

Synklina lubelska jako efekt cienkonaskórkowych deformacji waryscyjskich

Lech Antonowicz*, Robert Hooper**, Ewa Iwanowska*

Lublin Syncline as a result of thin-skinned Variscan deformation (SE Poland). Prz. Geol., 51: 344–350.

S u m m a r y. The tectonic development model used for the last forty years in the Lublin Region assumed that during the Variscan epoch Mazowsze–Lublin Graben arose which was infilled with productive Carboniferous deposits. In this paper it is shown that the graben model does not agree with the seismic data. Comparison of data from the Lublin Region development and the Appalachian convinced us that the thin-skinned tectonic model better explained the geological facts than the previous graben model. We believe that the Lublin Region is a passive syncline formed as a result of uplifting Variscan overthrust by rootless Warka–Kazimierz anticline and the Kock triangle zone. The new model implies practical consequences for the hydrocarbon prospecting, especially in the Kock Zone, where the horst model should be replaced by the triangle zone model. Also opinions about the border of Variscan deformations should be reconsidered as the NE border Variscan deformations coincide with a range of gentle folds of Carboniferous overstepping the Kock Zone to the East European Platform.

Key words: thin-skinned tectonics, Variscan orogen limit, Lublin region (Poland)

Celem pracy jest poszukiwanie modelu rozwoju strukturalno-tektonicznego obszaru lubelskiego z zamiarem wykorzystania go w praktyce poszukiwawczej. Rozważania dotyczą obszaru zawartego między uskokiem Grójca a miastem Lublin z wyjściem na platformę poza linię Kocka i na wyniesienie radomsko-kraśnickie poza linię Warka–Kazimierz (ryc. 1).

Powyższy teren był w okresie ostatniego czterdziestolecia przedmiotem intensywnych poszukiwań prowadzonych przez przemysł naftowy. Odwiercono w tym czasie około 200 otworów, a cały obszar pokrywany jest od początku lat sześćdziesiątych kolejnymi zdjęciami sejsmicznymi. Niestety, szczególnie tektoniczno-strukturalne osadów paleozoicznych, będących przedmiotem eksploracji, są na przekrojach sejsmicznych skutecznie maskowane przez przykrywający je kompleks mezozoiczny, a w części NW obszaru, permo-mezozoiczny.

Wprawdzie na platformie wschodnioeuropejskiej rozpoznanie sejsmiki sięga prekambru, ale już strefa Kocka jest, poniżej mezozoiku, bezwynikowa, a na całym obszarze między Kockiem a linią Warka–Kazimierz wiarygodność sejsmiki kończy się w praktyce na dewonie środkowym. W strefie Warka–Kazimierz dopiero ponowne przetworzenie danych sejsmicznych z lat dziewięćdziesiątych i najnowsze prace sejsmiczne dostarczyły danych nadających się do interpretacji. Na sekcjach z obszaru radomsko-kraśnickiego, poniżej mezozoiku występują zaledwie fragmenty odbić dewońskich, nadające się raczej do interpretacji geologicznej niż sejsmicznej.

Zgodnie z ogólnie przyjętym poglądem na budowę obszaru lubelskiego, według Żelichowskiego i Kozłowskiego (1983), w epoce waryscyjskiej powstał „rów mazowiecko-lubelski (ryc. 2) wypełniony osadami karbonu produktywnego, rozdzielający położone na południowym zachodzie podniesienie radomsko-kraśnickie (z usuniętą pokrywą karbonu) od podniesionego skłonu platformy wschodnioeuropejskiej (z zachowaną lokalnie

niegrubą pokrywą karbonu)”. Podkreśla się także głębokie zakorzenienie w skorupie ziemskiej linii tektonicznych ograniczających rów lubelski (Narkiewicz i in., 1998).

Tym modelem rozwoju tektonicznego Lubelszczyzny posługiwano się przy prowadzeniu prac poszukiwawczych w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat. Rowowy charakter budowy regionu lubelskiego narzuca się zresztą jako oczywisty, gdy bierze się pod uwagę wyłącznie dane z wierceń. Jednak przy konfrontacji z profilami sejsmicznymi pojawiają się trudne do wyjaśnienia niejasności, zmuszające do zakwestionowania tezy o istnieniu rowu tektonicznego:

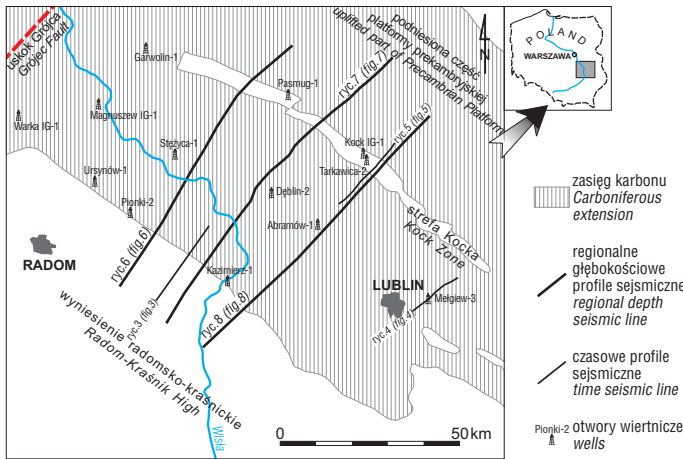
1. Układ granic sejsmicznych w strefie Warka–Kazimierz, sugeruje interpretację zaprzeczającą istnieniu uskoku mającego ograniczać rzekomy rów od SW (ryc. 3). Granice sejsmiczne na brzegu rowu tektonicznego o zrzućcie rzędu 3000 m (ryc. 2) powinny ukazywać ograniczone uskoki listrycznymi pochylone bloki zapadające ku centralnej części rowu. Tymczasem uzyskany obraz wskazuje jednoznacznie, że zalegający pierwotnie płasko kompleks karbońsko-dewoński został w części SW wydzwignięty, a następnie zerodowany w wyniku ruchów waryscyjskich.

