

STUDIA, ROZPRAWY, MONOGRAFIE **215**

Lidia Dziewińska

KOMPLEKSOWA ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ GEOFIZYCZNYCH
Z WYKORZYSTANIEM METODY SEJSMICZNEJ EWO
DO ROZPOZNANIA PODPERMSKIEGO PODŁOŻA
W STREFIE KONTAKTU PLATFORMY WSCHODNIOEUROPEJSKIEJ
I PALEOZOICZNEJ NA ODCINKU LUBELSKO-RADOMSKIM

KOMITET REDAKCYJNY

prof. dr hab. inż. Eugeniusz Mokrzycki (redaktor naczelny serii)
dr hab. inż. Lidia Gawlik (sekretarz redakcji), profesor instytutu
prof. dr hab. inż. Krzysztof Galos
dr hab. inż. Beata Kępińska, profesor instytutu
prof. dr hab. inż. Zenon Pilecki

RECENZENCI

prof. dr hab. inż. Barbara Uliasz-Misiak, AGH Kraków
prof. dr hab. inż. Zenon Pilecki, IGSMiE PAN

ADRES REDAKCJI

31-261 Kraków, ul. Józefa Wybickiego 7A
tel. 12-632-33-00, fax 12-632-35-24

Redaktor Wydawnictwa: Emilia Ryszewska-Smaza
Redaktor techniczny: Barbara Sudoł

© *Copyright by Autor*

© *Copyright by Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN – Wydawnictwo*

Printed in Poland

Kraków 2022

ISSN 1895-6823

ISBN 978-83-964171-8-3

eISBN 978-83-964171-9-0

Spis treści

1. Wprowadzenie	5
1.1. Tło geotektoniczne obszaru badań	5
1.2. Stan rozpoznania geologicznego	7
1.3. Cel badań, ich zakres oraz wykorzystane materiały	11
2. Analiza obrazu anomalii grawimetrycznych oraz anomalii pola magnetycznego	15
2.1. Analiza obrazu anomalii grawimetrycznych	15
2.2. Analiza obrazu anomalii pola magnetycznego	17
3. Stan rozpoznania geofizycznego	20
3.1. Stan rozpoznania sejsmicznego (sejsmika refleksyjna)	20
3.2. Charakterystyka wyników badań sejsmiki refrakcyjnej	22
3.3. Zakres prac geoelektrycznych	25
3.4. Interpretacja wyników badań sejsmiki refrakcyjnej	26
4. Zintegrowana analiza, interpretacja i ocena uzyskanych wyników wzdłuż poszczególnych profili	30
4.1. Rejon struktury Szejki	30
4.2. Rejon strefy uskokowej Grójca	32
4.3. Głębokościowy model sejsmiczno-geologiczny wzdłuż linii Nieświn–Ostałów–Izdeбно	34
4.4. Wyniki modelowania wzdłuż linii Ostałowskiej	38
4.5. Uskok Skrzynna, paleozoiczny rów tektoniczny Skrzynna, strefa uskokowa Nowe Miasto–Mogielnica–Iłża – interpretacja sekcji EWO	40
4.6. Strefa Lisów–Ursynów w interpretacji EWO na tle wyników sejsmicznych badań refrakcyjnych	45
4.7. Strefa uskokowa Kocka	47
4.8. Rów lubelski	49
4.9. Strefa uskokowa Ursynów–Kazimierz na tle sondowań geomagnetycznych	49
4.10. Rejon Dębina i struktury Kocka (centralna część rowu lubelskiego)	51
4.11. Kompleksowa interpretacja wyników badań geofizycznych wzdłuż linii Bazów–Rachów–Lubartów–Parczew	54
4.12. Korelacja wyników sejsmicznych badań refrakcyjnych i badań magnetotellurycznych – rejon Kock–Lublin–Zamość	57
4.13. Korelacja wyników badań geofizycznych w rejonie profilu sejsmicznego Biłgoraj–Krasnystaw–Chełm	59

4.14. Korelacja wyników badań geofizycznych w rejonie struktur Dęblina i Abramowa (centralna część rowu lubelskiego)	60
4.15. Przekrój Baligród–Dubienka – interpretacja kompleksowa	63
5. Kluczowe elementy tektoniczne w świetle wyników interpretacji geofizycznej	65
5.1. Szkic głównych elementów tektonicznych wyznaczonych w wyniku interpretacji danych geofizycznych	65
5.2. Uskok Skrzynna, paleozoiczny rów tektoniczny Skrzynna i strefa uskokowa Nowe Miasto–Mogielnica–Iłża	67
5.3. Strefa uskokowa Ursynów–Kazimierz	68
5.4. Strefa uskokowa Kocka	71
5.5. Tektoniczny kierunek o trendzie południkowym	72
6. Dyskusja i wnioski	73
6.1. Kwestie genezy anomalii grawimetrycznych	73
6.2. Zagadnienie zasięgu platformy EE i określenia strefy kontaktu platform	74
6.3. Wnioski	76
Literatura	79
Kompleksowa analiza wyników badań geofizycznych z wykorzystaniem metody sejsmicznej EWO do rozpoznania podpermskiego podłoża w strefie kontaktu platformy wschodnioeuropejskiej i paleozoicznej na odcinku lubelsko-radomskim – Streszczenie	84
Comprehensive analysis of the geophysical survey results with the use of the EWO seismic method to identify the sub-Permian massif in the contact zone of the East European and Paleozoic platform in the Lublin-Radom region – Abstract	86

1. Wprowadzenie

Obszar badań należy do dwóch jednostek strukturalnych: epigotyjskiej platformy wschodnio-europejskiej (EE) i platformy zachodnioeuropejskiej (WE) o paleozoicznym wieku konsolidacji cokołu. Obie platformy różnią się też rozwojem pokrywy osadowej, która może być podzielona na różne kompleksy ułożone w wzajemnie niezgodne plany strukturalne.

Tematyka prezentowanego opracowania nawiązuje do zagadnień dotyczących problemów głębokich badań geofizycznych i geologicznych obszaru Polski w strefie transeuropejskiego szwu tektonicznego (TESZ). Rejon badań jest unikalny ze względu na swoją pozycję geologiczną w ramach TESZ, a interpretacja jego budowy i odtworzenie historii geologicznej ma kluczowe znaczenie dla zrozumienia zagadnień geologiczno-strukturalnych dotyczących nie tylko Polski, ale i Europy. Problematyka budowy strukturalnej utworów paleozoicznych Europy Centralnej i Wschodniej jest od dawna przedmiotem zainteresowań i opracowań wielu autorów (np. Dallmeyer i in. 1995; Franke 2000; Katzung 2001; Kroner i in. 2008, też Dziewińska i Tarkowski 2016a, 2018b).

Prezentowane wyniki badań zostały wykonane w ramach prac statutowych prowadzonych przez Pracownię Geotechnologii IGSMiE PAN, w ramach zadania badawczego: VI. Badania środowiska przyrodniczego wspomagające jego zrównoważone zagospodarowanie, pt: Wykorzystanie metody sejsmicznej EWO do rozpoznania podpermskiego podłoża oraz identyfikacji występowania złóż węglowodorów w strefie kontaktu platformy wschodnioeuropejskiej i paleozoicznej na odcinku lubelsko-radomskim.

1.1. Tło geotektoniczne obszaru badań

Obszar badań dotyczy SW części Polski i jest ograniczony uskokami: od NW Grójca, od NE Kocka, od SW Skrzynna i od SE granicą Polski. Jego kluczowe położenie w stosunku do obszarów przyległych pokazuje mapa „Polska na tle struktur tektonicznych Europy” (Nawrocki i Becker, red. 2017), niejednorodność podłoża obszaru badań pod pokrywą permsko-mezozoiczną i kenozoiczną prezentuje „Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku, mezozoiku i permu” (Nawrocki i Becker, red. 2017), a obraz ten uzupełnia mapa „Jednostki tektoniczne Polski pod pokrywą permsko-mezozoiczną i kenozoiczną” (Żelaźniewicz, red.

2011). Źródłami tych map są odpowiednio „Atlas Geologiczny Polski” (Nawrocki i Becker, red. 2017) oraz „Regionalizacja tektoniczna Polski” (Żelaźniewicz, red. 2011). Ukazanie się tej ostatniej publikacji poprzedził cykl konferencyjnych artykułów poświęconych tej tematyce. Treść jednego z nich obejmującego Góry Świętokrzyskie i regiony przyległe (Kanon 2008) dotyczy również obszaru monografii.

Obserwowany szczególnie w ostatnich latach znaczny wzrost liczby publikacji wskazuje na wagę problemów i wzrost zainteresowania badaczy poruszaną w opracowaniu tematyką. Z drugiej strony, ich często polemizujący charakter świadczy o tym, iż w miarę pojawiania się nowych danych interpretacja wyników staje się coraz bardziej dyskusyjna. Na jedną z przyczyn takiego stanu można wskazać ograniczenia w rozdzielczości wyników badań sejsmicznych, szczególnie w interwale obejmującym utwory paleozoiczne. Z innych, można zwrócić uwagę na brak uwzględnienia w procesach interpretacyjnych bezpośrednich materiałów z prac refrakcyjnych przeprowadzonych pod kątem rozpoznania skonsolidowanego podłoża o prędkości granicznej około 6000 m/s.

Natomiast w szerokim zakresie są analizowane wyniki prac sejsmicznych wykonanych w ramach głębokich badań. Wnoszą one znaczący wkład do poznania budowy geologicznej Polski, a w tym również dla obecnie analizowanego obszaru. Są to: głębokie profilowania refrakcyjne w ramach międzynarodowego programu CELEBRATION (Janik i in. 2009). Z nowoczesnych głębokich badań refleksyjnych należy wymienić, zrealizowany jako pierwszy, profil POLCRUST-01 (Malinowski i in. 2013), a następnie profile z projektu POLAND SPAN (Mazur i in. 2017).

Wiele wybranych nowych rozwiązań tektonicznych przyjętych w Atlasie Geologicznym Polski (2017) znalazło szersze uzasadnienie w artykule Aleksandrowski i Mazur (2017), w którym szczególną uwagę zwrócono na zmiany dotychczasowych koncepcji. Kontrowersyjna teza przesunięcia granicy platformy paleozoicznej w SE części Polski ku wschodowi aż po strefę uskoku Kocka dotyczy bezpośrednio obszaru monografii. Według nowego podziału Polski na prowincje tektoniczne, w planie podpermskim basen lubelski leżałby w obrębie radomsko-lubelskiego pasma nasuwczego, w którego podłożu występuje platforma paleozoiczna. Występowanie w podłożu basenu lubelskiego skał platformy paleozoicznej nie potwierdzają wyniki badań sejsmicznych, grawimetrycznych i magnetycznych. Krzywca i in. (2017), którzy wskazali tam na obecność skał prekambryjskich platformy EE, której według nich, granica przebiega wzdłuż strefy Teisseyra–Tornquista (TT) zlokalizowanej wzdłuż SW granicy bloku radomsko-kraśnickiego.

Interesująca jest sugestia przedłużenia zasięgu krystalicznego podłoża platformy EE w kierunku SW pod platformę paleozoiczną. Została poparta w tym przypadku, co jest cenne, wynikami badań na profilach głębokiej sejsmiki refrakcyjnej (opublikowanych np. w pracy Malinowski i in. 2005).

Wyniki ilościowej interpretacji danych grawimetrycznych i magnetycznych zintegrowane z danymi refleksyjnymi profilu sejsmicznego POLAND SPAN w strefie TT, zdaniem autorów (Mazur i in. 2017) uzasadniają również przytoczony wyżej pogląd. Analiza ta obejmuje także profil PL1-5100 zlokalizowany w obszarze obecnych zainteresowań.

Podsumowanie różnych poglądów na temat zasięgu kratonu EE znajduje się w artykule Mizerskiego i Olczak-Dusseldrop (2017). Przedstawiono w nim ewolucję poglądów na genezę deformacji na przedpolu kratonu EE, w tym dwa najbardziej skrajne: paleozoiczne terrany (np. Pożaryski 1990) oraz marginalna część kontynentu Bałtyki (np. Dadlez i in. 1994).

Z istotnych publikacji należy też wymienić artykuł poświęcony głębokościowej interpretacji podłoża kratonu EE i strefy TT w Polsce na podstawie danych pól potencjalnych (Mikołajczak i in. 2019). W wyniku zastosowania inwersji danych grawimetrycznych otrzymano m.in. głębokości do paleoproterozoicznego podłoża krystalicznego z charakterystycznym rowem tektonicznym w neoproterozoiku w rejonie lubelskim. Głębokości uzyskane w wyniku modelowania, w świetle danych uzyskanych z sejsmicznych badań refrakcyjnych przez Wojas kier. (1984), wydają się zawyżone.

Przegląd geofizycznych i geologicznych wyników badań dotyczących przebiegu strefy TTZ przedstawia częściowo, w sposób krytyczny Narkiewicz i Petecki (2019). Z kolei zaprezentowana interpretacja przebiegu TTZ na profilu POLCRUST-01 wzdłuż pionowego uskoku Tomaszowa została już wcześniej podważona przez Krzywca i in. (2017). Ważna dla obecnych rozważań jest zamieszczona interpretacja profilu PL1-5100 pokazująca dwie głęboko zakorzenione dyslokacje podłużne: uskoku Ursynów–Kazimierz i Izbica–Zamość ograniczające od południa rów lubelski. Według autorów strefa TTZ, tak samo jak i uskoku Ursynów–Kazimierz, czy też strefa Kocka należy do uskoków przesuwczych.

Anomalie magnetyczne i ich rola w rozpoznaniu struktury krystalicznego kompleksu skorupy ziemskiej SE Polski były przedmiotem badań Grabowskiej i in. (2017). Ważnym efektem tej publikacji jest szkic „Trójwymiarowy model magnetyczny krystalicznego kompleksu skorupy SE Polski”. Otrzymany z uwzględnieniem wyników ilościowej interpretacji wzdłuż dwóch profili sejsmicznych CEL01 i CEL05 z projektu CELEBRATION, przedstawia on m.in. lokalizację granic obszarów anomalnych o podwyższonych wartościach parametrów magnetycznych skał krystalicznych. Wyniki modelowania potwierdziły też, że przebieg TTZ nie pokrywa się w tym rejonie z brzegiem magnetycznie czynnej skorupy krystalicznej. Inna część publikacji przedstawia wyniki analizy lokalnych anomalii siły ciężkości na tle anomalii magnetycznych. Na podstawie wyników ilościowej interpretacji wskazano na głębokie zakorzenienie (starszy paleozoik) stref uskokowych związanych z szeregiem struktur. Można do nich zaliczyć m.in.: Nowe Miasto–Hża–Janów Lubelski–Biłgoraj, Przytyk, Przysucha–Starachowice–Ostrowiec Świętokrzyski, Skrzynno.

Potwierdzono, iż strefa dodatnich anomalii resztkowych równoległych do uskoku Ursynów–Kazimierz usytuowana po jego zachodniej stronie może sygnalizować obecność nasuniętych na kraton fałdów orogenu kaledońskiego (Żelichowski 1972; Pożaryski i Nawrocki 2000).

1.2. Stan rozpoznania geologicznego

Obecny stan znajomości wglębnej budowy geologicznej i tektonicznej rozważanego obszaru jest wynikiem wieloletnich badań geologiczno-wiertniczych i geofizycznych. Wyniki te

i ich interpretacja znalazły swój wyraz w licznych opracowaniach, również w wymienionych na wstępie. Stan wiedzy geologicznej istotny dla problematyki poruszanej w monografii sprządzają się do następujących, ważniejszych konkluzji.

Obszar pracy zlokalizowany jest w brzeżnej części platformy wschodnio-europejskiej (EE) oraz w strefie jej kontaktu z zachodnią platformą paleozoiczną (WE). Wykonane głębokie wiercenia w powiązaniu z wynikami badań geofizycznych umożliwiły dokonanie podziału tektonicznego. Są to cztery paleozoiczne jednostki strukturalne, wymieniając od NE: podniesiona część platformy EE (wyniesienie łukowsko-hrubieszowskie), rów lubelski, wyniesienie radomsko-krańskie, jednostka łysogórska). Granice tych jednostek określają strefy dyslokacyjne o kierunku zbliżonym do NW-SE.

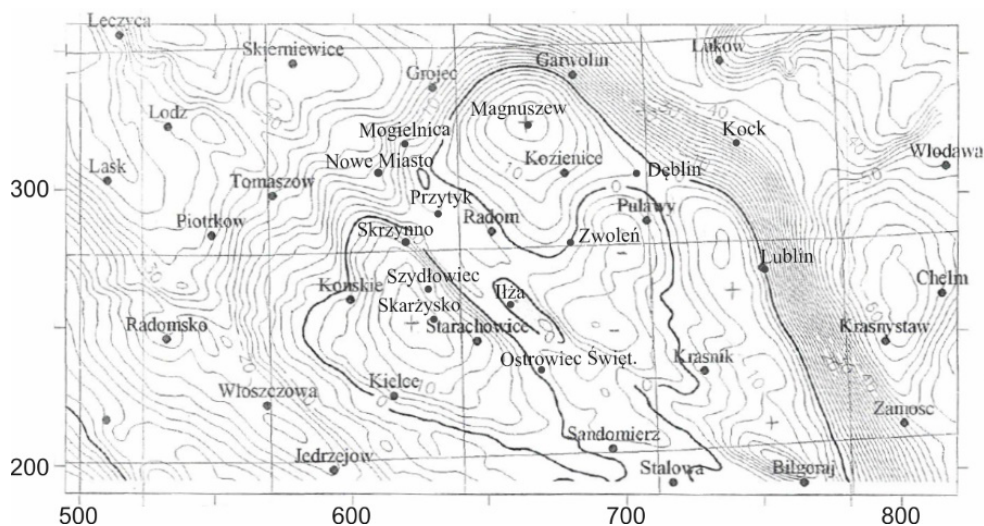
Obszar badań znajduje się w strefie kontaktu kratonu EE z fanerozoiczną strefą mobilną Europy zachodniej i jednocześnie w strefie o wysoce anomalnej budowie skorupy ziemskiej, nazwanej strefą transeuropejskiego szwu tektonicznego (TESZ). Na profilach głębokich sondowań sejsmicznych (GSS) w obrębie występującej tu strefy Teisseyrea–Tornquista ujawniono istnienie obszaru o anomalnej budowie skorupy ziemskiej charakteryzującego się znaczną miąższością (około 60 km) i występowaniem zaburzonego obrazu sejsmicznego pola falowego, co może być spowodowane intruzjami materiału z górnego płaszcza (Guterch i in. 1986).

Wymienione jednostki należą do obszaru, którego budowa jest przedmiotem ciągłych dyskusji i analiz dotyczących stylu budowy geologicznej i interpretacji geotektonicznej. Według jednej z koncepcji (Żelichowski 1979) zarówno rów lubelski, jak i wyniesienie radomsko-krańskie rozwinięte są na jednorodnej platformie prekambryjskiej, na którą od SW nasunięte są sfałdowane utwory staropaleozoiczne.

W innych koncepcjach (np. Pożaryski 1990) stosuje się w analizie ewolucyjnej badanego obszaru model kolizyjny tzn. mozaiki paleozoicznych terranów połączonych ze sobą w różnym czasie i wielokrotnie przebudowywanych. W tym ujęciu wyniesienie radomsko-krańskie jest częścią rejonu radomsko-łysogórskiego, należącego do kratonu małopolskiego. Blok ten kontaktuje od E wzdłuż uskoku Ursynów–Kazimierz z rowem lubelskim, należącym do kratonu EE.

W historii tektoniczno-strukturalnej rowu lubelskiego zaznacza się wpływ dwóch faz: asturyjskiej i bretońskiej. Faza bretońska spowodowała silne zdyslokowanie utworów dewońskich systemem uskoku poprzecznych do brzegów platformy EE, jak i podłużnych. Po zakończeniu sedymentacji karbońskiej w czasie fazy asturyjskiej powstały zasadnicze ramy strukturalne budowy obszaru lubelskiego. Na okres ten przypada powstanie rowu lubelskiego, wskutek nacisku platformy paleozoicznej na platformę prekambryjską. Faza asturyjska natomiast charakteryzuje się głównie uskokami podłużnymi o kierunku zbliżonym do NW-SE w utworach karbońskich. Najważniejsze strefy dyslokacyjne NW-SE to dyslokacje związane ze zrębową strukturą Kocka, ograniczające wyniesioną część platformy EE od rowu lubelskiego oraz strefa dyslokacyjna Ursynów–Kazimierz oddzielająca wymieniony rów od wyniesienia radomsko-krańskiego. Jako granicę między tym ostatnim a jednostką łysogórską przyjmuje się uskoc Skrzynna (Dziewińska i Petecki 2004a, b). Uskok Grójca o kierunku SW-NE stanowi NW granicę wyniesienia radomsko-krańskiego i rowu lubelskiego. Głęboki

rozłam Grójca potwierdza bardzo silny gradient pola grawitacyjnego Bouguera („Atlas grawimetryczny Polski”, Królikowski i Petecki 1995; rys. 1). Geneza uskoku Ursynów–Kazimierz, bardzo istotnego z geotektonicznego punktu widzenia, jest ciągle dyskusyjna ze względu na brak dostatecznie jednoznacznej wiedzy, aczkolwiek jego wgłębne założenia potwierdziły też wyniki głębokich badań sejsmicznych. Jest on interpretowany jako powierzchniowy odpowiednik pionowego uskoku transeuropejskiego związanego ze strefą Teisseyrea–Tornquista lub czoło nasunięć kaledońskich na kraton EE.



Rys. 1. Anomalie grawimetryczne w red. Bouguera w obszarze badań (skonstruowany na podstawie „Atlas grawimetryczny Polski”, Królikowski i Petecki 1995)

Fig. 1. Gravimetric Bouguer anomalies in the area of research

W świetle analiz Krzywca (2007) basen lubelski ma charakter pasma fałdowo-nasuwczego powstałego w czasie orogenezy waryscyjskiej. Pod koniec westfalu basen lubelski uległ inwersji tektonicznej wraz z całym przedpolem waryscyjskim, czemu towarzyszyło powstanie uskoku odwróconych, zapadających na SW, z których większość jest zakorzeniona w utworach dolnego dewonu. Przejawem kompresyjnych deformacji waryscyjskich jest strefa nasunięcia Kocka, znajdująca się prawdopodobnie nad starszym od nasunięcia uskoku Kocka.

Podłoże krystaliczne znane jest tylko z wierceń na wyniesieniu łukowsko-hrubieszowskim, do strefy Kocka. Pełne informacje pochodzą z otworu Kaplonosy IG1, w którym zostały rozpoznane najstarsze utwory określone jako seria poleska. Na W od strefy Kocka brak jest bezpośrednich informacji o skałach podłoża krystalicznego.

Wprost na podłożu krystalicznym leży osadowa seria wendu, o miąższości od 0 m na najbardziej wyniesionych blokach (Łuków IG1, IG2) do kilkuset metrów na blokach obniżonych (Busówno IG1, Parczew IG10, Krowie Bagno IG1, Terebin IG5). Po W stronie Kocka utwory wendu zostały nawiercone tylko w otworze Łopiennik IG1 (226 m, nie przebito).

Pokrywa osadowa w rowie lubelskim składa się z czterech podstawowych kompleksów: staropaleozoicznego (kambr–sylur), młodopaleozoicznego (dewon–karbon), permomezozoicznego (perm–kreda) i kenozoicznego. Kompleks staropaleozoiczny zalegający na prekambryjskich skałach krystalicznych SW skłonu platformy EE, składa się prawdopodobnie z utworów kambru dolnego i środkowego, węglanowej serii ordowiku i ilasto-mułowcowej syluru. Stropowe partie tego kompleksu nawiercono w otworach Izdebnio IG1 i Maciejowice IG1. Osady starszego paleozoiku leżą na utworach wendu bez śladu niezgodności kątownej, w ciągłości sedymentacyjnej. Nie stwierdzono w nich fałdowych zaburzeń tektonicznych, a poszczególne bloki paleozoiku pocięte są uskokami, których wiek oceniany jest na pogranicze dewonu i karbonu. Łączna miąższość utworów starszego paleozoiku o rozwoju platformowym w obrębie rowu lubelskiego jest szacowana na podstawie wiercenia Łopienik IG1 i interpretacji wyników prac sejsmiki refrakcyjnej na około 3 km. W części wyniesionej platformy miąższość ta jest bardzo zróżnicowana w zależności od położenia danego bloku.

