

Autoreferat

Dr Leszek Jankowski

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

Spis treści

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe, z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania ..str.	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych	str. 3
4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm).....str.	3
4c.Omówienie celu naukowego prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.....str.	4
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.....str.	22
5.1.Termochronologiczne badania Karpat – proces pogrzebienia i ekshumacji.....str.	23
5.2. Etapy deformacji zapisane w strukturach Karpat.....str.	25
5.3. Wtórne etapy deformacji tektonicznych a rozwój rzeźby Karpat.....str.	28
5.4. Zastosowanie metod paleomagnetycznych do badania ewolucji łańcuchów górskich.....str.	30
5.5. Pozycja orogenu Karpat na tle budowy geologicznej obszaru otaczającego. Proces subdukcji - nowe podejście.....str.	31
5.6. Proces rozwoju tektonicznego zapadliska przedkarpackiego w nawiązaniu do modelu rozwoju Karpat.....str.	33
5.7. Wieloetapowość rozwoju tektoniczno - basenowego Karpat w ujęciu kartograficznym. Korelacja struktur i wydzielen kartograficznych.....str.	36
5.8. Rola melanży tektonicznych jako ścieżki migracji węglowodorów i fluidów – nowe perspektywy poszukiwań naftowych.....str.	42
5.9. Wybrane problemy facjalne. Charakter litologiczny, miejsce depozycji facji karpackich.str.	44

1. Imię i Nazwisko: Leszek Jankowski

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

1984 magister, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Jagiellońskiego, 1984, praca pt. Budowa geologiczna rejonu Czchów – Ruda Kameralna”.

2003, doktor nauk o Ziemi, Kraków, Oddział Karpacki Państwowego Instytutu Geologicznego, rozprawa pt. „ Budowa geologiczna przedpola jednostki magurskiej pomiędzy Wisłoką a Dunajcem ze szczególnym uwzględnieniem utworów chaotycznych”.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych.

IX.1985 – III.1990 ; - IV.1992 – asystent w Państwowym Instytucie Geologicznym
Od VI.2003 – adiunkt w Państwowym Instytucie Geologicznym

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego:

Osiągnięciem naukowym przedkładanym w niniejszym wniosku jest monograficzne opracowanie pt. **Nowe spojrzenie na budowę geologiczną Karpat - ujęcie dyskusyjne**

b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa)

Jankowski L., Nowe spojrzenie na budowę geologiczną Karpat - ujęcie dyskusyjne. Prace Naukowe Instytutu Nafty i Gazu - Państwowego Instytutu Badawczego No 202, Instytut

c) omówienie celu naukowego prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Opracowanie wybrane dla scharakteryzowania osiągnięcia naukowego ma charakter ujęcia koncepcyjnego, prezentującego moje poglądy na temat historii basenowo – tektonicznej orogenu Karpat. Są one efektem moich wieloletnich prac terenowych (w tym przede wszystkim kartograficznych), w znacznej mierze są odmienne od prezentowanych powszechnie w literaturze karpackiej. Praca o charakterze monograficznym, przedstawia dane, hipotezy i modele wypracowane w oparciu o wieloletnie badania. Dotyczy ona wielu aspektów budowy geologicznej Karpat, ich tektoniki, jak również wpływu budowy geologicznej na rozwój rzeźby Karpat. Wieloletnie prace kartograficzne prowadzone na obszarze Karpat polskich, słowackich, ukraińskich i rumuńskich, poparte dodatkowo różnorodnymi badaniami geologicznymi, jak np. badaniami termochronometrycznymi, stratygraficznymi, mineralogicznymi czy wykonywanymi ostatnio przekrojami zbilansowanymi, dały podstawę do zarysowania odmiennego, od prezentowanego dotychczas w literaturze, scenariusza rozwoju orogenu Karpat. Moim głównym celem badawczym, realizowanym w trakcie wieloletnich prac, są opracowania kartograficzne obszaru Karpat i ich przedpola, wykonywane w różnej skali: od map przeglądowych (1: 200 000) wykonanych dla obszaru Karpat Zachodnich, Wschodnich i Południowych (w ich polskim, słowackim, ukraińskim i rumuńskim segmencie), po karpackie arkusze Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1: 50 000 wraz z objaśnieniami (wykonałem samodzielnie lub ze współautorami łącznie 10 arkuszy). Wybrane opracowanie monograficzne może być podstawą do dalszych opracowań odnoszących się m.in. do relacji facjalnych w obrębie basenów sedymentacyjnych Karpat czy relacji przestrzennych pomiędzy poszczególnymi elementami tektonicznymi Karpat. Poniżej przedstawiam kilka najbardziej istotnych, nowych koncepcji rozwoju Karpat, mając na uwadze fakt, iż prezentowane hipotezy mogą być podstawą do wznowienia dyskusji nad wieloma zagadnieniami dotyczącymi litostratygrafii i tektoniki Karpat. Rekonstruowany stopniowo, w miarę rozpoznawania litostratygrafii i struktur tektonicznych obraz historii geologicznej Karpat (w rozdz. 5 zamieszczono opis wcześniejszych opracowań, które przyczyniły się do zbudowania moich poglądów na temat budowy Karpat) dał podstawę do napisania spójnego scenariusza rozwoju górotworu. Struktury geologiczne różnej skali, rozpoznane w trakcie kartowania geologicznego, oraz opracowanie map geologicznych, w

znacznej mierze pozwoliły na udokumentowanie poszczególnych tez postawionych w opracowaniu. Opracowanie jest zatem próbą syntetycznego, ogólnego ujęcia całej historii geologicznej Karpat – od etapu basenowego, po tektogenezę i etap neotektoniczny. Elementy morfogenezy Karpat zawarte w opracowaniu, mają z kolei dwojakie znaczenie. Z jednej strony pozwalają bowiem na określenie ścisłej zależności rozwoju rzeźby Karpat od budowy geologicznej orogenu, z drugiej zaś, analiza form rzeźby (odzwierciedlających wszak tektonikę i zróżnicowanie litologiczne skał) była pomocna w rozpoznaniu elementów budowy geologicznej. Opracowanie ma charakter przeglądowy, należy zauważyć, że tego typu przeglądowe opracowania są niestety rzadkością w literaturze ostatnich lat. Nowe poglądy na budowę geologiczną Karpat prezentowane w monografii, zostały ukształtowane w wyniku wykonywania kolejnych opracowań kartograficznych ale także w wyniku kontynuacji prac nad kompleksami chaotycznymi, rozpoczętych przeze mnie w połowie lat 90-tych (Jankowski, 1995, 1997, 2007). Wyniki moich obserwacji i hipotezy odnoszące się do roli kompleksów chaotycznych (syndementacyjnych, jak też tektonicznych) w budowie geologicznej Karpat, były początkowo przyjmowane przez środowisko polskich geologów karpaccich z pewną rezerwą, jednakże z czasem pojawiło się więcej opracowań odnoszących się do tego tematu (por. Cieszkowski i inni, 2012, Starzec i inni, 2015), potwierdzających moje wcześniejsze koncepcje. Najwcześniejsze moje badania skupione były na kompleksach chaotycznych o genezie spływowej, należy podkreślić, że o występowaniu kompleksów typu olistostromowego w Karpatach donoszono już wcześniej (por. Jasionowicz i Szymakowska, 1963; Szymakowska 1966). Jednakże dopiero prowadzone przeze mnie szczegółowe badania kartograficzne poparte badaniami stratygraficznymi, pozwoliły rozpoznać kompleksy już znacznych rozmiarów, charakteryzujące się dużym zasięgiem powierzchniowym (Jankowski, 1995, 1997, 2007). Badania te pozwoliły na zmianę obrazu kartograficznego znacznych obszarów Karpat, szczególnie w regionie gorlickim, gdzie udowodniono, że tzw. półwyspy tektoniczne uważane za element jednostki magurskiej (zob. Świdziński, 1954; Książkiewicz, 1972; Żytko et al., 1989) okazały się kompleksem chaotycznym wieku miocenijskiego, w obrębie którego rozległe płyty utworów płaszczowiny magurskiej zostały grawitacyjnie zrzucone do basenu krośnieńskiego (Jankowski, 1997). W trakcie rozszerzania zakresu prac kartograficznych i badań geologicznych prowadzonych w różnych obszarach Karpat (jak już wcześniej wspomniano, nie tylko w polskim segmencie) rozpoznano także kompleksy chaotyczne o genezie innej niż sedymentacyjna. Istotniejsze znaczenie z punktu widzenia analizy geologii Karpat, miało odkrycie stref tzw. melanży, których wewnętrzna struktura wskazuje na genezę tektoniczną (por. Jankowski 2007). Badania stref melanży tektonicznych, stopniowo odkrywanych i dokumentowanych przeze mnie w każdym segmencie Karpat, pozwoliły na zmianę

koncepcji dotyczących kolejnych etapów formowania orogenu Karpat. Badania te pozwoliły na udokumentowanie kolejnych, dodatkowych etapów deformacji tektonicznych Karpat związanych m. in. z kolapsem grawitacyjnym. Pozwoliły także na zmianę obrazu kartograficznego Karpat w aspekcie tektonicznym (zob. mapa Karpat w pracy: Jankowski, 1997), jak również na weryfikację niektórych wydzieleni stratygraficznych.

Badania kartograficzne na obszarze całych Karpat, pozwoliły mi na szczegółowe zapoznanie się z licznymi wydzieleniami litostratygraficznymi używanymi w nomenklaturze geologicznej przez badaczy z różnych krajów karpaccich i pozwoliły wypracowanie krytycznego podejścia do procesu formalizacji wydzieleni litostratygraficznych, który zamiast zunifikować wydzielenia na obszarze całych Karpat (co było jego założeniem), w znacznym stopniu skomplikował i zaciemnił obraz rozpowszechnienia poszczególnych facji w Karpatach. Stopniowe rozpoznawanie m.in. kierunków transportu materiału klastycznego, czy następstw w sekwencjach jednostek tektonicznych, pozwoliło mi na wyciągnięcie wniosków, które stały się podstawą do sformułowania nowych koncepcji związanych z rozprzestrzenieniem poszczególnych facji w basenach sedymentacyjnych Karpat. Rozpoznanie charakteru i układu czasowo – przestrzennego facji o typie tzw. basenowych turbidytów (jak. np. facja Igocka, inoceramowa *sensu stricto* czy facja krośnieńska) pozwoliło na potwierdzenie koncepcji dotyczącej przemieszczania w czasie i przestrzeni centrum depozycji w basenach sedymentacyjnych Karpat. Koncepcja ta została sformułowana niegdyś przez Książkiewicza (por. Książkiewicz 1977) ale opisane wówczas procesy sedymentacyjne, nie zostały ujęte w ramy mechanizmu, który wymuszał tego typu migracje centrów depozycyjnych. Stwierdzenie występowania licznych facji tego samego typu w różnych elementach tektonicznych Karpat (np. facja inoceramowa, Igocka, menilitowa czy nawet typu ciężkowickiego czy istebniańskiego) dało podstawę do zweryfikowania przeze mnie i odrzucenia (funkcjonującej dotychczas w literaturze) koncepcji stałych rowów sedymentacyjnych, utożsamianych z jednostkami tektoniczno - facjalnymi. Krytyczne podejście do tego zagadnienia było prezentowane przeze mnie już przed laty (por. Jankowski, 2004, Jankowski i inni 2012). Prześledzenie sukcesji osadowych w różnych regionach Karpat, z łatwo dostrzegalną korelacją zdarzeń (por. Jankowski i inni, 2012) wskazuje na istnienie w historii rozwoju basenowego Karpat zaledwie kilku cykli sedymentacyjnych – dla opisu zmian w basenie zastosowałem w opracowaniu pojęcie systemu depozycyjnego, rozumianego jako współwystępujący zespół facji zarówno płytkich jak i głębszych. Niezrozumiałe jest funkcjonujące w literaturze Karpat przeświadczenie o tzw. „głębokowodnym fliszu” jakoby nie było w basenie karpaccim płytkich

facji – co jest nieporozumieniem. Obserwacje występowania i rozprzestrzenienia facji na obszarze całych Karpat, już dawno dały podstawy do przyjęcia założenia, że zasięg systemów depozycyjnych wyraźnie zmienia się w zależności od ogólnoswiatowych, eustatycznych zmian poziomu morza czy też wymuszonych lokalnymi procesami tektonicznymi (Jankowski, 2004; Jankowski i in., 2012). Analiza rozprzestrzenienia facji w pozwoliła także na stwierdzenie, że poszczególne facje mogą znajdować się w różnych elementach tektonicznych, a sekwencja facjalna elementu tektonicznego zależy to jedynie od miejsca i głębokości odkłucia poszczególnych elementów tektonicznych. Interesującym przykładem, wyjaśniającym mechanizm formowania jednostek tektonicznych i niezależności ściąg tektonicznych od geometrii systemów depozycyjnych są u profile w ukraińskim regionie Karpat, gdzie np. facja Igocka będąca „wyznacznikiem” jednostki śląskiej, przechodzi ku górze profilu w fację inoceramową, uznawaną powszechnie za „wyznacznik” innych jednostek tektonicznych (skolskiej dukielskiej czy magurskiej). Wskazuje to na błędne założenia istnienia ścisłego związku określonych facji, z konkretnymi jednostkami tektonicznymi. Badania prowadzone przeze mnie w kolejnych latach, a dotyczące rozprzestrzenienia np. facji ciężkowickiej, istebniańskiej, czy tzw. piaskowców z Mszanki, jednoznacznie potwierdzały błędność takiego ujęcia. Badania kompleksów chaotycznych o typie dużych spływów (występujących także np. na przedpolu tzw. jednostki węglowieckiej -por. Jankowski i Probulski 2011, czy we frontowej części Karpat), wskazały na ich współwystępowanie ze strefami melanży tektonicznych. Pozycja w strukturze orogenu stref melanży wskazuje na ich pierwotne formowanie w efekcie tzw. nasunięć pozasekwencyjnych. Obserwowane współzależności pomiędzy występowaniem kompleksów chaotycznych o charakterze sedymentacyjnym i tektonicznym pozwoliły na wypracowanie ogólnego modelu procesu budowania orogenu i wyjaśnienie przyczyn powstawania spływowych kompleksów chaotycznych w określonych miejscach klina orogenicznego. Badania kartograficzne ukazały występowanie kilku pasów olistostrom na przedpolu ważnych (z punktu widzenia geometrii górotworu) stref nasuwczych (np. strefa gorlicka, węglowiecka, brzegu Karpat). Przeprowadzone przez mnie badania dowiodły, że proces współwystępowania olistostrom i nasunięć pozasekwencyjnych jest ściśle uwarunkowany koniecznością utrzymania, w trakcie etapu nasuwania, stałego kąta klina orogenicznego (tzw. kąta krytycznego). Przyjęcie takiego modelu i mechanizmu formowania górotworu pozwoliło jednocześnie na wyjaśnienie przyczyny powstania, określenia charakteru i miejsca w strukturach orogenu wielkiego pasa olistostromowego jakim jest Pieniński Pas Skalkowy i pozwoliło przypisać mu pierwotną genezę jako kompleksu spływowego co było już sugerowane w opracowaniach (por. Nemčok, 1980; Plašenka & Mikuš;2010; Jankowski i Margielewski, 2015). Układ kontaktów tektoniczno-facjalnych w obrębie PPS czy w

strefie węglowieckiej (jeszcze przed etapem tektogenezy) wskazuje na istnienie także tu stref nasunięć pozasekwencyjnych, stosunkowo głęboko zakorzenionych (co zdają się potwierdzać także modelowania i bilansowanie przekrojów; por. Castelluccio et al. 2015).