2. Horyzonty karbońskie i górnodewońskie wykazują większe zaangażowanie strukturalne niż horyzont sejsmiczny D2 odzwierciedlający układ strukturalny dewonu środkowego. Zjawisko to zaznacza się w sposób nie budzący wątpliwości na wielu profilach sejsmicznych. Na strukturze Mełgwi (ryc. 4) otwór M–3 stwierdził we franie powtórzenie warstw usytuowane pod nadległymi podniesieniami w górnym dewonie i karbonie. Podobne powtórzenia w środkowym i górnym dewonie stwierdzono otworami na innych obiektach strukturalnych. Zjawiska te świadczą o reżimie naprężeń kompresyjnych, podczas gdy rowy tektoniczne powstają w warunkach ekstensji.

3. Jak wynika z obrazu sejsmicznego przedstawionego na ryc. 5 brak jest jakichkolwiek przesłanek sejsmicznych, które wskazywałyby na istnienie tzw. zrębu Kocka. Trudno również zinterpretować zarejestrowany obraz jako krawędź rowu tektonicznego. Zamiast pochylonych bloków zrzucających podłoże ku centralnej części rowu, widzimy wydzwignięty ku górze, a następnie zerodowany kompleks skał karbońsko-dewońskich. Odbicie od prekambru na SW odcinku profilu jest niedowiązane do wierceń, ale powta-

*PGNiG S.A., Oddział Górnictwo Naftowe — Biuro Geologiczne Geonafte, ul. Jagiellońska 76, 03-301 Warszawa

** Conoco Inc, PO Box 2197, Houston, TX 77252-2197, USA



Ryc. 1. Szkic sytuacyjny regionu lubelskiego
Fig. 1. Index map of the Lublin Region

rza się jednak na wielu profilach sejsmicznych i sugeruje niezgodne w stosunku do warstw nadległych, płaskie ułożenie tej granicy.

Przedstawione profile (ryc. 3–5) stanowią przykłady typowych sekcji z obszaru lubelskiego. Trzy profile regionalne (ryc. 6–8) wiążą w całość omawiany na tych przykładach problem charakteru budowy tektoniczno-strukturalnej Lubelszczyzny. Uważamy, że zaprezentowane dane zaprzeczają tezie o rowowym charakterze budowy tego obszaru. Znana nam jest tylko jedna publikowana praca (Pelc, 1999), która poddaje w wątpliwość dotychczasowy model, przypisując decydującą rolę w rozwoju strukturalnym Lubelszczyzny diapiryzmowi ilastych osadów syluru.

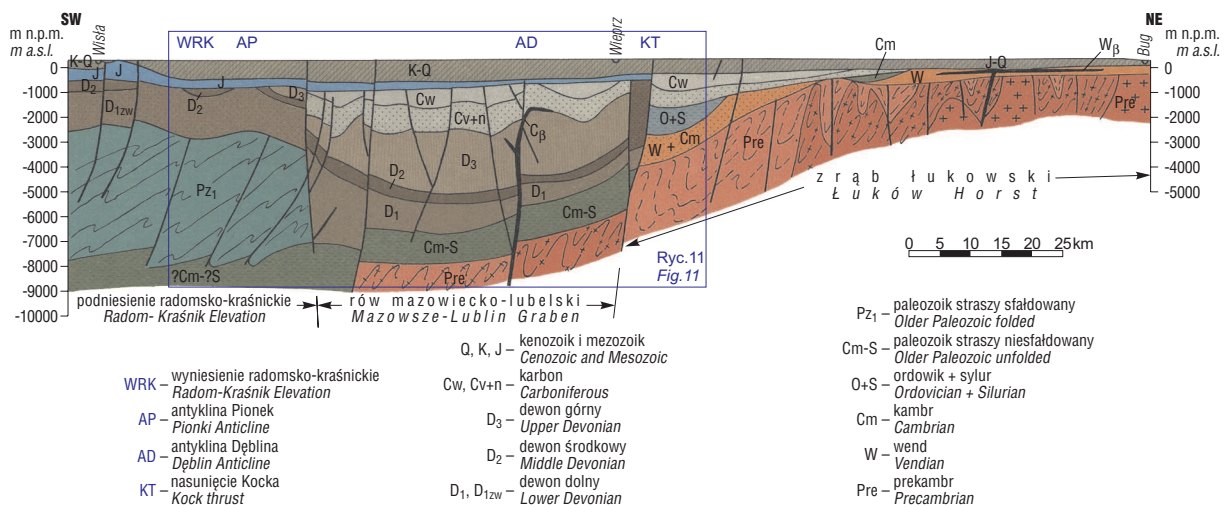
Nie zgadzając się również i z tą propozycją interpretacji, a poszukując rozwiązania, w którego logice można by pomieścić wszystkie posiadane informacje, odwołaliśmy się do modelu rozwoju Appalachów.

