

Prof. dr hab. Paweł Aleksandrowski  
Państwowy Instytut Geologiczny  
Państwowy Instytut Badawczy  
Oddział Dolnośląski we Wrocławiu

### **Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Macieja Tomaszczyka**

pt. „Ewolucja tektoniczna centralnej części basenu lubelskiego”, przygotowanej pod opieką naukową dr hab. prof. Marka Jarosińskiego w Państwowym Instytucie Geologicznym - Państwowym Instytucie Badawczym.

Recenzowana rozprawa stanowi obszerne studium geologiczno-strukturalne budowy wglębnej środkowego odcinka późnopaleozoicznego basenu lubelskiego wraz jego wczesnopaleozoicznym podłożem i przyległymi strukturami ramowymi – elewacjami hrubieszowską i radomsko-kraśnicką. Badany obiekt wykazuje znaczny stopień komplikacji budowy geologicznej i od dziesięcioleci badany jest wierceniami poszukiwawczymi oraz metodami sejsmicznymi. W związku z tym stanowi przedmiot kolejnych syntez i hipotez oraz związanych z nimi żywych kontrowersji. Do rozpoznania i scharakteryzowania budowy geologicznej centralnej części basenu lubelskiego doktorant zastosował obszerny zbiór danych sejsmicznych, pozyskanych w różnych okresach czasu, poddanych jednakże interpretacji współczesnymi, zaawansowanymi technologicznie metodami. Badania te zostały uzupełnione analizą danych stratygraficznych z ponad setki otworów wiertniczych, analizą strukturalną rdzeni wiertniczych oraz danych upadomierzy bądź skanerów formacyjnych z kilkunastu otworów, a także analizą map grawimetrycznych.

### **Struktura i treść pracy**

Tekst rozprawy obejmuje 112 stron druku, nie licząc jej streszczenia, wprowadzenia w strukturę rozprawy, spisu treści, spisu literatury i spisów ilustracji (zajmujących łącznie dodatkowo 22 strony druku). Towarzyszy mu 37 ilustracji w tekście (rycin), 40 wielkoformatowych załączników graficznych oraz 5 tablic prezentujących 27 fotografii rdzeni wiertniczych. Spis literatury obejmuje 108 pozycji, w tym 18 pozycji opublikowanych za granicą.

Rozprawa składa się z 7 rozdziałów - dwóch wstępnych, dwóch prezentujących wyniki badań doktoranta, rozdziału syntetyzującego te wyniki w postaci modelu ewolucji strukturalnej obszaru badań, rozdziału poddającemu dyskusji osiągnięte rezultaty na tle dotychczasowych studiów i koncepcji innych autorów oraz krótkiego podsumowania głównych tez. Na wspomniane 7 rozdziałów składa się w sumie 35 podrozdziałów, lokalnie pogrupowanych w 2 poziomach hierarchii.

We wstępie rozprawy, w **rozdziale 1**, zdefiniowany jest obszar badań oraz - na podstawie dotychczasowej literatury i opracowań archiwalnych - przedstawiona jego sytuacja tektoniczna na tle budowy Polski, a następnie omówione są różne poglądy na wglębną budowę geologiczną i ewolucję tektoniczną podczas paleozoiku. Wymienione są otwarte problemy i sformułowane cele prac badawczych, których realizacja stała u podstaw opracowanej rozprawy.

Jako główny cel pracy podano „stworzenie spójnego [...] modelu tektonicznego basenu lubelskiego oraz odtworzenie ewolucji strukturalnej jego centralnego segmentu w paleozoiku, zwłaszcza w epoce waryscyjskiej, w oparciu o jak największą liczbę danych geofizycznych oraz geologicznych i skonstruowanie przestrzennego modelu badanej części basenu”. Jako główne nierozstrzygnięte dotąd problemy zidentyfikowano m.in. kwestie genezy basenu lubelskiego oraz stylu jego inwersji i deformacji tektonicznej.

**W rozdziale 2** omówiono użyte do badań dane geofizyczne i geologiczne oraz metody zastosowane do ich obróbki i interpretacji. Podano, iż do celów zreferowanych w rozprawie badań przeanalizowano 250 profili sejsmicznych 2D o łącznej długości ponad 6,5 tys. km w obszarze badań oraz ponad 300 profili z innych części basenu. Pełną interpretację sejsmiki przy użyciu oprogramowania Petrel (<sup>TM</sup>Schlumberger) przeprowadzono na wybranych 200 profilach o najlepszej jakości, przetworzonych w tym celu za pomocą oprogramowania SeisWork (<sup>TM</sup>Halliburton), Petrel (<sup>TM</sup>Schlumberger) i Gocad (<sup>TM</sup>Paradigm). Dane sejsmiczne zostały powiązane z danymi stratygraficznymi z otworów wiertniczych poprzez wygenerowanie dla profili tych ostatnich sejsmogramów syntetycznych. W rozprawie, celem ilustracji geometrii strukturalnej badanego basenu, przedstawiono 4 regionalne przekroje poprzeczne przez badany obszar, o długościach od 60 do 110 km oraz 24 zinterpretowane profile sejsmiczne, poprzeczne i podłużne, o długościach od 13 do 44 km. Niektóre zinterpretowane profile zostały następnie zgrubnie zbilansowane za pomocą oprogramowania Dynel\_2D (<sup>TM</sup>Schlumberger) oraz jednego z narzędzi dostępnych w oprogramowaniu Gocad. Do korelacji uskoków pomiędzy profilami sejsmicznymi wykorzystano półszczegółowe mapy grawimetryczne. Analiza strukturalna profili sejsmicznych została wsparta badaniami elementów tektoniki na rdzeniach wiertniczych z 14 otworów oraz wynikami podobnych profilowań przeprowadzonych na podobnej liczbie (innych) otworów przez innych autorów.