Ważnym etapem zarówno w historii basenowej, jak i historii tworzenia orogenu, była zmiana trendu i reżymu tektonicznego; z reżymu ekstensyjnego (odpowiedzialnego za formowanie karpackiego basenu sedymentacyjnego, aż do okresu kredowego) na kompresyjny (występujący do czasu zatrzymania procesu skracania w miocenie). Powszechnie w literaturze opisywany proces inwersji, jako modelowy przykład procesów tektonicznych w czasie skracania, zakłada wykorzystywane przedalpejskich (odziedziczonych) struktur ekstensyjnych (uskoków formujących geometrię półrowów przedkredowego basenu Karpat), jako powierzchni nasunięć związanych z etapem kompresji. Rozpoznanie rozprzestrzenienia utworów facji Igockiej (różnorako nazywanej w różnych regionach Karpat - widocznej także w Tatrach, por. Passendorfer, 1983; co można także zaobserwować w odsłonięciach) jak i w Pieninach nakazywało przyjęcie kilku istotnych i odmiennych od powszechnie przyjmowanych założeń. W świetle przeprowadzonych przez mnie badań, wielce prawdopodobna stała się koncepcja dotycząca łączności basenowej (ujednolicenia basenu) całego regionu Karpat wewnętrznych i zewnętrznych i co za tym idzie odrzucenia dotychczas funkcjonującego w literaturze „karpackiej” założenia istnienia (w czasie historii basenowej) szerokich, oceanicznych stref. Czas zmiany trendu przypada na czas depozycji kredowej facji Igockiej i facji łupków czy margli pstrych. Są to facje rozprzestrzenione na częściowo zestalonym obszarze Karpat wewnętrznych i Pienin – tzw. facje nadpryzmowe (ang. *top-wedge sedimentation*) i jednocześnie rozprzestrzenione szeroko w basenowej części wiązanej z obszarem Karpat zewnętrznych. Szczególne znaczenie ma także rozpoznanie występowania, charakteru oraz czasu formowania facji inoceramowej (w istocie całego systemu inoceramowego). Jest ona rozprzestrzeniona strukturach Tatr, Pienin i we wszystkich elementach tektonicznych zaliczanych tradycyjnie do Karpat zewnętrznych. Wyniki rozpoznania pozwalają na zastosowanie, znanego z klasycznego opracowania (De Celles & Giles 1996), modelu geometrii basenu i układu w czasie skracania. W takim układzie wyróżniamy zatem zestalony wcześniej fragment orogenu (częściowo przykrywany sedymentacją nadpryzmową – ang. *backstop*), który utożsamiać można z obszarem Karpat wewnętrznych, dalej ku północy basen przedpola (ang. *foredeep basin*; w późnej kredzie część systemu inoceramowego), obszar wypiętrzenia przedgórskiego (ang. *forebulge*) wreszcie obszar za wypiętrzeniem (ang. *backbulge*). Terenowe rozpoznanie pozwoliło wypracować ogólny model rozprzestrzenienia facji w późnej

kredzie. W świetle powyższych koncepcji można wskazać czas pierwotnego uformowania basenu przedpola, zwanego tradycyjnie fliszowym i ukazać jednolity system depozycyjny z rozlokowaniem wszystkich elementów facjalnych. Zastosowany przeze mnie model ukazuje rozkład facji późnokredowo - paleoceńskich w ogólnie pojętym inoceramowym systemie depozycyjnym. W południowej części basenu sedimentacyjnego, rozprzestrzenione są różne typy warstw inoceramowych, w tym spływowy kompleks zwany Pienińskim Pasem Skalkowym. W centralnych partiach basenu deponowana jest turbidytowa facja inoceramowa (*sensu stricto*), natomiast w pokrywach skłonu północnego dominują piaskowce typu istebniańskiego, margliste pokrywy margli typu frydeckiego wraz z obecnością płytkowodnych klastycznych facji – typu tzw. piaskowca z Rybia. Taki model rozwoju basenu i rozprzestrzenienia facji, całkowicie odmienny od przyjmowanych dotychczas w literaturze, logicznie wyjaśnia współwystępowanie różnych facji (inoceramowej z istebniańską, istebniańskiej z frydecką itd.), co ma powszechnie miejsce w profilach Karpat. W świetle powyższych koncepcji, ogromny kompleks chaotyczny Pienińskiego Pasa Skalkowego (złożony głównie z bloków skałek wapiennych tkwiących w inoceramowej „matrix”), został zrzucony do (rozpoczynającego swoją historię) basenu przedpola zwanego tradycyjnie basenem fliszowym, z tzw. laramijskiego frontu orogenicznego, który ogólnie można z północną granicą Karpat wewnętrznych. Warto wspomnieć, że w rumuńskim segmencie Karpat, na przedpolu tego frontu występuje ogromny kompleks tzw. zlepieńców Cahlau – deponowanych w nieco płytszym środowisku niż to w którym tworzył się skłonowy kompleks pieniński, jednakże zajmuje analogiczną pozycję jak PPS. Warto zwrócić uwagę, że tektonizowany później, spływowy kompleks chaotyczny PPS ze względu na swoją złożoną genezę nazwany został także terminem „dziki flisz” (por. Castelluccio et al., 2015) ale w niniejszym opracowaniu został już konkretnie przypisany do systemu inoceramowego. Tak zarysowany schemat tworzenia basenu przedpola zakłada jego migrację, co jest znane z literatury (por. Książkiewicz 1971, 1973). Dodatkowym założeniem przyjętym w moim modelu, jest zmiana kierunku przemieszczania całego układu (orogenu z przedpolem). Wynikiem zmiany kierunku przemieszczania jest zmiana rozprzestrzenienia facji ale należy także przyjąć, że zmiana kierunku przesuwania wpływa też na późniejsze formowanie struktur tektonicznych, skośnie w stosunku do osi zwłaszcza starszych, przedmiocieńsko - oligoceńskich systemów depozycyjnych. To założenie wyjaśnia wyraźną różnicę kierunków transportu analogicznych (w mechanizmie sedimentacji) facji późnokredowo - paleoceńskiej (inoceramowej) i oligoceńsko-miocieńskiej (krośnieńskiej). Rozpoznanie terenowe potwierdziło przenoszenie centrum depozycji co jest odzwierciedlone w przemieszczaniu czasowo – przestrzennym, wyznaczających osie basenu (podobnych w wykształceniu i mechanizmie depozycji) facji; od inoceramowej(kredowo-paleoceńskiej) poprzez

tw. fację beloweską (poźnopaleoceńską) aż do facji hieroglifowej (eoceńskiej). Systemy depozycyjne, w których wspomniane facje stanowią tzw. basenowe (stosunkowo głębokie) elementy charakteryzują się współwystępowaniem (z basenowymi) facji o typie pokryw skłonowych (najczęściej są to tzw. łupki pstre, czy margle łąckie) jak też facji o charakterze kanałowych piaskowców; typu magurskiego czy ciężkowickiego. W opracowaniu zaproponowałem także model tłumaczący powstanie tzw. osłony skałkowej czyli szeroko rozprzestrzenionej (nie tylko nad obszarem pienińskiego kompleksu chaotycznego) pokrywy „postinoceramowej” (ang. *top-wedge sedimentation*), osadzonej aż do późnego miocenu. Rozpoznanie terenowe ukazuje występowanie w rejonie „pienińskim” młodszych facji w sekwencji nad warstwami inoceramowymi (charakteryzowanymi obecnością dużych bloków skał starszych). Pokrywa nadpienińska, postinoceramowa zajmuje zatem pozycję nadpryzmową (ang. *top – wedge sedimentation*). Podczas etapu ekstensji rozpoczętego wcześniej na zapleczu orogenu karpackiego w rejonie frontu laramijskiego Karpat formuje się ekstensyjny basen zwany w Polsce fliszem podhalańskim – jego początek znaczy pojawienie się w rejonie pienińskim silnie klastycznej, skłonowej facji szaflarskiej. Niezbyt zrozumiałe w takim kontekście jest rozważanie osobnych basenów sedymentacyjnych zwanych: strefą Grajcarka i strefą myjawską. Pokrywa nadpienińska to jednolita strefa sedymentacyjna o wspomnianych już nadpryzmowym charakterze, pokrywająca znaczne obszary Karpat. Rozdzielanie strefy myjawskiej od Grajcarka wynika prawdopodobnie z koncepcyjnego przyjęcia szerokich, oceanicznych stref, separujących „południowy - myjawski” region pieniński od „północnego – Grajcarka”. W moim ujęciu jest to jednakże prosty mechanizm pokrywania jednolitą sedymentacją niewielkiego obszaru.

Omawiany mechanizm przenoszenia centrum depozycji ale także przenoszenia, w czasie i przestrzeni, układu: orogen – basen przedpola - wypiętrzenie przedgórskie powoduje także przenoszenie obszarów alimentacji. W Karpatach funkcjonuje pojęcie tzw. kordylier rozumianych jako wewnątrzbasenowe wyniesienia dostarczające materiał klastyczny do subbasenów. Jednakże w literaturze nie tłumaczy się mechanizmu pojawiania się (jedynie czasowego) „kordylier” ani ich zaniku. W moim ujęciu mechanizm przenoszenia układu „zestalony orogen” - basen przedpola – wypiętrzenie przedgórskie jest odpowiedzialny za przemieszczanie całych obszarów a rolę obszarów alimentacyjnych pełnić może obszar południowego skłonu basenu (z podłożem zbudowanym z elementów zestalonego orogenu) oraz obszar wypiętrzenia, od strony północnej. Obszary te migrują i wraz z migracją „pojawiają się i znikają”. W etapie ekstensyjnego formowania basenów, przed okresem kredowym, rolę „kordylier” pełnić mogą ekshumowane

obrzeżenia półrowów. Pojęcie kordylier należy zatem zweryfikować. Proces przenoszenia centrum depozycji i zamykania basenu kończy wykształcenie mioceńskiego basenu przedpola (zwykle w literaturze wypełniana utworami miocenu przestrzeń, przed frontem Karpat, uważana jest za basen przedpola). Za początek formowania systemu mioceńskiego przedpola można uznać pojawienie się na tle (szeroko rozprzestrzenionej) facji menilitowej olistostromowej facji worotyskiej, rozcinanej kanałami wypełnionymi gruboklastycznym materiałem tzw. zlepieńców słobódzkich.

Z tektonicznego punktu widzenia proces zamykania basenu i tworzenia orogenu w wyniku kompresji lub transpresji polega na formowaniu klina orogenicznego (o typie naskórkowym), w tzw. sekwencyjnym układzie (charakteryzowanym rodzajem kontaktów „starsze na młodsze”), którego geometrię nasunięć obrazowo można nazwać „w stylu na barana” (ang. *piggy back mode*). Proces formowania polega na odkłuwaniu na przedpolu krocącego orogenu kolejnych elementów tektonicznych i na „doklejaniu” ich do czoła orogenu. Jak wspomniano proces zamykania i tektonicznego ścinania odbywa się skośnie do osi przedoligocenских systemów depozycyjnych. Taki model skośnego ścinania, powodujący obecność facji tego samego systemu depozycyjnego w różnych elementach tektonicznych, został zaproponowany już wcześniej (por. Jugowiec – Nazarkiewicz, Jankowski 2001). Tłumaczy on występowanie np. piaskowca typu ciężkowickiego w kilku jednostkach tektonicznych.

Badania terenowe, kartowanie i zestawianie map geologicznych obszaru Karpat, analiza danych sejsmicznych (por. Jankowski i Probulski, 2011) ale także pierwsze badania termochronometryczne prowadzone w polskich Karpatach, wskazały na występowanie kilku dodatkowych, nie uwzględnianych dotychczas w literaturze etapów, deformacji tektonicznych. Etapy te występują już po opisanym powyżej procesie formowania górotworu następującego w reżymie kompresyjnym lub transpresyjnym. Jest przy tym znamienne, że te nie rozpoznane dotychczas (lub pomijane) etapy formowania górotworu, mają decydujący wpływ na obecny obraz kartograficzny i morfologiczny Karpat. Moje wieloletnie obserwacje terenowe i badania prowadzone wzdłuż stref melanży tektonicznych jednoznacznie wskazują na ich formowanie w ścisłym związku z wtórnymi (w stosunku do etapów kompresji i transpresji) deformacjami. W pierwszym z rozpoznanych dodatkowych etapów deformacji tektonicznych, nazwanym przeze mnie etapem formowania uskokuw przesuwczych, strefy ścięć tektonicznych (podkreślone melanzami tektonicznymi), formują zespół struktur przyuskokowych, które w zdecydowany

sposób wpływają na układ przestrzenny wielu obszarów Karpat. Opracowanie kartograficzne (por np. Jankowski, 2014; Jankowski i Probulski 2011) obszarów, w obrębie których występują strefy melanzy wskazują, że etap ten doprowadził do powstania szczególnie skomplikowanych struktur, które ogólnie można nazwać strukturami o typie asocjacji uskoków przesuwczych. W obrębie tych asocjacji formowane są przede wszystkim struktury kwiatowe (ang. *flower structure*), zespoły struktur typu końskiego ogona (ang. *horse tail structure*) jak również różnej wielkości baseny przyuskokowe (międzyprzesuwcze) (ang. *pull apart* – zob. Burchfield i Stewart, 1966). Etap ten w wyraźny sposób zmienia układ geometryczny stref nasunięć i obraz kartograficzny Karpat (zostanie to zaprezentowane w przygotowanej przeze mnie do druku mapie w skali 1 : 200 000). Geometria o typie struktury kwiatowej została stwierdzona m. in. w obrębie takich elementów tektonicznych jak łuski Bystrego (zarówno tej z rejonu Baligrodu w Bieszczadach, jak i Skrzydłnej w Beskidzie Wyspowym). W przedstawionej monografii zaprezentowałem kilka modeli formowania okien tektonicznych, w tym jeden zakładający wynoszenie strefy okiennej w obrębie struktur kwiatowych. Obserwowany przeze mnie układ przestrzenny okien Świątkowej Wielkiej i Wapiennego w Beskidzie Niskim, czy Sopotni w Beskidzie Żywieckim wskazuje na wyniesienie strefy okiennej w strukturze kwiatowej. Z kolei doskonałymi przykładami międzyprzesuwczych basenów przyuskokowych typu *pull apart*, formowanych na tym etapie tektonogenezy są: basen orawsko – nowotarski, basen sądecki jak też basen Iwkowej, zapadliska śródgórskie formowane w silnym reżimie przesuwczym. Wspomniane powyżej zapadliska śródgórskie wypełnione osadami miocenu, poddane zostały kolejnej transformacji tektonicznej, związanej z etapem ekstensji, będącej efektem kolapsu grawitacyjnego Karpat. Wskazują na to strefy uskoków normalnych, których występowanie zostało stwierdzone w obrębie wspomnianych basenów. Formowanie skomplikowanych geometrycznie struktur kwiatowych w strefie oddziaływania uskoków przesuwczych, prowadzi do specyficznego „wymieszania” pierwotnego (z czasów kompresyjnego nasuwania) układu przestrzennego zarówno jednostek tektonicznych jak i jednostek facjalnych - zwyczajowo przypisywanych do sukcesji określonych elementów tektonicznych. Takie charakterystyczne „wymieszanie” facji z sukcesji węglowieckiej ze śląskimi i nawet skolskimi obserwowane jest w strefie występowania złóż węglowodorów np. Węglówka czy Grabownica, charakteryzującej się pozornie skomplikowaną tektoniką. Można je bez trudu wyjaśnić specyfiką geometrii struktur kwiatowych, stwierdzonych na tym obszarze w trakcie prac kartograficznych (Jankowski i Probulski, 2011). Analogicznym „wymieszaniami” elementów tektonicznych (czy facjalnych), typowym dla wielkoskalowej, regionalnej struktury kwiatowej, charakteryzuje się Pieniński Pas Skałkowy (Plašenka, Mikuš, 2010; Jankowski i in., 2012). Badania paleomagnetyczne prowadzone przez zespół E. Marton (Marton i in., 2013) dowiodły

bowiem, że wzdłuż stosunkowo wąskiej (w skali Karpat) strefy przesuwczej PPS, nastąpiła lewoskrętna rotacja Karpat zewnętrznych w stosunku do zewnętrznych aż o 50°, stąd możliwość powstania w tym miejscu regionalnej strefy przesuwczej formującej strukturę kwiatową. Takemu ujęciu, w geometrię struktury kwiatowej, przypisuję także wymieszanie elementów „pienińskich” z „tatrzańskimi” w rejonie doliny Wagu. Rzecz jasna struktura kwiatowa może osiągać różne rozmiary: od mezostruktur, po formy o zasięgu regionalnym. Fragment jednostki skolskiej w regionie Pogórza Przemyskiego, charakteryzujący się łukowatym przebiegiem struktur tektonicznych (tzw. skib) może wskazywać na rozwiniętą tu wielkoskalową strukturę kwiatową o charakterze regionalnym. Badania terenowe i analizy tektoniczne dowiodły, że struktury tego typu występują także na obszarze przedpola Karpat, zaś deformacje przesuwcze są tu związane z migracją orogenu. Geometrią struktury kwiatowej rozwiniętej w skali regionalnej, charakteryzuje się Roztocze jak też możliwe jest że wyniesiony w geometrii struktury kwiatowej został obszar Gór Świętokrzyskich (Jankowski, Margielewski 2015). Analiza opracowań kartograficznych, badania terenowe, obserwacje struktur tektonicznych, szczególnie zaś badania termochronometryczne (por. Mazzoli et al., 2010, Zattin et al., 2011, Andreucci et al. 2013; Andreucci et al. 2014) wykazały istnienie w Karpatach kolejnego, ważnego etapu deformacji tektonicznych – wspomnianego etapu kolapsu grawitacyjnego orogenu (por. Dewey 1987). W miarę rozpoznawania struktur tektonicznych, etap ten okazuje się mieć wyjątkowo istotne znaczenie zarówno dla budowy geologicznej Karpat, rozwoju ich rzeźby jak również dla procesu tworzenia złóż węglowodorów. Etap kolapsu został zarejestrowany zarówno w strukturach całego orogenu, jak też jego przedpola. Proces kolapsu grawitacyjnego orogenu i związana z nim tzw. denudacja tektoniczna, spowodował ekshumację tektoniczną znacznych obszarów Karpat (spod nadkładu górotworu o miąższości niekiedy sięgającej kilku kilometrów). Nadkładu usuniętego wskutek wielkoskalowych procesów grawitacyjnych, a nie, jak to dotychczas ujmowano – wskutek erozji (por. Kovac i in., 1994). Wykazanej badaniami termochronometrycznymi wielkości usuniętego nadkładu (np. na obszarze Połoniny Wetlińskiej wynosił on pierwotnie ca 3 km) nie można tłumaczyć jego usunięciem wskutek erozji, gdyż brak jest osadów będących efektem tego rzekomego etapu erozyjnego niszczenia/zdarcia orogenu, na przedpolu Karpat, czy w kotlinach górskich. Strefy melanzu tektonicznego rozpoznane w rejonie Babiej Góry, czy innych masywów górskich Karpat wskazują na istnienie tu procesu tzw. wynoszenia strefy poduskokowej w wyniku izostazji. W strefie uskoku normalnego skrzydło wiszące (w polskiej terminologii tektonicznej) zostaje izostatycznie wyniesione w stosunku do obsuniętego skrzydła zrzuconego uskoku (ang. *footwall elevation*). Ten proces tłumaczy gwałtowne wynoszenie niektórych stref przyuskokowych i tłumaczy wysokie wartości erozji. W trakcie kolapsu górotworu,

przemieszczanie mas skalnych następowało wzdłuż pierwotnych stref nasunięć – dochodziło wówczas do odwrócenia procesu inwersji tektonicznej i cofnięcia nasuniętych pierwotnie w trakcie etapu kompresji elementów. W procesie kolapsu wykorzystywane były zatem te same powierzchnie tektoniczne; oddziedziczone z etapu nasuwania jak i wspomnianego etapu formowania uskoków przesuwczych. Z procesem kolapsu górotworu związane jest także przemieszczanie rozległych masywów skalnych będących elementami wyniesionego już tektonicznie orogenu Karpat. Przemieszczanie, a właściwie osuwanie całych masywów skalnych, jest zauważalne w wielu regionach Karpat (por. Jankowski i Margielewski, 2012). Jak już wspomniano, etapy wtórnych deformacji tektonicznych mogą mieć znaczenie dla procesu tworzenia okien tektonicznych. Obok wspomnianego uprzednio modelu wyniesienia strefy okiennej w strukturze kwiatowej, odsłonięcie strefy okiennej mogło towarzyszyć formowaniu się uskoku normalnego powstającego w wyniku kolapsu. Warto podkreślić, że podstawą do tworzenia modeli okien jest rozpoznanie pozycji geometrycznej stref melanżu w rejonie okien tektonicznych. Pozycja melanżu w otoczeniu okna tektonicznego wskazywać na jego genezę - które mogło powstać w wyniku kolapsu (przy uskoku normalnym) lub w strukturze kwiatowej. W kontekście kolapsu należy rozważyć np. genezę okna tektonicznego Mszany Dolnej jako obszaru znajdującego się przy strefie uskoku normalnego. Odsłonięcie całej strefy okiennej nastąpiło tu w efekcie procesu kolapsu górotworu i cofnięcia jednostki magurskiej nasuniętej tu na jednostki typu dukielskiego. W przypadku okna tektonicznego Żywca, prawdopodobny jest jeden albo drugi model. Z procesem kolapsu można też wiązać powstanie okna tektonicznego Smilna na Słowacji.