W artykule dokonującym porównania struktury i ewolucji orogenu południowych Appalachów z pewnymi odcinkami *Trans-European Suture Zone* — TESZ (Keller & Hatcher, 1999) wyrażony został pogląd, że oba te regiony należy traktować, w sensie tektonicznym, łącznie „gdyż pod koniec ery paleozoicznej podróż z Teksasu do Polski

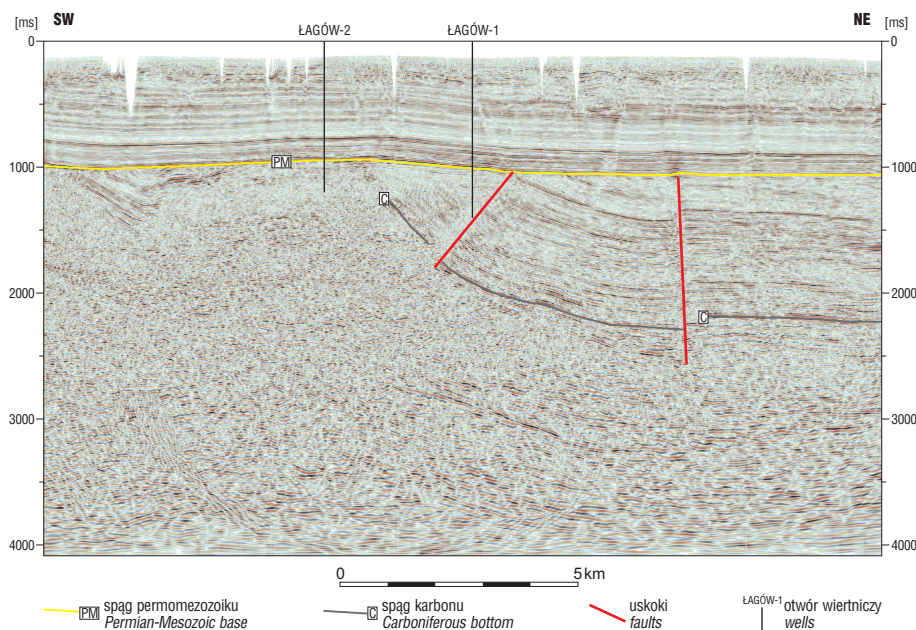
można było odbyć podążając tym samym, kontynuującym się pasmem orogenicznym”. Zgodnie z poglądem wyrażonym przez autorów tego artykułu, z punktu widzenia tektoniki płyt, TESZ jest efektem serii tych samych wydarzeń tektonicznych, które uformowały orogen Appalachy–Quchita.

Orogen Appalachów uformowany został wzdłuż wschodniego skraju północnoamerykańskiego kratonu (Laurencja) w rezultacie kolejnych kolizji z kratonami Afryki (Gondwana) i Europy (Baltica). Znaczna część Appalachów jest odsłonięta i stanowi przedmiot studiów geologów od przeszło stu lat. Uważa się je za najlepiej rozpoznany orogen paleozoiczny i wiele podstawowych koncepcji geologicznych zostało sformułowanych na podstawie obserwacji dokonanych w Appalachach (Keller & Hatcher, 1999).

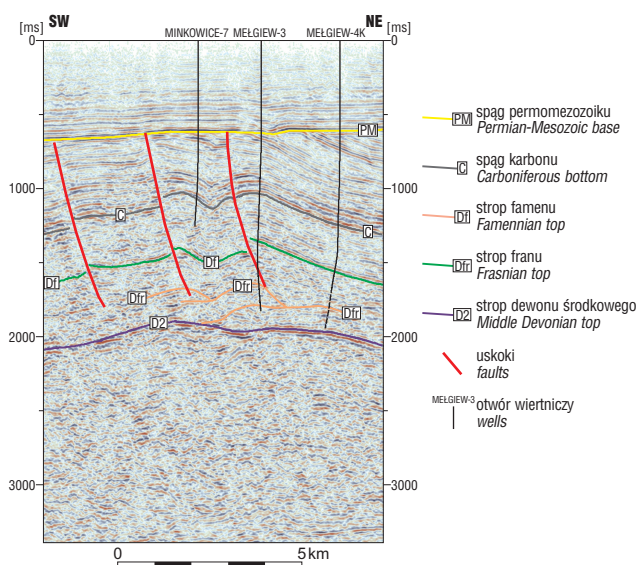
System nasunięć Pine Mountain (ryc. 10) jest najdalej na zachód wysuniętą wielką strukturą w obrębie Valley and Ridge w południowych Appalachach (stany Virginia, Tennessee i Kentucky). Powierzchniowe odsłonięcie nasuniętych skał ma kształt prostokątnego bloku o długości około 200 km i szerokości około 40 km, ograniczonego od NW nasunięciem Pine Mountain, od SE nasunięciami Wallen Valley i Hunter Valley. Od SW i NE nasunięcie ograniczają



Ryc. 2. Przekrój geologiczny przez Lubelszczyznę na linii Parczew–Bełżyce (wg Żelichowskiego & Kozłowskiego, 1983)
Fig. 2. Geological cross section through the Lublin Region along the line Parczew–Bełżyce (after Żelichowski & Kozłowski, 1983)



Ryc. 3. Czasowy przekrój sejsmiczny 151097K przez strefę Warka-Kazimierz (lokalizacja na ryc.1)
Fig. 3. Seismic time cross section 151097K of Warka-Kazimierz zone (see fig. 1 for location)



Ryc. 4. Czasowy przekrój sejsmiczny TO460479 przez strefę Melgiew (lokalizacja na ryc. 1)
Fig. 4. Seismic time cross section TO460479 of Melgiew zone (see fig. 1 for location)

dwa uskoki rozdarciove (*tear fault*): odpowiednio Jackboro Fault i Russel Fork Fault (Mitra, 1988).