Do interpretacji profili 7 odwiertów wykorzystano też skorelowane przez wykonawców profilowań dane pomiarowe upadomierza 6-ramiennego Halliburton SED oraz – dla 2 otworów takie same dane oraz, w mniejszym stopniu, obrazy ścian otworu uzyskane mikroimagerem formacyjnym Halliburton XRMI. Zinterpretowane stratygraficznie i strukturalnie dane sejsmiczne zostały wykorzystane do konstrukcji modelu 3D budowy wgłębnej obszaru badań w domenie czasu przy użyciu oprogramowania Gocad (<sup>TM</sup>Paradigm), następnie poddanego konwersji czasowo-głębokościowej, w oparciu o skonstruowany model 3D rozkładu prędkości średnich, co umożliwiło finalnie opracowanie modelu geologicznego obszaru w domenie głębokości przy użyciu oprogramowania SKUA (<sup>TM</sup>Paradigm).

**W rozdziale 3** zrelacjonowano wyniki analizy strukturalnej przeprowadzonej przez autora na fragmentarycznie pozyskanych z 14 odwiertów rdzeniach. Opisy rdzeni są zwięzłe i krótkie, *gros* informacji zawarte jest w towarzyszących opisom szkicom strukturalnym poszczególnych profili otworów, zgrupowanym na Zał. 9.

Najważniejszym i najobszerniejszym rozdziałem rozprawy, zajmującym prawie połowę objętości tekstu pracy i podzielonym wewnątrz na 9 podrozdziałów, z których najobszerniejszy składa się dodatkowo z 11 jednostek niższej rangi oraz grupującym większość materiału ilustracyjnego, jest **rozdział 4**, poświęcony „budowie geologicznej

obszaru badań”. Skonstruowany jest on na zasadzie systematycznego przeglądu kolejnych struktur tektonicznych, wydzielonych przez doktoranta w środkowej części basenu lubelskiego i w jego bezpośrednim obrzeżeniu. Struktury tektoniczne wydzielone są i zbiorczo przedstawione są na mapie tektonicznej w Zał. 4.

Po kolei omówione są szczegóły budowy synklinorium lubelskiego, z rozbiem na 11 dużych struktur fałdowo-uskokowych, a następnie duże strefy uskokowe: Kocka, Wilczopole-Marynin, Ursynów-Kazimierz i Izbica-Zamość a także leżące w obrzeżeniu synklinorium lubelskiego jego elementy ramowe, elewacje: radomsko-kraśnicka, i hrubieszowska – ta ostatnia z podziałem na elementy składowe.

Bogaty materiał ilustracyjny towarzyszący tekstowi tego rozdziału, prezentuje jednoznacznie synklinorialny styl tektoniki dzisiejszego basenu lubelskiego z szeregiem antyklin i synklin fałdujących karbon, dewon i starszy paleozoik, przeciętych licznymi uskokami – rozwiniętymi zwłaszcza w partiach jądrowych fałdów, najczęściej wykazującymi geometrię listryczną i charakter nasuwczy, zwykle w głąb przechodzącymi w położe nasunięcia, skierowane zarówno w przód jak i wstecz, odkłute w osadach dewonu lub syluru, choć stromych, głęboko zakorzenionych uskoków również w basenie lubelskim nie brak.

W **rozdziale 5** przedstawiony został model ewolucji tektonicznej basenu lubelskiego pomiędzy sylurem a końcem karbonu. W sylurze aktywność wykazywały duże strome uskoki normalne wpływając na rozkład miąższości deponowanych osadów. W późnym dewonie dojdź miało do zainicjowania basenu lubelskiego wskutek subsydencji spowodowanej „najprawdopodobniej [...] kompresyjnym wyboczeniem górnej skorupy” w postaci „szerokopromiennej synkliny”. Na przełomie dewonu i karbonu doszło do „zmiany reżimu tektonicznego z kompresyjnego na transpresyjny”, inwersji uskoków normalnych i erozji na ich skrzydłach podniesionych. Podczas depozycji osadów karbonu obszar poddany został ekstensji prawdopodobnie wskutek ugięcia strefy brzeżnej platformy wschodnioeuropejskiej na przedpolu formującego się orogenu waryscyjskiego. Pod koniec karbonu, poczynając od późnego westfalu, doszło do „kompresyjnej inwersji” basenu i „całkowitego przemodelowania jego geometrii” poprzez rozwój licznych położeń nasunięć odkłutych w podłożu karbonu i dewonu oraz związanych z nimi fałdów nadnasuwczych.

Dyskusję wyników badań autora w odniesieniu do poglądów poprzedników, częściowo o charakterze polemicznym, przeprowadzono w **rozdziale 6**, gdzie podkreślono też i uzasadniono w oparciu o znacznie bardziej szczegółowe i rozdzielcze dane, słuszność wielu elementów jednej z dotychczasowych koncepcji budowy basenu – koncepcji Hoopera, Antonowicza i Iwanowskiej.

W **rozdziale 7** podsumowano wyniki przeprowadzonych badań i wskazano kierunki dalszych badań.