W strefie sfałdowanych utworów starszego paleozoiku na wyniesieniu radomsko-krańskim, miąższość pakietu zawartego pomiędzy stropem sfałdowanych utworów, łącznie z najniższym dewonem a poziomem refrakcyjnym prezentującym podłoże skonsolidowane, wzrasta do 4–6 km.

Utwory dewonu występują prawie na całym obszarze obecnych zainteresowań. NE granicę ich występowania stanowi zrębowa struktura Kocka, a NW uskoki Grójca. Najpełniej zostały rozwinięte w centralnej części, tj. w obrębie wału Dęblin–Żyrzyn–Abramów–Lublin–Krasnystaw. W otworze Lublin IG1 nawiercono skały dewonu górnego, środkowego i dolnego – nieprzebity, o łącznej miąższości około 2800 m. W kierunku SE i NW ich miąższość maleje. W Izdebnio IG1 i Maciejowicach IG1 oraz w bloku Biłgoraj osady dewonu środkowego zostały prawie całkowicie zredukowane. Ku NW wał Lublina ulega rozczłonkowaniu na dwa ramiona: zachodnie (Wilczopole–Zemborzyce) i wschodnie (Świdnik–Dęblin). Wał ten przedłuża się poza Dęblin–Stężyce, poprzez okolice Maciejowic aż po uskoki Grójca, który stanowi N granicę obszaru występowania utworów dewonu (rys. 2 [W:] Dziewińska i Józwiak 2000).

Południowo-zachodni zasięg utworów karbonu ogranicza strefa uskoku, złożona z dwóch kulisowo ułożonych linii, Ursynów–Kazimierz oraz poprowadzonej wzdłuż otworów Gorzków IG1, Izbica IG1, Rachanie IG1 (uskoki Izbica–Zamość). Karboński basen osadowy jest podzielony na NE leżący na podniesionej części platformy EE i centralny położony w rowie lubelskim. Linię podziału stanowi zrębowa struktura Kocka. Całkowita miąższość osadów karbońskich w centralnej partii NE basenu waha się w granicach 430 m (Łopienik IG1) do 790 m (Busówno IG1). Utwory karbonu stopniowo wyklinowują się w kierunku NE.

W rowie lubelskim osady karbońskie osiągają znacznie większe miąższości: około 1800 m (Dęblin IG1), około 1600 m (Maciejowice IG1), około 1100 m (Lublin IG1). Dalej w kierunku SE – w centralnej części wału Dęblin–Lublin–Krasnystaw o skomplikowanej budowie tektonicznej, miąższość karbonu ulega redukcji np. do około 700 m (Łopiennik IG1), około 500 m (Świdnik 5).

Wyróżnione na wstępie jednostki różnią się od siebie budową geologiczną. Wyniesienie radomsko-kraśnickie charakteryzuje się silnie zaangażowanymi tektonicznie, sfałdowanymi utworami kambryjskimi, sylurskimi i szerokim pasem wychodni osadów dewońskich. Ze znanych od dawna profilów z wierceń np. Dyle IG1; Pionki 1,2; Lisów IG1 wynika, że jest to strefa sfałdowanych utworów kaledońskich. W związku z tym jako granicę sfałdowanego starszego paleozoiku, o dużych i zmiennych upadach, przyjmuje się umownie strefę uskoków Ursynów–Kazimierz i Izbica–Zamość. Płaszcz pokrywy dewońskiej jest stosunkowo gruby, potrzaskany z blokowo-fałdowym ułożeniem antyklin. W strefie pomiędzy rzekami Pilicą i Wisłą wyróżnia się brzeżny pas antyklin biegnący od Lisowa w kierunku Opola Lubelskiego (np. struktury Lisów, Ursynów, Pionki, Ciepeliów, Opole Lubelskie). W strefach ich elewacji występują na powierzchni podpermsko-mezozoicznej osady dewonu dolnego. Na wschód od Wisły widoczne są trzy zasadnicze elementy antyklinalne: Rachów, Kraśnik, Zakrzew. Antykliny te stanowią przedłużenie ciągów rozpoznanych na zachód od Wisły. Najslabiej są rozpoznane struktury przyuskokowe sąsiadujące ze strefą dyslokacyjną Ursynów–Kazimierz, np. Bełżyce, Świdwin.

1.3. Cel badań, ich zakres oraz wykorzystane materiały

Cel badań

W monografii przedstawiono wyniki kompleksowej interpretacji badań geofizycznych obszaru południowo-wschodniej Polski. W dewońsko-karbońskim układzie strukturalnym, analizowany obszar obejmuje podniesioną część platformy EE (wyniesienie łukowsko-hrubieszowskie), rów lubelski, wyniesienie radomsko-kraśnickie i częściowo jednostkę łysogórską. Od NW graniczy on ze strefą uskokowa Grójca. Struktura uskokowa Kocka wyznacza NE granicę rowu lubelskiego (Żelaźniewicz, red. 2011).

Podstawowym celem prac interpretacyjnych danych geofizycznych było uzyskanie nowych informacji o budowie geologiczno-strukturalnej kompleksu paleozoicznego i jego podłoża na terenie analizowanego obszaru. Dotyczą one głównie zmian miąższości poszczególnych formacji skalnych i ich stopnia zaangażowania tektonicznego oraz związków zachodzących między nimi. Zadanie to zrealizowano na podstawie geofizycznej analizy stref tektonicznych i związanych z nimi zagadnień pokrewnych.

Obszar badań znajduje się w strefie kontaktu prekambryjskiego kratonu EE z fanerozoiczną strefą mobilną Europy zachodniej i jednocześnie w strefie o silnie anomalnej budowie skorupy ziemskiej, zwanej strefą szwu transeuropejskiego (TESZ). Przedpole kratonu EE składa się z rozdzielonych głębokimi dyslokacjami bloków skorupy ziemskiej różniących się głębokością zalegania nieciągłości Moho. Zdaniem wielu badaczy przez obszar przebiega czoło deformacji waryscyjskich i kaledońskich (Pożaryski i Nawrocki 2000; Mazur i in. 2006; Krzywiec i in. 2017). Niezwykle ważne dla poznania budowy geologicznej w rejonie kontaktu platformy EE z jej SW przedpolem jest wyjaśnienie pozycji tych dwóch platform

względem siebie. Problemy tektoniki przedpola platformy EE w obszarze SE Polski są przedmiotem licznych dyskusji. Większość autorów, porównując budowę geologiczną wskazanego obszaru z wynikami badań geofizycznych, podkreśla znaczenie głównych stref dyslokacyjnych oraz zwraca uwagę na niedostateczny zasób informacji geofizycznych zawartych w materiałach stanowiących podstawę ich rozważań. Dotyczy to głównie: zasięgu głębokościowego wyników oraz rozdzielczości refleksyjnych obrazów sejsmicznych. W związku z tym, biorąc pod uwagę różne przedstawiane w literaturze koncepcje wglębnej budowy tego obszaru, w monografii zwrócono główną uwagę na elementy, które mogą stanowić materiał do dalszych analiz i dyskusji. W celu bardziej precyzyjnego i jednoznacznego odwzorowania danych sejsmicznych została zastosowana interpretacja przekrojów opracowanych w wersji EWO. Wykorzystano tu przekroje przetworzone w tym systemie w ramach innych projektów. Uwzględnienie wyników prac refrakcyjnych jest istotne dla zagadnienia ewolucji geologicznej kompleksu osadowego, która pozostaje w ścisłym związku z budową i rozwojem jego starszego podłoża.

Zakres opracowania

Opracowanie zawiera wybrane, przykładowe ilustracje z obszernego materiału graficznego dokumentującego zakres prac.

Wyniki pomiarów grawimetrycznych przedstawia rysunek 1, a anomalie pola magnetycznego – rysunek 2. Rysunek 3 pokazuje lokalizację sejsmicznych linii profilowych objętych interpretacją danych geofizycznych. Mapy granic sejsmicznych refrakcyjnych ilustrują rysunki 4 i 5. Zestawienie wyników prac geoelektrycznych rejonu Kock–Lublin–Zamość zawiera rysunek 6. Obraz granic refrakcyjnych uzupełnia rysunek 7.

Kompleksowa analiza i interpretacja wyników badań geofizycznych obejmuje osiem linii profilowych o kierunku przebiegu zbliżonym do NE-SW oraz dwie linie o kierunku NW-SE, prostopadłym do głównego kierunku strukturalnego (rys. 8–33). Wszystkie zostały poprowadzone wzdłuż wytypowanych regionalnych profili refrakcyjnych. Są to:

- 1b-VI/IX-64/65 (1b-65) – rysunek 8,
- 7-VI/68/69 (7-69) – rysunek 9, 30,
- 21b-VI-72 (21b-72) – rysunek 10,
- 1-X/VI-63/71 (1-63/71) – rysunek 11, 12, 13,
- 1-X/VI-64/71 (1-64/71) – rysunek 22,
- 2-VI/VII/IX-65/66/68 (2-68) – rysunek 23, 24,
- 8R-VII-74 (8R-74) – rysunek 26,
- 3-VII/IX/VI-66/68/69 (3-69) – rysunek 27,
- 2R-VI-69/71 (2R-71) – rysunek 28, 29,
- 1c-VII-65/66 (1c-66) – rysunek 32, 33.

Długość przekrojów została tak dobrana, aby w miarę możliwości objąć wszystkie cztery jednostki znajdujące się w analizowanym obszarze, którymi są: jednostka łysogórska, wyniesienie radomsko-kraśnickie, rów lubelski i wyniesienie łukowsko-hrubieszowskie. Dla wymienionych profili zostały zestawione i zinterpretowane odpowiednie wyniki badań

geofizycznych pod kątem wydzielenia elementów strukturalnych w obszarze brzeżnej strefy platformy EE. Większość profili przedstawia zestawienie i interpretację wyników badań sejsmicznych refrakcyjnych i refleksyjnych z dodatkowym wyeksponowaniem w powiększonej skali sekcji opracowanych w wersji EWO (rys. 15–21, 25, 31). Na kilku pokazano przebieg krzywych obrazujących rozkład wartości anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera i anomalii magnetycznych (rys. 11, 22, 26, 29). Część profili uwzględnia dane magnetoteluryczne (rys. 23, 27, 28). Trzy rysunki: 11, 14 i 26 przedstawiają wyniki przeprowadzonych modelowań. Są to profile objęte interpretacją ilościową na dwuwymiarowych modelach ośrodka, sporządzonych na podstawie danych sejsmiczno-geologicznych oraz parametrów geofizycznych: gęstości i podatności magnetycznej.

Przy konstrukcji przekrojów wykorzystano materiały zawarte w odpowiednich dokumentacjach sejsmicznych. Są to głównie „Reinterpretacja badań sejsmicznych refrakcyjnych” (Wojas kier. 1984) oraz wymienione publikacje uzupełnione aktualną interpretacją.

Bezpośrednim efektem przeprowadzonego studium są zaprezentowane przekroje geofizyczne z kompleksową interpretacją dotyczącą zależności między budową piętra paleozoiczno-mezozoicznego a tektoniką jego podłoża i skonstruowany na ich podstawie „Szkic głównych elementów strukturalnych wyznaczonych w wyniku interpretacji danych geofizycznych” (rys. 34).

Monografia zawiera podsumowanie i syntezę wieloletnich badań geofizycznych z obszaru łysogórsko-radomsko-lubelskiego i łukowsko-hrubieszowskiego. Przedstawia tematyczne i obszarowe rozwinięcie cyklu prac interpretacyjnych zawartych w następujących publikacjach:

1. „Zmiany litologiczne w utworach karbonu rowu lubelskiego w świetle interpretacji geofizycznej” (Dziewińska i Józwiak 2000). Zasadniczym przedmiotem tego artykułu jest analiza zmian litologicznych osadów karbonu z wydzieleniem serii piaskowcowych w ich obrębie oraz rozpoznanie budowy strukturalnej paleozoiku w NW i centralnej części rowu lubelskiego. Zastosowanie metody EWO pozwoliło na uzyskanie obrazu sejsmicznego o większej rozdzielczości, odzwierciedlającego litologiczne i tektoniczne zmiany wzdłuż kilku analizowanych profili. Praca ta nie wyczerpuje całkowicie zakresu interpretacyjnego przetworzonych przekrojów. Uzyskane wyniki zostały potraktowane jako materiał do dalszych interpretacji w ramach obecnego opracowania, obejmujących warstwy związane z utworami paleozoiku, w tym dewonu i głębsze. Do oceny prawidłowości w głębokościowej interpretacji przekrojów geofizycznych został m.in. wykorzystany opracowany wówczas „Szkic sejsmicznych elementów strukturalnych z izobatami granic refleksyjnych C/D w rowie lubelskim”.
2. Interpretacja badań geofizycznych w obszarze małopolsko-gielniowskim (Dziewińska i Petecki 2004a); Kompleksowa interpretacja badań geofizycznych N obrzeżenia Gór Świętokrzyskich” (Dziewińska i Petecki 2004b); „Model strukturalno-gęstościowy NW obrzeżenia Gór Świętokrzyskich na podstawie interpretacji pomiarów geofizycznych” (Dziewińska i in. 2000). W opracowaniach tych wykorzystano wyniki badań sejsmicznych refleksyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych. Uzyskano nowe dane o budowie

geologiczno-strukturalnej kompleksu permsko-mezozoicznego i jego podłoża, m.in. udokumentowano wyniki z nieosiągalnego w tamtym czasie metodami geofizycznymi dolnego paleozoiku. Określono główne cechy strukturalne jak zasięg, miąższość, wzajemne ułożenie utworów geologicznych w analizowanych rejonach. Zastosowana transformacja sejsmiczna EWO na wybranych profilach umożliwiła identyfikację refleksów sejsmicznych z utworów karbońsko-dewońskich oraz głębszych, o odmiennych planach strukturalnych. W obecnie przedstawianej publikacji zostały wykorzystane wyniki z części dotyczących rejonu radomskiego. Zostały one poddane aktualnej reinterpretacji, uwzględniającej nowe dane i bieżące zagadnienia. Mapa strukturalna przyspągowych utworów cechsztynu ułatwiła ocenę interpretacji w tym zakresie głębokościowym.

3. „Charakterystyka geofizyczna strefy brzeżnej platformy prekambryjskiej na odcinku Biało-brzezi–Janów Lubelski” (Bujnowski i Dziewińska 1981), z wykorzystaniem materiałów archiwalnych. W pracy przedstawiono wyniki interpretacji geofizycznej dla kilku przekrojów regionalnych wzdłuż profili refrakcyjnych z uwzględnieniem danych grawimetrycznych, magnetycznych i geoelektrycznych. Zasięg otrzymanych informacji sięga do głębokości poniżej spągu skał osadowych, w obręb skorupy ziemskiej.

Podstawowy materiał badawczy wykorzystany do przetwarzania i interpretacji wyników badań sejsmicznych refleksyjnych przedstawionych w monografii stanowią przekroje wykonane w ramach prac PGNiG SA: przez Geofizykę Kraków w latach 1986–1988 i przez Geofizykę Toruń w latach 1983, 1986 i 1994–1995. Prace te wchodzące w skład siatki profili o charakterze półszczełowym ukierunkowane były głównie na rozpoznanie budowy geologicznej obszaru pod kątem określenia perspektyw poszukiwań złóż węglowodorów. Regionalne badania sejsmiczne prowadzone przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych na zlecenie Państwowego Instytutu Geologicznego reprezentują w opracowaniu profile: refleksyjne z roku 1991 oraz refrakcyjne realizowane w latach 1963/1971 i poddane reinterpretacji w roku 1984. Reinterpretacja wyników badań refrakcyjnych (Wojas kier. 1984) zmieniła znacznie, w stosunku do pierwotnej wersji, obraz horyzontów sejsmicznych związanych ze skonsolidowanym podłożem. W związku z tym podstawą analiz, przeprowadzonych w ramach obecnej publikacji, jest aktualna archiwalna dokumentacja z roku 1984.

Aktualizacja i weryfikacja wyników dokonana w ramach przedstawianej monografii uwzględnia również inne materiały niepublikowane jak archiwalne opracowania badań sejsmicznych. Do takich należy zaliczyć też wyniki badań geologicznych z otworów wiertniczych, zawarte głównie w archiwalnych dokumentacjach geologicznych. Wiele opracowań profili głębokich otworów zostało opublikowanych w specjalnej serii „Profile Głębokich Otworów Wiertniczych PIG”.

Podstawą monografii są również dane pomiarowe pól potencjalnych, których źródła i analiza podane są w dalszej części opracowania.

2. Analiza obrazu anomalii grawimetrycznych oraz anomalii pola magnetycznego

2.1. Analiza obrazu anomalii grawimetrycznych

Obszar przedstawiany w publikacji jest w całości pokryty półszczegółowym zdjęciem grawimetrycznym i magnetycznym. W wyniku tych badań opracowana została zbiorcza mapa anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera w skali 1:500 000 (Królikowski i Petecki 1995). Odpowiednia mapa magnetyczna składowej pionowej Z została opracowana przez Zespół Państwowego Instytutu Geologicznego (Petecki i in. 2005).

W regionalnym ujęciu obszar badań pokrywa jeden z największych w Polsce wyżów grawimetrycznych, jakim jest wyż małopolski. Ograniczają go wyjątkowo intensywne strefy gradientowe: od NW Grójec–Łowicz i od NE Garwolin–Lublin–Zamość–Narol–Tomaszów Lubelski. Ta druga strefa wysokiego gradientu rzędu 30 mGali o generalnym przebiegu NW-SE rozdziela rejonny wyżowe od obszaru niżu grawimetrycznego położonego na NE. Jest ona związana z głębokim rozłamek tektonicznym. Jest strefa tektoniczna Kocka wyznaczająca NE ograniczenie rowu lubelskiego.

W obrębie wyżu wyróżniają się trzy maksima: świętokrzyskie (kieleckie), magnuszewskie i lubelsko-biłgorajskie. Najbardziej wysunięta na N dodatnia anomalia siły ciężkości z rejonu Magnuszewa obejmuje duży obszar NE części rowu lubelskiego. Jej N granica zbiega się wyraźnie z dyslokacyjnym obramowaniem rowu lubelskiego. SE ograniczenie tej anomalii przebiega od południowych okolic Dębłina w kierunku Czernic. Tworzy ono też granicę różnicującą układ przestrzenny i fację osadów karbońskich wewnątrz rowu lubelskiego.

Przeprowadzona w tej strefie w rejonie Dębłina interpretacja materiałów sejsmicznych w wersji EWO (rys. 25 i 31) wskazuje na dwudzielność obszaru.

Anomalia Magnuszewa jest odzwierciedleniem jednolitego bloku fundamentu platformy, obniżonego w stosunku do obszaru podlaskiego, a znacznie wyniesionego w stosunku do centralnej części rowu lubelskiego. Interpretacja wyników badań przeprowadzonych w otworze Magnuszew IG1, zlokalizowanym w centrum wyżu Magnuszewa, nie wyjaśnia dostatecznie pochodzenia tej anomalii. Anomalia łączy się wąskim pasem w okolicach Dębłina, z wyżem lubelsko-biłgorajskim. Wyż pokrywa zarówno rów lubelski, jak też wyniesienie radomsko-kraśnickie. Jest to również obszar głębokiego obniżenia podłoża krystalicznego, jak i największych anomalnych miąższości skorupy ziemskiej. Geneza tego regionalnego obrazu grawi-

metrycznego jest stale analizowana. Z pewnością jego źródła występują poniżej kompleksu osadowego, przy założeniu zmian petrograficznych (duże gęstości skał) – w podłożu krystalicznym. Według dotychczasowych interpretacji przyjmuje się, że obydwie te anomalie mają głębokie źródła (ponad 10 km) i należy je łączyć z podłożem krystalicznym. Niewykluczone są też intruzje skał zasadowych na mniejszych głębokościach, na co zwracano uwagę już wcześniej (Młynarski, red. 1982). Wyjaśnienie tego problemu przybliży też analiza wyników przedstawianych w monografii: rysunki 11 i 22 czy też modelowanie grawimetryczno-magnetyczne na jednym z profili regionalnych: Rachów–Lubartów–Parczew (rys. 26). Grawimetryczny wyż kielecki i wyż Magnuszewa rozdziela strefa o obniżonych wartościach pola grawitacyjnego położona w pasie Szwejki–Mogielnica–Nowe Miasto–do Przytyku, gdzie skręca na E do Lisowa i dalej do Iłży. Wzdłuż tej strefy występują dodatnie anomalie Mogielnicy i Iłży. Na odcinku pomiędzy Nowym Miastem a Białobrzegami zaznacza się wyraźna anomalia w badaniach magnetotellurycznych, która pokrywa się z dodatnią anomalią grawimetryczną, co wskazuje na wspólne źródło obu anomalii. Dodatnia anomalia Iłży stanowiąca przykład bezpośredniej korelacji z danymi sejsmicznymi, położona jest w rejonie, w którym według danych elektromagnetycznych występuje głęboko zakorzeniona w skorupie strefa spękań (Semenow i in. 1998).

Dominujący w rozkładzie anomalii Bouguera silny regionalizm maskuje i tłumii istniejące lokalne zaburzenia pola grawitacyjnego. Dopiero anomalie rezydualne (s. 116 [W:] Nawrocki i Becker, red. 2017) pokazują lokalne elementy. Na mapie tych anomalii, zarówno w rowie lubelskim, jak i na wyniesieniu radomsko-kraśnickim, dominują anomalie o kierunku NW-SE związane generalnie z budową strukturalną kompleksu dewon-karbon. Mapa ta pozwala na wyznaczenie głównych linii tektonicznych dzielących obszar na mniejsze jednostki tektoniczno-strukturalne. Na szczególną uwagę zasługują wyraźnie zarysowane linie ograniczające rów lubelski. W NE części obszaru lubelskiego (Parczew–Włodawa–Krasnystaw–Hrubieszów) w obszarze płytkiego zalegania podłoża krystalicznego obserwuje się zmianę kierunków osi anomalii na NW-SE.

Undulacje granic gęstościowych, jak również zmiany wartości gęstości w obrębie poszczególnych kompleksów tworzą ciała, które zaburzają obserwowany obraz siły ciężkości. Jak wykazała analiza wyników pomiarów ciężarów objętościowych (Dziewińska i Petecki 2004b; Dziewińska i Józwiak 2000), w omawianym obszarze anomalie rezydualne związane są głównie z utworami mezo- i paleozoicznymi. W poszczególnych częściach analizowanego obszaru są różne proporcje tych wpływów grawitacyjnych. W świetle przeprowadzonej analizy stosunków gęstościowych interpretacja map anomalii grawimetrycznych w zestawieniu z obrazem sejsmicznym pozwala na identyfikację elementów strukturalnych w utworach podpermских. W wymienionych opracowaniach pokazano, że granica gęstościowa karbonu/dewonu w wyraźny sposób odzwierciedla się w rozkładach anomalii rezydualnych. W obrębie utworów starszego paleozoiku anomalnotwórczy jest sylur i kambry. Ujemne anomalie grawimetryczne mogą być związane nie tylko z obniżeniami wypełnionymi ilowcowymi utworami karbońskimi o niskich gęstościach, ale też wyniesieniami osadów sylurskich w otoczeniu utworów cięższych. Wpływ ciał zaburzających z obrębu tych utworów na rozkład pól ano-

malnych przyjmuje różne proporcje w zależności od rejonu. Udowodniono dalej, że anomalie z nimi związane dobrze się korelują z danymi geologicznymi i sejsmicznymi.

Obraz sejsmiczny sylurskich wyniesień zdominowanych przez facje ilaste jest zbliżony do rejestrowanych nad wysadami solnymi. Na przekrojach sejsmicznych (np. rys. 8, 15, 16 i 17) są to strefy charakteryzujące się słabszymi wynikami w partiach centralnych wyniesienia i wyraźnymi refleksami w partiach skrzydeł. Na podstawie wyników interpretacji materiałów sejsmicznych można uzasadnić możliwość występowania różnego stopnia przebiccia nadkładu paleozoicznego, głównie dewonu. Jest to zgodne z poglądem Pelca (1999), którego zdaniem sylurski diapiryzm ilasty odegrał decydującą rolę w rozwoju strukturalnym obszaru lubelskiego, wyniesienia radomsko-kraśnickiego i rejonu łysogórskiego. Mechanizm jego powstawania jest prawdopodobnie zbliżony do mechanizmu przebijania się ku górze wysadów solnych, z udziałem ruchów podłoża. Przeprowadzona interpretacja wykazała, że wyciśnięte ku górze plastyczne osady syluru są umiejscowione w pobliżu wglębnych linii nieciągłości tektoniczno-litologicznych, przeważnie o kierunku przebiegu zbliżonym do południkowego (Dziewińska i Petecki 2004b).