Wyjątkowo istotnym aspektem procesu wtórnych deformacji tektonicznych, jest ich wpływ na rzeźbę Karpat. Deformacje te wpływają bowiem w zasadniczy sposób na proces erozji ale też mają istotne znaczenie dla samego ukształtowania i rozłokowania a także geometrii poszczególnych masywów. Wtórne etapy deformacji; np. etap uskoków przesuwczych i związany z nim rozwój stref przyuskokowych mają zdecydowany wpływ na rozwój sieci rzecznej. Wzdłużna, równoległa do przebiegu stref uskoków przesuwczych ekstensja, współwystępująca z etapem uskoków przesuwczych, powodująca rozpad poszczególnych elementów tektonicznych na szereg bloków (uskoki rozdzielające te bloki są prostopadłe do przebiegu elementów tektonicznych) sprzyja powstawaniu sieci rzecznej o charakterze rusztowym. Taki układ sieci rzecznej jest powszechny w skali całych Karpat, szczególnie jednak jest on niemal modelowo rozwinięty w Beskidzie Niskim. Charakterystyczny dla Karpat jest także łukowaty przebieg dolinek rzecznych. Dla wyjaśnienia tego zjawiska zastosowałem model rozpadu masywów

górkich wzdłuż dużych stref przesuwczych; m.in. strefy uskokowej Raby, Skawy czy Dunajca ale również mniejszych, występujących m.in. w dolinie Kamienicy w okolicach Łącka. Przemieszczone grawitacyjnie masywy górskie, występujące wzdłuż strefy uskokowej są strefami bardzo rozległych osuwisk, rozdzielanych łukowo przebiegającymi strefami uskokowymi, wykorzystywanymi przez potoki. Przebieg tych uskoków jest mniej więcej prostopadły do głównych stref przesuwczych. W opracowaniu podałem szereg przykładów takiego grawitacyjnego rozpadu masywów na obszarze Karpat. Badania nad kompleksami chaotycznymi, w tym ich kartowanie i zestawianie map geologicznych, mają także aspekt praktyczny. Jednym z kierunków badań, podjętych przeze mnie, jest określenie roli stref melanży tektonicznych jako drogi migracji węglowodorów z głębszych partii górotworu. Badania wykazały, że strefy melanży tektonicznych charakteryzujące się silną mineralizacją (o różnorodnym składzie), stanowią także główną strefę migracji węglowodorów – co pozwala na zmianę podejścia do procesu poszukiwań złóż węglowodorów na obszarze Karpat. Jednym z dowodów na istotną rolę tych stref w migracji i gromadzeniu węglowodorów jest występowanie licznych złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w Karpatach właśnie wzdłuż stref melanży tektonicznych. Prezentowana w przedłożonej monografii zmiana koncepcji i modelu rozwoju orogenu, ze szczególnym uwzględnieniem stref melanży tektonicznych, stwarza nowe perspektywy w podejściu do procesu poszukiwań w Karpatach. Jest to o tyle istotne, że od kilkadziesiąt lat brak jest jakichkolwiek sukcesów w poszukiwaniu złóż ropy naftowej i gazu ziemnego, mimo notowania licznie występujących na obszarze Karpat powierzchniowych wypływów ropy. Konieczność objęcia badaniami geologiczno-poszukiwawczymi stref melanży tektonicznych pod kątem określenia ich roli w migracji węglowodorów, została sformułowana już w jednych z pierwszych doniesień nt. stref melanży (por. Jankowski, 1995, 1997, Leśniak i Jankowski, 2009, Jarmołowicz – Szulc i Jankowski 2011). W wyniku prowadzonych przeze mnie prac kartograficznych, badaniami geologicznymi objęto strefy melanży tektonicznych występujące nie tylko w regionie wschodnim polskich Karpat, ale także na całym obszarze Karpat fliszowych. Prace terenowe określające pozycję kompleksów chaotycznych w górotworze Karpat i związane z tym dokumentacje kartograficzne, mają istotne znaczenie dla interpretacji wyników badań sejsmicznych, użytecznych dla firm naftowych, rzadko jednakże publikowanych (por. Probulski, 2008, Probulski i Maksym, 2015). Odkrywanie i dokumentowanie stref melanży tektonicznych i stref ścięć, staje się stopniowo istotnym elementem procedury interpretacji sejsmicznej i wyznacznikiem prac poszukiwawczych – kompleksy chaotyczne o typie melanży tektonicznych są bowiem doskonale widoczne w sekcjach sejsmicznych (por. Probulski 2008).

Badania terenowe, jak też dotychczas wykonane przeze mnie (lub z moim udziałem) mapy

geologiczne (np. Jankowski 2013, Jankowski i Ślaczka, 2014, Jankowski i Kopciowski, 2014, Jankowski i Paul, w druku) wskazują na powszechność występowania na obszarze całych Karpat scharakteryzowanych powyżej struktur tektonicznych: struktur w rodzaju uskoku normalnych i przesuwczych. Uskoki normalne i przesuwcze zdecydowanie dominują wśród struktur widocznych w odsłonięciach karpacczych. Scharakteryzowane w przedłożonej monografii odsłonięcia melanży tektonicznych, powinny zostać opracowane szczegółowo, w wielu obszarach istnieje konieczność ponownego wykonania map geologicznych. Jest rzeczą znamioną, że pomimo już wieloletniej dyskusji na temat występowania stref melanży i ogólnie kompleksów chaotycznych w Karpatach, jak wspomniano rozpoznawanych ostatnio także przez wielu innych autorów, utwory te nie są z reguły znaczone na mapach geologicznych. Co więcej, występowania tego typu utworów nie uwzględnia instrukcja wykonania Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1: 50 000. W przedłożonym opracowaniu omówiłem szereg stref melanży odkrywanych sukcesywnie w wielu regionach. Szczególną uwagę poświęciłem odkrytej przeze mnie bieszczadzkiej strefie melanżu, występującej od rejonu Karpat Ukraińskich (rejon Podpołozia) aż za rejon Baligrodu. Ta silnie stektonizowana strefa (migracja w niej fluidów powoduje zróżnicowaną mineralizację m.in. rejonu Baligrodu) ma, jak wcześniej wspomniano, istotne znaczenie dla formowania struktur przyuskokowych typu łuski Bystrego. Inną wielką strefą uskoku a w istocie strefą melanżu tektonicznego, jest tzw. strefa lanckorońsko-żegocińska, której melanżowy charakter wskazywałem w jednym z pierwszych opracowań dotyczących kompleksów chaotycznych (por. Jankowski 2007). Strefa lanckorońsko-żegocińska była prawdopodobnie pierwotnie strefą nasunięcia pozasekwencyjnego na co wskazuje charakter kontaktów i kierunek jej przebiegu. Wykorzystana została wtórnie jako strefa uskoku przesuwczego – stąd genetycznie związane z nią struktury typu basenów przyuskokowych (Iwkowa) czy półokien (Pisarzowa). W ostatnim etapie deformacji wykorzystana została już jako powierzchnia uskoku normalnego. Obserwacje strefy okiennej Żywca wskazują na istnienie tu strefy melanżu określanej jako jednostka podśląska. Podobna strefa melanżu widoczna jest w tzw. oknie Wiśniowej, na południe od Dobczyc.

Badania terenowe przeprowadzone przeze mnie w brzeżnej strefie Karpat ukazały powszechność występowania tu kompleksów chaotycznych. Zespół utworów klasyfikowanych jako jednostka podśląska to w istocie strefa melanżu tektonicznego. W tym aspekcie cały obszar strefy brzeżnej Karpat wymaga opracowania całkowicie nowego zdjęcia geologicznego. Starsze opracowania ukazują tu bowiem wymieszanie utworów miocenu z utworami jednostki podśląskiej czy tzw. fliszu brzeżnego (Burtan i inni, 1937). Prowadzone przeze mnie badania wskazują jednoznacznie, że jest to w istocie wielki kompleks chaotyczny, zrzucony, w miocenie, z czoła orogenu do

formującego się wówczas basenu przedpola. Strefy melanżu widoczne są w brzeżnej części Karpat m.in. na południe od Krakowa czy Brzeska. Dobrze widoczne odsłonięcia kompleksów chaotycznych występują w rejonie Tłuczani, Zygodowic, Witanowic (występuje tu kompleks chaotyczny z licznymi egzotykami głównie wapieni typu sztramberskiego), Radoczy, i Przybradza czy Choczni jak też np. w Targaniczance. Podobne strefy melanży widoczne są w rejonie Roczyn i Czańca. Rejonowi występowania tzw. skałek andrychowskich, które występują w szerokiej strefie zmelanżowanej poświęcono wiele badań. Geneza brzeżnej strefy „skałkowej” (typu skałek andrychowskich czy tzw. Pawłowskich Kopców) jest podobna do genezy Pienińskiego Pasa Skałkowego. Podobnie w strefie melanżu znajdujemy tzw. granity z Bugaja. Wiele stref melanżu tektonicznego, odkryłem w obrębie jednostki magurskiej. Rejon jednostki magurskiej przeszedł omawiane wtórne etapy deformacji tektonicznych - etap uskoków przesuwczych, ale przede wszystkim proces kolapsu górotworu. Łukowate kształty przebiegu stref ścięć sugerują pierwotne formowanie dużych struktur kwiatowych, co spowodowało powstanie w obrębie tej jednostki szeregu melanży tektonicznych uformowanych podczas wtórnych deformacji. Współcześnie strefy występowania tych melanży, są wykorzystywane przez rzeki (o czym wspomniano uprzednio). Jedną z najlepiej odsłoniętych jest strefa melanżu widoczna w dolinie Kamienicy Nawojowskiej (por. Jankowski 2012). Wiązać ją można zarówno a etapem uskoków przesuwczych jak też etapem kolapsu górotworu. Doskonale widoczne i dobrze odsłonięte są strefy melanży odkryte przeze mnie w dolinie rzeki Białej (od Śnietnicy, po odsłonięcia w Brunarach, Florynce, Kąclowej czy Zachełmiu).

Rozdział w monografii poświęciłem rozważaniom natury ogólnej odnoszących się zarówno do pozycji tektonicznej orogenu jak i charakteru basenu. W rozważaniu o historii basenowej Karpat zakładam niewielkie skrócenie obszaru basenowego co jest zgodne z wykonywanymi w ostatnich latach bilansowaniami przekrojów geologicznych (por. Castellucio et al 2015, Gagała i inni 2012, Probulski 2008) ale także ma uzasadnienie w faktach terenowych tj. wspomniane uprzednio występowanie tych samych facji w różnych rejonach Karpat zarówno wewnętrznych jak i zewnętrznych (np. facji lgockiej, inoceramowej, menilitowej czy krośnieńskiej). Moim zdaniem, krytycznie należy podejść do nadsubdukcyjnego modelu rozwoju przestrzeni basenowej i orogenu Karpat zewnętrznych – co też już sugerują opracowania geofizyczne (por. Grad et al 2006, Malinowski et al 2013, 2015). Jednym z argumentów mających przemawiać za koncepcją subdukcji, miał być charakter wulkanizmu w Karpatach. Rozpoznanie pozycji wulkanitów pienińskich wskazuje jednak na konieczność całkowitego odrzucenia takiego podejścia. W przedłożonej monografii postawiono kilka hipotez mogących wyjaśnić przyczyny dodatkowych etapów deformacji tektonicznych oraz przebudowy basenu Karpat. Jednym z powodów może być

proces zaginania i tworzenia orokliny karpackiej, przejawiający się w zaginaniu zarówno przestrzeni basenowej, jak i formującego się orogenu. Proces ten może być także przyczyną zmian nachylenia osi basenu – co odzwierciedla się w gwałtownej zmianie kierunków transportu materiału klastycznego w utworach wczesnej a późnej kredy.

Podsumowując, zakładam, że cały proces zamknięcia basenów sedymentacyjnych i formowania orogenu Karpat odbył się „na jednej płycie” i jest w istocie przykładem rozwoju basenu sedymentacyjnego i późniejszej tektogenezy Karpat w jedynej w obrębie pasywnej krawędzi platformy europejskiej. Zresztą cały proces rozwoju basenu karpackiego i formowania orogenu następował w pobliżu lub na krawędzi platformy wschodnio- i zachodnioeuropejskiej, zatem nie ma podstaw do wyróżniania wielu „stref oceanicznych” w historii rozwoju basenu Karpat. Założyłem też że proces formowania górotworu rozpoczął się od zmiany trendu z ekstensyjnego na kompresyjny, z uformowaniem już w kredzie środkowej basenu przedpola (powstanie inoceramowego systemu depozycyjnego) i trwał do zatrzymania etapu nasuwczego w polskim segmencie w późnym miocenie.

Moim zdaniem istotny wpływ na zamiany facjalne, kierunki przemieszczania i wachlarzowaty układ elementów tektonicznych, może mieć proces formowania orokliny, zaginania frontu orogenicznego oraz przemieszczania basenów. Proces zaginania oroklinalnego może powodować kierunków zamykania przestrzeni tej części Tetydy, przy pierwotnej dominacji kierunku równoleżnikowego. Złożyć także należy, że tradycyjnie wyróżniane elementy tektoniczne o randze jednostek, nie są związane ze stałymi rowami sedymentacyjnymi; a proces ścinania tektonicznego jest niezależny od układu basenowego. Omawiany tu proces tworzenia kompleksów chaotycznych o typie ześlizgów i spływów ma związek z procesem utrzymania (podczas migracji układu: orogen – basen przedpola – wypiętrzenie przedgórskie) stałego kąta formowanego w kształcie pryzmy orogenu co wymusza formowanie nasunięć pozasekwencyjnych. Pojawianie się kompleksów chaotycznych wyznacza zatem kolejne etapy przemieszczania się geometrycznego układu orogen-basen przedpola-wypiętrzenie przedgórskie. Natomiast formowanie melanży tektonicznych następowało w wyniku kilku procesów; pierwotnie w trakcie formowania uskoku pozasekwencyjnych, wtórnie w trakcie tworzenia uskoku przesuwczego, w końcu podczas etapu ekstensji wzdłużnej (formującej sieć tzw. uskoku radialnych, wynikających z ekstensji wzdłużnej, prostopadłych do przebiegu elementów tektonicznych), w końcu zaś, w trakcie kolapsu orogenu. Zasadniczy wpływ na budowę geologiczną Karpat ma formowanie wielu struktur przyuskokowych, takich jak struktury kwiatowe, struktury o typie końskiego ogona, baseny międzyprzesuwcze (baseny „z rozdarcia”) typu *pull apart*. Proces formowania okien tektonicznych mógł być związany zarówno z procesem

ekstensji (przy uskokach normalnych, z procesu nasuwania pozasekwencyjnego), ale przede wszystkim z wynoszenia głębszych partii podłoża w strukturach kwiatowych. Proces powstawania tzw. zapadlisk śródgórskich wynika z pierwotnego utworzenia przyuskokowych basenów z rozdarcia, przemienianych w procesie kolapsu na typowe zapadliska śródgórskie, otoczone uskokami normalnymi (zapadlisko Iwkowej, Nowego Sącza, Nowego Targu, Brzeska). W efekcie podobnych procesów przesuwczych formowane są szerokie doliny niektórych rzek, rozwinięte w strefach przyuskokowych. Procesy zachodzące w obrębie górotworu Karpat, mają swoje odzwierciedlenie w całym okołokarpaccim regionie. Proces formowania uskoków przesuwczych i tworzenia basenów typu *pull-apart* zanotowano także w Sudetach (por. Wojewoda 2015 – inf ustna). Można zatem założyć, że proces formowania uskoków przesuwczych, jak również proces kolapsu górotworu, są wspólne dla całego regionu okołokarpacciego, w tym na ich przedpolu (m.in. na Roztoczu), a nawet w rejonie sąsiadujących obszarów górskich (Sudetów, Gór Świętokrzyskich). Zarysowana tu nowa koncepcja rozwoju Karpat, może być podstawą do opracowania nowych koncepcji rozwoju budowy geologicznej obszaru całej Polski południowej (jak wspomniano z Sudetami i Górami Świętokrzyskimi), co wymaga jednak kompleksowych badań. Jak wspomniano uprzednio, do druku przygotowane są opracowania z opisanymi procesami przemieszczenia wielkich bloków w obrębie orogenu karpacciego. Podsumowaniem badań nad opisanymi w pracy procesami, osadami i formami, jest przygotowana także do druku nowa mapa Karpat w skali 1 : 200 000.