#### Ocena pracy

Trudno mieć wątpliwości, że recenzowana rozprawa stanowi znaczący krok naprzód w rozpoznawaniu, weryfikacji i uszczegółowianiu stanu wiedzy o budowie geologicznej Polski, w jej części środkowo-wschodniej. Oparta na rzetelnej i nowoczesnej analizie wielkiego zasobu archiwalnych danych sejsmicznych, pozwala na weryfikację i istotną modyfikację

szeregu starszych modeli oraz na zastąpienie ich modelem nowym, dzięki współczesnym technikom geofizycznym znacznie lepiej osadzonym w faktach obserwacyjnych, modelem spójnym wewnątrz i w swych rozwiązaniach – jak się wydaje – zasadniczo słusznym. Dzięki badaniom zrelacjonowanym w rozprawie, możliwa stała się też częściowa rehabilitacja wcześniejszych poglądów Hoopera, Antonowicza i Iwanowskiej (Antonowicz i in. 2003; Antonowicz i Iwanowska 2003a, b; 2004), którzy w oparciu o niższej jakości i mniej pełne dane, już wcześniej postulowali dla basenu lubelskiego styl tektoniki w sporej części zgodny z wynikami przedstawionymi obecnie w recenzowanej rozprawie, a co ówczynie wyzwoliło wysoce krytyczną dyskusję i szereg polemik.

Za **główne osiągnięcie** recenzowanej pracy należy uznać rozpoznanie w skali regionalnej i scharakteryzowanie *quasi-trójwymiarowej* geometrii strukturalnej oraz odpowiedzialnej za jej ukształtowanie sekwencji deformacji tektonicznych dla obiektu badań o relatywnie znacznym stopniu komplikacji budowy geologicznej. Oceniana rozprawa – według mojej wiedzy – jest jedną z niewielu tak obszernych, systematycznych i szczegółowych opracowań o charakterze naukowym, bazujących na danych sejsmicznych na obszarze Polski. Ważnym osiągnięciem rozprawy – choć być może autor niewystarczająco zwraca na to uwagę czytelnika - jest też wykazanie i unaocznienie faktu rozprzestrzenienia ku wschodowi na obszarze Polski aż po strefę uskokową Kocka późnokarbońskich, penetratywnie rozwiniętych kompresyjnych struktur deformacyjnych o charakterze fałdowo-nasuwczym, związanych z późnym etapem orogenezy waryscyjskiej.

*Tym samym, korzystając ze współczesnych, opartych na teorii tektoniki płyt litosferycznych definicji orogenów/pasm orogenicznych (np. Sengör 1992; Kearey et al. 2009), jako wydłużonych linijnie w skali kontynentalnej, rozległych stref deformacji tektonicznych, związanych generalnie z konwergencją płyt litosferycznych – bez wymogu stosowania opartych na nieaktualnej już teorii geosynklin kryteriów tektoniczno-facjalnych do sukcesji skalnych objętych deformacją, należałoby, zdaniem recenzenta, zaliczyć obszar basenu lubelskiego do najbardziej zewnętrznej części orogenu waryscyjskiego. Jego sytuację tektoniczną należałoby określić jako położenie w dystalnej części waryscyjskiego zapadliska przedgórskiego, objętego w późnym etapie swego rozwoju deformacją orogeniczną, która zadecydowała o włączeniu go w obręb orogenu. Taką też koncepcję prezentuje zacytowana w rozprawie jako Aleksandrowski i Buła (2015) mapa tektoniczna w nieopublikowanym jeszcze Atlasie Geologicznym Polski przygotowanym przez Państwowy Instytut Geologiczny. Powyżej sformułowana uwaga stanowi jedynie dygresję, opartą na własnej refleksji recenzenta nad wynikami zaprezentowanych w rozprawie badań i nie jest w żadnej mierze zarzutem wobec przedstawionych w niej interpretacji i dokonań doktoranta. Całkowicie zrozumiałe jest, że doktorant poruszał się w swoich interpretacjach w przestrzeni ograniczonej przez powszechnie w Polsce obowiązujące od lat z górką czterdziestu rozumienie orogenu waryscyjskiego, jako struktury nie wychodzącej na wschód poza linię biegnącą mniej więcej od Sieradza po Głubczyce.*

Wykazane w toku przedstawionych w rozprawie badań cechy i prawidłowości rozwoju strukturalnego basenu lubelskiego mają znaczenie ponadregionalne, i – tym samym – mają szanse i w pełni zasługują na upowszechnienie w formie dobrych publikacji na arenie międzynarodowej i krajowej, tak w postaci artykułów poświęconych zagadnieniom szczegółowym, jak i monografii, ujmującej całość budowy geologicznej środkowej części basenu lubelskiego.

W swej warstwie tekstowej, rozprawa charakteryzuje się przystępnym, zrozumiałym, choć nie wolnym od licznych usterek, językiem oraz prawidłową i logiczną strukturą. Na podkreślenie

zasługuje atrakcyjny i – zasadniczo - przejrzysty sposób przygotowania obfitej strony graficznej rozprawy, pozwalający na skuteczne przedstawienie czytelnikowi natury stosunków strukturalno-geometrycznych w basenie lubelskim.

Oprócz niekwestionowanych znacznej rangi osiągnięć, recenzowana rozprawa ma – oczywiście - również i swoje usterki oraz strony słabsze.

W tym kontekście, moim zdaniem, zasadne byłoby poddanie krytyce samego tytułu rozprawy, „Ewolucja tektoniczna centralnej części basenu lubelskiego”. Choć zwięzły i elegancki w formie, nietrafnie zawęża on rzeczywisty zakres merytoryczny pracy, której głównym osiągnięciem i elementem zajmującym najwięcej miejsca jest wszak rekonstrukcja i obszerne przedstawienie zawiłości **budowy geologicznej** obszaru badań.