Cykl orogeniczny (ryc. 9) zaczął się od uformowania pojedynczej, łagodnie nachylonej, głównej powierzchni odkłucia. Następnie, kontynuujący się nacisk doprowadził do oddzielania się od powierzchni głównego odkłucia bardziej stromych uskoków i złuskowacenia skał podścielających nasunięcie. Te podpowierzchniowe, dachówkowato ułożone łuski wyginały nasunięcie Pine Mountain w serie odkłutych antyklin i synklin.

Formowanie się powierzchni odkłuc w sekwencji litologicznej jest ściśle kontrolowane przez kontrasty kompetencji poszczególnych warstw (jako kompetentną określa się skałę wystarczająco wytrzymałą, aby efektywnie przenosić przemieszczanie się warstwy podczas kompresji lateralnej i zdolną do podtrzymywania ciężaru nadkładu podczas wyginania go w antykliny). Gdy nasuwające się warstwy napotkają obszar zwiększonego tarcia (np. na sku-

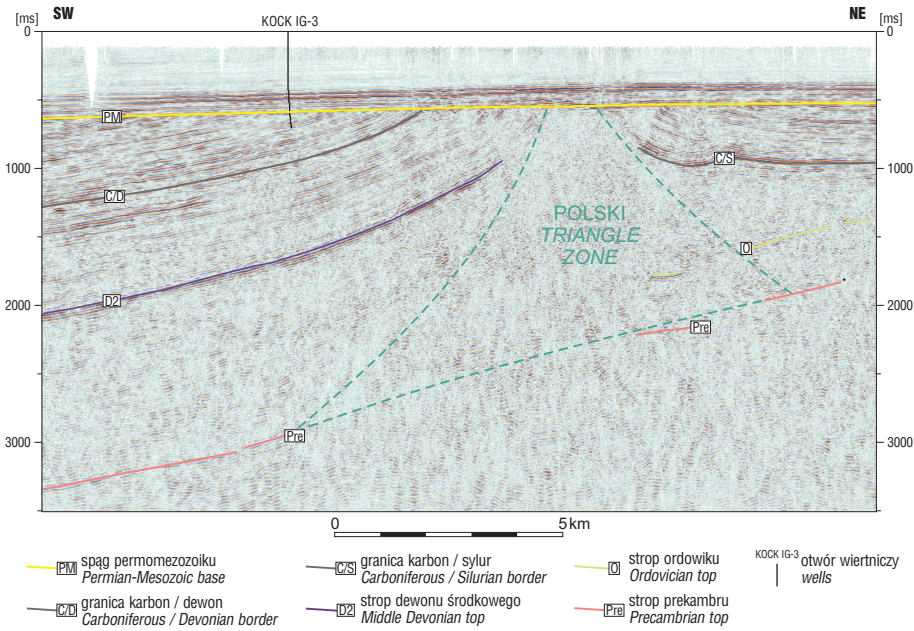
tek zmian facjalnych), które nie mogą być pokonane na tej głębokości, następuje przemieszczenie powierzchni odkłucia ku górze, do płytszej warstwy niekompetentnej. Podobne zjawisko wywołują ukośne uskoki kierując odkłucie ku warstwom młodszym bądź też na powierzchnię. Te odbywające się po stromych, skośnych rampach przemieszczenia łączą różne poziomy stratygraficzne i to zarówno wzdłuż rozciągłości warstw, jak i po upadzie, tworząc skomplikowane, zintegrowane systemy nasunięć (Harris & Milici, 1997).

Porównanie danych, którymi dysponujemy na obszarze lubelskim (ryc. 11), z historią rozwoju nasunięcia Pine Mountain (ryc. 10) skłoniło nas do uznania, że model cienkonaskórkowych deformacji pełniej wyjaśnia obserwowane na obszarze lubelskim elementy budowy, niż dotychczas stosowany model rowowy.

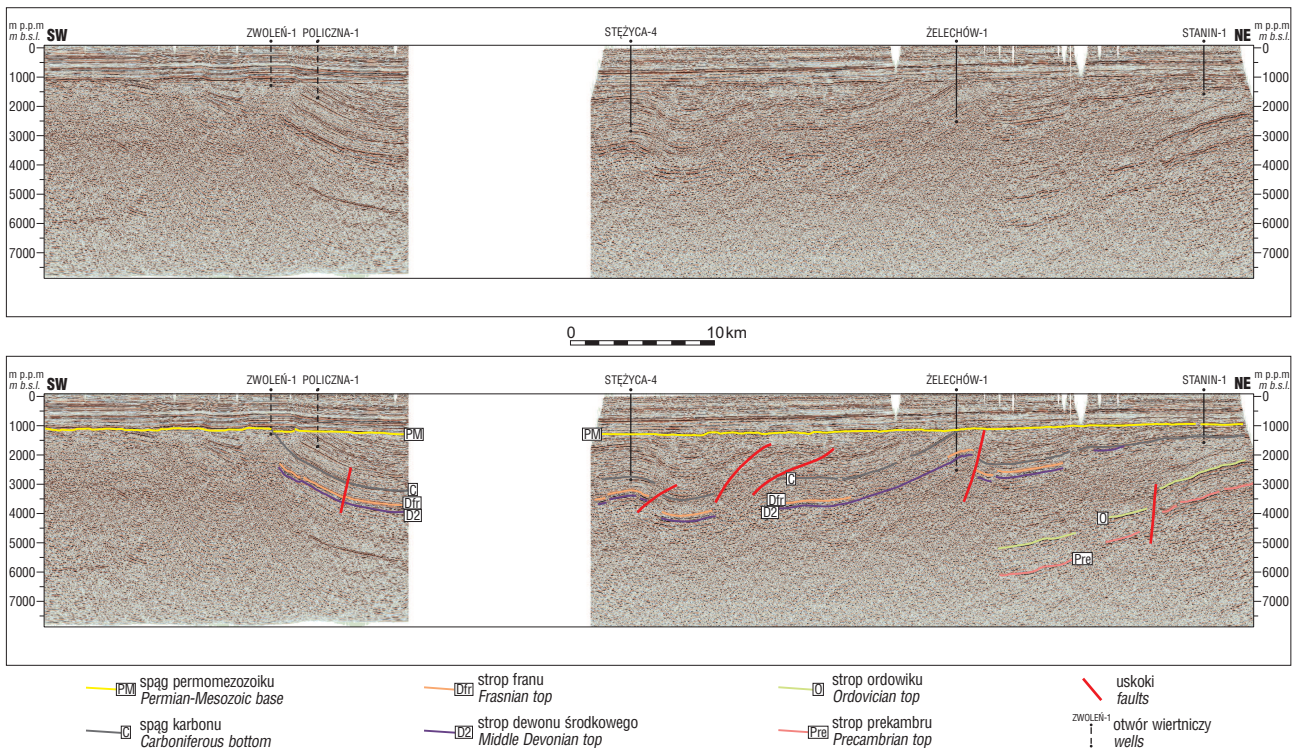
Nawiązując do omówionych powyżej w punktach 1-3 rozbieżności między danymi sejsmicznymi a modelem rowowym, proponujemy dla nich wyjaśnienie zgodne z modelem deformacji cienkonaskórkowych zastosowanym w Appalachach:

Sekcje ze strefy Warka-Kazimierz (ryc. 3) ukazują, naszym zdaniem, wyniesiony spiętrzonymi skałami dolnego paleozoiku, SW skłon synkliny.

Większe zaangażowanie strukturalne osadów młodszego (karbon-dewon górny) niż starszych (horyzont sejsmiczny D2 odwzorowujący ułożenie dewonu środko-



Ryc. 5. Czasowy przekrój sejsmiczny TO120492 przez strefę Kock–Tarkawica (lokalizacja na ryc. 1)
Fig. 5. Seismic time cross section TO120492 of Kock–Tarkawica zone (see fig. 1 for location)

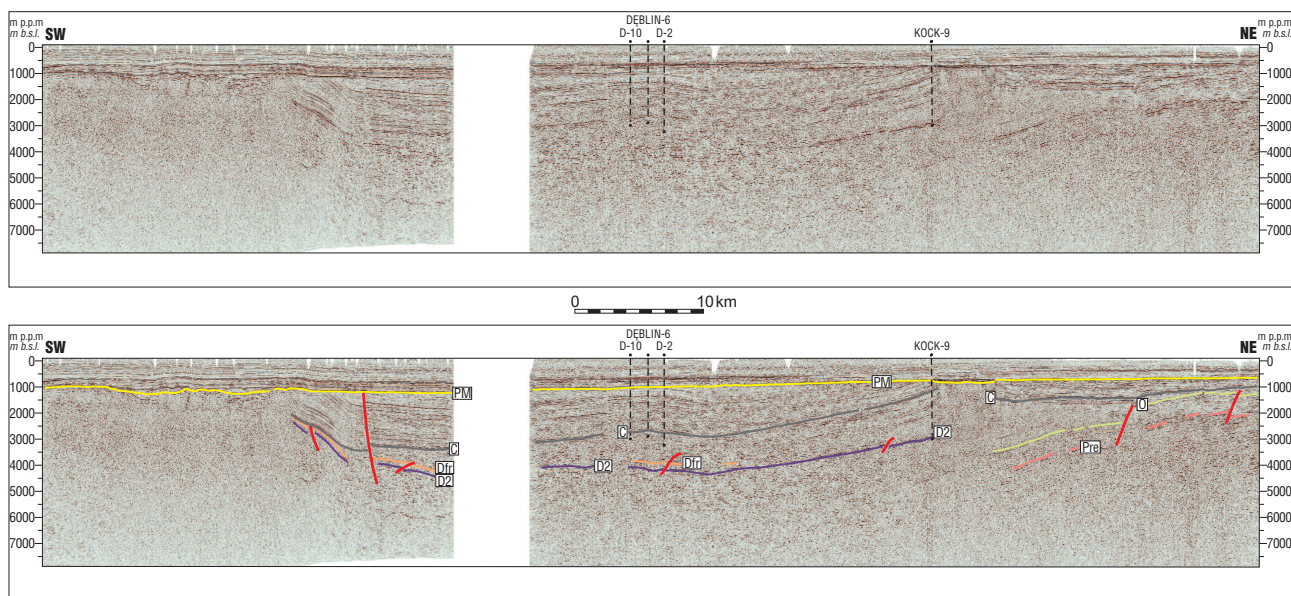


Ryc. 6. Głębokościowy profil regionalny Zwoleń–Żelechów (lokalizacja na ryc.1)
Fig. 6. Regional seismic depth section Zwoleń–Żelechów (see fig. 1 for location)