Literatura:

Andreucci B., Castelluccio A., Jankowski L., Mazzoli S., Szaniawski R., Zattin M., 2013 - *Burial and exhumation history of the Polish Outer Carpathians: Discriminating the role of thrusting and post-thrusting extension*. *Tectonophysics* 608: 866-883.

Andreucci B., Castelluccio A., Corrado S., Jankowski L., Mazzoli S., Szaniawski R., Zattin M., 2014. *Interplay between the thermal evolution of an orogenic wedge and its retro-wedge basin: An example from the Ukrainian Carpathians*. *Geological Society of America Bulletin* 127 (3-4). September 2014.

Birkenmajer K., 1976, *The Carpathian orogen and plate tectonics*. Publ. Inst. Geograph. Pol. Acad. Sc., A-2 (101), 43-53.

Burchfield, C., Stewart, H. 1966. *"Pull-apart" origin of the central segment of Death Valley, California*. *Bulletin of Geological Society of America*, 77, 439-442

Burtan J., Konior K., Książkiewicz M.:1937, *Mapa Geologiczna Karpat Śląskich*. PAU, Wyd. Śląskie, Kraków, 1937.

Castelluccio A, Andreucci B., Zattin M., Ketcham R., Jankowski L., Mazzoli S., Szaniawski R., 2015, *Coupling sequential restoration of balanced cross sections and low-temperature thermochronometry. The case study of the*

Western Carpathians. Geological Society of America.

Cieszkowski M., Golonka J., Ślącza A., Waškowska A., 2012, *Role of the olistostromes and olistoliths in the tectonostratigraphic evolution of the Silesian Basin in the Outer West Carpathians*. *Tectonophysics*. 568:248-265.

De Celles, P.G. & Giles, K.A. (1996) *Foreland basin systems*. *Basin Research*, 8, p. 105-123.

Dewey J.F., 1987, *Extensional collapse of orogens*. *Tectonics*. 7:1123-1139.

Gagała Ł. Verges J., Saura E. Malata T., Ringenbach J. C., Werner P, Krzywiec P., 2012. *Architecture and orogenic evolution of the northeastern Outer Carpathians from cross-section balancing and forward modeling*. *Tectonophysics*, 532:223-241.

Grad M., Guterch A., Keller G.R., Janik T., Hegedűs E., Vozár J., Ślącza A., Tiira T., Yliniemi J., 2006: *Lithospheric structure beneath trans-Carpathian transect from Precambrian platform to Pannonian basin: CELEBRATION 2000 seismic profile CEL05*. *Journal of Geophysical Research*, 111, B03301. doi:10.1029/2005JB003647

Jasionowicz J., Szymakowska F., 1963, *Próba wyjaśnienia genezy płatów magurskich w okolicy Jasła oraz płata podśląskiego z okolicy Wielopola Skrzyńskiego*. *Rocz. Pol. Tow. Geol. T. 33*, nr 3. Kraków.

Jankowski L., 1995, *Budowa geologiczna obszaru między Łużną a Stróżami*. W: *Materiały konferencji naukowej. Geologiczne i geofizyczne badania podstawowe w poszukiwaniu i ocenie złóż surowców skalnych*. Krynica. AGH. Kraków.

Jankowski L., 1997, *Warstwy z Gorlic – najmlodsze utwory południowej części jednostki śląskiej*. *Przegląd Geologiczny*, 45, 3:5-20.

Jankowski L., 2004, *Rozwój karpackiej pryzmy akrecyjnej - ujęcie koncepcyjne*. 75. Zjazd PTG. Iwonicz Zdrój. *Mat. Konf. PTG Kraków*:98-99.

Jankowski L. 2007, *Kompleksy chaotyczne w rejonie Gorlickim (polskie Karpaty zewnętrzne)*. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 426: 27-52.

Jankowski L., Kopciowski R., Ryłko W., (eds.) 2007, *Geological Map of the Outer Carpathians; Borderland of Ukraine and Romania, 1 : 200 000*. Publication Dep. of Polish Geological Institute, Warsaw.

Jankowski L., Kopciowski R., Ryłko W., 2012, *Stan wiedzy o budowie geologicznej Karpat zewnętrznych pomiędzy rzekami Białą a Risca – dyskusja*. *Biuletyn PIG* 449:203-216
Jankowski L., Margielewski W.:2014, *Strukturalne uwarunkowania rozwoju rzeźby Karpat zewnętrznych – nowe spojrzenie*. *Przegląd Geologiczny*, 2014, vol. 62, nr 1:29–35.

Jankowski L., Margielewski W.:2015. *Pozycja tektoniczna Roztocza w świetle historii rozwoju zapadliska przedkarpackiego*. *Biuletyn PIG*, 2015, 462:7–28.

Jankowski L., Probulski J., 2011, *Rozwój tektoniczno-basenowy Karpat zewnętrznych na przykładzie budowy geologicznej złóż Grabownica, Strachocina i Łodyna oraz ich otoczenia*. *Kwartalnik AGH, Geologia* 37, 4: 555-583.

Jankowski L., Ślącza A., 2015, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Jabłonki*. *Archiwum PIG Warszawa*. 2015.

Jasionowicz J., Szymakowska F., 1963, *Próba wyjaśnienia genezy płatów magurskich w okolicy Jasła oraz płata podśląskiego z okolicy Wielopola Skrzyńskiego*. *Rocz. Pol. Tow. Geol. T. 33*, nr 3. Kraków.

Johnston, S.T., and Mazzoli, S., 2009, *The Calabrian Orocline: Buckling of a previously more linear orogen, in* Murphy, J.B., Keppie, J.D., and Hynes, A.J., eds., *Ancient Orogens and Modern Analogues*: London, Geological

Society Special Publication 327, p. 113–125.

Jugowiec-Nazarkiewicz M., Jankowski L. 2001, *Biostratygrafia nanoplanktonowa margli żegocińskich; nowe spojrzenie na budowę geologiczną strefy lanckorońsko-żegocińskiej*. Przegląd Geologiczny, 2001, 49, nr 12, 1186–1190.

Książkiewicz M., 1971, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, w skali 1:50 000, arkusz Zawoja*. Wyd. Geol., Warszawa, 1968.

Książkiewicz M., 1972, *Budowa geologiczna Polski*. Wyd. Geol., 1972, T. IV. Tektonika, cz. 3. Karpaty, pp. 228.

Książkiewicz M.: 1973, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, w skali 1:50 000, arkusz Sucha Beskidzka*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 1969.

Książkiewicz M., 1977, *Hipoteza ruchów kier litosfery a powstanie Karpat*. Roczn. PTG, 47, 329-353.

Malata T., 1997, *Styl tektoniki strefy węglowieckiej polskich Karpat Wschodnich i jego związku z podłożem Karpat*. Biul. IG 376, 43-59.

Malinowski M., Guterch A., Narkiewicz M., Probulski J., Maksym A., Majdański M., Środa P., Czuba W., Gaczyński E., Grad M., Janik T., Jankowski L., Adamczyk A., 2013. *Deep seismic reflection profile in Central Europe reveals complex pattern of Paleozoic and Alpine accretion at the East European Craton margin*. Geophysical Research Letters, vol. 40, 1–6

Malinowski M., Guterch A., Narkiewicz M., Petecki Z., Janik T., Środa P., Maksym A., Probulski J., Grad M., Czuba W., Gaczyński E., M. Majdański M., Jankowski L., 2015. *Geophysical constraints on the crustal structure of the East European Platform margin and its foreland based on the POLCRUST-01 deep reflection seismic profile*. Tectonophysics 653:109-126.

Márton E., Rauch-Włodarska M., Krejčí O., Tokarski A.K., Bubík M., 2009. *An integrated palaeomagnetic and AMS study of the tertiary flysch from the Outer Western Carpathians*. Geophysical Journal International 177, 925-940.

Mazzoli S., Jankowski L., Szaniawski R., Zattin M. 2010, *Low-T thermochronometric evidence for post-thrusting (< 11 Ma) exhumation in the Western Outer Carpathians, Poland*. Comptes Rendus Geoscience, 2010

Nemčok J., 1980, *Non-traditional view of East-Slovakian Klippen Belt*. Geologický Zborník. Geologica Carpathica, 1980, 31, 563–568.

Plašenka D., Mikuš M., 2010, *Geological structure of the Pieniny and Šariš sector of the Klippen Belt between Litmanová and Drienica villages in eastern Slovakia*. Bratislava: Mineralia Slovaca. V.42, no.2, p.155-178.

Probulski J., 2008, *Osady chaotyczne Karpat w obrazie metod geofizyki poszukiwawczej*. W: Jankowski L.(red). 2008, *Kompleksy chaotyczne Karpat Polskich*. Materiały konferencyjne Kraków – Polańczyk. 2008,1-3.

Sikora W., 1976, *Kordyliery Karpat Zachodnich w świetle tektoniki płyt litosfery*. Przegl. geol. nr 6, 336-348.

Starzec K., Malata E., Wronka A., Malina L., 2015. *Mélanges and broken formations at the boundary zone of the Magura and Silesian nappes (Gorlice area, Polish Outer Carpathians) - a result of sedimentary and tectonic processes*. Geological Quarterly 59(1):121-146.

Świdziński H., 1954, *Przeglądowa mapa geologiczna Polski, 1:300 000*. Ark. Nowy Sącz (wyd. A - zakryta). Inst. Geol. Warszawa

Szymakowska F., 1966, *Płaty magurskie w okolicy Jasła oraz ich stosunek do strefy przedmagurskiej*. Roczn. PTG, nr 36, z. 1, pp. 41-63, Kraków.

Świerczewska A., 2005, *The interplay of the thermal and structural histories of the Mğura Nappe (Outer Carpathians) in Poland and Slovakia*. Mineralogia Pol., 36:91-144.

Unrug R., 1979, *Palinspastic reconstruction of the Carpathian arc before the Neogene tectogenesis*. Roczn. PTG, T. 49, z. 1-2: 3-14.

Weil, A.B., and Sussman, A.J., 2004, *Classifying curved orogens based on timing relationships between structural development and vertical-axis rotations*, in Sussman, A.J., and Weil, A.B., eds., *Orogenic curvature: Integrating paleomagnetic and structural analyses*: Geological Society of America Special Paper 383, p. 1–15

Zattin M., Andreucci B., Jankowski L., Mazzoli S., Szaniawski R., , 2011, *Neogene exhumation in the Outer Western Carpathians*. Terra Nova, 23, 283–291, 2011.

Żyto K., Gucik S., Ryłko W., Oszczytko N., Zając R., Garlicka I., Nemčok J., Eliáš M., Menčík E., Dvořák J., Stráňík Z., Rakus M., Matějovská O., 1988, *Geological Map of the Western Outer Carpathians and Their Foreland without Quaternary Formations, Scale 1:500 000*. Państwowy Instytut Geologiczny, 1988

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.

W podanym poniżej spisie opracowań charakteryzujących moje osiągnięcia i zainteresowania naukowe, wydanych już po uzyskaniu stopnia doktora, załączono 11 prac opublikowanych w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports. Ponadto załączono 8 już opublikowanych opracowań o charakterze monografii kartograficznych (8 map i 8 objaśnień – pozostałe wykonane i recenzowane czekają na wydanie); mapy w różnej skali oraz 20 opracowań publikowanych w czasopismach polskich i zagranicznych spoza listy. Wymieniono 6 organizowanych przeze mnie lub z pracownikami IOP PAN lub INIG lub też geologami zagranicznymi konferencji krajowych i międzynarodowych. Głównym moim celem i przedmiotem badań ostatnich lat są opracowania kartograficzne, oparte o obserwacje terenowe. Wynika to ze specyfiki Państwowego Instytutu Geologicznego, którego zadaniem statutowym są właśnie opracowania kartograficzne ale także z moich indywidualnych zainteresowań. Jak wspomniałem, w minionych latach wykonałem wiele opracowań kartograficznych, z przyczyn ode mnie niezależnych nie wszystkie zostały opublikowane - łączna powierzchnia zestawionych materiałów kartograficznych przekracza ponad 3000 km². Badania terenowe, pozwoliły na zapoznanie się z ogromną większością profili karpaccich i wraz z gromadzeniem informacji i danych, pozwoliły na krytyczne podejście do wielu schematycznych poglądów dotyczących budowy geologicznej i rozwoju Karpat. Prace terenowe były też podstawą do przeprowadzenia wielu badań z zakresu geologii podstawowej, ale też zastosowania nowych metod badawczych: np. metody

termochronometrycznej, metod geochemicznych czy petrologicznych. W związku z tym rozszerzony został także zakres moich zainteresowań oraz zakres współpracy z geologami, w opracowaniach poruszono wiele zagadnień z geologii Karpat i obszaru otaczającego. Jednym z efektów prac kartograficznych było odkrycie i szersze wprowadzenie do literatury tematyki kompleksów chaotycznych a ściślej melanży tektonicznych. Tego typu struktury stały się z czasem przedmiotem obszerniejszych badań. Poniżej przedstawiono zakresy tematyczne wielu opracowań wykonanych samodzielnie lub we współpracy z geologami różnych specjalizacji, z krótkim omówieniem odnoszących się do nich prac. Ukazują one kierunki moich zainteresowań.

5.1. Termochronologiczne badania Karpat – proces pogrzebania i ekshumacji

[1] Mazzoli S., Jankowski L., Szaniawski R., Zattin M., 2010 - Low-T thermochronometric evidence for post-thrusting (< 11 Ma) exhumation in the Western Outer Carpathians, Poland. *Comptes Rendus Geoscience*, 342: 162-169.

Badania scharakteryzowane w prezentowanych publikacjach są efektem wieloletniej współpracy z zespołem specjalistów z Uniwersytetów w Padwie, Bolonii i Palermo, posługującym się metodami termochronometrycznymi oraz tektoniczną analizą strukturalną. Wspólne badania na terenie Karpat Zewnętrznych pozwoliły na wyodrębnienie i datowanie poszczególnych etapów pograżania i ekshumacji skał związanych z procesami nasunięć płaszczowinowych, erozji oraz z późniejszym rozpadem grawitacyjnym orogenu. Są to nowatorskie w tym względzie opracowania, w których udowodniona została koncepcja istnienia w Karpatach procesu kolapsu orogenicznego i jego istotnej roli podczas ekshumacji niektórych fragmentów orogenu. Proces kolapsu stwierdzony w wielu orogenach (por. Dewey 1987) został rozpoznany także w Karpatach. Proces opróbowania i wyznaczenia profili do tych badań uwzględnił już strefy występowania melanży tektonicznych. Badania przeprowadzono w obszarze polskiego segmentu Karpat, z rozpoznaniem powszechnych w Karpatach uskoku normalnych wskazujących na zupełnie przyczyny formowania orogenu niż dominujące w poglądach podejście o dominacji kompresji.

[2] Zattin M., Andreucci B., Jankowski L., Mazzoli S., Szaniawski R., 2011, Neogene exhumation in the Outer Western Carpathians. *Terra Nova*, 23, 283–291, 2011.

Praca ta została oparta o rozpoznanie i opróbowanie metodami termochronometrycznymi poszczególnych profili w Karpatach. Udokumentowano w niej istotny etap rozwoju Karpat – etap kolapsu orogenicznego. Przebadano wzajemne relacje kontaktów tektonicznych oraz różnice w wielkości erozji i ekshumacji poszczególnych fragmentów orogenu (szczególnie ważne w strefach kontaktów) udowadniając wystąpienie procesu reaktywacji

powierzchni nasunięć już po etapie kompresyjnego formowania górotworu. Udowodniono, że mamy do czynienia z dwojakim procesem ekshumacji powodowanym początkowo kompresyjnym procesem nasuwczym ale także wynikającym z kolapsu orogenu. Powierzchnie głównych nasunięć (także stref wytypowanych jako nasunięcia pozasekwencyjne – Jankowski 2007) zostały reaktywowane już jako powierzchnie uskoków normalnych.