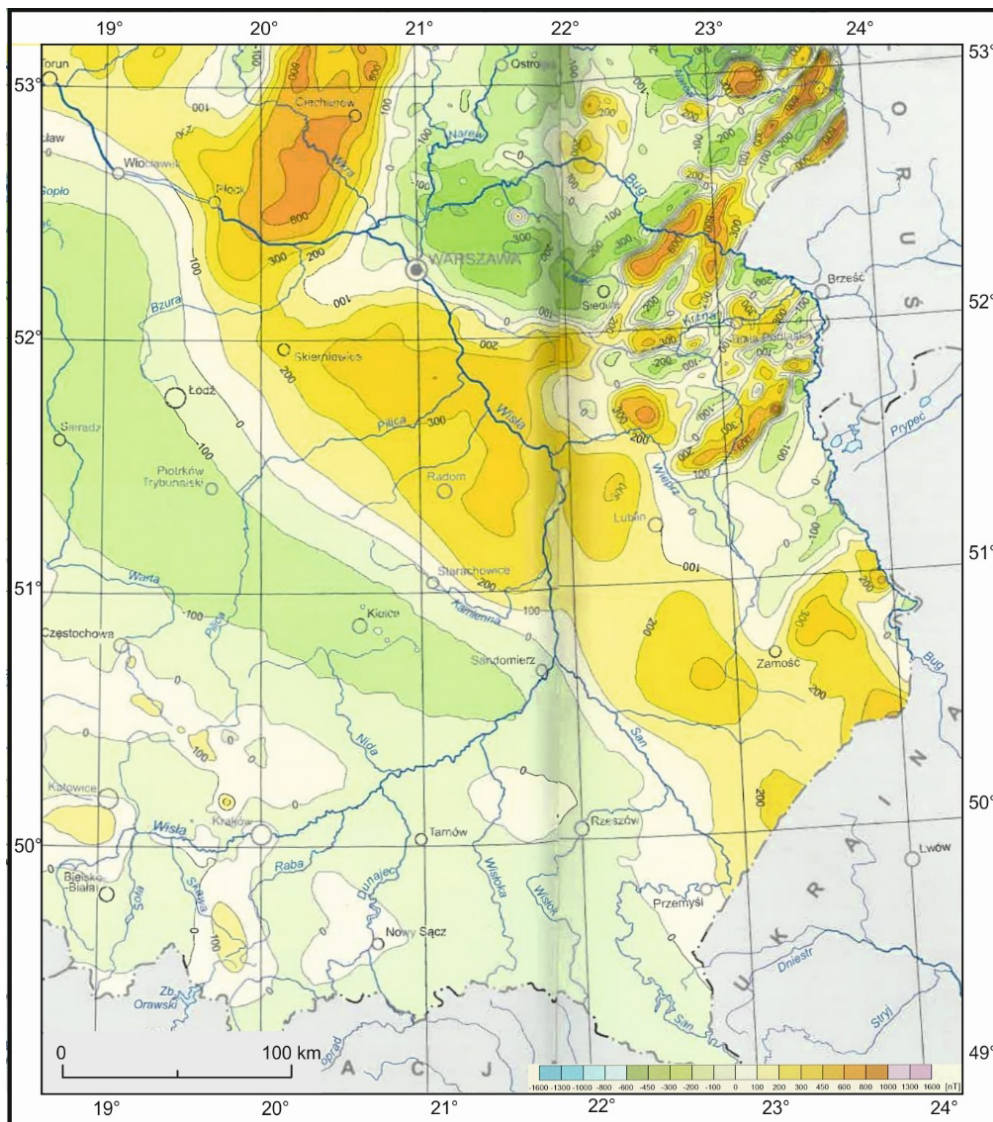
2.2. Analiza obrazu anomalii pola magnetycznego

Obraz pola magnetycznego w przedstawianym obszarze jest bardzo zróżnicowany (rys. 2). Podczas analizy i interpretacji obrazu anomalii magnetycznych przyjmuje się, że najważniejszymi tego czynnikami są: zróżnicowanie petrograficzno-mineralogiczne skał, główne elementy tektoniczne oraz głębokość występowania czynnego magnetycznie podłoża krystalicznego. W odróżnieniu od obrazu anomalii grawimetrycznych, na obraz magnetyczny nie ma wpływu kompleks skał osadowych.

Małe zmiany we właściwościach magnetycznych kompleksu skał osadowych wskazują, że anomalie magnetyczne mają związek z utworami prekambryjskimi. W obszarach, gdzie utwory prekambru występują płytko, anomalie są intensywne, mają nieduże powierzchnie, lecz są o dużych gradientach. W partiach głębokiego zalegania tych utworów, anomalie są mniej intensywne, o dużych powierzchniach i małych gradientach. W rejonie rowu lubelskiego, gdzie powierzchnia stropowa krystaliniku występuje na głębokości 8–10 km, obraz anomalny jest mało zróżnicowany. Niektóre z rejestrowanych anomalii magnetycznych są korelowane z anomaliami grawimetrycznymi (np. anomalia Magnuszewa); generalnie jednak obrazy te są rozbieżne.

Na mapie magnetycznej obserwuje się odmienne pod względem zróżnicowania obrazu anomalii obszary rozgraniczone strefami dużego gradientu poziomego. Wzdłuż linii przebiegającej w przybliżeniu od Tomaszowa Lubelskiego przez Krasnystaw, Łęczną, Lubartów w kierunku Warszawy rysuje się strefa dużego gradientu (górną skarpa) określana jako pierwszy stopień, względnie skłon, w czynnym magnetycznie podłożu krystalicznym, na NE od którego podłoże występuje płyciej, zaś na SW głębiej. Strefa ta pokrywa się z podobną strefą rysującą się w obrazie grawimetrycznym i wiązana jest z występującą w podłożu krystalicz-

nym strefą tektoniczną. Obszar położony na NE od tej strefy charakteryzuje się intensywnymi anomaliami magnetycznymi, różnego kształtu, o dominującym kierunku osi NE-SW. To zróżnicowanie obrazu magnetycznego jest wynikiem zróżnicowania petrologicznego skał podłoża krystalicznego. Rysujące się strefy dużego gradientu odzwierciedlają strefy kontaktowe pomiędzy odmiennymi pod względem własności magnetycznych skałami lub są to strefy dyslokacyjne oddzielające poszczególne bloki podłoża krystalicznego. Najintensywniejsze



Rys. 2. Anomalie pola magnetycznego Ziemi w obszarze SE Polski (na podstawie: Nawrocki i Becker red. 2017)

Fig. 2. Anomalies of the Earth's magnetic field in the area of SE Poland

anomalia notuje się w części N, gdzie podłoże występuje na niewielkiej głębokości. W miarę wzrostu głębokości podłoża maleje amplituda i gradient anomalii. Na obszarze położonym na SW od strefy gradientowej widać rozległy wyż magnetyczny z regionalnymi anomaliami Garwolin–Kozienice, Puławy–Lubartów, Turobin–Biłgoraj. Z powodu braku bezpośrednich danych, nie można w jednoznaczny sposób określić, czy te anomalie związane są z intruzjami skał zasadowych, czy wskutek tak dużej głębokości jest to efekt sumaryczny struktur metamorficznych. Niewielkie obszarowo anomalie magnetyczne mogą być wywołane obecnością skał wylewnych w obrębie paleozoiku i osadowego eokambru (wendu). Dwa pasma dodatnich anomalii magnetycznych o dużych wartościach: Grójec–Garwolin o trendzie E-W oraz Garwolin–Kozienice–Zwoleń o trendzie N-S, otaczają odpowiednio od N i E dodatnią anomalię Magnuszewa widoczną też na mapie anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera. Anomalię w rejonie Magnuszewa interpretował m.in. Petecki ([W:] Dziewińska i Petecki 2004) przyjmując, że jest to efekt intruzji występującej w górnej skorupie platformy EE i oceniając głębokość do stropu tego ciała na około 8–10 km. Można to powiązać z zasadową intruzją materii z dolnej skorupy i/lub górnego płaszczka. Związek anomalii grawimetrycznej z dodatnimi anomaliami magnetycznymi jest bardzo wyraźny z tym, że maksimum anomalii magnetycznej jest położone bardziej na NE w stosunku do anomalii grawimetrycznej.

Kolejna strefa gradientowa o trendzie zbliżonym do NW-SE rysuje się wzdłuż linii: rzeka San–Ostrowiec Świętokrzyski–Rozwadów–Iłża–Nowe Miasto. Jest to drugi stopień (dolna skarpa) wyznaczony w czynnym magnetycznie podłożu krystalicznym (Dąbrowski 1971). Strefa ta związana jest z SW granicą platformy EE różnie lokalizowaną przez poszczególnych autorów. Uzyskane wyniki interpretacji danych geofizycznych, w tym dwuwymiarowego modelowania grawimetrycznego i magnetycznego (rys. 19; zał. 96 [W:] Dziewińska i Petecki 2004b), wskazują na położenie krawędzi podłoża krystalicznego platformy EE wzdłuż linii Starachowice–Ostałów–Przysucha. Modelowanie danych elektromagnetycznych wzdłuż profilu przecinającego strefę gradientową w pobliżu Starachowic (Semenow i in. 1998) wskazuje na istnienie tu głęboko zakorzenionej w skorupie ziemskiej i wysoce przewodzącej pionowej strefy spękań. Bardzo dobra korelacja lineamentu magnetycznego M1 (Dziewińska i Petecki 2004b) z uzyskanym badaniami sejsmicznymi – obrazem strefy dyslokacyjnej Skrzywna, o głębokich założeniach geologicznych potwierdza tę lokalizację (rys. 16, 16a, 16b; Kowalczewski 2002).

Ta szeroka strefa gradientowa rozdziela dwa rejony, o odmiennych cechach i średnim poziomie pola magnetycznego. W obszarze NE dominują anomalie dodatnie, a w obszarze SW pole magnetyczne o ujemnych wartościach tworzy magnetyczną depresję rozciągającą się w kierunku NW. Na SW od tej strefy gradientowej obraz jest mało urozmaicony. Świadczy to o dużej głębokości, na jakiej występują skały krystaliczne lub o tym, że charakteryzują się one niewielkim zróżnicowaniem pod względem własności magnetycznych. Analiza wyników interpretacji ilościowej przeprowadzonej wzdłuż profilu Rachów–Parczew (rys. 26) wykazała, że istnieje wyraźny związek krzywej pomiarowej składowej pionowej magnetyzmu ziemskiego z głębokością podłoża krystalicznego i jego elementami magnetycznymi.

3. Stan rozpoznania geofizycznego

3.1. Stan rozpoznania sejsmicznego (sejsmika refleksyjna)

Dane sejsmiczne są obok otworów wiertniczych podstawowym źródłem wiedzy o budowie strukturalno-litologicznej rozważanego rejonu. Rysunek 3 przedstawia szkic sytuacyjny refrakcyjnych linii profilowych, wzdłuż których przeprowadzono interpretację wybranych sejsmicznych przekrojów refleksyjnych. Szczególnie liczne zdjęcia sejsmiczne wykonano w rejonie lubelskim, który stanowi jeden z głównych obszarów intensywnych poszukiwań węglowodorów. Zadaniem badań sejsmicznych refleksyjnych było rozpoznanie budowy geologicznej kompleksu paleozoicznego oraz bardziej jednoznaczne określenie stref tektonicznych. Dotyczy to zwłaszcza określenia stref kontaktu utworów syluru i dewonu oraz dewonu i karbonu, co jest istotne dla zagadnień geologii regionalnej. Zadaniem dodatkowym było rozpoznanie utworów mezozoicznych i cechsztyńskich. W obszarze lubelskim istotnym celem badań było również wyznaczenie stref redukcji i niezgodności śródkarbońskich, wyklinowań w utworach karbońskich i dewońskich oraz zlokalizowanie, określenie amplitud i kierunków zrzutów dyslokacji poprzecznych do głównych stref uskokowych, mających duże znaczenie dla powstania pułapek złożowych. Biorąc pod uwagę widoczne zagęszczenie prac sejsmicznych, rozpoznanie poszczególnych utworów należałoby ocenić wysoko. Pomimo dosyć wysokiego stopnia konsolidacji utworów podpermskich, na profilach refleksyjnych występują też fragmenty głębszych granic. Jednak niedostateczna rozdzielczość zapisu sejsmicznego, podkreślana w wielu publikacjach, utrudnia jednoznaczne ustosunkowanie się do różnych problemów dotyczących wyjaśnienia złożonej budowy geologicznej analizowanego obszaru. W celu uzyskania obrazu sejsmicznego o zwiększonej rozdzielczości zapisu, wykorzystano w większości profile, dla których wykonano, w ramach innych opracowań, proces przekształcenia falowych sekcji sejsmicznych w przekroje efektywnych współczynników odbicia (EWO). Wcześniejsze opracowania (Dziewińska i Józwiak 2000; Dziewińska i Petecki 2004b; Dziewińska i Tarkowski 2012, 2016a, 2016b, 2018a; Dziewińska i in. 2011, 2017, 2020; Speczik i in. 2011, 2012, 2020) z zastosowaniem tej metody do rozwiązywania szeregu zagadnień związanych z bardziej dokładnym wyznaczeniem warstw geologicznych określonych wstępnie na podstawie danych sejsmicznych, potwierdziły użyteczność i celowość jej wykorzystania również do zadań obecnych. Podstawy metodyczne opracowania i interpretacji sekcji EWO zostały szczegółowo przedstawione m.in. w monografii pod red. Dziewińska i Tarkowski 2018a.

Interpretacja stratygraficzna obrazu EWO, w przypadku braku dostatecznej ilości głębokich otworów, bywa na obecnym etapie rozpoznania trudna i niepewna. Wówczas ogranicza się tylko do sprecyzowania charakteru struktur tworzących kompleks dolnopaleozoiczny, szczególnie, gdy są to jedynie pojedyncze pakiety EWO.

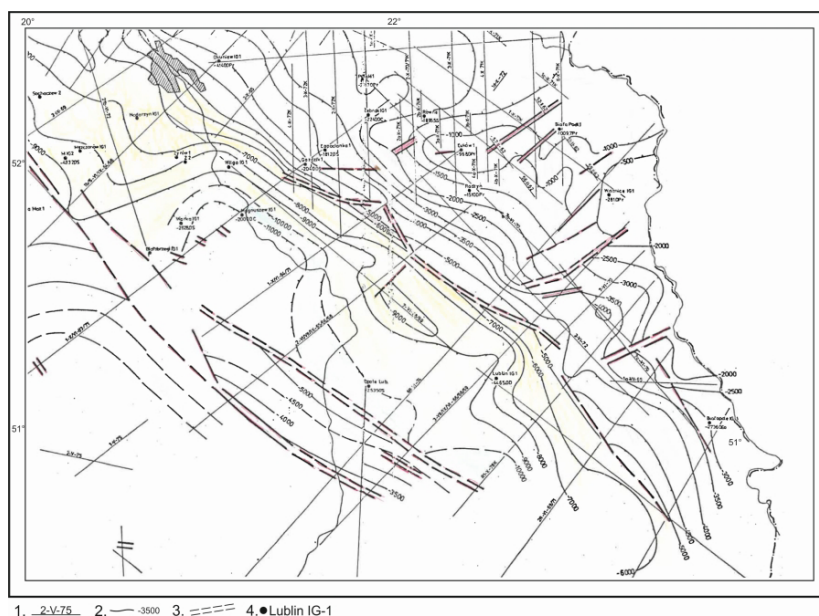
W pracach interpretacyjnych opracowania wykorzystano też mapy horyzontów sejsmicznych: Mapa strukturalna przyspągowych utworów cechsztynu (rys. 8g [W:] Dziewińska i Petcecki 2004b); Szkic sejsmicznych elementów strukturalnych – izobaty granic refleksyjnych C/D w rowie lubelskim (rys. 2 [W:] Dziewińska i Józwiak 2000)

3.2. Charakterystyka wyników badań sejsmiki refrakcyjnej

Badania refrakcyjne prowadzone były przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych (PBG) początkowo w postaci sondowań, a następnie profilowań refrakcyjnych. Za istotne uważa się badania z lat 1963–1978, których zadaniem było dostarczenie informacji o skonsolidowanym podłożu (o prędkości granicznej – V_g około 6000 m/s). Do interpretacji wykonanej w ramach monografii, spośród siatki profili zrealizowanych w ramach programu regionalnych profili refrakcyjnych, zostało wybranych osiem przekrojów o kierunku zbliżonym do NE-SW oraz dwa przekroje wiążące o kierunku NW-SE (rys. 4, 5, 7). Profile te przecinają w większości, wymieniane już, cztery jednostki geologiczne. Są to wymieniając od SW: jednostka łysogórska, wyniesienie radomsko-kraśnickie, rów lubelski, lubelsko-podlaska część platformy EE (wyniesienie łukowsko-hrubieszowskie). Osiem profili biegnie poprzecznie do rozciągłości głównych struktur, dwa zaś równoległe. Przeprowadzona w 1983 roku reinterpretacja wyników prac sejsmiki refrakcyjnej zakończyła się ich podsumowaniem w postaci zbiorczego opracowania z obszaru warszawskiego i lubelskiego (Wojas kier. 1984). Wyniki badań zostały przedstawione w formie przekrojów głębokościowych otrzymanych na podstawie ponownej interpretacji obrazu falowego. Podstawową zmianą wprowadzoną w reinterpretacji w stosunku do dokumentacji źródłowej było wydzielenie w obrazie falowym i interpretacji głębokościowej dwóch granic związanych z podłożem skonsolidowanym, nazwanych odpowiednio: głębsze – starsze podłoże i płytsze – młodsze podłoże. Na większości profili podłoże starsze, które koreluje się z podłożem krystalicznym (lub wylewnymi skałami eokambryjskimi na platformie EE) prześledzono generalnie tylko do rowu lubelskiego włącznie. Nie oznacza to, że w kierunku SW granica ta się nie kontynuuje. Prawdopodobnie ze względu na ówczesne ograniczenia techniczne nie było możliwości jej prześledzenia na wyniesieniu radomsko-kraśnickim. Ze wzrostem głębokości obserwuje się wyraźne zwiększenie wartości prędkości granicznych. Na wyniesionej części platformy EE prędkości graniczne V_g utrzymują się przeważnie w granicach 6000–6200 m/s a w centrum rowu lubelskiego wahają się od 6300 do 6700 m/s. Nad podłożem starszym występuje druga granica o V_g od 6100 do 6500 m/s wiązana z podłożem młodszy i może ona nie odpowiadać jednej ciągłej powierzchni lecz utworom różnowiekowym. Należy podkreślić, że granica ta nie wiąże się falowo z korelowanym w centrum i na NE skrzydle rowu lubelskiego starszym podłożem.

Wydzielenie na profilach tych dwóch niezależnych granic jest bardzo wyraźne w obrazie falowym. Umożliwiła to oddzielna interpretacja wyników odpowiednio z NE skrzydła rowu lubelskiego, wyniesienia radomsko-kraśnickiego oraz jednostki łysogórskiej bez łączenia poszczególnych grup fal, jak postępowano wcześniej. Granica interpretowana jako podłoże młodsze manifestuje się wejściem fal w dalszych impulsach i zdecydowaną zmianą wartości V_g . Przeprowadzone prace pozwoliły odnaleźć strefę bezpośredniego kontaktu skonsolidowanego podłoża o dwóch różnych stopniach konsolidacji. Jest to obszar, gdzie zachowały się silne kontrasty sejsmiczne dla obu rodzajów podłoża: starszego krystalicznego i młodsze stosunkowo słabiej skonsolidowanego, co umożliwiło jednoczesną rejestrację tych dwóch rodzajów podłoża. W pozostałych obszarach rejestracje pochodzą tylko od jednego silniej odwzorowanego podłoża, jednego lub drugiego typu.

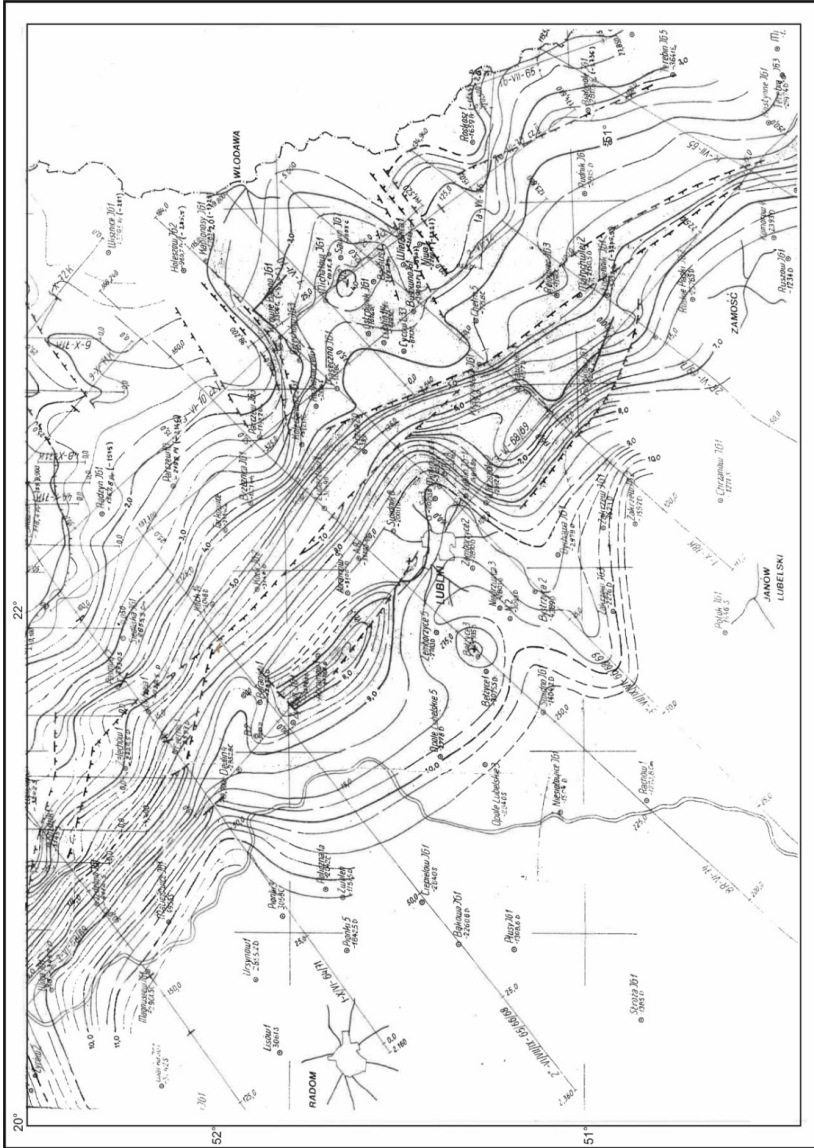
Obraz ten pokazuje, że rów lubelski i wyniesienie radomsko-kraśnickie są rozwinięte na jednorodnej platformie prekambryjskiej (podłoże starsze), nad którą w części SW występuje podłoże młodsze. Strefa graniczna jednoczesnego śledzenia dwóch rodzajów horyzontów sięga na NE do linii Izdebnó–Puławy–Zamość. W morfologii starszego podłoża ma to miejsce w SW części jego wyraźnego obniżenia. Materiał ten może być włączony do dyskusji na temat rodzaju skał występujących w podłożu rejonu lubelskiego.



Rys. 4. Mapa strukturalna granicy sejsmicznej refrakcyjnej o prędkości granicznej 5800–6500 m/s (wg Młynarskiego 1984, fragment).