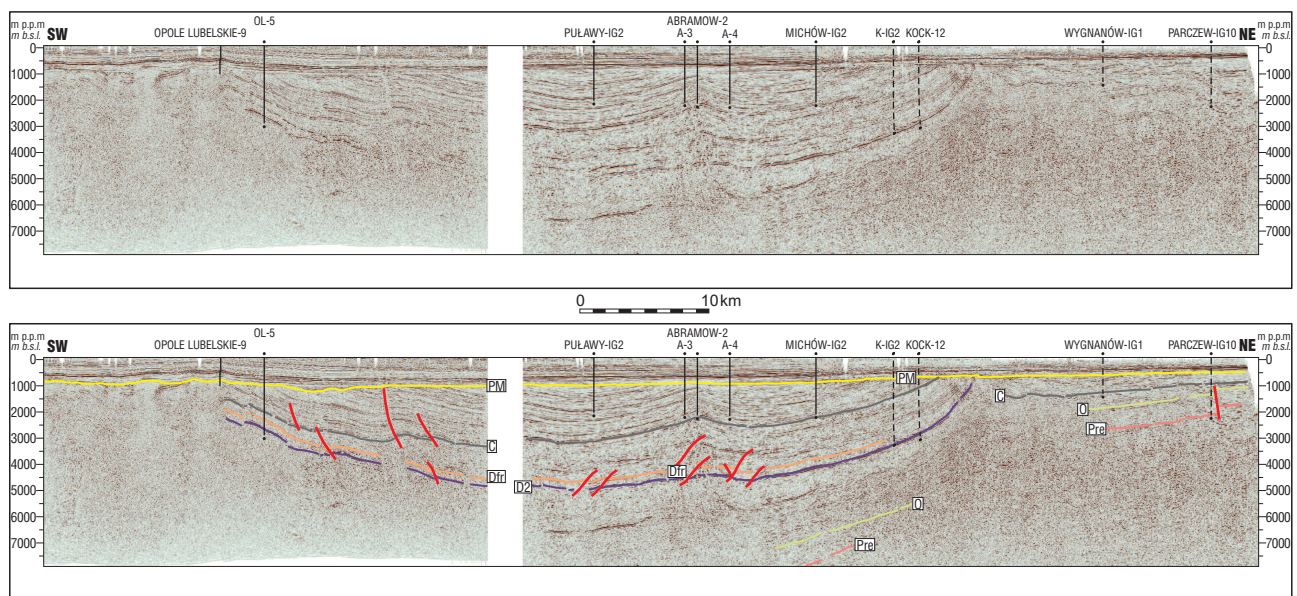
wego) świadczy o obecności odkłuc w profilu i nie znajdując wyjaśnienia w modelu rowowym, jest w pełni zgodne z modelem deformacji naskórkowych (ryc. 4).

Sekcje sejsmiczne ze strefy Kocka (ryc. 5) interpretujemy jako tworzące się u czoła nasunięcia spiętrzenie skał, będące rezultatem gwałtownego wyhamowania nasuwających się warstw. Na obszarze lubelskim nastąpiło to na granicy platformy prekambryjskiej. W efekcie powstał

wielki klin skał ograniczonych przez dwie płaszczyzny uskoki: dolnej zapadającej ku SW i górnej zapadającej ku NE. Te dwie płaszczyzny stanowią w rzeczywistości elementy tego samego nasunięcia — ograniczają klin wciśkany w osady znajdujące się na platformie. W literaturze angielskiej zjawisko to określa się mianem „triangle zone” i związane z nim są niekiedy duże złoża (Bally, 1983).



Ryc. 7. Głębokościowy profil regionalny Dęblin–Kock (lokalizacja na ryc.1)
 Fig. 7. Regional seismic depth section Dęblin–Kock (see fig. 1 for location)



Ryc. 8. Głębokościowy profil regionalny Opole Lubelskie–Parczew (lokalizacja na ryc.1)
 Fig. 8. Regional seismic depth section Opole Lubelskie–Parczew (see fig. 1 for location)

Reasumując, uważamy, że obszar lubelski jest synkliną powstałą wskutek podniesienia warstw nasunięcia waryscyjskiego przez odklute antykliny Warka–Kazimierz i Kock. W efekcie nacisku z kierunku SW, dochodziło w okresie waryscyjskim, kolejno do:

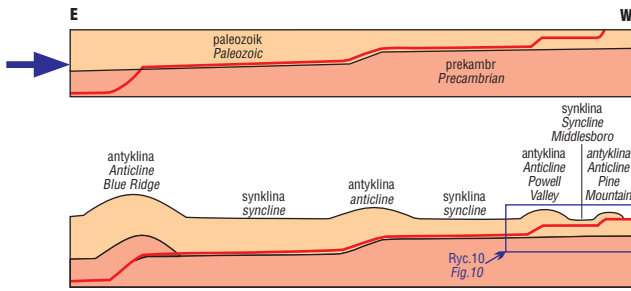
- spiętrzenia po powierzchni odklucia kambr/prekambr osadów starszego paleozoiku i wydźwignięcia nadkładu dewońsko-karbońskiego,

- dalszy nacisk z kierunku SW spowodował utworzenie się odkłuć prawdopodobnie między sylurem i dewonem, jak też w obrębie dewonu,