[3] Andreucci B., Castelluccio A., Jankowski L., Mazzoli S., Szaniawski R., Zattin M., 2013 - Burial and exhumation history of the Polish Outer Carpathians: Discriminating the role of thrusting and post-thrusting extension. *Tectonophysics* 608: 866-883.

Praca ta, podobnie jak i powyższa oparta na metodyce badań termochrometrycznych została wykonana w interdyscyplinarnym zespole naukowym. Wykorzystano metodę traków i metodę helową (AFT, AHe, ZHe). Uzyskane wyniki są spójne z innymi wynikami badań publikowanymi uprzednio. Pozwalają one ustalić zarówno wielkości pogrzebania, jak też wiek ekshumacji poszczególnych regionów Karpat. Bardziej zewnętrzne elementy tektoniczne nie zostały podgrzane powyżej 60 stopni (Celsjusza) co świadczy o stosunkowo małym pogrzebaniu regionów wewnętrznych. Proces ekshumacji rozpoczął się znacznie wcześniej w rejonach Karpach zachodnich, później zaś we wschodnich. Co bardzo istotne, badania te pozwalają w precyzyjny sposób ustalić charakter procesu ekstensji ale także rozpoznać granice przebiegu ważnych uskoków normalnych. W strefach tych stopień podgrzania jest wyższy w obrębie skrzydła wiszącego (według polskiej terminologii) niż zrzuconego. Praca dostarcza przykładu metodyki badań dającej znakomite wyniki - może zostać zastosowana także dla badań morfologicznych.

[4] Andreucci B., Castelluccio A., Corrado S., Jankowski L., Mazzoli S., Szaniawski R., Zattin M., 2014. Interplay between the thermal evolution of an orogenic wedge and its retro-wedge basin: An example from the Ukrainian Carpathians. *Geological Society of America Bulletin* 127 (3-4). September 2014.

Praca oparta na analizie traków dostarczyła informacji o dwu przyczynach i zróżnicowanym wieku ekshumacji górotworu w Karpatach, jak i stopniu pogrzebania i w wielkości erozji. Generalnie wartości stopnia pogrzebania spadają w kierunku przedpola. Ponadto proces ekshumacji jest wyraźnie wcześniejszy w segmencie zachodnim a młodszy we wschodnim. Najważniejszym wnioskiem, zupełnie nowym w odniesieniu do rozwoju tektonicznego, jest podanie przyczyny ekshumacji w niektórych regionach w okresie późnomiocenim. Proces ekshumacji we wczesnym miocenie jest wynikiem kompresyjnej tektoniki nasuwczej (ekshumacja erozyjna) natomiast w późnym miocenie, wynikiem procesu ekstensyjnego kolapsu (denudacja tektoniczna) i współczesny z formowaniem się basenu panońskiego.

[5] Castelluccio A., Andreucci B., Zattin M., Ketcham R., Jankowski L., Mazzoli S.,

Szaniawski R., 2015, Coupling sequential restoration of balanced cross sections and low-temperature thermochronometry. The case study of the Western Carpathians. Geological Society of America. doi:10.1130/L436.1.

W pracy zastosowano zintegrowaną technikę bilansowania przekrojów połączoną z modelowaniem termicznym i kinematyczne odtworzenie procesu deformacji tektonicznych. Pozwala na śledzenie historii pogrzebania i ekshumacji poszczególnych fragmentów Karpat. Podobnie jak w pracach [2, 7,8] uzyskano model dwojakiego procesu ekshumacji wskazujący we wcześniejszym etapie (oligocen – wczesny miocen) na proces nasuwania oraz w późniejszym (poźnomiocen) na proces kolapsu. Bilansowanie i stopniowe odtwarzanie etapów deformacji wskazuje na istotną rolę ekstensji nawet już w okresie zamykania basenu. Bilansowanie przekrojów pozwoliło na stwierdzenie głębokiego zakorzenienia struktur uskokowych i zapadlisk ukształtowanych przy udziale tektoniki uskokowej, takich jak np. Centralna Depresja Karpacka czy region Tatr. Modelowanie wskazuje na występowanie tu tektoniki „gruboskórnej” (ang *thick skinned tectonics*) z zaangażowaniem stref podłoża waryscyjskiego i tektoniki naskórkowej (ang. *thin skinned tectonics*) w rejonie Karpat zewnętrznych. Scenariusz rozwoju tektonicznego nie rozważa istnienia sugerowanego oceanu „Vahic” z rozwiniętą skorupą oceaniczną ale zakłada raczej skorupę kontynentalną w obszarze PPS. Co jest istotne w pracy uznano PPS jako strukturę o typie „dzikiego fliszu” formowaną w wyniku raczej procesu *slumpingu*. W późniejszych pracach przyporządkowano kompleks PPS (Jankowski i Margielewski 2015; Jankowski 2015) już ściśle warstwom inoceramowym. Proces skracania zakłada inwersję pierwotnych uskoku normalnych (z etapu ekstensji) jako uskoki nasuwcze. Prezentowane modele wskazują na niewielkie skrócenie przestrzeni basenowej oraz istotną rolę CDK jako struktury o głębokim zakorzenieniu stref uskokowych, podobnie jak to ma miejsce w strefie tatrzańskiej.

Literatura:

Birkenmajer K, 1986b, Stages of structural evolution of the Pieniny Klippen Belt, Carpathians. *Studia Geol.Polonica*,88,:7-32.

Dewey J.F., 1987, Extensional collapse of orogens. *Tectonics*. 7:1123-1139.

Jankowski L., Nowe spojrzenie na budowę geologiczną Karpat - ujęcie dyskusyjne. *Prace Naukowe Instytutu Nafty i Gazu - Państwowego Instytutu Badawczego No 202*, Instytut Nafty i Gazu - Państwowy Instytut Badawczy, 1-154; ISBN: ISSN 2353 – 2718

Jankowski L., Margielewski W., 2015, Pozycja tektoniczna Roztocza w świetle historii rozwoju zapadliska przedkarpackiego. *Biuletyn PIG* 462:7-28.

Koszarski L., 1961, Perspektywy dalszych poszukiwań naftowych w fałdzie Grabownicy. *IG, Biul.* 154, 15-35.

5.2. Etapy deformacji zapisane w strukturach Karpat.

[1] Jankowski L., Probulski J., 2011 – Rozwój tektoniczno-basenowy Karpat zewnętrznych na przykładzie budowy geologicznej złóż Grabownica, Strachocina i Łodyna oraz ich otoczenia. *Kwartalnik AGH, Geologia* 37, 4: 555-583.

[2] Rauch M., Jankowski L., Probulski J., 2012, Origin of curved traces of the thrust and fault-related folds in the Polish Outer Carpathians in the light of analogue modelling. *Mineralia Slovaca* 44(2012):102.

[3] Rauch M., Jankowski L., Probulski J., 2013, Evolution of the map-scale contractional structures in the eastern part of the Polish Outer Carpathians in light of the field trip investigation and the analogue modelling. 11th Meeting of the CETeG. Vargesztes. 23-27 April 2013. Hungary.

W podanych powyżej opracowaniach [1,2,3] scharakteryzowano kilka regionów Karpat, w których można rozpoznać szereg struktur ściśle związanych z kolejnymi etapami deformacji tektonicznych i procesu budowania orogenu. Opisane są struktury powstałe w etapie sekwencyjnego, kompresyjnego formowania górotworu [2,3] ale szczególnie istotne jest opracowanie już odnoszące się do wtórnych etapów deformacji [1]. Na przykładzie skomplikowanego tektonicznie regionu Węglówki, przedstawiona została szczególna rola (w tworzeniu skomplikowanej geometrii) wtórnych etapów deformacji tektonicznych, które miały miejsce po pierwotnym okresie kompresji [1]. Wyniki badań w tej pracy oparte są na obserwacjach terenowych i analizie sekcji sejsmicznych. Jak wynika z zarysowanej koncepcji rozwoju Karpat, w pierwotnym etapie formowania orogenu dochodziło do tworzenia „naskórkowego typu” geometrii i ułożenia elementów tektonicznych w stylu „na barana (ang *piggy back mode*). Natomiast kolejne etapy doprowadziły do znacznej przebudowy tak utworzonego górotworu. Autorzy wskazują na istotną rolę etapu tzw. uskoków przesuwczych, reaktywujących pierwotne (z etapu „na barana”) powierzchnie nasunięć. W ważnym dla poszukiwań naftowych rejonie występowania złóż węglowodorów, rozciągniętych wzdłuż silnie zdeformowanej strefy „spiętrzonych” jednostek tektonicznych (śląskiej, podśląskiej i skolskiej), wykazano istnienie układu przestrzennego o skomplikowanej geometrii typu struktury kwiatowej lub końskiego ogona. Strukturę typu kwiatowego ujmującą skomplikowane spiętrzenie wspomnianych trzech jednostek można traktować jako jedną ze struktur tzw. asocjacji uskoku przesuwczego. Tego typu strefy uskokowe charakteryzują się istnieniem zwykle szerokich stref melanzu – co zostało wykartowane w terenie. Artykuł jest pierwszym opracowaniem tłumaczącym proces wieloetapowej deformacji części Karpat zewnętrznych (choć o reaktywacji tektonicznej uskoku nasuwczych np. w obszarze PPS wspomniano wcześniej por. np. Birkenmajer 1986). Już w tym opracowaniu podkreślono także szczególne znaczenie etapu kolapsu orogenicznego,

postdatującego wcześniejsze etapy deformacji także w regionie spiętrzenia jednostek w strefie węglowieckiej.

Reaktywowana strefa uskokowa jest strukturą odziedziczoną z etapu basenowego – pierwotnie została wykształcona jako tzw. nasunięcie pozasekwencyjne. Jak wspomniano, tego typu nasunięcia grają istotną rolę w procesie zamykania basenu i budowy orogenu (istotną dla utrzymania tzw. kąta krytycznego). Skomplikowany układ przestrzenny i „wymieszanie” zarówno jednostek tektonicznych jak i elementów facjalnych, co dokumentują liczne wiercenia pól naftowych jak np. Grabownica (por. Koszarski, 1961) wynika właśnie z ujęcia tej strefy w skomplikowaną strukturę kwiatową. Opracowanie ma istotne znaczenie dla ukierunkowania poszukiwań naftowych w Karpatach. Główne strefy uskokowe, wzdłuż których rozwinięte są struktury typu struktur kwiatowych mogą być drogą migracji ropy naftowej. Strefy te są zwykle głęboko zakorzenione, o wysokich kątach zapadania głównej strefy uskokowej (ang. *master fault*), stąd migracja ropy i fluidów mineralnych może następować ze znacznej głębokości –co zmienia podejście do projektowania poszukiwań. Takie strefy uskokowe mogą grać rolę otwartego lub zamkniętego systemu geochemicznego (Jarmołowicz-Szulc, Jankowski 2011). Autorzy sugerują ponadto bardziej istotną niż dotychczas przyjmowano, rolę starszych poziomów stratygraficznych jako skały macierzyste. Migracja węglowodorów z tak głęboko występujących horyzontów może tłumaczyć występowanie tu złóż ropy naftowej, mimo braku skał macierzystych. Przyjęcie koncepcji migracji fluidów i węglowodorów strefami melanży tłumaczy ponadto występowanie złóż w Karpatach wzdłuż dużych stref przesuwczych, ma to miejsce w strefie występowania pól naftowych; od Łodyny po Węglówkę. Autorzy wykazali także istnienie geometrii typu struktury kwiatowej w obrębie doskonale udokumentowanego wierceniami obszaru, na którym znajduje się kopalnia Łodyna. Ponadto wskazali podobieństwo strefy węglowieckiej, ograniczającej od północy tzw. Centralną Depresję Karpacką do analogicznej strefy tektonicznej ograniczającej Centralną Depresję od południa, rozwiniętą w podobnej geometrii, z występowaniem wzdłuż niej pól naftowo-gazowych. W opracowaniu podkreślono rolę struktur odziedziczonych po etapie przedalpejskim w procesie budowania i reaktywacji tektonicznej Karpat a także rolę procesu ekstensji formujących wewnątrzkarpackie struktury, takie jak np. Centralna Depresja Karpacka. Co istotne, zwrócono uwagę na ujednoczenie facji w całym rejonie basenowym Karpat, m.in. takich jak facja menilitowo – krośnieńska - występująca w każdym segmencie; od tzw. basenu fliszu podhalańskiego aż po przedpole Karpat. Podkreślono obecność struktur wskazujących na ekstensję w basenie, podczas sedymentacji np. warstw istebniańskich czy utworów oligocenu. Autorzy informują że potężne kompleksy chaotyczne (wykartowane wcześniej w okolicach Gorlic – por. Jankowski 1995, 2007) występują także na przedpolu strefy węglowieckiej, rozmiarami

porównując kompleksom gorlickim a model tworzenia uważamy tu za podobny. Zdaniem autorów nie istnieje sugerowana w literaturze (Malata 1997) strefa zaniku jednostki węglowieckiej – ta strefa tektoniczna jest widoczna we wspólnej dla wszystkich jednostek pokrywie warstw krośnieńskich, można ją rozpoznać w jej kontynuacji po ukraińskiej stronie. Elewacje (zaznaczające się ukazywaniem się spod krośnieńskiej pokrywy starszych utworów kredowych) występują we wspomnianych strukturach kwiatowych. Dodatkowo autorzy nakreślają ogólny charakter rozwoju basenu i deformacji tektonicznych, podkreślając ważność grawitacyjnych umiejscowień w strukturach Karpat. Nakreślają kierunki poszukiwań naftowych. Dwa następne przedstawione tu opracowania, są koncepcyjnymi ujęciami szczególnych przypadków obrazu kartograficznego wybranych regionów Karpat. W procesie tzw. modelowania analogowego (opartego o obserwacje struktur wytwarzanych w czasie eksperymentalnych doświadczeń) próbowano odtworzyć charakter deformacji jeszcze z etapu kompresyjnego i zastosować je do konkretnych struktur widzianych w obrazie kartograficznym. Modelowanie analogowe uwidacznia w obrazowy sposób tworzenie się spływowych struktur o typie *slumpingu* (Rauch 2015). Moje koncepcje tworzenia stref olistostrom w obrębie Karpat znalazły tu potwierdzenie w wykonanych eksperymentach. Przygotowywany jest obecnie szeroki materiał do publikacji obejmujący wyniki badań symulacyjnych i ich odzwierciedlenia w karpackich strukturach.

Literatura:

- Birkenmajer K., 1986, (red.), Przewodnik 57 Zjazdu PTG, Pieniny, 18-20 września 1986 (cz. A i B). IG Kraków.
- Jankowski L., 1995, Budowa geologiczna obszaru między Łużną a Stróżami. W: Materiały konferencji naukowej. Geologiczne i geofizyczne badania podstawowe w poszukiwaniu i ocenie złóż surowców skalnych. Krynica. AGH. Kraków.
- Jankowski L. 2007,.: *Kompleksy chaotyczne w rejonie Gorlickim (polskie Karpaty zewnętrzne)*. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, 2007, 426: 27–52.
- Jarmołowicz-Szulc K. i Jankowski L., 2011. *Analiza geochemiczna i korelacje genetyczne czarnych łupków w jednostkach tektonicznych Karpat Zewnętrznych w południowo-wschodniej Polsce i na obszarze przyległym*. Biuletyn *PIG*, 444, 73–98.
- Malata T., 1997, Styl tektoniki strefy węglowieckiej polskich Karpat Wschodnich i jego związki z podłożem Karpat. Biul. IG 376, 43-59.
- Rauch M., 2015, Powstawanie utworów chaotycznych związanych z nasunięciami, w świetle wyników modelowania analogowego. *Nafta-Gaz*.Nr 9:661-665.

5.3. Wtórne etapy deformacji tektonicznych a rozwój rzeźby Karpat

- [1]Jankowski L., Margielewski W., 2014 - Strukturalne uwarunkowania rozwoju rzeźby Karpat zewnętrznych – nowe spojrzenie. *Przegląd Geologiczny* 62,1: 29-35.
- [2]Jankowski L., Margielewski W., Urban J.: *Strukturalne i litofacjalne uwarunkowania rozwoju rzeźby polskich Karpat zewnętrznych*. III Warsztaty Geomorfologii Strukturalnej. Beskid Niski – Beskid Sądecki – Babia Góra. Kraków–Piwniczna. Wrzesień 2012, pp. 95.

[3]Jankowski L., Szaniawski R., Mazzoli S. (eds): *European Geosciences Union. Polish Carpathians Fieldtrip*. Fieldtrip Guidebook. April 2013.