W tekście rozprawy i objaśnieniach do obfitego materiału ilustracyjnego znaleźć można, z kolei, liczne niezręczności w postaci usterek i błędów faktograficznych, stylistycznych, gramatycznych, leksykalnych, frazeologicznych, w tym niekiedy w stosowaniu terminologii profesjonalnej, niefortunnnych skrótów myślowych itp. usterek – zwykle na szczęście drobnego kalibru, z których niewielka część tytułem egzemplifikacji została przedstawiona w uwagach szczegółowych.

Poniżej zawarta jest ocena poszczególnych rozdziałów pracy z ukazaniem ich osiągnięć i niedostatków.

W **rozdziale 1** cele badań zrelacjonowanych w rozprawie, jak i wybór i zasięg obszaru badań wydają się logiczne i sensowne. Zwraca jednocześnie uwagę pewna niespójność w sposobie prezentacji zasięgu obszaru badań, który to obszar na Ryc. 2 i 3 oraz Zał. 4, a także na wszystkich licznych szkicach lokalizacyjnych towarzyszących przekrojom sejsmicznym, ukazany jest jako zwarty czworobok, podczas gdy na mapach w Zał. 2 i 3, dołączona jest do niego 30-km długości i 15-km szerokości „wypustka” ku NW wzdłuż strefy uskokowej Kocka. Uwzględnienie wspomnianej „wypustki” jest, niemniej, z drugiej strony, całkowicie uzasadnione, jako, że doktorant przeprowadził w jej obrębie pełną analizę 3 profili sejsmicznych, które przedstawia i omawia w rozprawie, wraz z wynikającymi z niej wnioskami dla budowy obszaru. Jednakże należałoby przemyśleć jednolity i konsekwentny sposób ujęcia tego co jest „właściwym obszarem badań”, a co dodatkowymi obszarami, z których zaczerpnięto dane uzupełniające, bądź potrzebne do porównań regionalnych.

Przedstawiona w **rozdziale 2** metodyka postępowania z danymi i metodyka ich interpretacji, które doktorant zastosował w swych badaniach, wydają się dobrze dostosowane do typu, jakości i zakresu danych, jakimi dysponował. Jednakże, informując czytelnika o znacznej wielkości zbioru zinterpretowanych danych sejsmicznych, w rozprawie nie podano informacji z jakich lat pochodzi te „250 przeanalizowanych profili sejsmicznych” oraz „ponad 300 wybranych profili sejsmicznych z pozostałych części basenu”. Można – co prawda – do pewnego stopnia zorientować się w tej materii „na własną rękę” na podstawie nazw profili zestawionych na mapie, ustalając, że znaczna część danych pochodzi z lat 1970., 1980. i 1990., jednakże ta metoda zawodzi w odniesieniu do równie znaczącej części profili. Nie jest także jasne, czy i jakie procedury przetworzenia danych sejsmicznych zostały wykonane przez doktoranta w ramach prac przygotowawczych do interpretacji strukturalnej.

Sformułowanie „wykonano procedury” użyte w tekście nie jest pomocne w tym zakresie, gdyż na jego podstawie trudno dociec, kto i kiedy je wykonał.

Następnie, pisząc o badaniach strukturalnych rdzeni z 14 otworów oraz o wykorzystaniu wyników profilowań przeprowadzonych bądź przez innych autorów na rdzeniach z innych otworów, nie wyjaśniono należycie z ilu otworów sprofilowanych bądź przez Jarosińskiego, bądź przez samego autora w ramach innych opracowań - o czym mowa jest w tekście – pochodzą dane strukturalne, które wykorzystano – i w jaki sposób - do interpretacji tektonicznej przedstawionej w rozprawie. Na Ryc. 10 naliczyć można 14 otworów sprofilowanych przez autora – jak rozumiem, w ramach badań związanych z przygotowaniem doktoratu - i ok. 17 sprofilowanych przez Jarosińskiego. Nie jest jednak zrozumiałe dlaczego wspomniane „inne” dane z profilowania rdzeni – tak samego autora, jak i Jarosińskiego - nie zostały uwzględnione na podsumowującym te dane obszernym Zał. 9. Zapewne nie bez przyczyny, ale powinna być ona podana czytelnikowi rozprawy.

Trochę dziwi też przedstawienie w tym rozdziale przykładowych wizualizacji modeli 3D fragmentów obszaru, skoro nie są już one prezentowane w dalszej części rozprawy i nie są wykorzystywane przy objaśnianiu budowy geologicznej obszaru badań.

**W rozdziale 3**, poświęconym wynikom analizy strukturalnej przeprowadzonej rdzeniach wiertniczych, logicznie i czytelnie przedstawiono zebrane i zinterpretowane dane w postaci szkiców strukturalnych rdzeniowanych interwałów w poszczególnych odwiertach, które wydają się rzetelnie dokumentować zanalizowane stosunki strukturalne. Jednocześnie jednak nie jest jasna kolejność przedstawiania danych z odwiertów tak w tekście, jak i na Zał. 9, a wydaje się ona dość chaotyczna. Podobnie, jak już powyżej wspomniano, dziwi trochę brak w tekście tego rozdziału, jak też i na kluczowym dlań Załączniku 9., informacji o – zapowiedzianych niejako w rozdziale o metodyce - danych pozyskanych z rdzeni w (kilkunastu?) innych otworach zarówno przez Jarosińskiego, jak też i samego autora w ramach niepublikowanych opracowań archiwalnych.