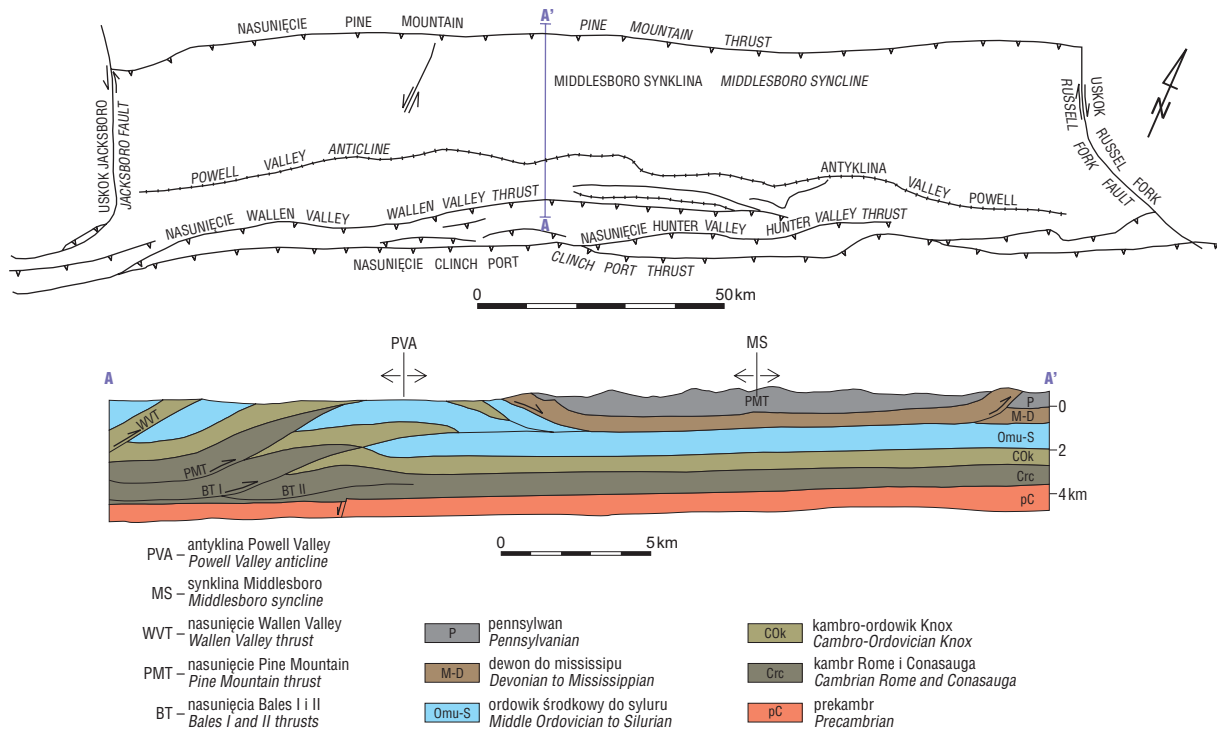
- w następnym etapie kontynuujący się nacisk doprowadził do wyhamowania nasuwających się skał na linii Kocka tworząc „triangle zone”.

Zasięg deformacji waryscyjskich kończy się łagodnymi zafaldowaniami karbonu na NE od strefy Kocka (Hooper i in., 2002)

Porównanie zaproponowanego przez nas modelu z modelem rowowym (ryc. 11 i ryc. 2) ukazuje generalną zgodność w obrazie strukturalnym i zasadniczą różnicę w rozwiązaniach tektonicznych. W modelu rowowym pionowe uskoki tną podłoże krystaliczne i całą serię osadową



Ryc. 9. Cykl orogeniczny (wg Harrisa & Milici, 1977)
 Fig. 9. Orogenic cycle (after Harris & Milici, 1977)



Ryc. 10. Mapa geologiczna nasunięcia Pine Mountain i jego przekrój geologiczny (wg Mitra, 1988)
 Fig. 10. Geological map of the Pine Mountain thrust sheet and its geological cross section (compiled from Mitra, 1988)

dzieląc obszar na liczne bloki tektoniczne, których ruchliwość określała rozwój basenu. W modelu proponowanym przez nas, to płaskie odkucia i nasunięcia determinują rozwój strukturalny serii osadowej a ewentualne związki z tektoniką podłoża krystalicznego mają charakter pośredni.

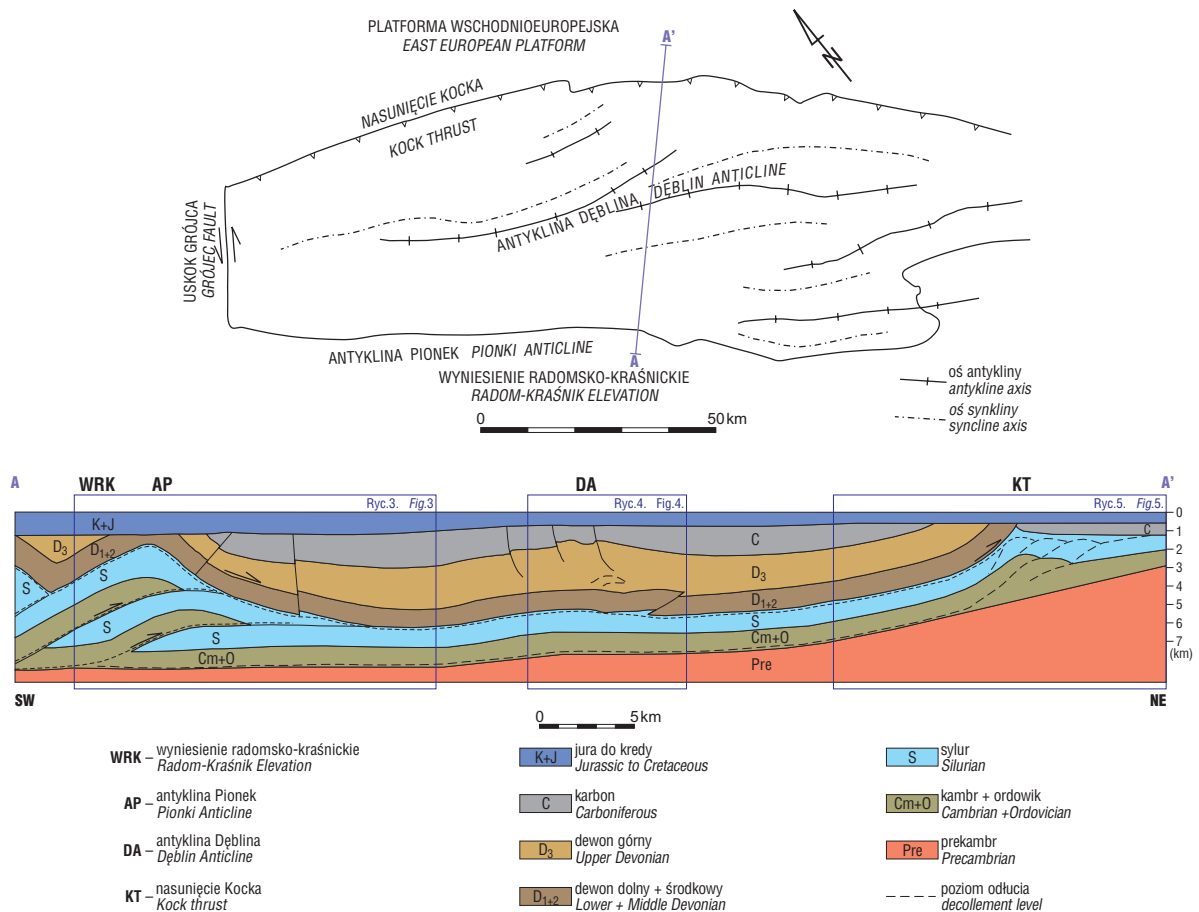
Przyjęcie nowego modelu pociąga za sobą wiele implikacji poszukiwawczych, mogących mieć większe lub mniejsze znaczenie praktyczne dla prac prowadzonych na obszarze lubelskim.