W tych opracowaniach[1,2,3] zostały ujęte wyniki badań i obserwacji terenowych w wielu rejonach Karpat. Przedstawiono w nich całkowicie nowatorskie ujęcie obrazu geomorfologicznego Karpat zewnętrznych przypisując istotną rolę w kształtowaniu rzeźby zupełnie innym czynnikom, niż dotychczas przedstawianym w literaturze. W modelach, hipotezach i przykładach terenowych wskazano na niewłaściwość przypisywania głównej roli morfotwórczej (w obszarze całego orogenu) jedynie zróżnicowaniu odpornościowemu poszczególnych ogniw facyjnych Karpat. W oparciu o wspomniany powyżej, tektoniczny model pierwotnego procesu budowania orogenu w stylu „na barana” (ang. *piggy back mode*), wytłumaczono tzw. piętrowe ukształtowanie rzeźby Karpat[1,2]. W nowatorski sposób przedstawiono model procesu wynoszenia poszczególnych partii górotworu (jak np. rejon Babiej Góry) przyjmując model izostatycznego wynoszenia strefy poduskokowej (ang. *footwall elevation*). Jak przedstawiono na przykładach innych masywów Karpat (np. Jaworzyna Krynicka, czy masyw Góry Cergowej) model ten daje się zastosować do różnych obszarów. Proces wynoszenia strefy podsukokowej (rodzaj izostatycznej kompensacji) tłumaczy, w odróżnieniu od poglądów przedstawianych dotychczas w literaturze „karpackiej” (np. Świerczewska 2005), wysokie wartości stopnia rzekomego zdarcia erozyjnego Karpat (do kilkunastu kilometrów) i tłumaczy brak osadów (na przedpolu lub w dolinach śródgórskich) związanych z tym rzekomym etapem erozji. Usunięcie nadkładu o miąższości kilku kilometrów, nastąpiło bowiem w to efekcie tzw. denudacji tektonicznej, czyli wskutek kolapsu górotworu, następującego wskutek „odwrócenia” procesu nasuwania w efekcie wielkoskalowych przemieszczeń grawitacyjnych. W efekcie elementy tektoniczne pierwotnie nasunięte, zostają cofnięte w procesie kolapsu grawitacyjnego, stwarzając efekt zdarcia erozyjnego. Proces kolapsu wykazany został we wspomnianych pracach (por. Mazzoli et al, 2010, Andreucci et al 2013; Castelluccio et al, 2015; Jankowski i Probulski, 2011) natomiast w tym opracowaniu został przedstawiony na konkretnych obszarach i określonej sytuacji geologicznej. Model izostatycznego wyrównywania (tzw. kompensacji izostatycznej) tłumaczy nie tylko wykazywane metodami termochronometrycznymi wielkości erozji, ale także nierównomierne zapadania i elewacje masywów skalnych w obrębie Karpat. Proces izostatycznego wyrównywania, roli kolapsu orogenicznego został dokładnie omówiony i ukazany na poświęconej temu zagadnieniu konferencji krajowej [2] ale także międzynarodowej [3]. Proces przemieszczania wielkich bloków i roli procesu kolapsu wpływającego na rozwój różnego rodzaju ruchów masowych (w opracowaniach poświęconych osuwiskom będzie prezentowany w kolejnych opracowaniach

przygotowywanych przeze mnie i współpracowników.

Literatura

Andreucci B., Castelluccio A., Jankowski L., Mazzoli S., Szaniawski R., Zattin M., 2013 - *Burial and exhumation history of the Polish Outer Carpathians: Discriminating the role of thrusting and post-thrusting extension*. *Tectonophysics* 608: 866-883.

Castelluccio A., Andreucci B., Zattin M., Ketcham R., Jankowski L., Mazzoli S., Szaniawski R., 2015, *Coupling sequential restoration of balanced cross sections and low-temperature thermochronometry. The case study of the Western Carpathians*. Geological Society of America.

Jankowski L., Probulski J., 2011 – *Rozwój tektoniczno-basenowy Karpat zewnętrznych na przykładzie budowy geologicznej złóż Grabownica, Strachocina i Łodyna oraz ich otoczenia*. *Kwartalnik AGH, Geologia* 37, 4: 555-583.

Mazzoli S., Jankowski L., Szaniawski R., Zattin M.: *Low-T thermochronometric evidence for post-thrusting (< 11 Ma) exhumation in the Western Outer Carpathians, Poland*. *Comptes Rendus Geoscience*, 2010

Świerczewska A., 2005, *The interplay of the thermal and structural histories of the Mgura Nappe (Outer Carpathians) in Poland and Slovakia*. *Mineralogia Pol.*, 36:91-144.

5.4. Zastosowanie metod paleomagnetycznych do badania ewolucji łańcuchów górskich

[1] Szaniawski R., Mazzoli S., Jankowski L., Zattin M., 2013. *No large-magnitude tectonic rotations of the Subsilesian Unit of the Outer Western Carpathians: Evidence from primary magnetization recorded in hematite-bearing Węglówka Marls (Senonian to Eocene)*. *Journal of Geodynamics*, 71, 14-24.

Badania zostały wykonane pod kierunkiem specjalisty w zakresie badań paleomagnetycznych R. Szaniawskiego. Szeroko dyskutowanym problemem w analizie geometrycznego układu i przebudowy łańcucha górskiego czy poszczególnych segmentów Karpat jest proces wzajemnych rotacji bloków orogenu. Jak dotychczas przedstawiono szereg koncepcji opartych np. na analizie układu przestrzennego poszczególnych bloków (np. Unrug 1979) ale też przedstawiono szereg danych i koncepcji opartych na analizach paleomagnetycznych. Uzyskiwane wyniki są powodem wielu dyskusji i uzyskiwano wiele dyskusyjnych wyników (Márton i inni 2009). Podstawowym problemem jest brak dowodów strukturalnych wskazujących na możliwości znacznych rotacji (o znacznej wielkości kąta rotowania bloków). Przy dużych rotacjach powstaje problem zarysowania i kartograficznego ukazania stref granicznych pomiędzy blokami których stopień rotacji różni się w znacznym stopniu. Ponadto problemem jest możliwości akomodacji i wzajemnego ułożenia przemieszczających się względem siebie. Niektóre z opracowań sugerują rotacje nawet obszaru przedpola Karpat o stosunkowo mało stektonizowanej strukturze. Przedmiotem badań paleomagnetycznych w tym opracowaniu były pstre utwory strefy

węglowieckiej – pokrywy osadowej istniejącego w czasie rozwoju basenu i wypiętrzenia wewnątrzbasenowego. Starannie dobrane i przebadane utwory margli pstrych (nadające się do analiza paleomagnetycznych jako jedne z nielicznych w Karpatach facji) wskazują stosunkowo niedużą prawoskrętną rotację strefy jednostki węglowieckiej. Praca zyskuje dodatkowe znaczenie w aspekcie coraz częściej dyskutowanego procesu formowania oroklin. (por. Johnson & Mazzoli, 2009; Weil & Sussman 2004). Metody paleomagnetyczne są tu istotnym narzędziem rozpoznania procesu zaginania pasów oroklinalnych, zarówno w czasie jak i przestrzeni – co pozwala na odtworzenie pierwotnego przebiegu i umiejscowienie obszarów basenowych. Szczególnego znaczenia nabierają one dla europejskiego, alpejskiego pasa oroklin medyterańskich, karpato – alpejskich czy północnoamerykańskich. Dodatkowym efektem opracowania jest sformułowanie wniosków dotyczących stopnia kompaktacji pstrych osadów.

Literatura

Johnston, S.T., and Mazzoli, S., 2009, *The Calabrian Orocline: Buckling of a previously more linear orogen*, in Murphy, J.B., Keppie, J.D., and Hynes, A.J., eds., *Ancient Orogens and Modern Analogues*: London, Geological Society Special Publication 327, p. 113–125.

Marton E., Rauch – Włodarska M., Krejci O., Tokarski A.K., Bubik M., 2009, *An integrated paleomagnetic and AMS study of the tertiary flysch from the Outer Eastern Carpathians*. *Geophysical Journal International* 177:925-940.

Unrug R., 1979, *Palinspastic reconstruction of the Carpathian arc before the Neogene tectogenesis*. *Rocz. PTG*, T. 49, z. 1-2: 3-14.

Weil, A.B., and Sussman, A.J., 2004, *Classifying curved orogens based on timing relationships between structural development and vertical-axis rotations*, in Sussman, A.J., and Weil, A.B., eds., *Orogenic curvature: Integrating paleomagnetic and structural analyses*: Geological Society of America Special Paper 383, p. 1–15

5.5. Pozycja orogenu Karpat na tle budowy geologicznej obszaru otaczającego. Proces subdukcji - nowe podejście.

[1] Malinowski M., Guterch A., Narkiewicz M., Probulski J., Maksym A., Majdański M., Środa P., Czuba W., Gaczyński E., Grad M., Janik T., Jankowski L., Adamczyk A., 2013. *Deep seismic reflection profile in Central Europe reveals complex pattern of Paleozoic and Alpine accretion at the East European Craton margin*. *Geophysical Research Letters*, vol. 40, 1–6.

[2] Narkiewicz M., Maksym A., Malinowski M., Grad M., Guterch A., Petecki Z., Probulski J., Janik T., Majdański M., Środa P., Czuba W., Gaczyński E., Jankowski L., 2014, *Transcurrent nature of the Teisseyre–Tornquist Zone in Central Europe: results of*

the POLCRUST-01 deep reflection seismic profile. International Journal of Earth Sciences 104(3) · DECEMBER 2014.

[3] Malinowski M., Guterch A., Narkiewicz M., Petecki Z., Janik T., Środa P., Maksym A., Probulski J., Grad M., Czuba W., Gaczyński E., M. Majdański M., Jankowski L., 2015. *Geophysical constraints on the crustal structure of the East European Platform margin and its foreland based on the POLCRUST-01 deep reflection seismic profile*. Tectonophysics 653:109-126.

Wybrane opracowania [1,2,3] wykonane zostały w interdyscyplinarnym zespole kierowanym głównie przez Prof. A. Gutercha z Instytutu Geofizyki PAN. Ukazują szerszy kontekst geologiczny regionu karpackiego na tle całego makroregionu Polski południowo-wschodniej. Jak powyżej wspomniano istotnym zagadnieniem jest położenie basenu jak i orogenu Karpat w szerszym kontekście geologicznym. W większości opracowań geologicznych orogen Karpat lokowany jest w kontekście tektoniki płyt jako orogen nadsubdukcyjny. W literaturze znajdujemy liczne prace sugerujące istnienie w historii tektoniczno-basenowej nawet kilku stref subdukcji (por. Birkenmajer 1976; Sikora 1976), sam zaś proces skrócenia i formowania orogenu miał się odbyć na subdukowanej schodzącej płycie. Dodatkowo sugerowano istnienie w trakcie historii basenowej, szerokich stref o charakterze stref oceanicznych a proces złożenia górotworu Karpat miał się odbyć w wyniku skrócenia ogromnej przestrzeni wskutek pochłonięcia szerokich przestrzeni skorupy oceanicznej. Wymienione prace geofizyczne są wyjątkowo ważnym nośnikiem informacji i wskazują na konieczność wznowienia dyskusji nad rzeczywistym położeniem całego orogenu i rozważeniem na nowo problemu subdukcji. Warto zauważyć, że z tak ujętą koncepcją subdukcji nie zgadzał się już M Książkiewicz (1977).

Badania zostały ukierunkowane na rozpoznanie bodaj najbardziej istotnej z geologicznego punktu widzenia struktury tego fragmentu Europy, linii T-T zwanej obecnie TESZ. Jest to wyjątkowo stara, wielokrotnie reaktywowana strefa tektoniczna, z bogatą historią deformacji; od prekambryjskich aż po alpejskie. Zdaje się ona spełniać istotną rolę jako graniczna, mocno zakorzeniona szeroka strefa deformacji tektonicznych, wokół której dochodzi do ciągłych przemieszczeń bloków. Wykonane badania sejsmiczne pozwalają na możliwość głębokich interpretacji, ukazania struktur wgłębnych i rozwoju na ich tle orogenu alpejskiego. Mimo istniejącego w literaturze dogmatu nadsubdukcyjnej pozycji orogenu alpejskiego, wyniki tych badań wskazują na konieczność rewizji owych poglądów i rozważenie niesubdukcyjnego, kolizyjnego procesu formowania orogenu karpackiego. Badania sejsmiczne, w których autor miał możliwość uczestniczenia na poziomie dyskusji wyników, nie wskazują na istnienie stref subdukcji – co zostało także przedstawione w pracy (Probulski i Maksym 2015). Wyniki tych

obserwacji zgadzają się z poglądami autora prezentowanymi w szeregu prezentowanych tu publikacjach.

Literatura

Birkenmajer K., 1976, *The Carpathian orogen and plate tectonics*. Publ. Inst. Geograph. Pol. Acad. Sc., A-2 (101), 43-53.

Książkiewicz M., 1977, *Hipoteza ruchów kier litosfery a powstanie Karpat*. Roczn. PTG, 47, 329-353.

Probulski J., Maksym A., 2015, *Metodyczne podstawy budowania synergicznego pola predkości dla głębokich badań sejsmicznych w aspekcie interpretacji geologicznej w części karpackiej profilu transkarpackiego POLCRUST*. Nafta-Gaz

Sikora W., 1976, *Kordyliery Karpat Zachodnich w świetle tektoniki płyt litosfery*. Przegl. geol. nr 6, 336-348.

5.6. Proces rozwoju tektonicznego zapadliska przedkarpackiego w nawiązaniu do modelu rozwoju Karpat

[1] Jankowski L., Margielewski W.: 2015, *Pozycja tektoniczna Roztocza w świetle historii rozwoju zapadliska przedkarpackiego*. Biuletyn PIG, 2015, 462:7–28.

[2] Jankowski L., Margielewski W., 2014. Tektoniczne i litofacjalne uwarunkowania rozwoju Roztocza i jego rzeźby, w świetle historii formowania Karpat i zapadliska przedkarpackiego [w:] Margielewski W., Urban J., Jankowski L., Buczek K., (red.), Przewodnik V Warsztatów Geomorfologii Strukturalnej. *Strukturalne i litofacjalne uwarunkowania rozwoju rzeźby Roztocza w aspekcie historii tektoniczno-basenowej Karpat i zapadliska przedkarpackiego.*, ss: 9-31.

[3] Krąpiec M., Jankowski L., Margielewski W., Krąpiec P., 2012. *The stone forest (Kamienny Las) Geopark in Roztocze and its geoturistic values*. Przegląd Geologiczny 60 (9):468-479.

[4]. Krąpiec M., Jankowski L., Margielewski W., 2014. Skrzemieniałe drewno – unikalna skamieniałość Roztocza. Geneza, występowanie, znaczenie dla rekonstrukcji paleogeograficznych. [w:] Margielewski W., Urban J., Jankowski L., Buczek K., (red.), Przewodnik V Warsztatów Geomorfologii Strukturalnej. *Strukturalne i litofacjalne uwarunkowania rozwoju rzeźby Roztocza w aspekcie historii tektoniczno-basenowej Karpat i zapadliska przedkarpackiego.*, ss: 35-39.

[5] Margielewski W., Urban J., Jankowski L., Buczek K., 2014 (red.), *V Warsztaty Geomorfologii Strukturalnej. Strukturalne i litofacjalne uwarunkowania rozwoju rzeźby Roztocza w aspekcie historii tektoniczno-basenowej Karpat i zapadliska*

przedkarpackiego. Zwierzyniec- Józefów-Horyniec. 24-26 września 2014.

[6]Krapiec M., Jankowski L., Margielewski W., Krapiec P., 2012 Mapa geologiczna Roztoczańskiego Parku Narodowego.

[7]Margielewski w., Krapiec M., Jankowski L., Urban J., Zernitskaya V., 2015. Impact of aeolian processes on peat accumulation: Late Glacial - Holocene history of the Hamernia peat bog (Roztocze region, south-eastern Poland). *Quaternary International*. 386:212-225.

[8]Jankowski L., 2005, A proposal of the geological exposures to be protected in the "Roztocze region". 2nd INTERNATIONAL Conference GEOTOUR 2005 "Geotourism - new dimensions in XXI century tourism and chance for future development", 22-24 September 2005. Kraków: Wydaw.AGH, 2005. s.56;

Oprócz części orogenu tradycyjnie zwanym Karpatami zewnętrznymi, moje zainteresowania skierowane były także na szereg innych obszarów. Wybrane opracowania dotyczą wieloaspektowych badań zapadliska przedkarpackiego a zwłaszcza jego marginalnej części – obszaru Roztocza. Rejon zapadliska karpackiego, który można utożsamiać z basenem przedpola uformowanym podczas ostatniego etapu przemieszczania się układu orogen-basen przedpola – wypiętrzenie przedgórskie (por De Celles &Giles 1996). Pierwsza i druga z załączonych[1,2] prac odnosi się do mechanizmu formowania, przemieszczania układu przestrzennego mioceńskiego przedpola ale także omawia przyczynę głębokiej erozji utworów pokrywy paleozoiczno-mezozoicznej. Zwrócono uwagę na proces zmiany kierunku przemieszczania (także wskazane w pracy Jankowski 2015) układu orogen-przedpole - wypiętrzenie przedgórskie co tłumaczy zmienną szerokość (poza wyraźnie wpływającym na ten proces zróżnicowaną sztywnością skał przedpola) basenu przedpola i wyraźne różnice w szerokości obszaru zapadliska między segmentem zachodnim a wschodnim przedpola. W pracy zwrócono także uwagę (co dokumentują także opracowania, por. Grad i inni, 2006, Malinowski i inni, 2013) na charakter strefy TESZ jako strefy lewoprzesuwczego uskoku, z którym genetycznie związane są struktury przyuskokowe (typu znacznej skali struktur kwiatowych). Tego typu kład zdaniem autorów ma zasadniczy wpływ na proces elewacji rejonu Gór Świętokrzyskich, dotychczas w literaturze nie znajdujemy bowiem wytłumaczenia silnej elewacji masywu Świętokrzyskiego. Jako przyczynę obecnego wyniesienia Gór Świętokrzyskich podawano istnienie tzw. wału metakarpackiego, czego nie można przyjąć analizując przebieg elewowanej części Gór. Wysłunięto koncepcję wyniesienia Gór Świętokrzyskich jako bloku o typie struktury kwiatowej - genetycznie związanej ze strefą TESZ. Badania terenowe i pomiary tektoniczne dały

podstawę do rozpoznania w rejonie Roztocza i basenu przedpola etapu kolapsu (zauważanego i sygnalizowanego z obszaru Karpat). Proces ekstensji widziany jest nie tylko w dokumentujących budowę geologiczną licznych wierceniach np. opracowaniach sejsmicznych ale także bezpośrednio w odsłonięciach na obszarze Roztocza. Istotne znaczenie dla odtworzenia budowy geologicznej ma rozpoznanie bardzo młodego wieku płytkowodnych utworów miocenu także we wschodniej części Roztocza – utwory regionu Józefowa uważane dotychczas za badeńskie rozpoznano jako późnomioceniczne (sarmat- pannon?), zatem czas zatrzymania wędrówki przedpola i wypiętrzenia w polskim segmencie przypada na późny miocen. Omawiając proces przemieszczania wspomnianego układu orogen-basen przedpola – wypiętrzenie przedgórskie podkreślono jednolity mechanizm przemieszczania w obszarze Karpat jak i przedpola. Etapy znacznego przesunięcia znaczone były formowaniem się stref nasunięć pozasekwencyjnych i dużych kompleksów spływowych – wyrażono tu już opinię uformowaniu Pienińskiego Pasa Skalkowego jako kompleksu spływowego na przedpolu frontu orogenicznego Karpat zewnętrznych, podobnego w procesie formowania do kompleksów chaotycznych regionu gorlickiego.