Najważniejszy i najobszerniejszy z punktu widzenia przedstawienia wyników badań i omówienia budowy geologicznej basenu lubelskiego **rozdział 4**, jest bogato i – generalnie - przejrzysto zilustrowany licznymi wielkoformatowymi załącznikami, oraz rycinami w tekście, zawierającymi mnóstwo nowych interpretacji i rozwiązań. Interpretacje poszczególnych struktur przedstawione w tym opisie wydają się logiczne, wewnętrznie spójne i poprawne (z nielicznymi wyjątkami, o których więcej w uwagach szczegółowych).

Do – w sumie niewielkiego kalibru - mankamentów tego rozdziału należy, jednakże, zaliczyć niejasności dotyczące kluczowego dla pracy szkicu geologicznego przedstawionego w Zał. 4, gdzie nie podano na jakim poziomie intersekcyjnym skonstruowany jest ten szkic. Co prawda samodzielna praca porównawcza czytelnika, prowadzi do wniosku, że poziomem tym jest powierzchnia erozyjna ścinająca karbon i ew. utwory starsze („pow. podpermo-mezozoiczna”); niemniej niektóre struktury uskokowe na tym szkicu i na mapie geologicznej wspomnianej powierzchni erozyjnej (Zał. 3) wyglądają nieco inaczej.

Z kolei, ilustrujące zmienność geometrii strukturalnej w skali całego badanego basenu, cztery regionalne przekroje poprzeczne nie pokrywają się swymi końcami ukazanymi w Załącznikach 5-8 z końcowymi punktami tych przekrojów na mapie w Załączniku 4.

W przedstawiającym wyinterpretowaną przez doktoranta ewolucję tektoniczną basenu lubelskiego **rozdziale 5**, kontrowersyjne, moim zdaniem, jest przypisywanie subsydencji i mającej być jej efektem nieckowatej (synklinoidalnej) formy basenu lubelskiego w dewonie kompresyjnego wyboczenia. W sytuacji kompresyjnego wyboczenia należałoby się spodziewać raczej formy pozytywnej – antykliny, nie synkliny – ze względu znacznie mniejszy opór przy przemieszczaniu się mas skalnych w kierunku powierzchni swobodnej (w powietrze) niż w głąb skorupy. Ponadto, jestem zdania, iż przy charakterystyce późnokarbońskiej deformacji basenu nie doceniono i nie podkreślono dobrze widocznej na sejsmice roli penetratywnego sfałdowania – ewidentnie przez wyboczenie - tak karbonu, jak i podścielających go systemów, które to fałdowanie nadało basenowi lubelskiemu cechy synklinorium, tj. wielkiej łagodnej synkliny z fałdami 2. rzędu w jej obrębie. Jednocześnie, w mojej opinii, przeceniono w interpretacji znaczenie fałdów o genezie czysto nadnasuwczej bądź związanej z propagacją uskoków – te rzeczywiście są tam reprezentowane, ale wydają się nie dorównywać znaczeniem w ukształtowaniu geometrii synklinorium penetratywnie rozwiniętym fałdom z wyboczenia, uwidoczniającym się na wszystkich przekrojach poprzecznych.

W poświęconym dyskusji wyników badań **rozdziale 6** niedosyt czytelnika budzi zbyt oszczędne odnoszenie wyprowadzanych diagnoz do analogów regionalnych i oryginalnych modeli, opisanych w literaturze światowej. Przez analogi regionalne rozumiem tutaj strefy przejściowe pomiędzy obszarami dotkniętym deformacją kompresyjną a obszarami niezdeformowanymi, najczęściej reprezentowane przez fronty orogeniczne o różnej budowie i geometrii.

Wybrane, przykładowe, głównie krytyczne uwagi szczegółowe zastosowane do załączników i niektórych fragmentów tekstu:

*Odnoszenie do załączników:*

**Zał. 3.** „Mapa geologiczna powierzchni podpermo-mezozoicznej”. Sformułowanie „podpermo-mezozoicznej” nie jest najszcześliwsze. Dlaczego na tej mapie nie umieszczono izolinii strukturalnych, jak to uczyniono na mapie pow. podkarbońskiej z Zał. 2?

**Zał. 4.** (szkic tektoniczny obszaru badań). W legendzie występuje usterka literowa w wyrazie „izlinie”, odnoszącym się, skądinąd, do elementu, który rzeczywistości nie występuje na mapie. Niewłaściwe wydaje się mimowolne przeciwstawienie w legendzie (oraz w tekście pracy) „głównych struktur” i „głównych stref uskokowych”, gdyż te ostatnie też są przecież strukturami. Ponadto odpowiadające w legendzie tym dwóm pojęciom kolory są zamienione w stosunku do sytuacji pokazanej na mapie, gdzie „strefy uskokowe” są oznaczone na żółto, a „główne struktury” na szaro. Błędnie podany jest nr ryciny przedstawiającej przekrój przez antyklinę Abramowa (24 zamiast 26). Podpis przy lokalizacji linii przekroju z Zał. 8 jest od tej linii zbyt odsonięty, co utrudnia jej identyfikację.

**Zał. 5.** (regionalny przekrój sejsmiczno-geologiczny wzdłuż linii A-B).

Bardzo dobrym pomysłem – również na pozostałych przekrojach – jest jednocześnie przedstawienie przekrojów przewyższonych z podkładem sejsmicznym, na których widać szczegóły interpretacji oraz przekrojów bez przewyższenia, odwzorowujących rzeczywiste kształty i kąty nachylenia struktur.