I tak, dyslokacjom rozciągającym się wzdłuż antykliny Warka–Kazimierz towarzyszą niewielkie przegięcia w horyzontach karbońskich. Te z nich, które zamykają się w pułapki strukturalne są interesujące pod względem poszukiwawczym. Na dwóch blokach koncesyjnych (Warka–Urсынów i Pionki–Kazimierz) projektuje się wykonanie zdjęć sejsmicznych z zadaniem znalezienia takich obiektów strukturalnych. Nowy model, umożliwiając zrozumienie genezy tych przegięć może być przydatny do analizy roli uskoków w procesie migracji jak też ich własności uszczelniających.

Z kolei, stwierdzone otworem na Mełgwi powtórzenia w górnym dewonie sygnalizują związek między podniesieniami strukturalnymi w karbonie a spiętrzeniami w dewonie. To rozumowanie może stać się punktem wyjścia do poszukiwania złóż typu Mełgwi.

Całkowitą natomiast zmianę w podejściu do poszukiwań wymusza przyjęcie nowego modelu w strefie Kocka. Na bloku koncesyjnym Kock–Tarkawica będą przeprowadzone prace mające wyjaśnić budowę tej strefy. Zastosowanie specjalnych procedur przetwarzania i migracji przed składaniem na jednym z profili dało już wstępne wyniki, które uważamy za zachęcające do interpretacji obecności „triangle zone”.

Autorzy składają podziękowania: Dyrektorowi Biura Geologicznego Geonafta mgr Markowi Hoffmannowi za zezwolenie na niniejszą publikację, firmie Apache Poland za udostępnienie danych sejsmicznych i zgodę na ich wykorzystanie, dr Zygmuntowi Śliwińskiemu dziękujemy za liczne konsultacje i życzliwość, którą wspierał nas równie skutecznie jak swoją wiedzą i doświadczeniem, mgr Pawłowi Zdanowskiemu za wszechstronną pomoc i opracowanie graficzne.



Ryc. 11. Mapa geologiczna obszaru lubelskiego i przekrój geologiczny wykonany na podstawie profili sejsmicznych ryc. 3, 4, 5.
Fig. 11. Geological map of the Lublin Region and a geological cross section constructed from seismic sections of figs 3, 4 and 5 (insets on cross sections)

Literatura

BALLY A.W. 1983 — Seismic Expression of Structural Styles. AAPG Studies in Geology Series 15—Volume 3. Tulsa, Oklahoma 74101, USA: 3.4.1—48.
 HARRIS L.O. & MILICI R.G. 1977 — Characteristics of thin-skinned style of deformation in the Southern Appalachians, and potential hydrocarbon traps. Geological Survey Professional Paper. 1018. Washington, USA: 1—38.
 HOOPER R. J., ANTONOWICZ L., IWANOWSKA E. & HATCHER JR.R. 2002 — The limit of Variscan deformation in southeastern Poland and the origin of the Lublin syncline. Geol. Soc. Amer., Abstracts with Programs, 34.
 KELLER G.R. & HATCHER JR.R.D. 1999 — Some comparisons of the structure and evolution of the southern Appalachian—Ouachita oro-

gen and portions of the Trans—European Suture Zone region. Tectonophysics, 314: 43—68.
 MITRA S. 1988 — Three-dimensional geometry and kinematic evolution of the Pine Mountain thrust system, southern Appalachians. Geol. Soc. Amer. Bull., 100: 72—95.
 NARKIEWICZ M., POPRAWA P., LIPIEC M., MATYJA H. & MIŁACZEWSKI L. 1998 — Pozycja paleogeograficzna i tektoniczna a rozwój subsydencji dewońsko-karbońskiej obszaru pomorskiego i radomsko-lubelskiego. Pr. Państw. Inst. Geol., 165 : 31—46.
 PELC T. 1999 — Dewońsko karboński diapiryzm sylurskich osadów ilastych basenu lubelskiego. Geofizyka w geologii, górnictwie i ochronie środowiska, V Konf. Naukowo-Techniczna, Kraków: 137—142.
 ŻELICHOWSKI A. M. & KOZŁOWSKI S. (eds) 1983 — Atlas Geologiczno Surowcowy Obszaru Lubelskiego. Instytut Geologiczny. Wyd. Geol.