- 1 – profile sejsmiczne refrakcyjne z numerami profili; 2 – izobaty granicy sejsmicznej [m];
3 – strefy dyslokacyjne; 4 – otwory wiertnicze

Fig. 4. A structural map of the refractive seismic boundary with a velocity limit of 5800–6500 m/s



1. ⊙ Lisów1
306 TS

2. 8R-VI-784

3. —•—•—

4. —•—•—

Rys. 5. Mapa strukturalna granicy sejsmicznej refrakcyjnej związanej ze starszym podłożem, niepublikowana (wg Wojasa kier. 1984, fragment)
1 — otwory wiertnicze i głębokość dowiezionych skał; 2 — profile refrakcyjne z numerami profili; 3 — izolinie głębokości [km]; 4 — strefy dystrykcyjne

Fig. 5. Structural map of the refractive seismic boundary associated with the older underlying rocks, unpublished

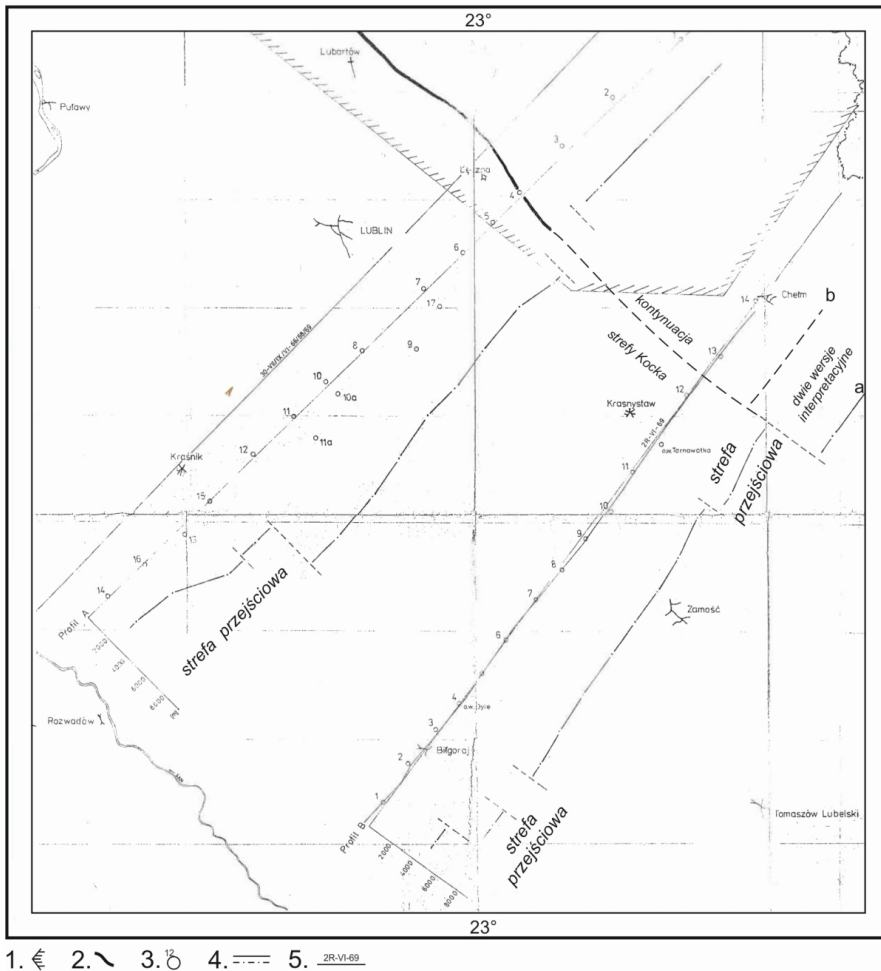
Granica refrakcyjna o prędkości granicznej ponad 6000 m/s wiązana ze skonsolidowanym podłożem starszym została prześlędzona prawie na wszystkich profilach. Efekt końcowy został wyrażony w postaci szkicu strukturalnego tej granicy z izoliniami co 250 m (rys. 5). Mapa ta uwzględnia wprowadzone w wyniku reinterpretacji materiałów zmiany w stosunku do zamieszczonej dla porównania poprzedniej wersji (rys. 4) autorstwa Młynarskiego (1984). Otrzymany obraz wskazuje na duże zróżnicowanie głębokościowe od 500 do 5000 m na platformie EE do 11 000 m w rowie lubelskim. Na wszystkich profilach o kierunku SW-NE podłoże szybko zapada z NE w stronę centrum rowu lubelskiego, gdzie zalega prawie płasko. Szerokość skłonu wynosi od około 40 km w części północnej do około 20 km w rejonie Lublina. Sumaryczne przegłębienie granicy np. od otworu Goździk 1 do otworu Maciejowice IG1, wynosi ponad 7 km (rys. 12). Na SE od Lublina szerokość skłonu ponownie rośnie, a jego nachylenie wyraźnie maleje. W konsekwencji w SE części rowu lubelskiego granica refrakcyjna wiązana z podłożem starszym występuje znacznie płycej.

3.3. Zakres prac geoelektrycznych

W obrębie analizowanego obszaru metodą magnetotelluryczną przeprowadzono dotychczas niewiele prac. W latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku wykonano prace na dwóch profilach regionalnych, których lokalizację przedstawia rysunek 6. Dwa przekroje głębokościowe stanowią wynik tych badań. Mimo ówczesnych ograniczeń technicznych wnoszą dużo istotnych informacji. Sondowanie magnetotelluryczne oznaczone literą A zostało wykonane na profilu równoległym do profilu refrakcyjnego 3-VII/IX/VI-66/68/69. Sondowanie oznaczone jako B wykonano wzdłuż profilu refrakcyjnego 2R-VI-69/71. Korelacja wyników tych dwóch metod została przedstawiona dalej (rys. 27 i 28). Dominującym elementem na załączonym fragmencie mapy zestawczej jest też wyznaczona na podstawie badań tellurycznych oś struktury Kocka o przebiegu NW-SE, z możliwością kontynuacji dalej w kierunku SE.

Należy też wspomnieć o badaniach tellurycznych wykonanych wzdłuż rzeki Pilicy, które na odcinku pomiędzy Nowym Miastem a Białobrzegami dotyczą omawianego obszaru. Na tym właśnie odcinku (rejon Mogielnicy) zaznacza się wyraźna dodatnia anomalia, która pokrywa się z przytaczaną już dodatnią anomalią grawimetryczną, co wskazuje na wspólne źródło obu anomalii.

Należy tu także wymienić kompleksowe głębokie sondowania geomagnetyczne przeprowadzone przez Instytut Geofizyki PAN (Semenow i in. 1998) w rejonie Gór Świętokrzyskich, które m.in. obejmują rejon w pobliżu Starachowic. Wyniki modelowania danych pomiarowych wzdłuż linii Bąkowa–Ciepielów–Łagów przedstawia rysunek 23.



Rys. 6. Zestawienie wyników prac geoelektrycznych rejon Kock–Lublin–Zamość. Interpretacja pomiarów magnetotellurycznych na podstawie Bujnowskiego i Dziewińskiej 1981, uzupełniona (materiał niepublikowany).
 1 – obszar objęty badaniami elektrycznymi-tellurycznymi; 2 – oś struktury Kocka wg badań tellurycznych;
 3 – sondowania magnetotelluryczne; 4 – przekrój głębokościowy opracowany na podstawie badań magnetotellurycznych; 5 – profil refrakcyjny

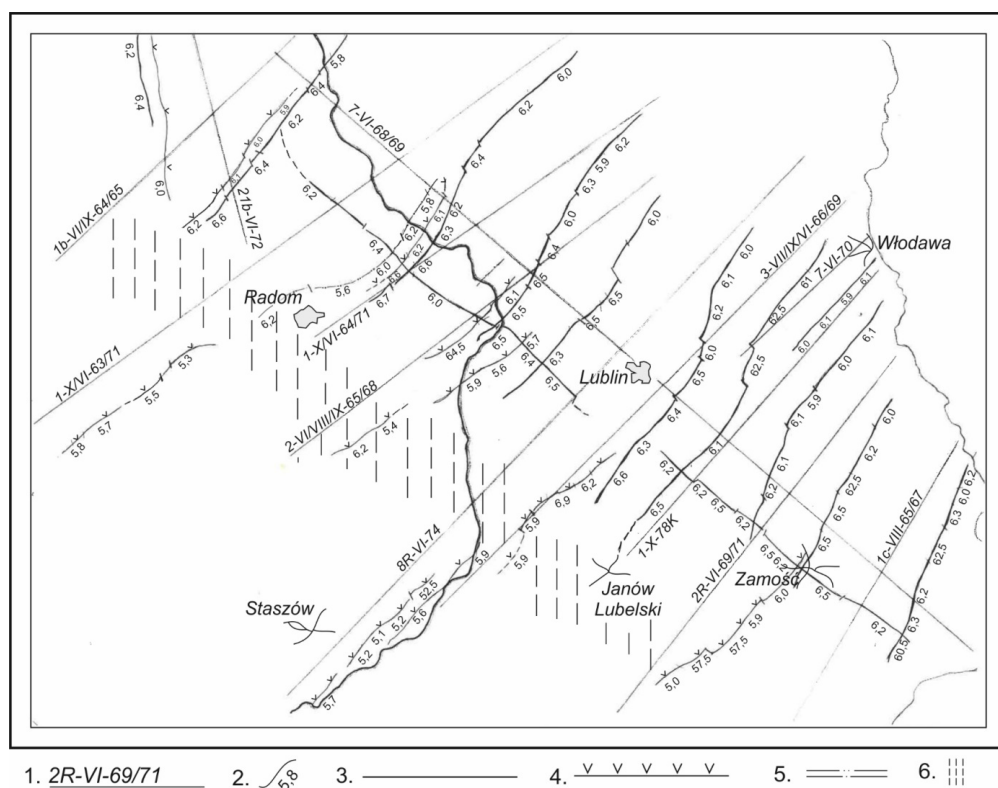
Fig. 6. A summary of the results of the geoelectric survey in the Kock–Lublin–Zamość region

3.4. Interpretacja wyników badań sejsmiki refrakcyjnej

Szkic sytuacyjny interpretowanych profili z kładami granic refrakcyjnych pokazuje rysunek 7. Jest to obraz przekrojów refrakcyjnych z wartościami prędkości granicznych V_g w km/s ($\text{km/s} \cdot 10^3 = \text{m/s}$) strefami nieciągłości, przedstawionych w formie rzutów na

płaszczyznę poziomą. W ramach powołanej wcześniej reinterpretacji materiałów (Wojas kier. 1984) została przeprowadzona szeroka analiza prędkości granicznych, znajomość których jest bardzo pomocna w wykrywaniu i lokalizacji stref tektonicznych. Na ogół w rejonie dyslokacji powstaje anomalia V_g ujemna na skrzydle zrzuconym i dodatnia na skrzydle podniesionym.

Charakter i jakość wyników wzdłuż profili refrakcyjnych odzwierciedla różną budowę geologiczną poszczególnych jednostek strukturalno-tektonicznych. W części podniesionej platformy obserwuje się przeważnie tylko jedną falę o V_g ponad 6000 m/s, łagodnie wypływającą się w kierunku NE. Stwierdzona w strefie Garwolin–Łęczna dyslokacja w horyzoncie o V_g około 6000 m/s (rys. 5), rozdzielająca rów lubelski od podniesionej części platformy, stanowi jednocześnie granicę z rejonem łącznie rowu lubelskiego i wyniesienia radomsko-kraśnickiego o skomplikowanym obrazie falowym, w którym pojawia się kilka grup fal



Rys. 7. Szkic sytuacyjny interpretowanych profili z kładami granic refrakcyjnych, niepublikowany (na podstawie dokumentacji Wojasa kier. 1984).

- 1 – profile refrakcyjne z nr. profili; 2 – rzut przekroju i wartość prędkości granicznej w km/s;
- 3 – granice związane ze starszym podłożem; 4 – granice związane z młodszym podłożem;
- 5 – granice śledzone w obrębie paleozoiku; 6 – strefa przejściowa śledzenia horyzontów refrakcyjnych związanych z utworami o różnym stopniu konsolidacji

Fig. 7. The situational plan of the interpreted profiles with refractive boundaries, unpublished

odpowiadających różnym granicom. Sytuacja ta dotyczy szczególnie strefy przejścia z rowu lubelskiego na wyniesienie radomsko-kraśnickie. Potwierdzona została badaniami refrakcyjnymi blokowa budowa podłoża krystalicznego, także w rowie lubelskim.

Głębokościowa granica wiązana z podłożem starszym została dowiązana do głębokich otworów tylko w NE częściach przekrojów, gdzie jest związana ze stropem proterozoicznego podłoża krystalicznego. W części podniesionej platformy podłoże krystaliczne ulega stopniowo łagodnemu zagłębieniu ku SW i jedynie na linii NE rowu lubelskiego obserwuje się bardziej gwałtowne przegięcie połączone z istnieniem strefy dyslokacyjnej wzdłuż linii Garwolin–Łęczna o zrzucie do 1 km. Lokalizacja tej strefy pokrywa się na odcinku Kock–Doruchuca z wydzieloną na podstawie wyników badań magnetycznych górną skorupą w podłożu magnetycznie czynnym. Również na podstawie rezultatów badań tellurycznych wykonanych w okolicy Kocka wyróżniony jest uskok w podłożu krystalicznym zrzucający jego skrzydło SW (rys. 6).

Wyniki badań refrakcyjnych w rowie lubelskim i na przyległym wyniesieniu radomsko-kraśnickim są bardziej skomplikowane. W centrum rowu wydzielono w skrajnym przypadku pięć granic refrakcyjnych odpowiadających różnym formacjom geologicznym, z których najgłębszą wyznaczono na głębokości około 11 km.

W jednostce łysogórskiej obserwowany jest inny obraz, śledzą się dwie granice (rys. 11 i 26) o V_g od 5000 do 5800 m/s, czyli o wartościach znacznie mniejszych niż na pozostałym obszarze. Granice te nie korelują się w sposób ciągły z granicami na wyniesieniu radomsko-kraśnickim ze względu na skomplikowaną budowę strefy przejściowej. Wyjątek stanowi profil 2R-VI-69/71 (rys. 28 i 29), gdzie granica ta jest wspólnie interpretowana. Małe prędkości graniczne, ich wzrost z głębokością oraz stosunkowo dynamiczny zapis na hodografach wskazują, że granice w tym obszarze należy wiązać ze skałami osadowymi o zwiększającej się konsolidacji wraz z głębokością. Ze względu na brak dostatecznie głębokich wierceń trudno jest jednoznacznie wnioskować o geologicznym dowiązaniu granic, ograniczając się do charakterystyki wgłębnej budowy ośrodka na podstawie samego kształtu granic.

Zróżnicowanie zasięgu informacji geologicznej ma zasadniczy wpływ na dokładność wyników interpretacji. Na terenie rowu lubelskiego brak odpowiednio głębokich otworów powoduje, że dane geofizyczne (w tym refrakcyjne) odnoszące się do głębokości występowania podłoża skonsolidowanego są jedyną informacją o miąższościach osadów paleozoicznych. Jednak są pewne ograniczenia. Należy uwzględnić, że określenie głębokości poziomu refrakcyjnego może być obciążone błędem spowodowanym brakiem możliwości przyjęcia właściwego rozkładu średnich prędkości. Nie ma też pewności, czy to jest zawsze ten sam poziom stratygraficzny.

Głębokie granice refrakcyjne wiązane z podłożem i dolnym paleozoikiem na ogół nie mają bezpośredniego potwierdzenia w wynikach badań refleksyjnych ze względu na trudności z ich uzyskiwaniem na tych głębokościach. Natomiast w większości zarejestrowane fragmenty granic refleksyjnych układają się współliniowo z granicami refrakcyjnymi. Zgodność układu granic ma duże znaczenie dla oceny poprawności interpretacji, szczególnie tych ostatnich. Porównanie tych dwóch metod stanowi wzajemne uzupełnienie wyników badań

i jednocześnie daje pogląd na ich możliwości interpretacyjne. Na niektórych profilach refrakcyjnych interpretowana jest fala o V_g równa 5000–5600 m/s wiązana z kompleksem węglanowym dolnego karbonu lub utworami dewonu. Konfrontacja z wynikami badań refleksyjnych w wersji EWO potwierdza ich korelację (rys. 12). Inny przykład obrazuje profil refrakcyjny 2–68 (rys. 24), na którym widać zapadanie granicy przypisanej utworom dewońskim w kierunku osi rowu lubelskiego. W niektórych miejscach na profilach 1-63/71 (rys. 11, 12, 13) i 1-64/71 (rys. 22) uzyskano także rejestrację fali charakteryzującej zaleganie starszego paleozoiku.

4. Zintegrowana analiza, interpretacja i ocena uzyskanych wyników wzdłuż poszczególnych profili

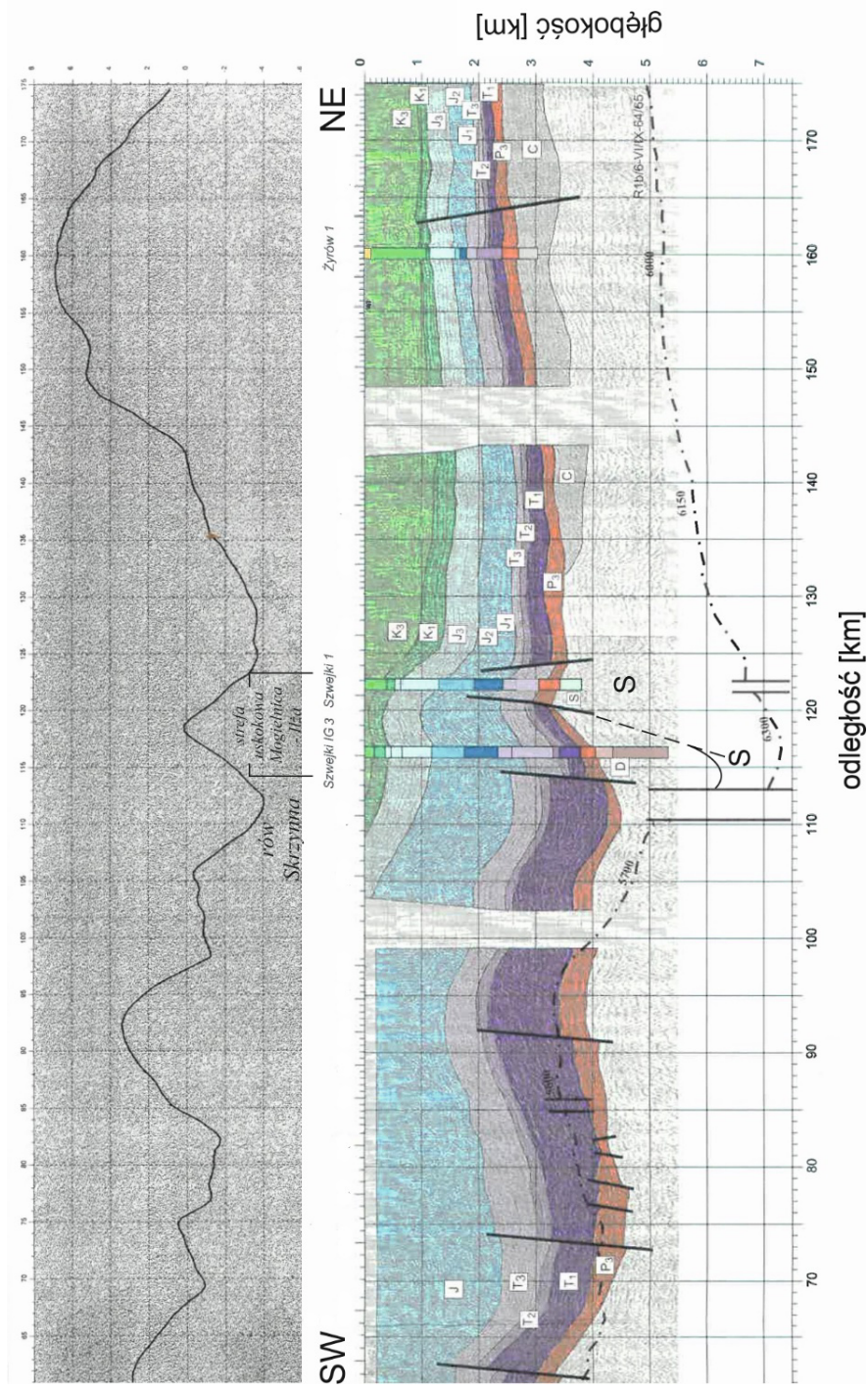
4.1. Rejon struktury Szwejki

Rysunek 8 przedstawia wyniki badań sejsmicznych refleksyjnych z rejonu zaangażowanej tektonicznie struktury Szwejki i wykres anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera, wzdłuż fragmentu profilu refrakcyjnego 1b/65.

Na podstawie analizy danych z wierceń (Szwejki 1 i Szwejki IG3) i wyników badań sejsmicznych (Dziwińska i Petecki 2004a) można stwierdzić, że struktura Szwejki jest blokowym, antyklinalnym wyniesieniem, ograniczonym od SW i NE strefami dyslokacyjnymi o kierunku przebiegu NW-SE w obrazie powierzchniowym. W otworze Szwejki 1 nie stwierdzono obecności utworów dewonu, pod utworami cechsztynu występuje zaburzony kompleks osadów syluru górnego związany z sylurskim wyniesieniem. Otwór Szwejki IG3 znajduje się na bloku obniżonym. Budowa geologiczno-tektoniczna rejonu Szwejki dowodzi, że rejon ten znajduje się w strefie dzielącej obszar o różnym stopniu subsydencji w cechszynie. Na podstawie wyników z wierceń Szwejki 1 i Szwejki IG3 można sądzić, że w tym segmencie strefy T–T występuje poprzeczne przemieszczenie skał geologicznych (Marek, red. 1983).

Wyniki prac refrakcyjnych przedstawione w postaci rzutu przekroju refrakcyjnego 1b/65 potwierdzają określone powyżej związki. W świetle rezultatów badań refrakcyjnych fragment rozległej dodatniej anomalii grawimetrycznej z okolic Żyrowa znajduje się już w obszarze płytszego zalegania utworów skonsolidowanego podłoża krystalicznego. Rejon otworów Szwejki 1 i Szwejki IG3 znajduje się w zasięgu maksymalnego obniżenia podłoża krystalicznego. W kierunku NE obserwuje się znaczne spłylenie występowania skał paleozoicznych i podłoża krystalicznego. Strefa ta stanowi jednocześnie granicę zasięgu śledzenia najgłębszego horyzontu refrakcyjnego o prędkości granicznej 6150–6300 m/s.

Zestawienie profilu refrakcyjnego z przekrojem geologicznym (Marek, red. 1983) wskazuje, że głębokości do podłoża między wierceniami Okuniew IG1 i Nadarzyn IG1 zgadzają się z dokładnością większą niż 500 m. W okolicy Nadarzyna pojawia się płytsza granica o wartości V_g około 6000 m/s na głębokości występowania utworów kambru, określonej na przekroju geologicznym. W rejonie otworu Mszczonów IG2 granica płytsza i głębsza występują około 500 m głębiej niż interpretowano na przekroju geologicznym osady kambru i podłoża. Rozbieżności te mieszczą się w granicach błędu.



Rys. 8. Rejon struktury Szwejki. Przekrój sejsmiczno-geologiczny z anomaliami grawimetrycznymi w redukcji Bouguera wzdłuż profilu refrakcyjnego 1b-VI/IX-64/65 (fragment). Interpretacja na podstawie Dziewińskiej i Peteckiego 2004b, uzupełniona

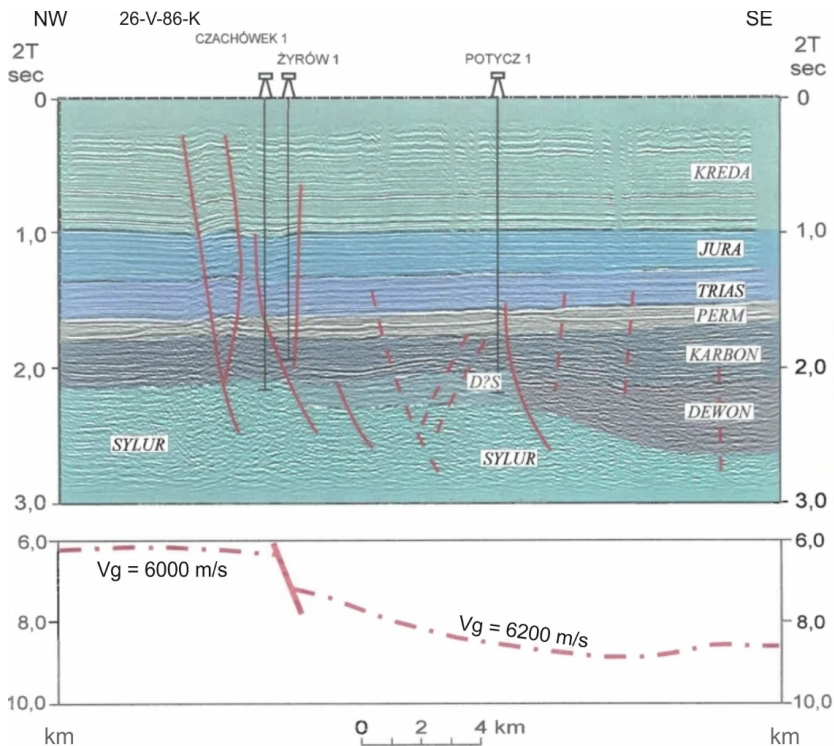
Fig. 8. Area of the Szwejka structure. Seismic-geological cross-section with gravimetric Bouguer anomalies along with the refractive profile 1b-VI/IX-64/65 (fragment)

Istotnym efektem interpretacji są zaznaczające się elementy strukturalne w rejonie wierceń Szwejki, które świadczą o przedłużaniu się w kierunku NW zarówno strefy uskokowej Mogielnica–Iłża, jak i przylegającego do niej po stronie SW rowu tektonicznego Skrzynna.