Pokłosiem badań Roztocza jest także drugie załączone tu opracowanie poświęcone szczególnemu bogactwu obszaru Roztocza – unikalnym, skrzemieniałym pniom występującym na tym terenie [3,4]. Szerokie spektrum badań pozwoliło ostatecznie wyjaśnić dokładnie ciąg procesów doprowadzający do pierwotnego uwęglenia, skrzemionkowania pni. Proces petryfikacji przypada na koniec sedymentacji w basenie przedpola i jest wyraźnie związany z fluktuacjami linii brzegowej. Badania pozwoliły ukazać proces redepozycji, rozmywania pierwotnych nagromadzeń (tzw. formacja z Trzydnika) i wtórnego skrzemienienia czy dalej do przeniesienia do młodszych czwartorzędowych osadów. Badania i obserwacje rozciągnięto na obszar ukraińskiej części Roztocza – stanowiska w rejonie przygranicznym (Rawa Ruska, Dąbrówka). Unikalność walorów geoturystycznych Roztocza była przedmiotem obszernego opracowania omawiającego Roztocze pod względem geoturystycznym (Krapiec i inni, w opracowaniu). Niektóre z obiektów zostały omówione wcześniej [8]. Efektem badań była m.in. mapa geologiczna Roztoczańskiego parku [6].

Wynikom badań i obserwacji i nowych hipotez poświęcona została konferencja terenowa z wyraźnym ukierunkowaniem na morfologiczny aspekt przebudowy tektonicznej obszaru Roztocza [5]. Materiały konferencyjne zawierają szereg nowych informacji odnoszących się do morfologicznego rozwoju obszaru Roztocza z krytycznym odniesieniem do dotychczasowych poglądów. Warto dodać, że w przygotowaniu jest opracowanie odnoszące się do utworów wypełniających tzw. rów Sołokiji, zmieniające podejście do wieku tego wypełnienia. Jednym z

wyjątkowo interesujących struktur morfologicznych obszaru Roztocza są liczne misy deflacyjne w których rozwinęły się liczne torfowiska. Stały się one przedmiotem badań dokumentujących proces rozwoju rzeźby Roztocza już od późnego glacjału. Profil torfowiska we wspaniale ukształtowanej misie deflacyjnej w regionie Józefowa (Hamernia) był przedmiotem szczegółowych badań, dając możliwość rekonstrukcji zmian paleoklimatycznych w późnym glacie i holocenie [7].

Literatura

De Celles, P.G. & Giles, K.A. (1996) *Foreland basin systems*. Basin Research, 8, p. 105-123.

Grad M., Guterch A., Keller G.R., Janik T., Hegedűs E., Vozár J., Ślącza A., Tiira T., Yliniemi J., 2006: *Lithospheric structure beneath trans-Carpathian transect from Precambrian platform to Pannonian basin: CELEBRATION 2000 seismic profile CEL05*. Journal of Geophysical Research, 111, B03301. doi:10.1029/2005JB003647 ‘G

Jankowski L., *Nowe spojrzenie na budowę geologiczną Karpat - ujęcie dyskusyjne*. Prace Naukowe Instytutu Nafty i Gazu - Państwowego Instytutu Badawczego No 202, Instytut Nafty i Gazu - Państwowy Instytut Badawczy, ISBN

Krapiec M., Jankowski L., Margielewski W., *Skrzemiała drewno – unikalna skamieniałość Roztocza. Geneza, występowanie, znaczenie dla rekonstrukcji paleogeograficznych* (w:).

Malinowski M., Guterch A., Narkiewicz M., Probulski J., Maksym A., Majdański M., Środa P., Czuba W., Gaczyński E., Grad M., Janik T., Jankowski L., Adamczyk A., 2013. *Deep seismic reflection profile in Central Europe reveals complex pattern of Paleozoic and Alpine accretion at the East European Craton margin*. Geophysical Research Letters, vol. 40, 1–6

Malinowski M., Guterch A., Narkiewicz M., Petecki Z., Janik T., Środa P., Maksym A., Probulski J., Grad M., Czuba W., Gaczyński E., M. Majdański M., Jankowski L., 2015. *Geophysical constraints on the crustal structure of the East European Platform margin and its foreland based on the POLCRUST-01 deep reflection seismic profile*. Tectonophysics 653:109-126.

Margielewski W., Urban J., Jankowski L., Buczek K., 2014, V Warsztaty Geomorfologii Strukturalnej. *Strukturalne i litofacjalne uwarunkowania rozwoju rzeźby Roztocza w aspekcie historii tektoniczno-basenowej Karpat i zapadliska przedkarpacciego*. Zwierzyniec- Józefów-Horyniec. 24-26 września 2014.

5.7. Wieloetapowość rozwoju tektoniczno - basenowego Karpat w ujęciu kartograficznym. Korelacja struktur i wydzielen kartograficznych.

[1] Jankowski L., 2008. Kompleksy chaotyczne Karpat Polskich. Materiały konferencyjne „Przewodnik sesji terenowej”, Kraków – Polańczyk 2008, 26–88.

[2] Jankowski L., 2014a, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Rzepiennik*. PIG-PIB. Warszawa, 2009b.

[3] Jankowski L., 2014b, *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski. 1:50 000, arkusz Rzepiennik*. Warszawa 2014. Pp. .

- [4] Jankowski L., 2015a *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000*, arkusz Łupków Nowy. Warszawa 2014.
- [5] Jankowski L., 2015b, *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski. 1:50 000*, arkusz Łupków Nowy. Warszawa 2015. Pp. 36.
- [6] Jankowski L., Kopciowski R.: 2014, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000*, arkusz Żmigród Nowy. PIG-PIB. Warszawa, 2014..
- [7] Jankowski L., Kopciowski R., 2014a, *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski. 1:50 000*, arkusz Żmigród Nowy. Warszawa 2014.
- [8] Jankowski L., Kopciowski R., Ryłko W. (eds.), 2004. *Geological Map of the Outer Carpathians; Borderlands of Poland, Ukraine and Slovakia, 1:200 000*. Publication Dep. of Polish Geological Institute, Warsaw, 2004.
- [9] Jankowski L., Kopciowski R., Ryłko W., (eds.), 2007. *Geological Map of the Outer Carpathians; Borderland of Ukraine and Romania, 1 : 200 000*. Publication Dep. of Polish Geological Institute, Warsaw.
- [10] Jankowski L., Kopciowski R., Ryłko W., 2012, Stan wiedzy o budowie geologicznej Karpat zewnętrznych pomiędzy rzekami Białą a Rysa- dyskusja. Biuletyn PIG 449: 203-216.
- [11] Jankowski L., Kopciowski R., Ryłko W., Danysz V., Carnenko P., Hnylko O., 2012, Korelacja litostratygraficzna Karpat zewnętrznych na obszarach przygranicznych Polski, Słowacji, Ukrainy i Rumunii. Biuletyn PIG 449:87-98.
- [12] Jankowski L., Ślęczka A., 2015 *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000*, arkusz Jabłonki. Warszawa, 2000
- [13] Jankowski L., Ślęczka A., 2015, *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski. 1:50 000*, arkusz Jabłonki. Warszawa 2013. Pp. 36.
- [14] Kopciowski R., Jankowski L., Zimnal Z., 2014, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000*, arkusz Osiek Jasielski, Archiwum Oddziału Karpackiego PIG Kraków, 1997.
- [15] Kopciowski R., Jankowski L., Zimnal Z., 2014, *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski. 1:50 000*, arkusz Osiek Jasielski. Warszawa 2013. Pp. 36.
- [16] Kopciowski R., Zimnal Z., Chrzastowski J., Jankowski L., 2014, Szymakowska F.: *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000*, arkusz Gorlice. PIG-PIB. Warszawa.

2014.

[17]Kopciowski R., Zimnal Z., Chrząstowski J., Jankowski L., Szymakowska F., 2014, *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000, arkusz Gorlice*. PIG-PIB. Warszawa. 2014.

[18]Jankowski L., Paul Z.: 2009, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Brzesko*. Archiwum PIG Warszawa, 2009.

[19]Jankowski L., Paul Z.: 2009, *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Brzesko*. Archiwum PIG Warszawa, 2009.

[20]Jankowski L., 2013, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Zawoja*. Archiwum PIG.

[21]Jankowski L., 2013, *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Zawoja*. Archiwum PIG.

[22]Malata T., Jankowski L., Żytko K., 2015, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Lutowska*. Warszawa, 2015

[23]Malata T., Jankowski L., Żytko K., 2015, *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski. 1:50 000, arkusz Lutowska*. Warszawa 2015. Pp. 36.

Zestawione tu opracowania kartograficzne to efekt mojej wieloletniej pracy w rejonie Karpat polskich oraz krajów ościennych. Wykonane arkusze nie obejmują całości moich obserwacji, gdyż część opracowań kartograficznych (rejon Jasła czy arkusz Osielec) zostało wykonanych jako opracowania archiwalne. Z przyczyn ode mnie niezależnych, większość arkuszy została opublikowana po długim okresie – niektóre z arkuszy oczekiwały na wydanie do 20 lat, co w znacznym stopniu zaważyło na dostępności i cytowalności tych opracowań. Łącznie z wydanymi dawniej arkuszami (por. Gucik i inni 1991a,b) wykonane przeze mnie mapy obejmują obszar ponad 3000 km². Ogromna ilość obserwacji o charakterze badań kartograficznych (zostaną zestawione na mapach o innej skali) wykonana została pod kątem poszukiwań kompleksów chaotycznych. Opracowania tu załączone mają charakter monografii, omawiających w objaśnieniach i ukazujących na mapie poszczególne fragmenty Karpat (pojedyncze arkusze to obszar ponad 330 km²). Większość z nich wykonana była w szczególnie skomplikowanych geologicznie rejonach Karpat. W szeregu wykonanych przeze mnie arkuszy obraz kartograficzny odbiega w zdecydowany sposób od dotychczasowego – na co złożyły się zarówno wyniki badań

terenowych jak i oznaczeń stratygraficznych, bardzo istotne choćby dla udokumentowania mioceńskiego wieku kompleksów chaotycznych.

Problemowi kompleksów chaotycznych została poświęcona przygotowana i prowadzona przeze mnie samodzielnie konferencja terenowa [1], w której omawiałem już wykonywane arkusze i konkretne odsłonięcia terenowe rozpoznane podczas prac kartograficznych.

Wykonane przeze mnie mapy są pierwszymi opracowaniami kartograficznymi, w których omawia się i ukazuje na mapie kompleksy chaotyczne (np. arkusz Rzepiennik [1,2]). Ukazany został w całości na mapach, ogromny mioceński kompleks chaotyczny rejonu Gorlic [2,3,16,17] (podobny występuje w rejonie Harklowej [14,15]). W starszych opracowaniach ów kompleks znaczony był jako tzw. półwyspy jednostki magurskiej. W ostatnich latach chaotyczność struktur i mioceński wiek kompleksu harkłowskiego potwierdzone zostały przez innych autorów (por. Starzec i inni, 2015). Szczególnie istotne są mapy rejonu bieszczadzkiego, któremu poświęciłem najwięcej lat pracy kartograficznej – pozwala mi to ukazać geologię całego regionu bieszczadzkiego [4,5,12,13,22,23], przygotowywana została do druku mapa geologiczna Bieszczadów. Wykartowana została ważna strefa melanżu. Strefa ta pełni istotną rolę w rozwoju tektonicznym rejonu bieszczadzkiego. Jest główną strefą uskokuwą, wzdłuż której rozwinięte są różnego rodzaju struktury przyuskokowe tj. struktury kwiatowe czy struktury końskiego ogona. Z jej rozwojem wiąże się elewację tzw. łuski Bystrego. Łuska Bystrego to element tektonicznych, o wergencji wstecznej co wynika z ułożenia w geometrii struktury kwiatowej. Strefa melanżu jest jedną z dróg migracji węglowodorów, wód mineralnych ale także fluidów co owocuje m.in. różnorodną mineralizacją regionu Baligrodu. Badania terenowe dają podstawę do zanegowania występowania w Karpatach tzw. poziomów zrównań. Nie są one widoczne w morfologii obszaru jak to sugeruje literatura, powierzchnie zrównań łączyć można raczej z rodzajem powierzchni strukturalnych, związanych z ułożeniem warstw i z występowaniem wyraźnych granic litologicznych. Kontynuacją stref melanżowych Bieszczadów są także te wykartowane w okolicach Dukli i Żmigrodu[6,7].

Mój dorobek kartograficzny obejmuje nie tylko opracowania map szczegółowych (w skali 1 : 50 000) ale także map przeglądowych obejmujących obszar poza Karpatami polskimi. Mapy są podstawowym nośnikiem informacji geologicznej i na wykonanych przeze mnie arkuszach uwzględnione już zostały zespoły struktur przyczyniające się do zmiany wielu poglądów na budowę geologiczną Karpat; m.in. kompleksy chaotyczne, melanże, uskoki normalne. Stały się podstawą do kolejnych opracowań z geologii podstawowej ale także z dziedziny geomorfologii.

Prace podstawowe stały się bazą do rozpoznawania procesu przemieszczeń wielkich bloków w Karpatach (por. Jankowski i Margielewski, 2012), zostały już przedstawione na kilku organizowanych przez autora konferencjach krajowych i zagranicznych. Omawiane powyżej opracowania i publikacje są wynikiem pracy terenowej wykonanej dla zestawienia i przygotowania map geologicznych. Poczynione obserwacje podstawowe (stref uskokowych, korelacji facji) dały podstawę do rewizji wielu „ustalonych” poglądów odnoszących się do historii basenowo – tektonicznej Karpat. Prace terenowe ukazały bowiem istotną rolę tektoniki przesuwczej czy ekstensyjnej (zdecydowana większość obserwowanych w terenie struktur to uskoki normalne i przesuwcze), co było w zupełnej sprzeczności choćby z przyjmowanym dogmatycznie poglądem na decydującą rolę reżimu kompresyjnego w Karpatach. Rozpoznanie istotnej roli tektoniki grawitacyjnej w procesie umiejscowienia wielu fragmentów orogenu wynikało ze szczegółowego rozpoznania kartograficznego i prac terenowych wykonanych dla opracowania map podstawowych. Niestety nie wszystkie opracowywane obecnie arkusze uwzględniają nowy punkt widzenia na geologię Karpat – brak jest uwzględniania podstawowych struktur widocznych w skali odsłonięcia ale także w skali mapy. Rozpoczęty proces rozpoznawania dodatkowych etapów deformacji tektonicznych, proces kolapsu (rozpoznana ogromna ilość uskoków normalnych i przemieszczeń grawitacyjnych) wymaga kontynuacji w całym obszarze Karpat. Prace badawcze dla przygotowanego do druku arkusza Zawoja[20,21] uwiaryściły zupełnie inny obraz geologii regionu Babiej Góry niż dotychczas ukazywano. Południowa część arkusza obejmująca region południowych stoków Babiej Góry to potężna strefa melanżu z wyraźnym, zaznaczającym się nawet w morfologii rozczłonkowaniem blokowym – materiał kartograficzny był podstawą do ukazania zupełnie innego modelu rozwoju rzeźby, niż dotychczas uznawano. Był zresztą już prezentowany na konferencjach terenowych polskich (Jankowski i inni, 2012) i międzynarodowych (Jankowski et al 2013) ale też przedmiotem publikacji (Jankowski i Margielewski 2014).

Kolejne przygotowane opracowania np. [18,19] ukazują już rolę tektoniki ekstensyjnej jak i obecność stref melanżu a nawet nowe stanowiska miocenu wewnątrz Karpat.