Na szkicu tektonicznym przebieg linii przekroju jest dwukrotnie złamany w rejonie Piasek pod kątem 90°. Linie załamania powinny być jednoznacznie pokazane na obu przekrojach, A i B. Bez tego nie wiadomo nawet na pewno czy na przekrojach został odwzorowany ok 4-km długości odcinek biegnący pod kątem prostym do głównej części przebiegu przekroju (co mogłoby istotnie zaburzyć konsekwencję geometrii struktur widocznych na przekroju), czy też – co zdaje się mieć miejsce – wzdłuż wspomnianego odcinka jedynie przesunięto płaszczyznę przekroju (co powinno też zostać jednoznacznie pokazane na szkicu tektonicznym). Taka sama uwaga tyczy się przekrojów z **Zał. 6 i 8**, gdzie dochodzi do poprzecznego przerzucania linii przekrojowych.

**Zał. 6.** (regionalny przekrój sejsmiczno-geologiczny wzdłuż linii C-D). Struktura Niedrzwica-Bełżyce opisana jest na przekroju omyłkowo jako struktura Niedrzwicy-Ciecierzyna.

To samo ma miejsce na **Zał. 7.** (regionalnym „przekroju wzdłuż linii E-F). Na **Zał. 7A**, powyżej najwyższej, frontalnej partii nasunięcia Kocka i jednocześnie na E od uskoku Kocka niewypełnione kolorem/szrafurą pozostają dwa wydzielone pola przekroju, upodabniające się tym samym do proterozoiku podłoża, podczas gdy powinny być one zapewne wypełnione sylurem.

**Zał. 10-36** reprezentują „zwykłe” (nie regionalne) lokalne przekroje sejsmiczno-geologiczne i geologiczne. Często niejasna jest kolejność numeracji tych przekrojów w odniesieniu do ich lokalizacji, niemniej graficzny sposób przedstawienia lokalizacji w postaci wstawki na każdym przekroju b. ułatwia ich odnalezienie w obszarze badań.

**Zał. 21.** (lokalny przekrój sejsmiczno-geologiczny). W podpisie znajduje się odniesienie do „regionalnego profilu sejsmicznego nr 7”, sens którego nie jest w tym przypadku wiadomy. Profile regionalne oznaczane są w rozprawie jako linie A-B itd., aż do G-H i przedstawione na Zał. 5 do 8. Przekrój z Zał. 21 przecina profil regionalny wzdłuż linii A-B z Zał. 5 (a nie Zał. 7), więc zapewne to o niego chodzi. Niemniej na przekroju z Zał. 21 profil regionalny A-B nie jest zlokalizowany, chyba że reprezentuje go jego fragment, lokalny profil 29-5-80K, zlokalizowany w postaci pionowej linii na tym przekroju, ale trudno to czytelnikowi stwierdzić, gdyż nazwa tego profilu nie pojawia się na Zał. 5; nie ma jej nawet na głównej mapie lokalizacyjnej sejsmiki na Zał. 1A.

**Zał. 25-26.** (głębokościowe mapy strukturalne dewonu w rejonie struktury Mełgwi-Ciecierzyna). Brak graficznej lokalizacji obszaru przedstawianego na obu mapach na tle całości obszaru badań (pożądana byłaby wstawka). Na Zał. 25 nieczytelne są oznaczenia wartości izolinii w antyklinach.

**Zał. 37.** (interpretacja regionalna na 3 przekrojach regionalnych) przedstawia istotną merytorycznie i nowatorską interpretację strefy uskokuwej Kazimierz-Ursynów, jako złożonej strefy nasuwczej odkłutej w utworach syluru. To samo dotyczy strefy uskukowo-nasuwczej Kocka oraz struktury Wilczopola. Na przekrojach tych – z punktu widzenia wygody czytelnika - brakuje jednak nazw ważniejszych struktur.

**Zał. 38.** (tablica litologiczno-stratygraficzna). Zastanawiające jest dlaczego pojawia się dopiero pod koniec rozprawy, a nie we wstępnym opisie geologii obszaru. W objaśnieniach winno być „synklinorium lubelskie” (w mianowniku), a nie „synklinorium lubelskiego” (w dopełniaczu).

**Zał. 39.** (tabela przedstawiająca „sukcesję zmian reżimów tektonicznych”). Sformułowanie „opis faz tektonicznych” dobrze byłoby zastąpić „opisem etapów rozwoju tektonicznego” albo „charakterystyką” lub „opisem etapów deformacji” ze względu na historyczne konotacje przestarzałego pojęcia „faz tektonicznych” w sensie Stillego, które straciło rację bytu po przyjęciu teorii tektoniki płyt litosfery.

W podpisie zbyt wąsko potraktowano temat tabeli, jako „sukcesję reżimów tektonicznych” podczas gdy przedstawia ona przebieg kolejnych etapów deformacji/etapów rozwoju tektonicznego centralnej części basenu lubelskiego.

Tamże występuje usterka literowa w „sylrze” zamiast „syluru”.

W charakterystyce kompresji wczesnego famenu użyto niepoprawnego i niejasnego pojęcia „szerokopromienny fałd skorupowy” zamiast (bo chyba o to chodziło?) „szerokopromienny fałd o skali skorupowej”. Tamże można zauważyć dramatyczną usterkę literową. Przy wizeńskiej transtensji winno być „-Bełżyc” zamiast „Bełżyce”. Przy westfalskiej kompresji niepotrzebne jest użycie czasu przeszłego („nastąpiło”) i próba rozbudowy równoważnika do pełnego zdania.