4.2. Rejon strefy uskokowej Grójca

Część NE strefy dyslokacyjnej Grójec–Żyrów ilustrują dwie linie sejsmiczne.

Rysunek 9 przedstawia interpretację wyników badań sejsmicznych refleksyjnych z rejonu Żyrów–Potycz na tle NW fragmentu przekroju refrakcyjnego 7/69. Otrzymany obraz pokazuje, że amplituda uskoku Grójca, spowodowana kontrastem występowania utworów sylurskich niecki warszawskiej z utworami dolnego karbonu w rowie lubelskim jest bardzo duża i wynosi co najmniej wartość równą miąższości osadów dewonu i dolnego karbonu. Uskok



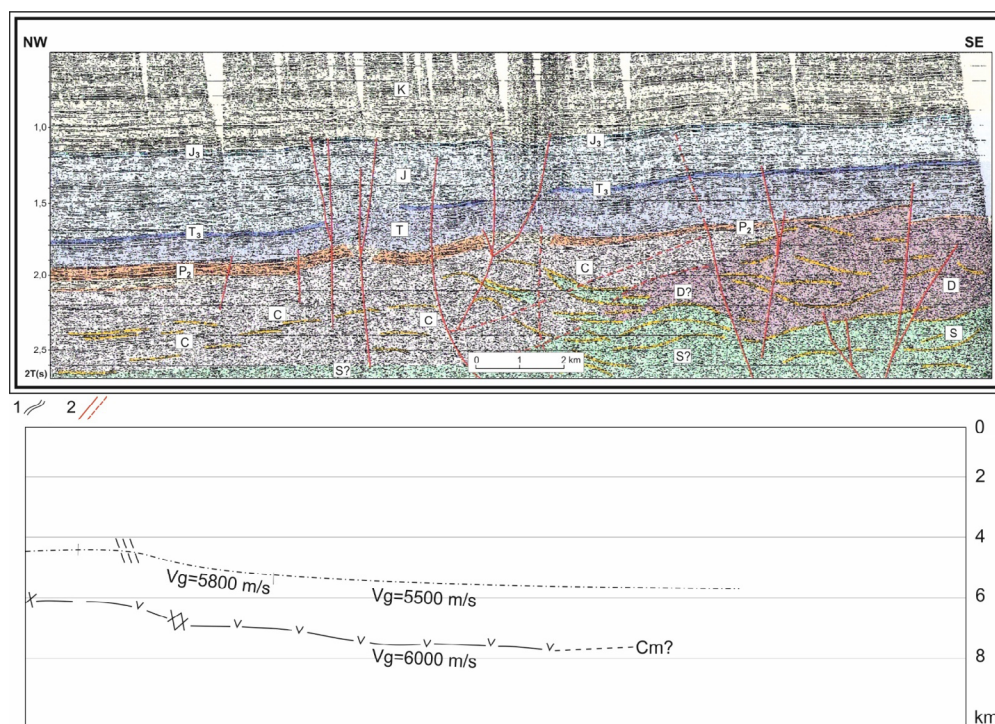
Rys. 9. Strefa uskokowa Grójca (rejon Żyrów–Potycz).

Interpretacja wyników badań sejsmicznych refleksyjnych na tle przekroju refrakcyjnego 7-VI-68/69 (NW fragment) na podstawie Dziewińskiej i Peteckiego 2004a (materiał niepublikowany)

Fig. 9. Fault zone of Grójec (Żyrów–Potycz area). Interpretation of the results of seismic reflection survey against the background of the 7-VI-68/69 refraction section (NW fragment)

wyznaczony w horyzoncie refrakcyjnym w rejonie strefy uskokowej Grójca wskazuje na jej bardzo głębokie założenia tektoniczne. Potwierdzają to wyniki głębokiej sejsmiki refrakcyjnej wzdłuż profilu CEL 03 (Janik i in. 2005) i bardzo silny gradient pola grawitacyjnego. Zaangażowanie tektoniczne w utworach mezozoicznych jest małe. Jedyne w rejonie Żyrowa strefa dyslokacyjna obejmuje utwory kredowe i jurajskie.

Wyniki z rejonu strefy grójeckiej przedstawione na rysunku 10 obejmują SE fragment przekroju refrakcyjnego 21b/72 oraz interpretację przekroju sejsmicznego (14-V-87K) opracowanego w formie EWO. Brak otworów położonych bezpośrednio na linii przekroju utrudnia bliższe dowiązanie litologiczne warstw oraz pięter stratygraficznych. Dla dowiązania stratygraficznego serii litologicznych wykorzystano także dane korelacyjne z innych sekcji czasowych. Na przekroju stosunkowo dobrze została prześledzona wysokopiętrowa warstwa wiązana z przystropowymi osadami jury górnej, która może odpowiadać serii wapieni. W stropie tej warstwy występuje wkładka mułowcowo-ilasta. Kompleksy z utworów triasu a także dolnej jury na dłuższych odcinkach są praktycznie bardzo trudne do śledzenia.



Rys. 10. Rejon strefy grójeckiej. Korelacja wyników badań sejsmicznych refleksyjnych w wersji EWO (interpretacja na podstawie Dziewińskiej i Tarkowskiego 2018a), i refrakcyjnych – SE fragment niepublikowanego przekroju 21b-VI-72 (na podstawie Wojasa kier. 1984)

- 1 – charakterystyczne poziomy litologiczne;
2 – linie nieciągłości tektonicznej i/lub litologicznej pewne i przypuszczalne

Fig. 10. Area of the Grójec zone. Correlation of the results of seismic reflections in the EWO version

Zaznaczające się warstwy w utworach triasu wykazują dużą zmienność wartości współczynników odbicia. Charakteryzują się one częstymi zmianami miąższości poszczególnych pakietów, a także ich wykształceniem litologicznym, co wyraźnie widać w NW części profilu. Dla utworów cechsztynu generalnie brak jest ciągłości korelacji rejestracji, lecz serie litologiczne wyróżniają się podwyższonymi współczynnikami odbicia. Dzięki charakterystycznej formie zapisu kompleks warstw cechsztyńskich został skorelowany i wyznaczony wzdłuż całej długości przekroju. Liczne przerwy w jego śledzeniu w większości odpowiadają blokom poprzecinanych dyslokacjami. Dość złożona sytuacja w ukształtowaniu osadów cechsztynu występuje w SE odcinku przekroju, gdzie ich poszczególne ogniwa mogą się wyklinowywać, tworząc poduszkę solną (?) lub kształtować inną skomplikowaną formę. Poniżej spągu skał cechsztyńskich, na NW odcinku przekroju została wydzielona seria wysokoprędkościowa, którą można wiązać z piaskowcami karbońskimi. Sytuacja ta ulega zmianie na SE od tej strefy dyslokacyjnej obejmującej także piętro permomezozoiczne, gdzie różne kierunki nachylenia warstw, brak miąższych serii litologicznych i ogólna zmiana charakteru zapisu poniżej cechsztynu wskazują na istnienie innego ośrodka geologicznego. Wymienione cechy zapisu wydają się wskazywać na istnienie zafałdowań lub innych zaburzeń.

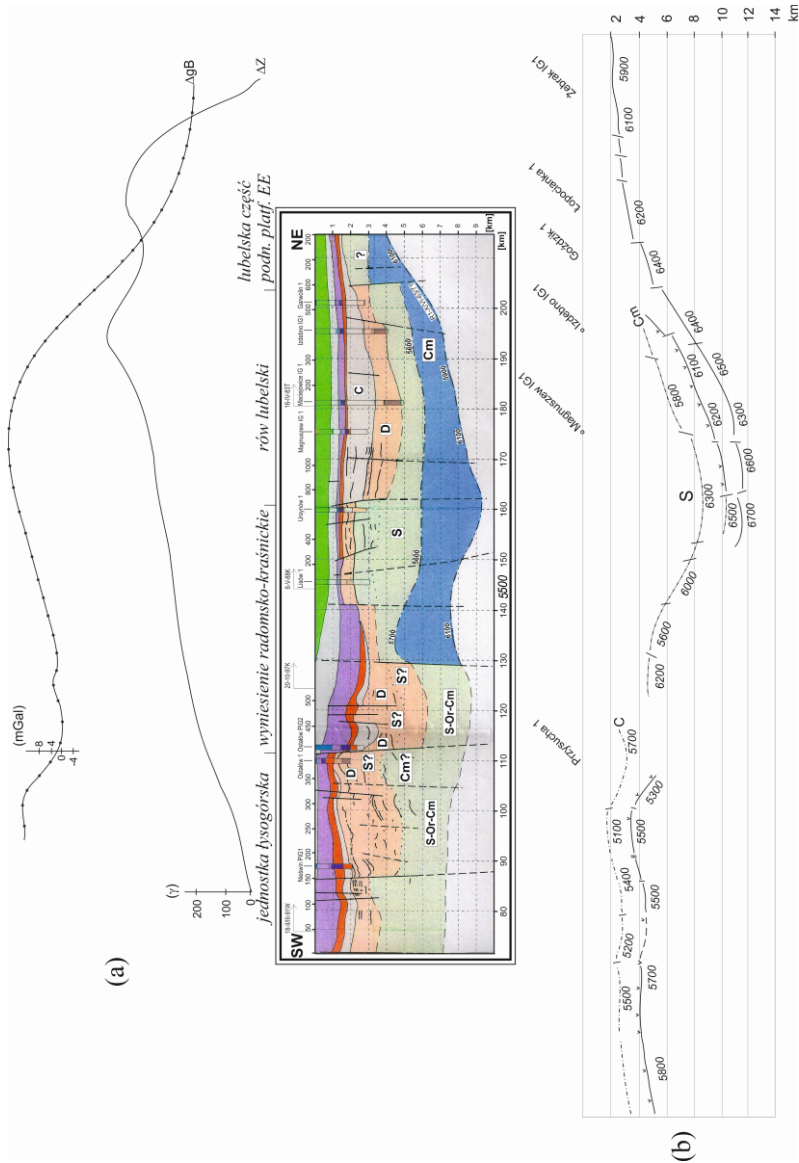
Na załączonym odcinku profilu refrakcyjnego 21b/72 zostało stwierdzone występowanie dwóch granic. W położonym na NW od załączonego przekroju wierceniach Bodzanów IG1 strop utworów kambru występuje dopiero na głębokości 5630 m ppm. Wynik ten wskazuje, że zapadająca na SE granica o V_g około 6000 m/s związana z podłożem młodszym najprawdopodobniej odpowiada stropowi kambru. Granica głębsza związana z podłożem krystalicznym znajduje się poza zasięgiem reprezentowanej sekcji EWO.

4.3. Głębokościowy model sejsmiczno-geologiczny wzdłuż linii Nieświn–Ostałów–Izdebno

W pobliżu linii głębokościowego modelu sejsmiczno-geologicznego Nieświn–Ostałów–Izdebno (rys. 11) znajduje się profil refrakcyjny 1-63/71 (Przysucha–Magnuszew–Żebrak).

W NE części profilu została prześlędzona jedna granica łagodnie zapadająca w kierunku SW o V_g około 6200 m/s, którą na podstawie otworu Żebrak IG1 można wiązać z utworami krystalicznymi. Została także wydzielona dyslokacja zrzucająca skrzydło SW o amplitudzie rzędu kilkuset metrów, od której w kierunku SW kąt zapadania granicy wyraźnie się zwiększa. Na pozostałej długości profilu brak jest informacji geologicznej odnośnie do stropu skał krystalicznych.

W rowie lubelskim wydzielono cztery granice. Są to dwie najgłębsze o $V_g > 6000$ m/s, z których dolna osiąga głębokość 12 km, a płytsza ponad 10 km. Trzecia z kolei od dołu o V_g , 5800–6200 m/s o maksymalnej głębokości zalegania 9 km podnosi się łagodnie w kierunku SW i NE. Najpłytsza o wartościach V_g oscylujących między 4900–5500 m/s występuje na głębokościach około 3 km i śledzi się prawie na całej długości przekroju. Na obszarze rowu lubelskiego dowiązanie dwóch najgłębszych granic przez analogię z innymi przekrojami

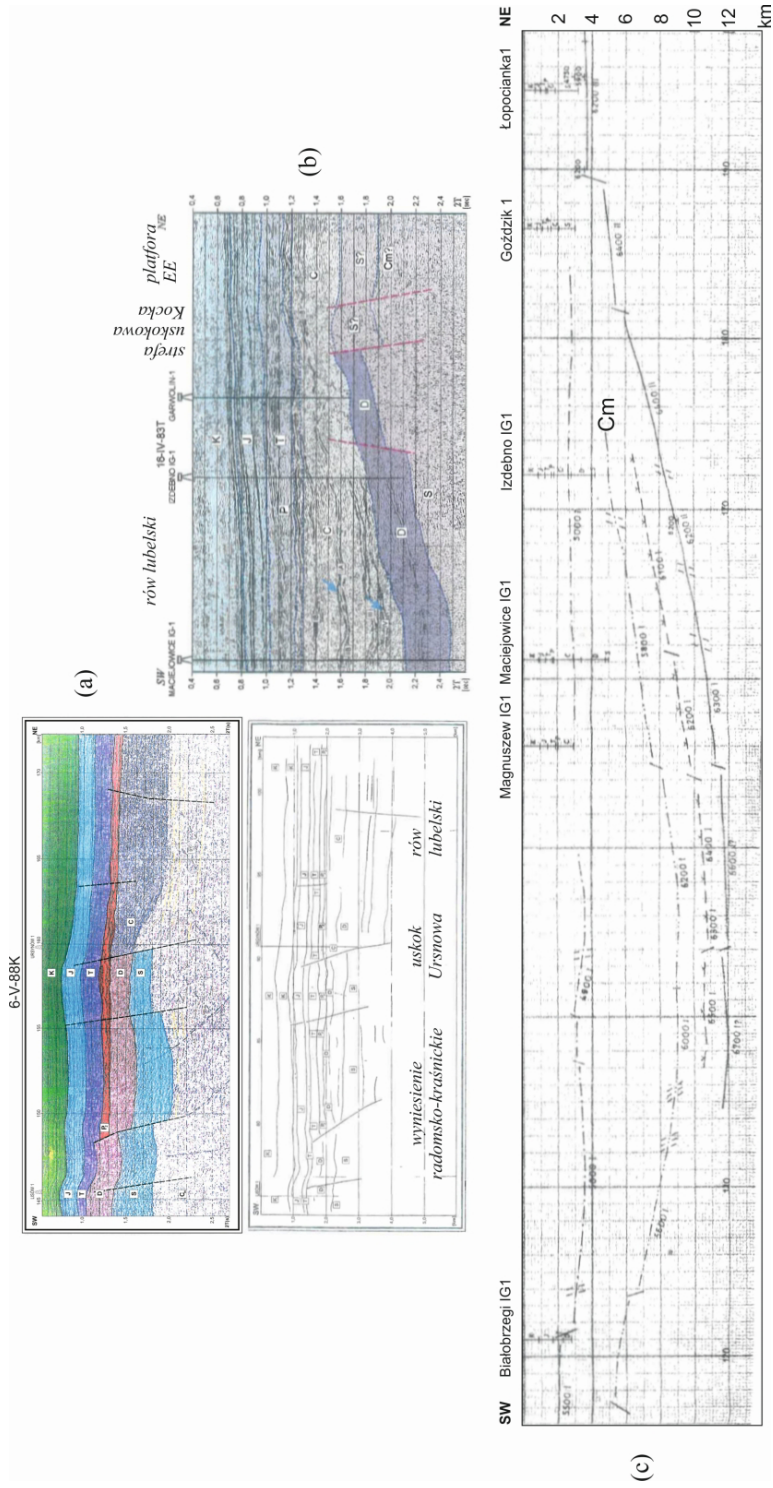


Rys. 11. Głębokościowy model sejsmiczno-geologiczny wzdłuż linii Nieswin-Ostafów-Izdebno (Dziewińska i Tarkowski 2018a)

w korelacji z wynikami badań geofizycznych

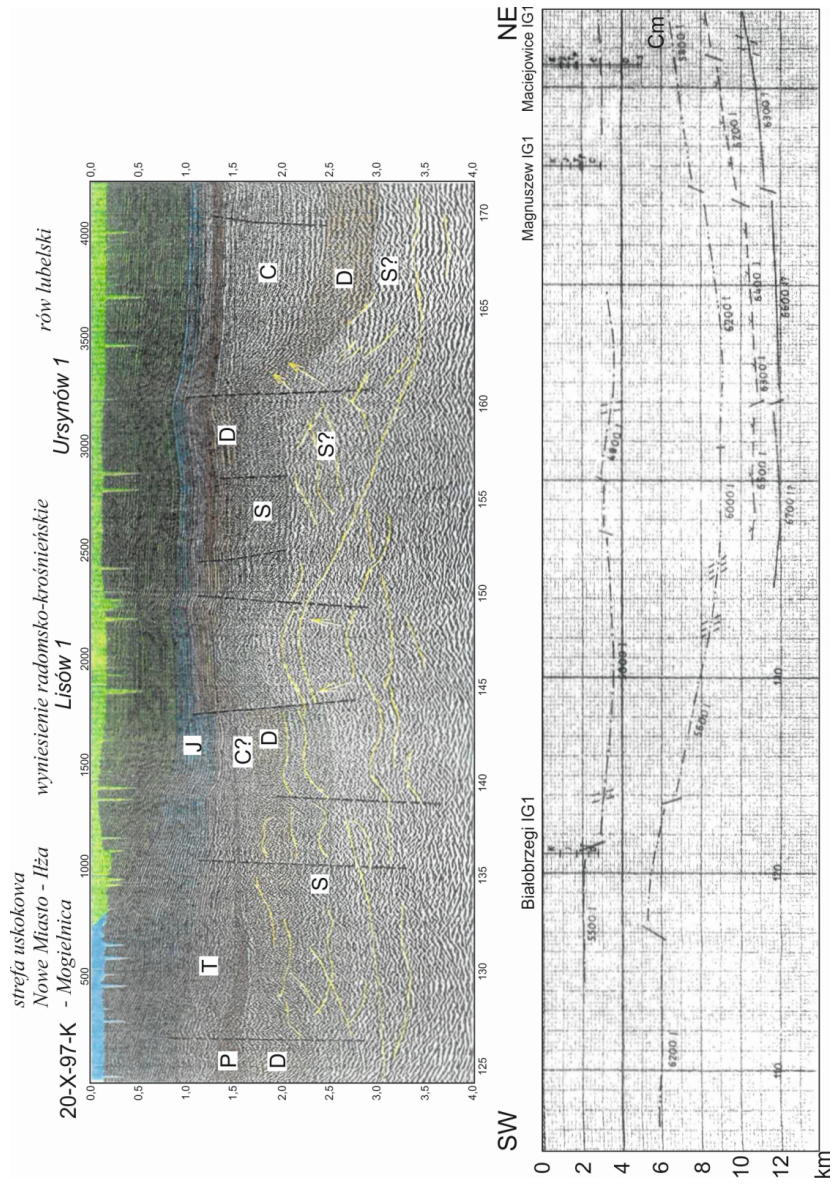
a) krzywe anomalii grawimetrycznych DgB i magnetycznych DZ; b) niepublikowany przekrój refrakcyjny 1-XVI-63/71 Przysucha-Magnuszew-Zbątek. Na podstawie Wojasa kier. 1984. Oznaczenia horyzontów refrakcyjnych jak na rysunku 7

Fig. 11. The seismic and geological depth model along the Nieswin-Ostafów-Izdebno line (Dziewińska and Tarkowski 2018a) in correlation with the results of geophysical research



Rys. 12. Korelacja wyników badań sejsmicznych refleksyjnych w wersji EWO z rejonów Lisów-Ursynów-Magnuszew (a), Maciejowice-Izdebnio-Garwolin (b), (interpretacja geofizyczno-geologiczna na podstawie Dzięwińskiej i Tarkowskiego 2018a, uzupełniona) i niepublikowanych refleksyjnych – NE część przekroju 1-X/VI-63/71 (odcinek Białobrzegi-Goździk) (c) na podstawie Wojasa kier. 1984. Oznaczenia horyzontów refleksyjnych jak na rysunku 7

Fig. 12. Correlation of the results of seismic reflection surveys in the EWO version from the regions of Lisów-Ursynów-Magnuszew



Rys. 13. Strefa Ilża–Lisów–Ursynów. Korelacja wyników badań sejsmicznych refleksyjnych (interpretacja geofizyczno-geologiczna na podstawie Dziewińskiej i Peteckiego 2004b, uzupełniona) i niepublikowanych refrakcyjnych – fragment przekroju 1-X/VI-63/71 (rejon Białobrzegi–Magnuszew) na podstawie Wojasa kier. 1984. Oznaczenia horyzontów refrakcyjnych jak na rysunku 7

Fig. 13. Ilża–Lisów–Ursynów zone. Correlation of the seismic reflection surveys (geophysical and geological interpretation based on Dziewińska and Petecki 2004b, supplemented) and unpublished refractive surveys – a section fragment 1-X/VI-63/71 (Białobrzegi–Magnuszew region)

(brak bezpośrednich reperów) można wiązać z utworami skonsolidowanego podłoża, odpowiednio starszego i młodszego. Zrzutowane na linię przekroju odzwierciedlają one największe przegłębienie podłoża skonsolidowanego występujące w obrębie rozległej anomalii grawimetrycznej Magnuszewa. W świetle interpretacji tych danych źródło anomalii może znajdować się na głębokości nawet kilkunastu kilometrów. Odnosnie do granicy trzeciej od dołu można przypuszczać, że wiąże się ona z osadami dolnego syluru lub stropem węglanowych utworów kambriu. Najpewniej dowiązana jest granica najpłytsza nawiercona kilkoma głębokimi otworami (Magnuszew IG1, Maciejowice IG1, Izdebn IG1) korelująca się z kompleksem węglanowym dolnego karbonu i górnego dewonu. Związana jest z kompleksem utworów prześlędzonych na przekroju refleksyjnym (rys. 12) i na ogół zgodnie z układem granic refleksyjnych. Pozostałe granice występują już w przedziałach braku tych rejestracji.

Na obszarze wyniesienia radomsko-kraśnickiego obraz przekroju radykalnie się zmienia. Dwie głębsze granice od rejonu Lisowa nie są już śledzone. Natomiast granica wiązana w rowie lubelskim z kambrem (S/Cm) przechodzi konsekwentnie na obszar wyniesienia radomsko-kraśnickiego, tworząc w rejonie Lisów–Białobrzegi kulminację. Horyzont sejsmiczny wiąże się w przybliżeniu z utworami spągowymi syluru (o V_g 5600–6000 m/s) lub stropowymi kambriu (6200 m/s). Elewacji tej odpowiadają silne zaburzenia na profilu refleksyjnym (rys. 13). W kierunku SW nie dysponujemy danymi otworowymi dla dowiązania podsylurskich refleksyjnych horyzontów sejsmicznych. Informacje obejmują tylko warstwy do dewonu (Białobrzegi IG1). Natomiast ujawniona na krzywej anomalii Bouguera dodatnia anomalia Przytyk ulega redukcji na mapie anomalii regionalnych.