Opracowania przeglądowe w skali 1 : 200 000 są wynikiem wieloletniej obserwacji profili wielu jednostek tektonicznych; od Karpat polskich aż po Karpaty rumuńskie. Mapy mają istotne znaczenie przede wszystkim dla ukazania przebiegu jednostek tektonicznych ale przedstawiono na nich korelację wielu facji - co sprawiało największą trudność ze względu na niezmiernie rozbudowaną ilość wydzieleni stratygraficzno - facjalnych funkcjonujących w literaturze całych Karpat. Istotne znaczenie ma także dostosowanie nomenklatury opracowań ukraińskich do polskich co wymagało wykonania obserwacji terenowych dla zrozumienia sposobu formowania

wydziałów po stronie ukraińskiej. Mapy stały się podstawowym nośnikiem informacji geologicznej wykorzystywanym obecnie w geologii naftowej ale także dla coraz liczniejszych ostatnio metod bilansowań przekrojów. Na mapach przedstawiono kontynuację stref ścieg tektonicznych poszczególnych elementów. Zaznaczony m.in. został przebieg rozległej strefy melanżu karpackiego rozciągającego się od Bieszczadów aż po rejon Podpołozia. Zestawione dwa arkusze transkarpackie (Jankowski et al 2004, 2007) stanowią całość i są próbą ujednoczenia obrazu geologicznego na znacznej przestrzeni łuku Karpat. Są pierwszym takim ujęciem w tej skali fragmentu Karpat polskich ukraińskich słowackich i rumuńskich. Ogólne transgraniczne ujęcie ukazuje w innym świetle m.in. wielką strefę tektoniczną uskoku Dragos- Voda w Rumuni północnej i nakazuje widzieć cały tamtejszy układ jako struktur typu końskiego ogona rozwinięta wzdłuż tej strefy. W oparciu o nie wytyczano także profile do badań termochronologicznych (patrz Andreucci et al 2013, Andreucci et al 2014, Zattin et al, 2011). Dane zebrane podczas zestawiania map przeglądowych były podstawą do opracowania korelacji facji w rozległym obszarze Karpat polskich oraz sąsiednich krajów karpackich (por. Jankowski i inni 2012a) dały podstawę do krytycznego komentarza dotychczasowych poglądów na temat budowy geologicznej (por. Jankowski i inni 2012b).

Przygotowane opracowania kartograficzne dały podstawę do korelacji wielu wydziałów stratygraficznych stosowanych w krajach karpackich. Nadmierna i nie do końca zrozumiała tendencja do kreowania coraz to nowych wydziałów była m.in. powodem rozpoznania charakteru i istoty nazw stosowanych w różnych regionach Karpat. Podjęto próbę skorelowania setek funkcjonujących na mapach wydziałów [8,9,11]. Rozpoznanie ogromnego obszaru i dziesiątków profili karpackich; od Czech aż po Rumunię pozwoliło krytycznie ocenić stan wiedzy [10], stan poglądów i schematyczność odnoszących się do całych Karpat. W opracowaniu [10] po raz pierwszy podkreślono błędność założenia stałości rowów sedymentacyjnych i ich związek z wydzielanymi jednostkami-tektoniczno-stratygraficznymi. Konkretnie przykłady podane z różnych regionów Karpat ukazały przyczynę błędów popełnianych w literaturze karpackiej.

Literatura:

Andreucci B., Castelluccio A., Jankowski L., Mazzoli S., Szaniawski R., Zattin M., 2013 - *Burial and exhumation history of the Polish Outer Carpathians: Discriminating the role of thrusting and post-thrusting extension*. *Tectonophysics* 608: 866-883.

Andreucci B., Castelluccio A., Corrado S., Jankowski L., Mazzoli S., Szaniawski R., Zattin M., 2014. *Interplay between the thermal evolution of an orogenic wedge and its retro-wedge basin: An example from the Ukrainian Carpathians*. *Geological Society of America Bulletin* 127 (3-4). September 2014.

Gucik S., Jankowski L., Rączkowski W., Żytko K., 1991a, *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000 arkusz Rybotycze - Dobromil (1043-1044)*, 39 pp. PIG Warszawa.

Gucik S., Jankowski L., Rączkowski W., Żytko K., 1991b, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Rybotycze-Dobromil (1043-1044)*. PIG Warszawa.

Jankowski L. 2007.; *Kompleksy chaotyczne w rejonie Gorlickim (polskie Karpaty zewnętrzne)*. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, 2007, 426: 27–52.

Jankowski L., Kopciowski R., Ryłko W., 2012a, *Stan wiedzy o budowie geologicznej Karpat zewnętrznych pomiędzy rzekami Białą a Rysca- dyskusja*. Biuletyn PIG 449: 203-216.

Jankowski L., Kopciowski R., Ryłko W., Danysz V., Carnenko P., Hnylko O., 2012b, *Korelacja litostratygraficzna Karpat zewnętrznych na obszarach przygranicznych Polski, Słowacji, Ukrainy i Rumunii*. Biuletyn PIG 449:87-98.

Jankowski L., Margielewski W., 2015, *Pozycja tektoniczna Roztocza w świetle historii rozwoju zapadliska przedkarpacciego*. Biuletyn PIG 462:7-28.

Jankowski L., Margielewski W., Urban J., 2012, *Strukturalne i litofacjalne uwarunkowania rozwoju rzeźby polskich Karpat zewnętrznych*. III Warsztaty Geomorfologii Strukturalnej. Beskid Niski – Beskid Sądecki – Babia Góra. Kraków – Piwniczna. Wrzesień 2012. Pp 95

Starzec K., Malata E., Wronka A., Malina L., 2015. *Mélanges and broken formations at the boundary zone of the Magura and Silesian nappes (Gorlice area, Polish Outer Carpathians) - a result of sedimentary and tectonic processes*. Geological Quarterly 59(1):121-146.

Zattin M., Andreucci B., Jankowski L., Mazzoli S., Szaniawski R., , 2011, *Neogene exhumation in the Outer Western Carpathians*. Terra Nova, 23, 283–291, 2011.

5.8. Rola melanży tektonicznych jako ścieżki migracji węglowodorów i fluidów – nowe perspektywy poszukiwać naftowych.

[1] Jankowski L., Leśniak G., Matyasik I., Ziemianin K., Garecka M., Mazzoli S., Szaniawski R., Probulski J., Jugowiec- Nazarkiewicz M., 2015,- *Wybrane aspekty systemu naftowego a nowe spojrzenie na geologię Karpat*. Kraków – Polańczyk. Wrzesień 2015

[2] Leśniak G., Matyasik I., Such P., Jankowski L., 2010, *Outcrops as one of the keys in the reconstruction of the Petroleum System in the Polish Outer Carpathians*. *Annales Societatis Geologorum Poloniae* (2010), vol. 80: 105–114.

[3]Dziazio P., Jankowski L., Kopciowski R., Matyasik I., 2004, *Geologia jednostki śląskiej - potencjalnej strefy do przyszłych poszukiwań naftowych*. Wycieczka W.1.LXXV Zjazd Naukowy PTG. Iwonicz 2004.

[4]Jankowski L., Jarmołowicz-Szulc K., 2009, *Particular tectonic zones (the melange zones) as a potential and significant path for fluid migration and mineral formation*. *Mineralogical Revue* 59 (1), 31-44. Eng. With Ukr. And Rus. Abstracts.

[5]Jarmołowicz-Szulc K., Jankowski L., Matyasik I. 2007. *Wstępne wyniki badań*

zespołów minerałów i materii organicznej w regionie bieszczadzkim. Przegląd Geologiczny 55 (4): 291.

[6] Jarmołowicz-Szulc K., Matyasik I., Jankowski L., 2005, *Comparative studies of mineral assemblages in the Bieszczady region*. Pr. Specjalne PTM 2005 z.25 s.307-312.

[7] Jarmołowicz-Szulc K., Dudok I. Jankowski L., 2008, *Organic matter in the Carpathian rocks from Poland and Ukraine* / W: The 33rd International Geological Congress. Oslo, Norway, 6 -14 August 2008. Dokument elektroniczny: abstract CD-ROM / under the patronage of UNESCO, Oslo: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2008, file:\33IGC\1323434.html.

[8] Jarmołowicz-Szulc K., Jankowski L., 2008, *Problematyka mineralizacji w strefie melanżu w Bieszczadach* , W: Pierwszy Polski Kongres Geologiczny. Kraków 26-28 czerwca 2008: abstrakty, Kraków: Polskie Towarzystwo Geologiczne, 2008, s.42.

[9] Jarmołowicz-Szulc K., Jankowski L., 2010, *Results of advanced mineralogical and geochemical studies in the Carpathian mélange zones and units (Polish-Ukrainian-Slovak "triangle")*. Geologia Balcanica 39, 1-2. XIX Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association, Thessaloniki, Greece, 23-26 Sept. 2010, 173.

[10] Jarmołowicz-Szulc K. i Jankowski L., 2011. *Analiza geochemiczna i korelacje genetyczne czarnych łupków w jednostkach tektonicznych Karpat Zewnętrznych w południowo-wschodniej Polsce i na obszarze przyległym*. Biuletyn PIG, 444, 73–98.

[11] Leśniak G., Jankowski L., 2009, *Szczegółowe badania petrograficzne skał z melanżu tektonicznego w Jabłonkach (Bieszczady)*. Przegląd Geologiczny. T.57. Nr 4:307.

[12] Leśniak G., Matyasik I., Jankowski L., 2014, *New Approach To Hydrocarbon Migration In The Polish Carpathians Based On Outcrops Analyses*. International Petroleum Technology Conference. 19-22 January Doha. Qatar.

[13] Matyasik I., Jarmołowicz-Szulc K., Jankowski L., 2010, *Analiza charakteru materii organicznej w rejonie przygranicznym Karpat Zachodnich i Wschodnich*. Konferencja Naukowo-Techniczna GEOPETROL 2010 Prace nr 170, 675-680. Instytut Nafty i Gazu. Kraków, Prezentacja, rozszerzony abstrakt Czerwiec- wrzesień 2010.

[14] Matyasik I., K. Jarmołowicz-Szulc K., Jankowski L., 2010, *Kontynuacja badań materii organicznej i minerałów w Karpatach – wyniki badań z obszaru pogranicza polsko-ukraińskiego*. Konferencja Naukowo-Techniczna GEOPETROL 2010 Prace nr 170, 689-694. Instytut Nafty i Gazu. Kraków, Prezentacja, rozszerzony abstrakt Czerwiec-wrzesień 2010.

[15]Matyasik I., Bielań W., Janiga M., Jankowski L., 2012, *Geochemiczna charakterystyka naturalnych powierzchniowych wycieków węglowodorowych na podstawie badań GC oraz GC-MS*. Nafta-Gaz. Nr 11:788-796.

[16]Mroczkowska M., Ziemianin K., Brzuszek P., Matyasik I., Jankowski L., 2015. *The organic matter type in the shale rock samples assessed by FTIR-ATR analyses*. Nafta-Gaz nr 6, 361-369

[17]Ziemianin K., Brzuszek P., Słoczyński T., Jankowski L., 2015, *Dispersed organic matter in shales from Menilite Beds within Polish Outer Carpathians – preliminary diagnosis*. Nafta-Gaz nr. 9, 615-623.

Istotnym celem moich badań był także aspekt naftowy. Badania terenowe i kartograficzne, rozpoznanie stref melanży tektonicznych, ich charakteru petrologicznego geochemicznego ale przede wszystkim tektonicznego, wskazało nowe możliwości ukierunkowania prac poszukiwawczych za węglowodorami. Nowe spojrzenie na problem poszukiwań zostało ujęte w monograficznym opracowaniu [1].

Proces rozpoznania kartograficznego i badań petrograficznych stref melanży potwierdził ich istotne znaczenie jako ścieżki migracji węglowodorów. Szereg badań geochemicznych i petrograficznych ukazało bogactwo mineralizacji stref melanży [3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14]. Obok mineralizacji kwarcowej istotne znaczenie ma obecność substancji bitumicznej wskazującej na migrację węglowodorów. Głęboko zakorzenione w strukturach orogenu strefy melanży sugerują inny niż w dotychczasowych kierunkach poszukiwań proces migrowania rop i gazów, co otwiera nowy kierunek poszukiwań. We wspomnianych przewodniku[1] terenowym ukazano szereg odsłoneń dokumentujących dodatkowe etapy deformacji tektonicznych, proces przemieszczania wielkich bloków w obrębie orogenu ale też ścisły związek stref melanży ze strefami migracji węglowodorów. W zamieszczonych tu opracowaniach wiele uwagi poświęcono także charakterowi geochemicznemu ciemnych łupków warstw menilitowych [15,16,17] a także znaczeniu rozpoznania terenowego dla poszukiwań [2].

5.9. Wybrane problemy facjalne. Charakter litologiczny, miejsce depozycji facji karpackich.

[1]Jugowiec-Nazarkiewicz M., Jankowski L., 2001. Biostratygrafia nanoplanktonowa margli żegocińskich; nowe spojrzenie na budowę geologiczną strefy lanckorońsko – żegocińskiej. Przegląd Geologiczny, vol. 49, nr 12: 1186-1190.

[2]Szydło A., Garecka M., Jankowski L., Malata T., 2014. Paleogene microfossils from the submarine debris flows in the Skole basin. *Geology, Geophysics & Environment*. Vo. 40

(1): 49-65. (DOI: 10.7494/geol.2014.40.1.49-65.

[3] Garecka M., Jankowski L., Szydło A., Spływowe osady paleogenu wschodnich Karpat zewnętrznych w strefie przygranicznej Polski i Ukrainy. W: Pierwszy Polski Kongres Geologiczny. Kraków 26-28 czerwca 2008: abstrakty, Kraków: Polskie Towarzystwo Geologiczne, 2008

Szereg obserwacji wynikających z rozpoznania profili lito stratygraficznych i badań kartograficznych, zostało wykorzystanych w opracowaniach poświęconych poszczególnym facjom karpackim. W opracowaniu [1] poświęconym facji szczególnego typu *biancone* zwanej marglami krzemionkowymi, a w zachodniej części polskich Karpat marglami żegocińskimi, ukazano ich pozycje w kontekście facjalnym basenu sedymentacyjnego Karpat. Już w tym opracowaniu tym przedstawiono model skośnego ścinania systemów depozycyjnych – co tłumaczy ich występowanie w różnych elementach tektonicznych Karpat. Ponadto wskazano już wtedy na płytkowodny charakter szeregu facji zaliczanych zwyczajowo do „fliszu karpackiego”. Problem facji typu olistostromowego, o genezie spływowej, zyskuje coraz więcej uwagi, co przyczynia się do lepszego rozpoznania charakteru systemów depozycyjnych basenu Karpat. Wskazuje się także na występowanie licznych facji płytkowodnych – w tym aspekcie szczególną uwagę zwrócono tu na charakter warstw menilitowych (por. Jarmołowicz-Szulc, Jankowski 2011). To nowe spojrzenie na płytkowodny charakter facjalny warstw menilitowych wyprzedziło poglądy opublikowane ostatnio w tej kwestii (por. Dziadzio 2015). Istotne znaczenie ma także rozpoznanie pokryw skłonowych, szczególnie niektórych facji późnoeoceneskich [2,3]. Wiele uwagi poszczególnym facjom, poświęcono w monograficznym, wspomnianym już w kontekście geologii naftowej, opracowaniu o typie przewodnika terenowego (Jankowski i inni, 2015). W opracowaniu tym zwraca się uwagę na płytkowodny charakter facji menilitowej, na co wskazują struktury sedymentacyjne ale także dane geochemiczne. Ponadto opisano charakter tzw. margli czerwonych, facji powszechnej w rejonie tetydzkim (z niezrozumiałych względów nadano im wiele nazw w różnych regionach). Rozwiązany został, dyskutowany w literaturze (por. np. Koszarski, 1969) problem pierwotnie czerwonej barwy utworu – tzw. *reduction spots* wskazują, że margle pierwotnie miały barwę czerwoną; lokalnie występująca zielona barwa tego utworu, jest już efektem wtórnych zmian zachodzących w obrębie skały).

Literatura:

Dziadzio P., 2015, *Śródmenilitowe piaskowce magdaleńskie jako przykład płytkowodnej sedymentacji deltowej w Karpatach*. Nafta-Gaz. Nr 9:624 – 632.

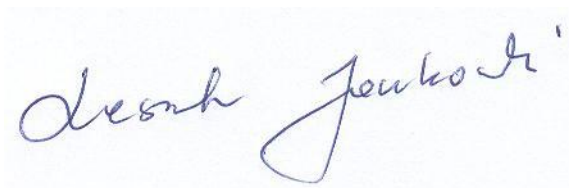
Jankowski L., Leśniak G., Matyasik I., Ziemanin K., Garecka M., Mazzoli S., Szaniawski R., Probulski J., Jugowiec-Nazarkiewicz M., 2015,- *Wybrane aspekty systemu naftowego a nowe spojrzenie na geologię Karpat*. Kraków –

Polańczyk. Wrzesień 2015

Jarmołowicz-Szulc K. i Jankowski L., 2011. *Analiza geochemiczna i korelacje genetyczne czarnych łupków w jednostkach tektonicznych Karpat Zewnętrznych w południowo-wschodniej Polsce i na obszarze przyległym*. Biuletyn *PIG*, 444, 73–98.

Koszarski L., 1969, *Przejawy wtórnego odbarwienia czerwonych łupków w Karpatach fliszowych*. Spraw. Z Pos. Kom. Nauk. PAN Oddz. Krak. 1969.t.XII/2s.589-591.

Leszek Jankowski

A handwritten signature in blue ink that reads "Leszek Jankowski". The signature is written in a cursive style with a large, stylized initial 'L'.