K., Whitehouse, P. & Dooley, T., 2009. 4D analogue modelling of transtensional pull-apart basins. *Marine and Petroleum Geology*, 26: 1608–1623.
- Worobiec, G., Jach, R., Machaniec, E., Uchman, A. & Worobiec, E., 2015. Eocene flora and trace fossils from the Hruby Regiel section in the Tatra Mountains (Poland): taxonomic revision of the Wiktor Kuźniar fossil plant collection. *Acta Geologica Polonica*, 65: 203–226.

Kraków, 29.04.2019 r.

Renate J. J.