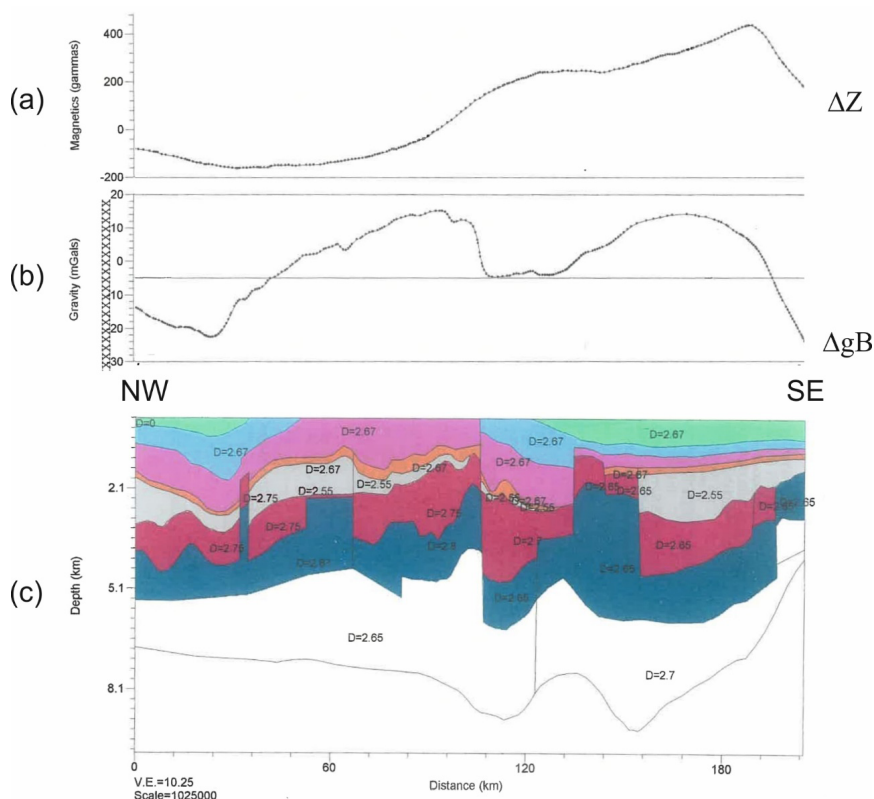
Na odcinku profilu przecinającym jednostkę łysogórską nie kontynuuje się wymieniona granica. Zostały wyznaczone dwie granice refrakcyjne o V_g od wartości 5100 do 5800 m/s, czyli o znacznie niższych niż na pozostałej części przekroju. Mimo skomplikowanej budowy tektonicznej po konfrontacji z przekrojem refleksyjnym w wersji EWO (rys. 15) można stwierdzić, iż granica o V_g 5100–5700 m/s odzwierciedla przebieg granicy paleozoicznej (C/D). Zaznaczają się na niej wszystkie ważniejsze bloki tektoniczne. Na tym odcinku profilu w wyniku reinterpretacji materiałów wprowadzono zmianę (Wojas kier. 1984). Została także wyznaczona granica charakteryzująca się większymi prędkościami, w interwale 5300–5800 m/s. Jej realność potwierdza fakt, iż na przekroju EWO, też na tych głębokościach około 4 km, rejestrują się fragmenty głębszych granic. Horyzont ten według koncepcji geologicznej rejestruje się w obrębie utworów kambryjskich i został uznany za podłoże młodsze.

4.4. Wyniki modelowania wzdłuż linii Ostalowskiej

Rysunek 11 przedstawia głębokościowy model sejsmiczno-geologiczny wzdłuż linii Nieświn–Ostałów–Izdebn w korelacji z wynikami badań geofizycznych. Są to krzywe anomalii grawimetrycznych i magnetycznych oraz przekrój refrakcyjny 1-63/71. Podstawę opracowania modelu tworzą opisane w dalszej części składowe przekroje sejsmiczne i dane otworowe tworzące jedną linię łączącą rejon jednostki łysogórskiej, wyniesienia radomsko-kraśnickiego,

rowu lubelskiego i podniesionej części platformy EE (wyniesienie łukowsko-hrubieszowskie). Przekrój przebiega przez różne wiekowo obszary geologiczne, od platformy paleozoicznej (kaledońskiej i waryscyjskiej) na SW do platformy EE na NE.

Interpretację wyników badań wybranych przekrojów sejsmicznych poprzedza prezentacja modelowej linii skonstruowanej wzdłuż przekroju Milianów–Radwanów–Ostałów–Lisów–Maciejowice (rys. 14). Przedstawia ona wyniesienie radomsko-kraśnickie na tle jednostek przyległych. Model strukturalny opracowany dla potrzeb modelowania grawimetrycznego i magnetycznego w oparciu o wyniki badań sejsmicznych i dane otworowe uwzględnia również informacje pochodzące z opracowanych map strukturalnych i gęstościowych (Dziewińska i Petecki 2004b). Przekrój geometryczno-gęstościowy przecina obszar w przybliżeniu prostopadle do kierunku głównych anomalii grawimetrycznych (por. rys. 1) i magnetycznych (rys. 2) odzwierciedlających cechy budowy geologiczno-tektonicznej analizowanego rejonu.



Rys. 14. Wyniki ilościowego modelowania wzdłuż linii ostałowskiej (materiał niepublikowany – opracowanie własne)

- a) krzywa anomalii magnetycznych; b) krzywa anomalii grawimetrycznej Bouguera; c) model strukturalno-gęstościowy (D – wartość gęstości w g/cm^3)

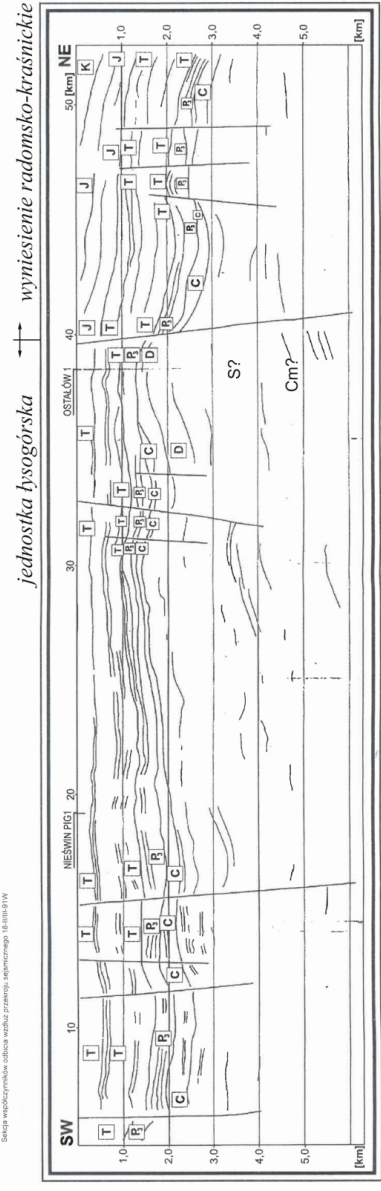
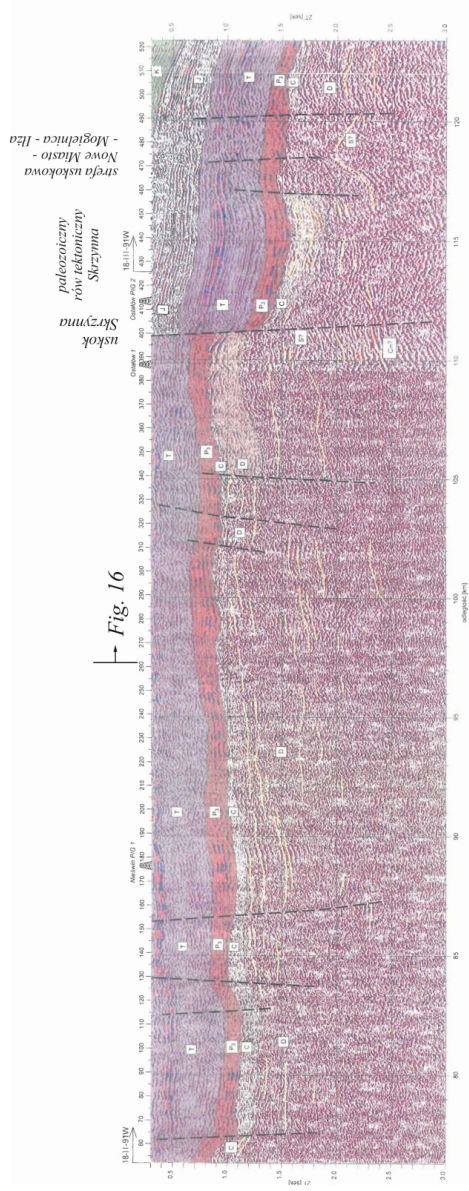
Fig. 14. Results of quantitative modeling along the Ostałowska line

Położenie profilu zostało zaprojektowane w sposób, który umożliwił wykorzystanie jak największej liczby danych otworowych i sejsmicznych. Głębokości granic sejsmicznych zostały obliczone z wykorzystaniem rozwiniętych wykresów prędkości sporządzonych na podstawie prędkości średnich i kompleksowych z otworów rozmieszczonych wzdłuż wymienionej linii. Na przekroju, po szczegółowej analizie całego przedziału głębokościowego, wyróżniono piętra stratygraficzne mające w tym rejonie istotne znaczenie dla procesu modelowania: kredę, jurę, trias, perm oraz niektóre piętra paleozoiku jak karbon, dewon i sylur. Wartości gęstości objętościowej dla wszystkich wymienionych pięter stratygraficznych występujących na przekroju zostały wyznaczone na podstawie otworów, w których opracowano profile litologiczne i wartości parametrów fizycznych skał. Przekrój został wzbogacony o zrzutowane wyniki badań sejsmiki refrakcyjnej. Model strukturalny permomezozoiku i jego podłoża otrzymany w wyniku modelowania grawimetrycznego przedstawia materiał wykorzystany podczas interpretacji geologicznej wspomnianej linii i jej otoczenia.

Zastosowana kompleksowa interpretacja wyników badań geofizycznych z uwzględnieniem danych grawimetrycznych i magnetycznych m.in. potwierdziła geometrię regionalnego uskoku Skrzywna o amplitudzie dochodzącej do 1000 m.

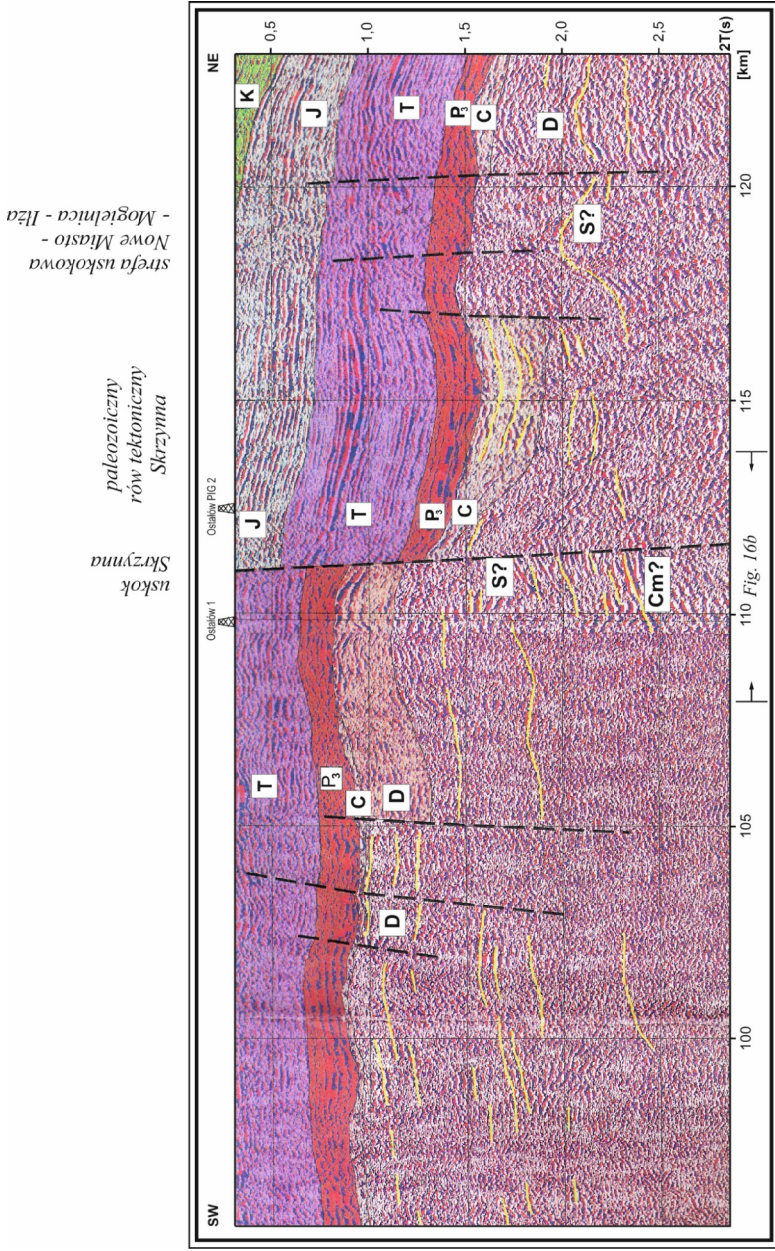
4.5. Uskok Skrzywna, paleozoiczny rów tektoniczny Skrzywna, strefa uskokuwa Nowe Miasto–Mogielnica–Ilża – interpretacja sekcji EWO

Istotne informacje dla rozpoznania rejonu wyniesienia radomsko-kraśnickiego i jego kontaktu z jednostką łysogórską wnosi interpretacja wyników uzyskanych na profilu sejsmicznym 18-II/III-91W opracowanym w wersji EWO. Odcinek z rejonu Nieświn–Ostałów przedstawiają rysunki 15 i 16. Fragment przekroju ograniczony do rejonu uskoku Skrzywna obrazują rysunki 17 i 18. Na przekroju falowym ze względu na niską jakość obrazu granica charakteryzująca przyspągowe utwory cechsztynu występuje jako ostatnia, względnie dynamiczna granica sejsmiczna w kompleksie permskim. W rezultacie przetworzenia sekcji sejsmicznej do postaci EWO otrzymano interpretowalne wyniki w utworach podcechsztyńskich. Skorelowane fragmenty granic przyporządkowano utworom karbonu, dewonu i syluru. Na NE od otworu Ostałów 1 stwierdzono regionalny uskok, nazwany przez Kowalczewskiego (1998, 2000) uskokiem Skrzywna, o amplitudzie około 1000 m i zrzucający skrzydło NE. Jest on bardzo głęboko zakorzeniony w podłożu podpermskim i dolnopaleozoicznym. Prawdopodobnie powiązany jest genetycznie z rozłamek skorupowym, na co wskazują m.in. wyniki dwuwymiarowego modelowania pól potencjalnych (rys. 19, rys. 51 [W:] Dziewińska i Pettecki 2004b). Wykonana transformacja danych sejsmicznych do postaci sekcji EWO przedstawia złożoną budowę geologiczną tej strefy – skomplikowany charakter zalegania sfałdowanych skał paleozoicznych. Uskok Skrzywna dzieli przekrój na dwie części: NE o głęboko położonym spągu cechsztynu i SW, gdzie podłożo cechsztynu występuje znacznie płycej. W kierunku na SW odmienny obraz sejsmiczny może wskazywać na położenie tej części linii w obszarze o innej budowie geologicznej. W strefie wyniesionej (otwór Ostałów 1) utwory



Rys. 15. Rejon Nieswין-Ostałów. Interpretacja głębokościowa (materiał niepublikowany – opracowanie własne) sekcji sejsmicznej w wersji EWO na podstawie Dziewińskiej i Peteckiego 2004b, uzupełnionej. Objasnienia jak na rysunku 10

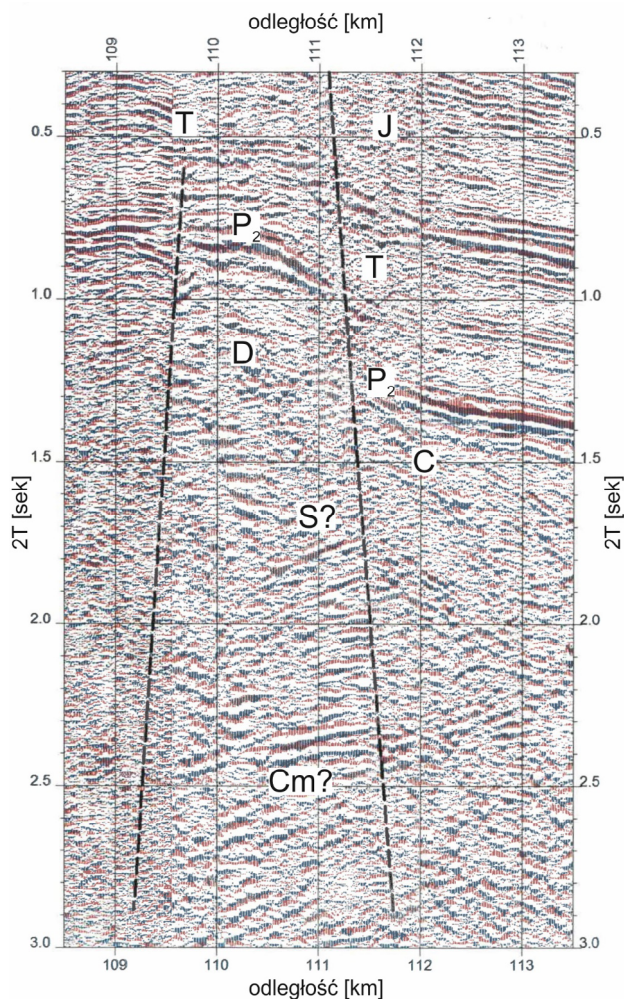
Fig. 15. Nieswין-Ostałów area. Depth interpretation (unpublished research – own study) of the seismic section in the EWO version based on Dziewińska and Petecki 2004b, supplemented. Descriptions as in Fig. 10



Rys. 16. Rejon Ostalów. Interpretacja sekcji sejsmicznej w wersji EWO na podstawie Dziewińskiej i Tarkowskiego 2018a, uzupełniona. Objasnienia jak na rysunku 10

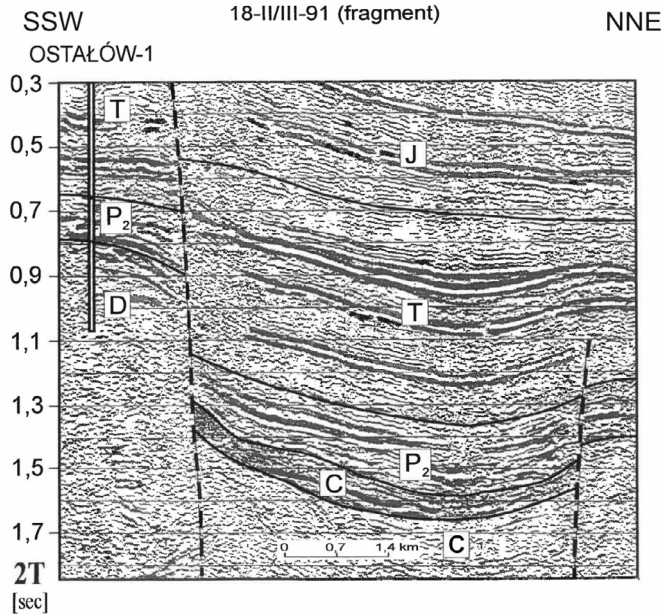
Fig. 16. The Ostalów area. Interpretation of the seismic section in the EWO version based on Dziewińska and Tarkowski 2018a, supplemented. Descriptions as in Fig. 10

cechsztynu leżą bezpośrednio na skałach dewonu, a w obszarze obniżonym (otwór Ostałów PIG2) – na osadach karbonu górnego. Układ strukturalny permomezozoiku w małym stopniu odkształconego jest odmienny od młodopaleozoicznego. Największe sfałdowania skał paleozoicznych występują w rejonie dyslokacji Skrzynna oraz na NE od niej, aż do końca linii przedstawionego przekroju. Po SW stronie wymienionego uskoku, pod nawierconymi w otworze Ostałów I skałami dewonu dolnego, można spodziewać się wyniesionego elementu zbudowanego z utworów sylurskich i kambryjskich. Można też zasugerować obecność w tej strefie wnikającej w osady paleozoiku intruzji magmowych skał wylewnych o wartościach gęstości większych od gęstości otoczenia, np. diabazów. Świadczy o tym skomplikowany



Rys. 17. Strefa uskokuwa Skrzynna. Interpretacja sekcji sejsmicznej w wersji EWO na podstawie Dziewińskiej i Tarkowskiego 2018a. Objaśnienia jak na rysunku 10

Fig. 17. Skrzynna fault zone. Interpretation of the seismic section in the EWO version based on Dziewińska and Tarkowski 2018a. Descriptions as in Fig. 10



Rys. 18. Strefa uskoków: Skrzynno i Nowe Miasto (paleozoiczny rów tektoniczny Skrzynno–Ostałów). Interpretacja sekcji sejsmicznej w wersji EWO (materiał niepublikowany – opracowanie własne na podstawie Dziewińskiej i Peteckiego 2004b). Objaśnienia jak na rysunku 10

Fig. 18. The fault zone: Skrzynno and Nowe Miasto (Palaeozoic tectonic trough Skrzynno–Ostałów). Interpretation of the seismic section in the EWO version (unpublished research – own study based on Dziewińska and Petecki 2004b). Descriptions as in Fig. 10

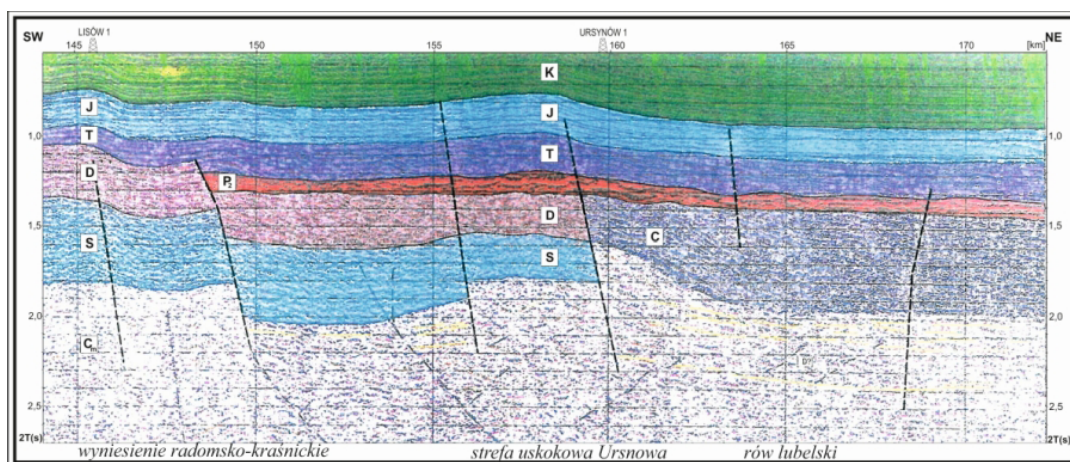
obraz wewnętrznej budowy geologicznej odwzorowany w charakterystycznym kopulasto-stożkowatym układzie sejsmicznych współczynników odbicia. Diabazy łączone są ze strefami działalności wulkanicznej, związanej z rejonami głębokich rozłamów tektonicznych.

W rejonie obniżonym, zarejestrowaną w utworach od jury do karbonu strukturę synklinalną ogranicza od NE strefa uskokowa (Nowe Miasto–Mogielnica–Iłża), tworząc w ten sposób rów tektoniczny nazwany w tej publikacji rowem paleozoicznym Skrzynna. Zwraca uwagę gwałtowne załamanie krzywej Bouguera w rejonie Ostałowa (rys. 11) i konsekwentne zapadanie horyzontów sejsmicznych na NE od strefy dyslokacyjnej Skrzynna w kierunku rowu (rys. 16 i 18). Interpretacja danych sejsmicznych w powiązaniu z danymi grawimetrycznymi prowadzi do wniosku, że występują tu lekkie skały karbońskie o dużej miąższości, podobnie jak w rowie lubelskim. Układ refleksów w NE części przekroju świadczy o możliwości występowania wyniesionego elementu, prawdopodobnie zbudowanego z utworów sylurskich, co znajduje uzasadnienie w interpretacji obrazu grawimetrycznego.

4.6. Strefa Lisów–Ursynów w interpretacji EWO na tle wyników sejsmicznych badań refrakcyjnych

Kontynuacją interpretacji wykonanej na profilu 18-II/III-91W (rys. 15) są kolejne figury obrazujące wyniki badań sejsmiki refleksyjnej, zestawione wzdłuż dalszej części profilu refrakcyjnego 1-63/71. W ten sposób tworzą one jedną ciągłą linię wykorzystaną do opracowania głębokościowego modelu sejsmiczno-geologicznego Nieświn–Ostałów–Izdebnu (rys. 11). Korelacja wyników badań sejsmicznych refleksyjnych w wersji EWO i NE części przekroju refrakcyjnego (odcinek Białobrzegi–Goździk) (rys. 12) obejmuje dwa rejony: odpowiednio Lisów–Ursynów–Magnuszew (rys. 19) i Maciejowice–Izdebnu–Garwolin (rys. 21). Na profilach stosunkowo dobrze zostały wyznaczone piętra permomezozoiku, a w podłożu tych utworów kompleksy karbonu, dewonu i syluru.