**Zał. 40.** (rekonstrukcja palinspastyczna).

Przy stopniowych: odfałdowaniu i oduskokowaniu należałoby się spodziewać coraz dłuższych przekrojów ku dołowi obrazka – niewiele, ale jednak. Zaznacza się to tylko między stadiami A i B, a wcześniej już nie. Wiąże się to zapewne z zastanawiającym w tej rekonstrukcji całkowitym brakiem uskoków aktywnych przed późnym westfalem, które przecież w schemacie ewolucji tektonicznej obszaru funkcjonują co najmniej od syluru, w tym również podczas dewonu (Zał. 39). W podpisie „synklinarna geometria” winna być zastąpiona przez „synklinalną geometrię”, a „westwał”, przez „westfal

*Odnosnie do tekstu pracy:*

**Na s. 44** (w rozdziale 4: Budowa geologiczna, podrozdział 4.1) znajduje się zdanie: „Synklinorium lubelskie stanowi szerokopromienną synklinę, której oś zapada w kierunku SE”, a następnie: „W obrębie synklinorium lubelskiego obserwować można deformacje niższego rzędu, które stanowią fałdy...”

Komentarz: jeśli „synklinorium”, to nie jest to jednocześnie „synklina”, która – z definicji synklinorium – wraz z innymi synklinami i antyklinami będzie zaledwie jednym z wielu elementów składowych synklinorium. A także skoro mowa jest o synklinorium, to też – znowu z tej samej definicji – w sposób oczywisty wynika, że w jego obrębie występują deformacje niższego rzędu w postaci fałdów – inaczej nie można by wydzielić synklinorium. Ponadto, z Załączników 2, 15, 18 i 21 daje się wywnioskować, że oś synklinorium, lub raczej osie jej niższego rzędu struktur składowych (gdyż dla takiej złożonej struktury jak synklinorium trudno jest mówić o jakiejś jednej osi, chyba że się ma na myśli synklinorium idealnie cylindryczne i amerykańską definicję osi fałdu jako tworzącej sfałdowanej powierzchni, a nie jako linii przegubowej) nachylone są raczej ku NW niż SE ku (aczkolwiek lokalnie nachylenie to bywa zmienne).

**Na s. 46** (w rozdziale 4: Budowa geologiczna, podrozdział 4.2.1) w przedostatnim akapicie, „(1)”, mowa jest o „nasunięciach o [...] upadach powierzchni uskokowej w kierunku SW”. Inaczej mówiąc, oznacza to nasunięcia o zwrocie przemieszczeń ku NE, a w realiach synklinorium lubelskiego w kierunku przedpoła. Po angielsku będzie to „*foreland-vergent thrust*”, które to określenie w rzadko się jednak w praktyce stosuje, bo taki zwrot przemieszczeń, „w przód”, jest dla nasunięć typowy, w odróżnieniu od nasunięć wstecznych, czyli „*backthrusts*”, o których mowa jest o 5 zdań dalej w akapicie „2”, jako o „nasunięciach o dominujących upadach w kierunku NE”. N.b. w starszej literaturze karpackiej niekiedy wspomniane „nasunięcia w przód” nazywane są kolokwialnie „nasunięciami postępowymi” – oczywiście dla kontrastu z nasunięciami wstecznymi.

Wracając do akapitu poprzedniego, znajdujemy informację, że wspomnianym „nasunięciom w przód” „towarzyszą antykliny nadnasuwcze Niedrzwicy (Zał. 4, 6, 7, 10-12) oraz Poniatowej (Zał. 4 i 13). Te dwie symetryczne antykliny [...] są cięte przez towarzyszące nasunięciom przeciwnie nachylone uskoki niższego rzędu”.

Komentarz: zapoznanie się z przekrojami na przywołanych Załącznikach 10 i 11 oraz 13, ukazuje w obrębie obu antyklin rozcinające je i schodzące się w ich jądrach przeciwnie skierowane pary uskoków odwróconych o upadach rzędu 45°, tworzące typowe struktury *pop-up*. W przypadku antykliny Niedrzwicy, struktura ta utworzona jest nad frontałą, zestromioną partią ‘nasunięcia w przód’, której towarzyszy odwrócony uskok antytetyczny o wstecznym zwrocie przemieszczenia (Zał. 10 i 11). Sytuacja w przypadku antykliny Poniatowej jest odwrotna: *pop-up* rozwinięty jest nad nasunięciem wstecznym, któremu towarzyszy antytetyczny uskok odwrócony o NW zwrocie przemieszczenia ‘w przód’ (Zał. 13). Struktury typu *pop-up* w naturalny sposób uwydatniają obie antykliny. Symetryczna geometria obu antyklin, wraz z szerokim zasięgiem ku górze, w karbonie, objętych wygięciem fałdowym warstw, nakazuje odnosić się z ostrożnością do wyjaśnienia ich genezy jako antyklin nadnasuwczych i przywodzi na myśl raczej genezę z wyboczenia podczas regionalnego epizodu kompresyjnego skrócenia (ang. *layer-parallel shortening*), poprzedzającego prawdopodobnie rozwój lokalnych nasunięć.

Z kolei od północy do struktury *pop-up* modyfikującej antyklinę Niedrzwicy, przylega podobnej szerokości płytki synkliny, która uwydatniona jest przez typową strukturę trójkątną (ang. *triangle zone*), stanowiącą kinematyczne przeciwieństwo *pop-up*’u, gdzie dwa uskoki odwrócone zbiegają się ku górze, w jądrze synkliny. Tu też można sądzić ze stylu widocznych na przekroju struktur, że do uskokowania odwróconego doszło już po utworzeniu się – przez wyboczenie – omawianej synkliny.

**Na s. 94** (w rozdziale 5: Ewolucja strukturalna obszaru, podrozdział 5.2. Późny dewon – środkowy wizen”) znajduje się zdanie [rekonstrukcja palinspastyczna] „wykazała [...], że przed rozpoczęciem sedimentacji karbonu obszar synklinorium lubelskiego stanowił szerokopromienną synklinę o amplitudzie wynoszącej około 2000 m”. Na Zał. 40E uwidocznione jest faktycznie bardzo łagodne ugięcie spągu górnego dewonu, z maksimum w 2/3 odległości między SW a NE krawędzią basenu. Nie wystarczy to jednak by diagnozować, że mamy tu do czynienia z synkliną, w sensie fałdu wytworzonego w efekcie działania poziomej kompresji (poziomego skrócenia i wyboczenia). Na podstawie przedstawionej nieckowatej w przekroju SW-NE geometrii spągu D<sub>3</sub> można równie dobrze odwoływać się innych czynników basenotwórczych, jak np. subsydencja termalna, możliwe że związana z epizodem regionalnej ekstensji.

**Na s. 97** (w rozdziale 5: Ewolucja strukturalna obszaru, podrozdział 5.3. Późny wizen-wczesny perm) znajduje się zdanie: „Regionalna kompresja związana ze strefą kolizji orogenu waryscyjskiego powodowała ugięcie krawędzi platformy wschodnioeuropejskiej, stanowiącej jej przedpole...”. Zawarta w tym zdaniu idea napotyka na trudności mechaniczne, jeżeli przyjmiemy prostą „osiowosymetryczną” kompresję. Ugięcie przedpola orogenu, w którym biorą na dużą skalę udział elementy allochtoniczne – rozległe płaszczowiny i/lub przemieszczone terrany o skali skorupowej lub litosferycznej, zwykle związane jest z obciążeniem tymi umieszczonymi tektonicznie na przedłużeniu

wspomnianego przedpola elementami. Tak też zapewne odbyło się ugięcie podłoża platformowego i tutaj, chociaż mogło mieć założenia starsze, sięgające czasów późnoneoproterozoicznych, związane z ryftingiem Rodinii (Pannocii?). Ponadto pojęcie „krawędzi” w geometrii oznacza linię, a linii nie da się ugiąć równolegle do niej samej. Ta ostatnia trudność logiczno-leksykalna bierze się z niewłaściwie przyjętego w podręczniku „Tektonika” Dadleza i Jaroszewskiego (2003) określenia „krawędź kontynentu” dla „*continental margin*”, zastosowanego najwyraźniej w rozprawie, co powinno być raczej przełożone na „obrzeżenie kontynentalne”, zakładające pewną szerokość nazywanego w ten sposób obiektu.

**Na s. 100** (w rozdziale 5: Ewolucja strukturalna obszaru”, podrozdział 5.3. Późny wizenwczesny perm”). znajduje się zdanie: „Wszystkie najważniejsze nasunięcia [...] charakteryzują się wergencją NE, co wynika z nacisku z kierunku SW od strony orogenu waryscyjskiego”. Przedstawiona w tym sformułowaniu interpretacja nie znajduje uzasadnienia mechanicznego, jako że zakładany tu najwyraźniej osiowosymetryczny układ naprężeń i wynikający z niego koaksjalny mechanizm deformacji typu ścinania czystego, generalnie nie wytworzyłby asymetrycznych struktur tego rodzaju. Do tego potrzeba jest para sił w płaszczyźnie pionowej i związany z nią komponent ścinania prostego, zapewniony przez występowanie sztywnego, praktycznie nieskracającego się podłoża nad którym może się przemieszczać deformowana kompresyjnie pokrywa osadowa.

[Koniec wybranych uwag szczegółowych]

#### Podsumowanie recenzji

W recenzowanej rozprawie, mimo szeregu uwag krytycznych – które w znacznej mierze mają charakter dyskusyjny - zdecydowaną przewagę mają oryginalne osiągnięcia badawcze i interpretacyjne autora, świadczące o jego dużej wiedzy i opanowaniu warsztatu badawczego w zakresie geologii strukturalnej, geologicznej analizy danych geofizycznych oraz geologii regionalnej obszaru lubelskiego i jego otoczenia. Na podstawie poziomu rozprawy można pozytywnie wnioskować o umiejętności samodzielnego prowadzenia przez doktoranta badań naukowych.

Rozprawa zawiera oryginalne i metodycznie poprawne rozwiązanie zagadnienia naukowego, polegającego na rozpoznaniu w skali regionalnej i scharakteryzowanie wglębnej budowy geologicznej w jej aspekcie tektonicznym dla obszaru basenu lubelskiego w jego środkowym segmencie oraz odtworzenie odpowiedzialnej za ukształtowanie tej budowy sekwencji deformacji tektonicznych. Tym samym recenzowana praca jednoznacznie spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązującą ustawę o stopniach i tytule naukowym. Na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie mgra Macieja Tomaszczyka do publicznej obrony przedstawionych w jego rozprawie tez.

Wrocław, 15 maja 2016 r.