Wyniki sejsmiczne w postaci EWO wyraźnie przedstawiają charakter zalegania skał, szczególnie skomplikowany poniżej utworów karbońskich. Informacje uzyskane w wyniku przekształcenia falowych przekrojów sejsmicznych w wersję EWO podkreślają serie litologiczne o podwyższonych wartościach współczynników odbicia związanych z warstwami piaszczystymi lub wapiennymi; ułatwiają one interpretację utworów karbonu, dewonu i syluru. Na przekrojach zaznaczają się nieciągłości tektoniczne dzielące obszar na poszczególne bloki. Otwór Lisów 1 zgodnie z interpretacją sekcji 6-V-88k (rys. 19) usytuowany jest na wyniesionym bloku utworów sylurskich. Wschodnia część tego przekroju przecina rów lubelski wypełniony osadami karbońskimi o dużej miąższości. W miejscu wychodni utworów karbonu w kierunku SW na podstawie uzyskanych wyników można zaznaczyć dyslokację (uskok Ursynowa) podkreślającą kontakt z dewońskimi skałami wyniesienia radomsko-kraśnickiego.



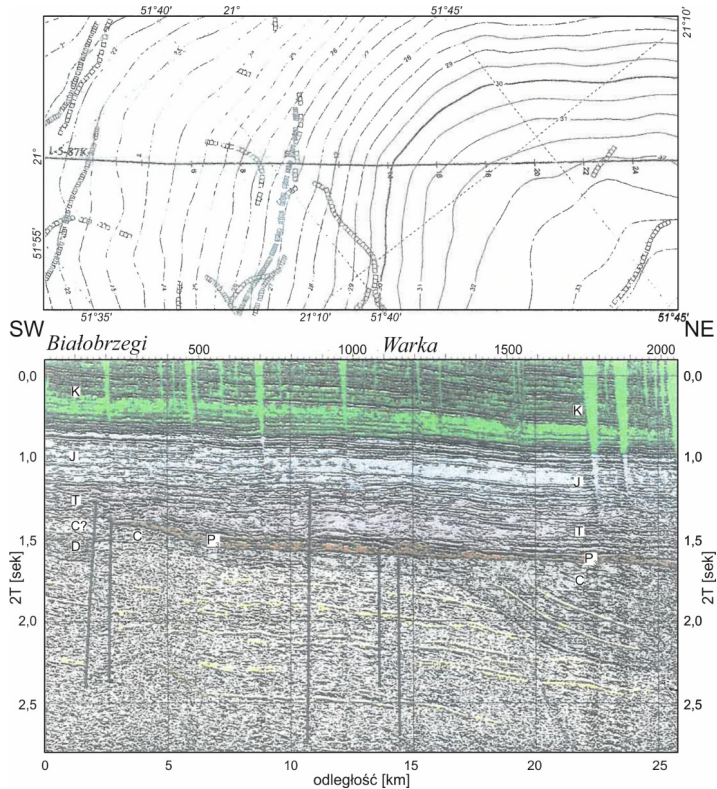
Rys. 19. Strefa Lisów–Ursynów–Magnuszew (sekcja 6-V-88K).

Interpretacja sekcji sejsmicznej w wersji EWO na podstawie Dziewińskiej i Tarkowskiego 2018a

Fig. 19. The Lisów–Ursynów–Magnuszew zone (section 6-V-88K).

Interpretation of the seismic section in the EWO version based on Dziewińska and Tarkowski 2018a

Charakter kontaktu tego wyniesienia z rowem lubelskim pokazuje też interpretacja wyników sejsmicznych na odcinku Białobrzegi–Magnuszew w strefie Ilża–Lisów–Ursynów (rys. 13). Pod utworami permomezozoiku występują zdyslokowane osady dewonu z zarysowanym wyraźnie wyniesieniem po SW stronie uskoku Ursynowa. W świetle interpretacji danych geofizycznych wyróżnia się blok Lisowa zbudowany z wyniesionych utworów staropaleozoicznych. Podobnie jak na rysunku 19, ograniczony jest uskokami. Na SW od niego obserwuje się skokowe zmniejszenie miąższości utworów triasowych. W rejonie struktury Lisowa, jak widać na zrzutowanym przekroju refrakcyjnym, głębsze horyzonty związane z podłożem skonsolidowanym nie są już śledzone. Natomiast na profilu 1-63/71 granica wiązana z utworami kambryjskimi przechodzi konsekwentnie na obszar wyniesienia radomsko-kraśnickiego, tworząc w rejonie Lisów–Białobrzegi kulminację. Granica płytsza, interpretowana jako związana z utworami kambryjskimi, po osiągnięciu kulminacji w miejscu lokalizacji wiercenia Białobrzegi IG1, w sposób skokowy obniża się znacznie na W do około 6 km z jednoczesnym



Rys. 20. Strefa Ursynowa (rejon Warka). Interpretacja sekcji sejsmicznej w wersji EWO w korelacji z grawimetrycznym szkicem pionowych granic gęstości na podstawie Dziewińskiej i Peteckiego 2004b. Objaśnienia jak na rysunku 10

Fig. 20. Ursynów zone (Warka region). Interpretation of the seismic section in the EWO version in correlation with a gravimetric sketch of the vertical limits of density based on Dziewińska and Petecki 2004b. Descriptions as in Fig. 10

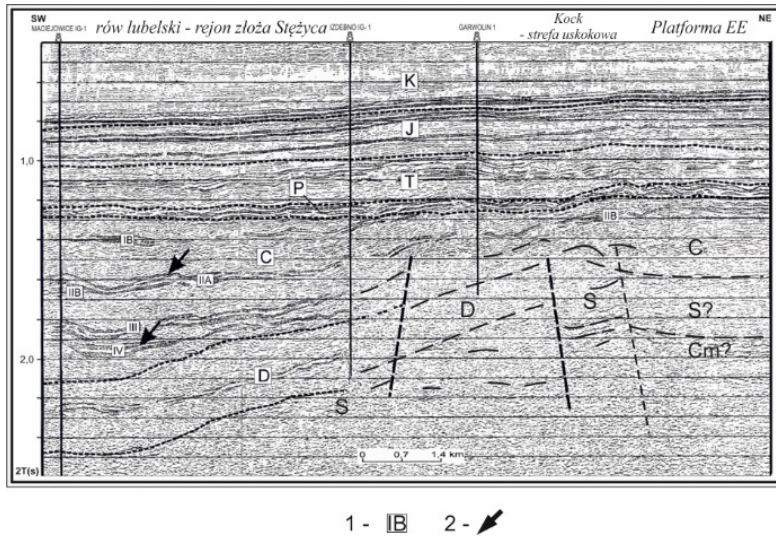
notowaniem wzrostu V_g do wartości 6200 m/s. Strefa uskokowa Nowe Miasto–Mogielnica–Iłża znajduje się w zasięgu tego odcinka profilu refrakcyjnego, co potwierdza jej, sygnalizowane już głębsze założenia tektoniczne.

Dodatkowe informacje dotyczące strefy uskokowej Ursynowa dostarcza rysunek 20, który przedstawia przekrój sejsmiczny w wersji EWO na tle grawimetrycznych pionowych granic gęstości. Zlokalizowany jest on wzdłuż rzeki Pilicy na linii w przybliżeniu Białobrzegi IG1–Warka IG1, na NE w stosunku do prezentowanych na rysunkach 13 i 19. Na podstawie uzyskanych wyników można sądzić o przedłużeniu strefy uskokowej, zaznaczającej się bardzo wyraźnie w rejonie otworu Ursynów 1, w kierunku NW do rejonu Warki. Na przekroju tym (podobnie jak na rysunku 19) można zauważyć nakładanie się dwóch obrazów fal odbitych. Na tle prawie poziomo położonych horyzontów występuje przenikanie wyklinowujących się refleksów karbońskich. Obserwuje się też łagodniejsze nachylenie wyklinowujących się utworów karbonu na SW krawędzi rowu lubelskiego, w stosunku do obrazu w rejonie Ursynowa (rys. 19). W tej części rejonu zagadnienie rodzaju kontaktu między SW częścią niecki lubelskiej a wyniesieniem radomsko-krańnickim jest mniej jednoznaczne. Ze względu na brak bezpośredniego reperu geologicznego, wyznaczoną granicę zasięgu występowania utworów karbońskich należy uznać za przybliżoną.

4.7. Strefa uskokowa Kocka

Druga, NE część przekroju przedstawionego na rysunku 12 obrazuje korelację wyników badań sejsmicznych refrakcyjnych (odcinek Maciejowice–Goździk) i refleksyjnych w wersji EWO z rejonu Maciejowice–Izdebno–Garwolin (profil 16-IV-83T). Korelacja dotyczy wyników prac zlokalizowanych w obszarze rowu lubelskiego na wschodnim brzegu Wisły i obejmuje swym zasięgiem również strefę uskokową Kocka. Położone na profilach głębokie otwory wiertnicze Maciejowice IG1, Izdebno IG1, Garwolin 1 ułatwiają interpretację utworów, w tym podpermских. W otworach Izdebno IG1 i Maciejowice IG1 nawiercono stropowe partie syluru, na których zalegają utwory dewonu dolnego o miąższości do 1000 m.

Wysoka rozdzielczość sekcji EWO (rys. 21) pozwoliła na pełniejsze wykorzystanie cech zapisu sejsmicznego i tym samym zwiększenie efektywności interpretacji litologicznej. Wzdłuż przekroju zostały przedstawione liczne serie litologiczne utworów mezozoiku, cechsztynu, karbonu i dewonu oraz związane z nimi strefy tektoniczne. Dobrze rozpoznane osady piętra permomezozoicznego o dość małej miąższości (ok. 2 km), zalegają spokojnie, prawie poziomo na powierzchni młodszego paleozoiku. Na sekcji EWO uzyskano istotne informacje odnośnie granic z osadów karbońskich i dewońskich, które zapadają ku SW. W kierunku NE obserwuje się stopniową redukcję miąższości osadów karbońskich z zaznaczeniem miejsc ich wyklinowania. Dane sejsmiczne na przekroju falowym nie dawały podstaw do dokładnego wyznaczenia takich miejsc. Podstawę dowiązania wydzielonych karbońskich poziomów piaszczystych do poszczególnych formacji litostratygraficznych stanowi tabela 3 ([W:] Dziewińska i Józwiak 2000; Dziewińska i Tarkowski 2018a).



Rys. 21. Strefa Maciejowice–Izdebn–Garwolin. Interpretacja sekcji sejsmicznej w wersji EWO na podstawie Dziewińskiej i Tarkowskiego 2018a, uzupełniona

- 1 – oznaczenia poziomów piaskowców według tabeli 3 [W:] Dziewińska i Józwiak 2000;
2 – wyklinowania śródwarstwowe piaskowców karbońskich. Pozostałe objaśnienia jak na rysunku 10

Fig. 21. Maciejowice-Izdebn-Garwolin zone. Interpretation of the seismic section in the EWO version based on Dziewińska and Tarkowski 2018a, supplemented

- 1 – determination of sandstone horizons according to table 3 in Dziewińska and Józwiak 2000;
2 – mid-layer derivation of Carboniferous sandstones. Remaining descriptions as in Fig. 10

W obrębie głębszego paleozoiku występuje kilka kompleksów litologicznych, wyróżniających się odmiennymi wartościami współczynników odbicia. Wyznaczone zostały granice związane z osadami dewonu, syluru i kambru. Szczególnie wyraźnie na profilu rysują się występujące w utworach starszego paleozoiku, strefy tektoniczne na E od otworu Izdebn IG1. Są to nowe, w stosunku do dotychczasowych, elementy interpretacyjne, istotne dla rozpoznania budowy geologicznej tego rejonu. W NE części sekcji obserwuje się bardzo zaburzony obraz EWO odpowiadający utworom permu, które tworzą tu wyniesiony fałd. Jest to miejsce zlokalizowane ponad uskokiem zakorzenionym w osadach głębszego paleozoiku.

Szczególnego zwrócenia uwagi wymagają wyniki interpretacji uzyskane w rejonie strefy uskoku Kocka. Współczynniki odbicia bardzo plastycznie oddają skomplikowany charakter tej zaburzonej strefy tektonicznej i dokładnie lokalizują miejsca wyklinowań poszczególnych poziomów karbońskich. Korelacja z przekrojem refrakcyjnym (rys. 12) podkreśla jej głębokie założenia.

Przedstawione powyżej wyniki interpretacji na poszczególnych przekrojach potwierdzają głębokościowy model budowy sejsmiczno-geologicznej opracowany wzdłuż linii profilu refrakcyjnego Przysucha–Magnuszew–Żebrak (rys. 11).

4.8. Rów lubelski

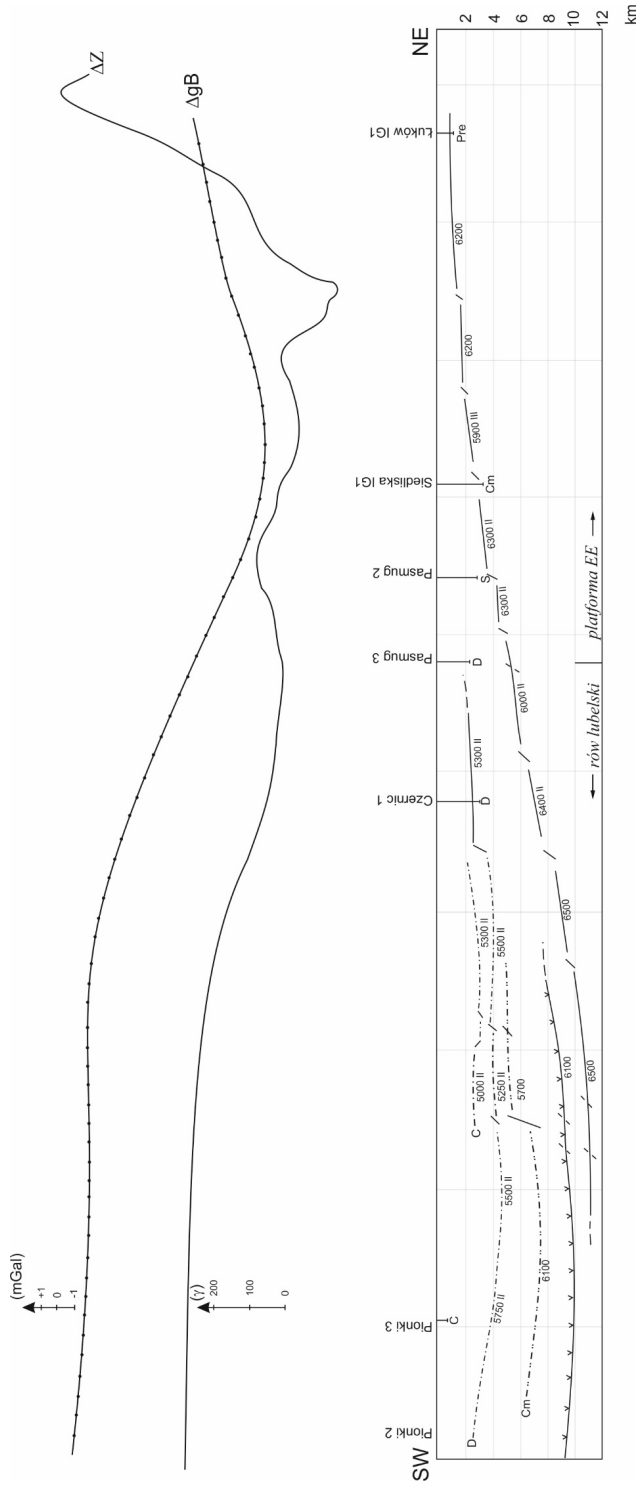
Rysunek 22 ilustruje interpretację wyników badań sejsmicznych refrakcyjnych na przekroju 1-64/71 Pionki–Łuków na tle wykresów geofizycznych (krzywe anomalii grawimetrycznych i magnetycznych). W części NE profilu prześlędzono jedną granicę o V_g około 6200 m/s. Granicę tę na podstawie wyników z otworu Łuków IG1 można wiązać z utworami krystalicznymi, co dotyczy również obszaru rowu lubelskiego. Wydzielono także dyslokację o zrzucie około kilkuset metrów. Nawiązując do wyników sejsmicznych refleksyjnych w rejonie otworu Siedliska IG1 (rys. 34 [W:] Paczeńska i Sobień, red. 2018), rejestrują się granice sejsmiczne związane z utworami syluru i ordowiku. Odcinkowo występują zakłócone serie uskoków refleksy związane z proterozoikiem. Wymienione horyzonty, analogicznie do granicy refrakcyjnej, wynurzają się w kierunku wiercenia Łuków IG1. W kierunku SW obraz głębokościowy radykalnie się zmienia. Wydzielone zostały trzy charakterystyczne poziomy refrakcyjne. Przyjmuje się, że dwa najgłębsze są związane z podłożem skonsolidowanym odpowiednio: z podłożem starszym i młodszym. Są to najniższy o V_g około 6500 m/s o maksymalnym zagłębieniu 11 km i wyższy o V_g około 6100 m/s występujący na głębokości około 9,5 km. Trzecią z kolei od dołu prześlędzoną na profilu granicę o V_g 5700–6100 m/s należy wiązać ze skałami stropowymi kambru. Następny horyzont o V_g 5300–5700 m/s interpretowany na głębokościach 3–4 km może pochodzić ze stropu skał dewońskich. Najpłytsza granica o V_g 5300–5500 m/s przebiegająca na głębokościach około 2,5 km odpowiada utworom karbońskim. Wymienione głębokości są zgodne z wartościami podanymi przy izobatach granic refleksyjnych C/D na szkicu sejsmicznych elementów strukturalnych paleozoiku dla tej części rowu lubelskiego (rys. 2 [W:] Dziewińska i Józwiak 2000).

Od rejonu wiercenia Siedliska IG1 i dalej w kierunku Łukowa IG1 obserwuje się wzrost wartości anomalii grawimetrycznych, co pokazuje silne spłykanie podłoża krystalicznego w kierunku NE. Analogiczny przebieg związany z wypłynaniem podłoża krystalicznego obserwuje się też na innych profilach, w ich częściach NE (rys. 11, 26, 29).

W obrazie anomalii rezydualnych (s. 116 [W:] Nawrocki i Becker, red. 2017) znajduje odwzorowanie, położona w zasięgu SW strony linii przekroju, dewońska antyklina Pionek. Wyróżniają się też anomalie odzwierciedlające strefy krawędziowe rowu lubelskiego.

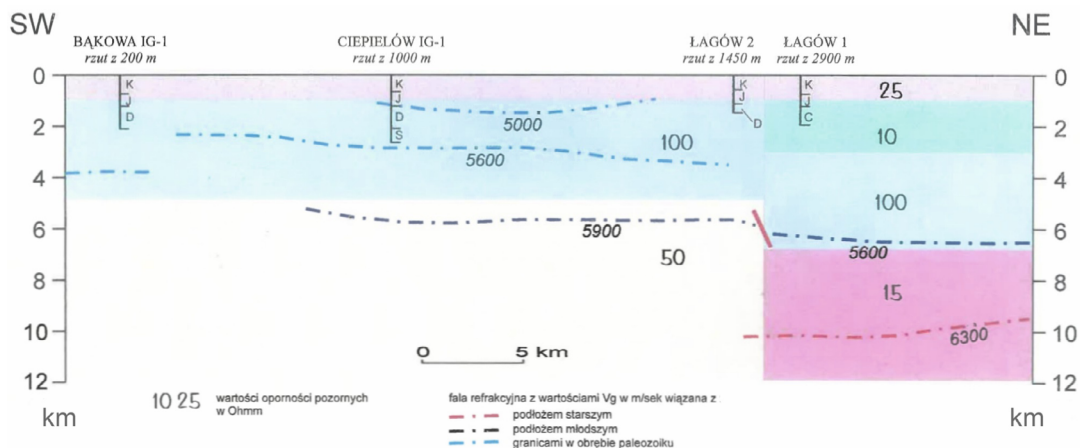
4.9. Strefa uskokowa Ursynów–Kazimierz na tle sondowań geomagnetycznych

Istotny wkład do rozpoznania wglębnego charakteru strefy kontaktowej wyniesienia radomsko-kraśnickiego z rowem lubelskim wnosi rysunek 23 przedstawiający SW fragment refrakcyjnego przekroju 2/68 (Bąkowa–Ciepielów–Łągów) na tle wyników sondowań geomagnetycznych (Semenow i in. 1998). Wykonane badania refrakcyjne ujawniły obecność obserwowanych odcinkowo poziomów o różnych prędkościach granicznych. Najgłębsza granica o V_g równa około 6300 m/s wyznaczona na głębokości około 10 km wiązana jest z podłożem krystalicznym starszym, a druga od dołu o $V_g = 5600–5900$ m/s przypisywana jest podłożu



Rys. 22. Interpretacja wyników badań sejsmicznych refrakcyjnych na przekroju I-X/VI-64/71 Pionki-Luków (na podstawię Wojasa kier. 1984, uzupełniona) na tle wykresów geofizycznych (krzywe anomalii gravimetrycznych ΔgB i magnetycznych ΔZ). Materiał niepublikowany. Oznaczenia horyzontów refrakcyjnych jak na rysunku 7

Fig. 22. Interpretation of the results of refractive seismic surveys on section I-X/VI-64/71 Pionki-Luków (based on Wojas dir. 1984, supplemented) against the background of geophysical graphs (gravimetric anomaly curves ΔgB and magnetic ΔZ). Unpublished research. Descriptions of refractive horizons as in Fig. 7



Rys. 23. Strefa uskoku Ursynów–Kazimierz w rejonie Łagowa. Korelacja wyników badań sejsmicznych refrakcyjnych – SW część przekroju, 2-VI/VII/IX-65/66/68 (odcinek Bąkowa–Ciepielów–Łagów) i pomiarów sondowań geomagnetycznych (fragment z Semenowa i in. 1998) na podstawie Dziewińskiej i Peteckiego 2004a (materiał niepublikowany)

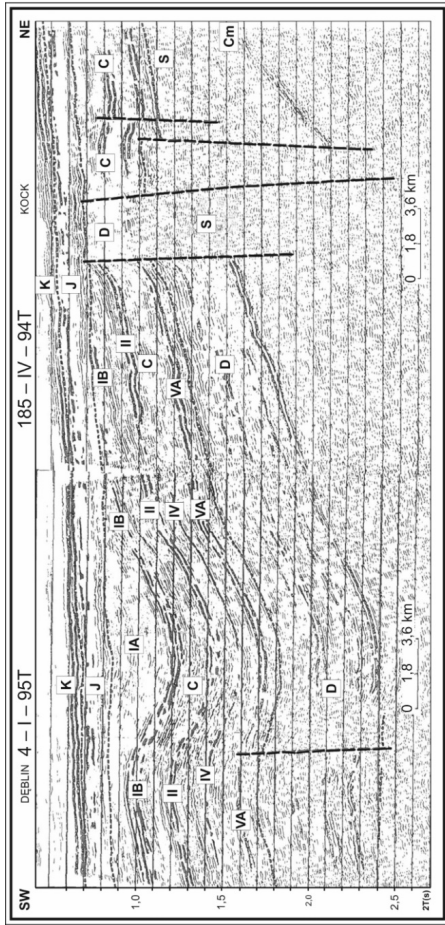
Fig. 23. The Ursynów–Kazimierz fault zone in the vicinity of Łagów. Correlation of the results of refractive seismic surveys – SW part of the cross-section 2-VI/VII/IX-65/66/68 (section Bąkowa–Ciepielów–Łagów) and measurements of geomagnetic soundings (fragment from Semenowa i in. 1998) based on Dziewińska and Petecki 2004a (unpublished research)

młodszemu. Dwie najpłytsze granice (5600 m/s i 5000 m/s) występują w obrębie utworów paleozoiku. Granica o $V_g = 5600$ m/s rejestruje się poniżej utworów syluru stwierdzonych w otworze Ciepielów IG1, czyli poniżej sfałdowanych utworów kaledońskich.

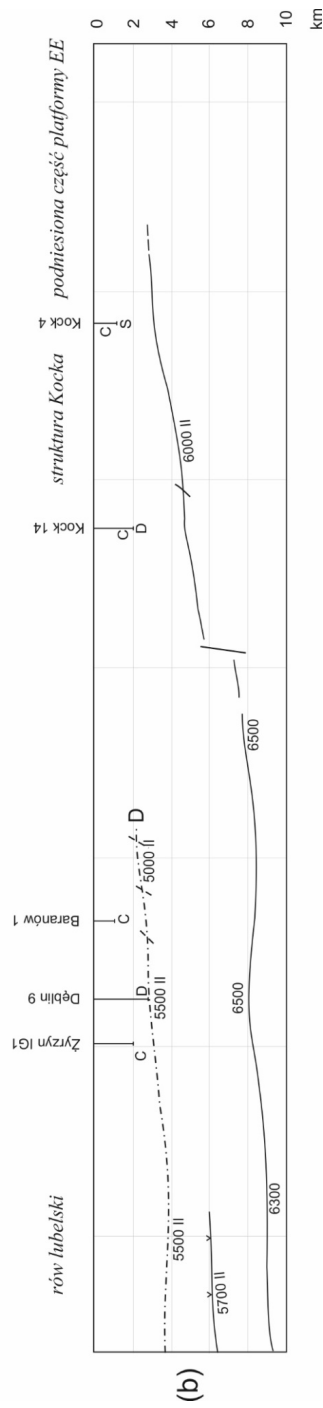
Na zaprezentowanym odcinku przekroju geomagnetycznego kontakt kontrastowych wartości oporności pozornych pomiędzy otworami Łagów 1 i Łagów 2 rysuje rozłam świadczący o istnieniu stopnia w podłożu krystalicznym, co potwierdza też korelacja z wynikami przekroju refrakcyjnego. Jest to rejon uskoku Ursynów–Kazimierz.

4.10. Rejon Dębina i struktury Kocka (centralna część rowu lubelskiego)

Zestawienie profili sejsmicznych obejmujące NE odcinek przekroju refrakcyjnego 2/68 i sekcję w wersji EWO pokazuje korelację wyników badań w centralnej części rowu lubelskiego (rys. 24). Charakterystyczne zapadanie granic z utworów dewońskich w kierunku osi rowu lubelskiego widoczne na sekcji EWO odpowiada fali refrakcyjnej o $V_g = 5000$ – 5500 m/s w obrębie paleozoiku wiązanej z utworami dewonu. Na szkicu sejsmicznych elementów strukturalnych (rys. 2 [W:] Dziewińska i Józwiak 2000) wartości izobat granicy refleksyjnej C/D (rejon Dębina–Baranów) są zgodne z wyznaczonymi głębokościami przebiegu dewońskiej granicy refrakcyjnej.



(a)



(b)

Rys. 24. Centralna część rowu lubelskiego (rejon Dębłina i struktury Kocka). Korelacja wyników sejsmicznych badań refleksyjnych w wersji EWO na podstawie Dziewińskiej i Tarkowskiego 2018a (a) i niepublikowanych refrakcyjnych – NE część przekroju 2-VI/VII/IX-65/66/68 na podstawie Wojasa kier. 1984 (b).
Objaśnienia jak na rysunku 10, oznaczenia horyzontów refrakcyjnych jak na rysunku 7

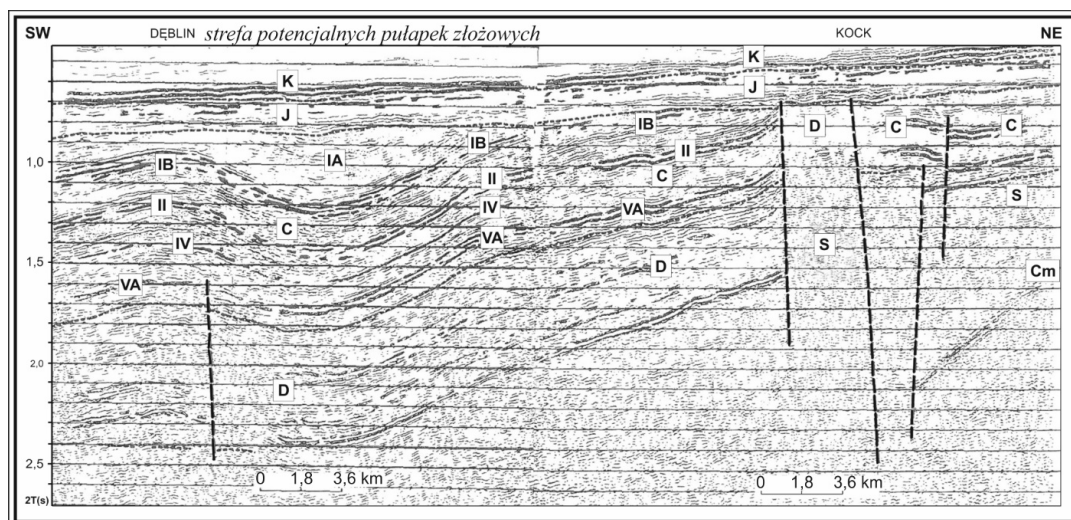
Fig. 24. The central part of the Lublin trough (Dęblin region and Kock structures). Correlation of the seismic reflection studies results in the EWO version based on Dziewińska and Tarkowski 2018a (a) and unpublished refractive studies – NE part of cross-section 2-VI/VII/IX-65/66/68 based on Wojas dir. 1984 (b).
Descriptions as in Fig. 10, designations of refractive horizons as in Fig. 7

Sekcja sejsmiczna opracowana w wersji EWO składająca się z dwóch przekrojów źródłowych: 4-I-95T i 185-IV-94T obejmuje rejon wału Dębłina i strukturę Kocka (rys. 25). W rejonie Dębłina wyznaczona strefa nieciągłości tektoniczno-litologicznej koreluje się z SE granicą anomalii grawimetrycznej Magnuszewa i odzwierciedla granicę różnicującą układ przestrzenny i facje osadów karbońskich wewnątrz rowu lubelskiego. Widoczne jest zmniejszanie się miąższości karbonu górnego w kierunku jego wynurzenia, tj. ku NE aż do całkowitego wyklinowania na strefie Kocka. W obrazie EWO widać, że sytuacja taka dotyczy poziomów II i VA związanych z westfalem A i B, natomiast poziom IB westfalu C wyklinowuje się na powierzchnię podjurajską jeszcze przed strefą uskokową. Za strukturą Kocka granice przypisywane utworom karbońskim wypływają się, podnosząc się łagodnie w kierunku NE.

Granice sejsmiczne związane z utworami dewonu występują na SW od struktury Kocka. Miąższość utworów dewońskich systematycznie ulega zmniejszeniu z SW na NE.

Spośród horyzontów dewońskich największą ciągłością i dynamiką charakteryzują się granice odbijające związane z utworami dewonu środkowego i dolnego, które generalnie wykazują położenie konsekwentne do granic karbońskich. Poziomy refleksyjny związane z dewonem wypływają się w kierunku NE i wyklinowują na strukturze Kocka.

Na sekcji EWO w rejonie struktury Kocka, bezpośrednio pod refleksami karbońskimi, zostały skorelowane współczynniki odbicia przypisane utworom sylurskim. Są to najstarsze rozpoznane wierceniami osady. Na NE skrzydle struktury Kocka wyróżniają się kompleks starszego paleozoiku odpowiada prawdopodobnie przystropowym ogniwoom kambru.



Rys. 25. Centralna część rowu lubelskiego (rejon Dębłina i struktury Kocka). Interpretacja sekcji sejsmicznej w wersji EWO na podstawie Dziewińskiej i Tarkowskiego 2018a. Objasnienia jak na rysunku 10

Fig. 25. The central part of the Lublin trough (Dębłina area and Kock structures). Interpretation of the seismic section in the EWO version based on Dziewińska and Tarkowski 2018a. Descriptions as in Fig. 10

Układ granicy korelowanej z utworami kambru odzwierciedla charakterystyczne, niekONSEKwentne ułożenie w stosunku do nadkładu. Jest to gwałtowne zapadanie tego horyzontu przy jednoczesnym łagodnym wynurzeniu się granic karbońskich.

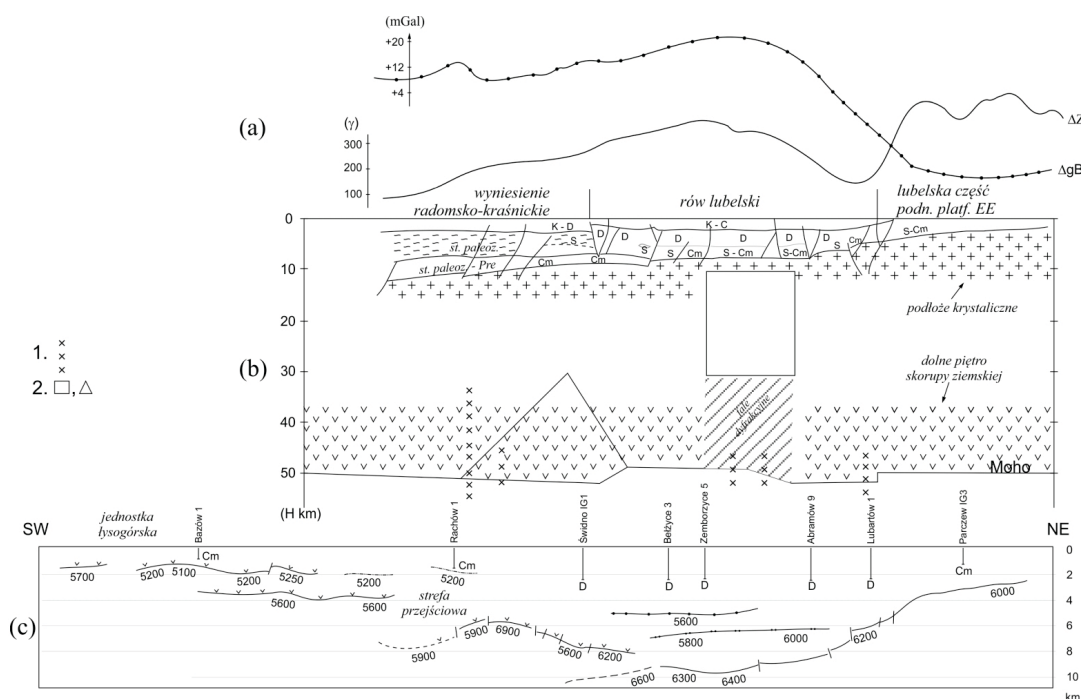
W rejonie bezpośrednio na NE od struktury Kocka przebiega dowiązany do głębokiego wiercenia Parczew IG10 profil sejsmiczny, na którym wydzielono granice z osadów syluru oraz z kambru korelujące się od strony NE do szczytowej partii struktury (Paczeńska, red. 2011). Wydzielono też fragmenty granic refleksyjnych w proterozoiku wiązane ze skałami krystalicznymi skonsolidowanego podłoża, które zalegają konsekwentnie w stosunku do granicy związanej z utworami kambru. Pozostaje to w zgodzie z interpretacją zaprezentowaną na rysunku 24. W miejscu lokalizacji strefy strukturalnej Kocka na granicy refrakcyjnej rysuje się uskoki, co pozwala wnioskować o głębszych jej założeniach – w podłożu krystalicznym.

4.11. Kompleksowa interpretacja wyników badań geofizycznych wzdłuż linii Bazów–Rachów–Lubartów–Parczew

W NE części profilu 8R-74 (rys. 26c) przedstawiona granica wiązana z podłożem krystalicznym charakteryzuje się $V_g =$ około 6000 m/s na platformie EE i 6600 m/s w obszarze rowu lubelskiego. Na NE skrzydle rowu lubelskiego od Nasutowa do Lubartowa prześlędzono dwie dyslokacje o zrzucie ponad 1 km każda, wynoszące wschodnie skrzydło rowu. Od Lubartowa granica łagodnie wypłyca się w kierunku NE. W części centralnej rowu lubelskiego granica jest prawie płaska. W obrębie tego obszaru prześlędzono także dwie granice płytsze. Układ tych granic (rejon Bełżyce–Zembożyce) wykazuje niezgodne położenie względem siebie i niezgodne w stosunku do granicy najgłębszej. Granicę o V_g 5800–6000 m/s można wiązać ogólnie ze stropem starszego paleozoiku a granicę o V_g 5600 m/s z utworami dewonu. Dominująca w obszarze wyniesienia radomsko-kraśnickiego granica o V_g 5900–6900 m/s nie koreluje się z granicą o zbliżonych prędkościach granicznych rejestrowaną w rowie lubelskim. Horyzonty te zachodzą na siebie. Pod wyniesieniem radomsko-kraśnickim, na NE od Rachowa, obserwuje się jej elewację z minimalną głębokością około 6 km. Podobną sytuację zanotowano na wyniesieniu radomsko-kraśnickim na profilu 1-63/71 w rejonie Białobrzegów (rys. 11, 13). W obydwu przykładach NE skrzydło kulminacji charakteryzuje się mniejszymi prędkościami granicznymi. Obniżenie wartości V_g może być wiązane ze strefą dyslokacyjną o bardzo dużym zrzucie rzędu 2–3 km. W przypadku profilu 8R-74 nachylenie granicy na NE skłonie może być spowodowane falą dyfrakcyjną. Spostrzeżenie takie nasuwają anomalnie duże (6900 m/s) V_g na szczycie kulminacji przechodzące w sposób ciągły do minimum (5600 m/s). Omawianą granicę na profilu 1-63/71 zaliczono do kambru ze względu na korelację głębokościową z granicą w rowie lubelskim wiążaną z tymi utworami. Na profilu 8R-74 ze względu na brak korelacji z granicą występującą w rowie, nazwano ją podłożem młodszym zakładając, że są to utwory sfałdowane o znacznym stopniu konsolidacji. Można też założyć, że są to utwory tego samego wieku. Podobna kulminacja rysuje się na profilu 2-68 (rys. 23)

między otworami Bąkowa IG1 i Ciepeliów IG1 wzdłuż granicy w obrębie osadów paleozoiku o V_g 5600 m/s. Wracając do wyników, na przekroju refrakcyjnym 8R/74, na SW od wierceń Rachów 1 obserwuje się dwa horyzonty płytkie o V_g około odpowiednio: 5600 m/s dla niższego i 5200 m/s dla wyższego. Obydwa zostały uznane za podłoże młodsze. W obszarze jednostki lysogórskiej granicę o V_g 5200 m/s wiąże się z utworami osadowego prekambru.

Na krzywej anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera (rys. 26a) zaznacza się dodatnia anomalia w rejonie Rachowa związana z lokalnym wyniesieniem stropu skał kambryjskich Występująca w strefie brzeżnej platformy EE zanika w obrazie anomalii regionalnych



Rys. 26. Kompleksowa interpretacja geofizycznych wyników badań wzdłuż linii Rachów–Lubartów–Parczew
 a) wykresy geofizyczne – krzywe anomalii grawimetrycznych DgB, krzywe anomalii magnetycznych DZ;
 b) przekrój geologiczny na podstawie wyników badań sejsmicznych refleksyjnych i refrakcyjnych (z uwzględnieniem koncepcji Żelichowskiego 1979), głębokich sondowań sejsmicznych (LT3) wg Gutercha i in. (1986) oraz modelowania grawimetryczno-magnetycznego (Lemberger 1981 – materiał niepublikowany); c) niepublikowany przekrój refrakcyjny 8R-VII-74 Bazów–Rachów–Lubartów–Parczew na podstawie Wojasa kier. 1984. 1 – głębokie rozłamy, 2 – wyinterpretowane ciała zaburzające o nadmiarze mas.
 Oznaczenia horyzontów refrakcyjnych jak na rysunku 7

Fig. 26. Comprehensive interpretation of the geophysical survey results along the Rachów–Lubartów–Parczew line
 a) geophysical plots – gravimetric anomalies curves DgB, magnetic anomaly curves DZ;
 b) geological cross-section based on the results of refractive and seismic surveys (including the concept of Żelichowski 1979), deep seismic soundings (LT3) according to Guterch et al. (1986) and gravimetric – magnetic modeling (Lemberger 1981 unpublished research), c) unpublished refractive section 8R-VII-74 Bazów–Rachów–Lubartów–Parczew based on Wojas dir. 1984. 1 – deep fractures, 2 – interpreted disturbance bodies with excess mass.

Descriptions of refractive horizons as in Fig. 7

(tab. 3 [W:] Królikowski, Petecki, 1995). W rejonie otworu Lubartów 1 (wchodzącego w skład ciągu antyklinalnego Kock–Łęczna) występuje blokowe wyniesienie podłoża krystalicznego i jednocześnie ostre wyklinowanie podnoszącego się w kierunku NE stropu utworów dewonu. Dodatnia anomalia grawimetryczna związana z tą strefą jest silnie tłumiona regionalnym gradientem poziomym.

Analiza mapy anomalii Bouguera prowadzi do wniosku, iż przedstawia ona obraz anomalii wywołanych niejednorodnością rozkładu mas leżących poniżej stropu skał krystalicznych, w głębszych warstwach skorupy ziemskiej. Proces modelowania rozkładu tych mas został wykonany (Lemberger 1981 [W:] Bujnowski i Dziewińska), dla najbardziej, biorąc pod uwagę jego lokalizację, reprezentatywnego profilu Rachów–Lubartów–Parczew. Profil ten stanowi fragment regionalnego profilu Głębokich Sondowań Sejsmicznych (GSS), na którym w wyniku interpretacji geofizycznej określono przebieg i zasięg głębokościowy powierzchni Moho. Modelowanie efektu grawitacyjnego oraz anomalii składowej pola magnetycznego zostało przeprowadzone dla ośrodka poniżej stropu krystaliniku. Skonstruowany model sięga do głębokości 50 km i oparty jest na wynikach GSS na profilu LT3 (Guterch i in. 1986) oraz interpretację map grawimetrycznej Bouguera i magnetycznej.

Wykonana interpretacja ilościowa wzdłuż profilu refrakcyjnego Rachów–Lubartów–Parczew potwierdziła, że anomalie regionalne odnoszą się do granic kontrastu gęstości występujących poniżej spągu skał osadowych i są związane z dużymi i głębiej zalegającymi jednostkami geologicznymi, w obrębie warstw skorupy ziemskiej. Ilościowa interpretacja krzywych geofizycznych: grawimetrycznej i magnetycznej wykazała istnienie w tym rejonie dwóch dużych ciał zaburzających o nadmiarach mas położonych na głębokościach rzędu 20 km (wyniesiony blok w górnym piętrze skorupy ziemskiej) i 45 km (w dolnej skorupie). Nadmiar mas górnego bloku wyniesionego został aproksymowany bryłą geometryczną o przekroju prostokąta, której przypisano gęstość o wartości $2,90 \text{ g/cm}^3$. Efekt grawitacyjny przyjętej bryły powoduje anomalię symetryczną. Porównanie jej z obrazem anomalii Bouguera zasugerowało występowanie drugiego obszaru nadmiaru mas aproksymowanym bryłą o wartości gęstości $3,25 \text{ g/cm}^3$ i przekroju trójkątnym. Bryła położona jest powyżej powierzchni nieciągłości Moho. W modelu przyjęto, że w osadach krystalicznych występują ciała o namagnesowaniu $I = 500$ gamma identyczne geometrycznie z modelem gęstościowym. Są to olbrzymie masy skał zasadowych (większa gęstość i pobudliwość magnetyczna). Stosunkowo duże gradienty poziome przy tak dużych głębokościach występowania źródła rzędu 20–45 km, wskazują na ostre kontakty mas zasadowych z kwaśnymi.

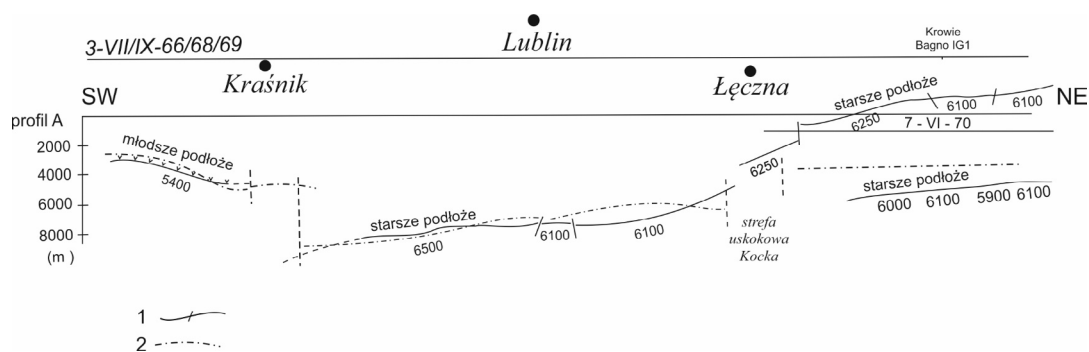
Opracowana wersja modelu nie jest jedynym rozwiązaniem geologicznym, ale lokalizacja centrów zaburzeń (około 20 i 45 km) posiada znaczenie obiektywne i może tworzyć podstawę do tworzenia koncepcji geologicznych budowy skorupy ziemskiej. Jest to istotny rezultat wskazujący jednocześnie kierunek dalszych prac badawczych i interpretacyjnych. Na podkreślenie zasługuje zgodność lokalizacji centrum nadmiaru mas wyznaczonego prostokąta ze źródłem anomalii magnetycznej oraz z obszarem występowania silnych fal dyfrakcyjnych na profilu LT3. Pozwala to na sformułowanie wniosku, że przyczyna tych zaburzeń oparta na trzech różnych niezależnych parametrach fizycznych ośrodka skalnego (gęstość, podatność

i sprężystość) jest wspólna. W nawiązaniu do interpretacji Gutercha i in (1986) występuje w pobliżu NE krawędzi bloku skorupy ziemskiej.

Zgodnie z wyznaczonymi na podstawie materiałów magnetycznych skarpami w podłożu układają się bloki skorupy ziemskiej wydzielone przez Gutercha. Stwierdzenie podobnego charakteru krzywych anomalii grawimetrycznych Bouguera i składowej poziomej magnetyzmu magnetycznego na interpretowanych profilach pozwala na rozszerzenie sformułowanych wniosków dotyczących skorupy ziemskiej z profilu Rachów–Parczew na pozostałe profile.

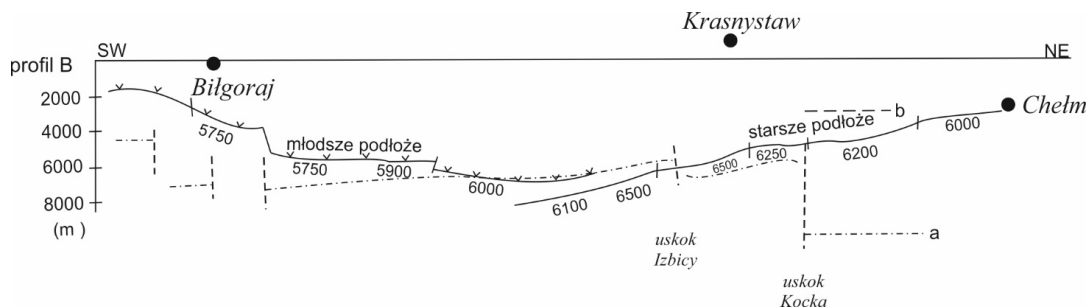
4.12. Korelacja wyników sejsmicznych badań refrakcyjnych i badań magnetotellurycznych – rejon Kock–Lublin–Zamość

Korelację wyników sejsmicznych badań refrakcyjnych i badań magnetotellurycznych zlokalizowanych na rysunku 6 przedstawiają odpowiednio rysunki 27 i 28: profil A wzdłuż linii Kraśnik–Lublin–Łęczna (rys. 27) oraz profil B wzdłuż linii Biłgoraj–Krasnystaw–Chełm (rys. 28). Wyniki interpretacji głębokościowej tych dwóch metod zestawione w tej samej skali ułatwiają bezpośrednią analizę zachodzących relacji. Obserwuje się generalną zgodność wyników. Dotyczy to szczególnie centralnej części rowu lubelskiego, gdzie granice te przebiegają prawie równoległe. Na profilu A (rys. 27), położonym w pobliżu profilu refrakcyjnych 3-68 i 7-70, począwszy od strefy uskoku Kocka, której zaburzający wpływ zaznacza się na przekroju, wyinterpretowany horyzont telluryczny obniża się stopniowo w kierunku SW i granice te zbliżają się do siebie. W rejonie Kraśnika stwierdzono dyslokację, za którą następuje znaczne spłytenie śledzonego horyzontu. Granica magnetotelluryczna odpowiada



Rys. 27. Korelacja wyników sejsmicznych badań refrakcyjnych (przekroje 3-VII/IX/VI-66/68/69 i 7-VI-70 na podstawie Wojasa kier. 1984 – niepublikowane) i badań magnetotellurycznych (profil A – lokalizacja rys. 6) wzdłuż linii Kraśnik–Lublin–Łęczna, na podstawie Bujnowskiego i Dziewińskiej 1981 – niepublikowanych
1 – przekrój refrakcyjny; 2 – głębokościowy przekrój magnetotelluryczny

Fig. 27. Correlation of the results of seismic refraction studies (sections 3-VII/IX/VI-66/68/69 and 7-VI-70 based on Wojas dir. 1984 – unpublished) and magnetotelluric studies (profile A – localization of Fig. 6) along the Kraśnik–Lublin–Łęczna line, based on Bujnowski and Dziewińska 1981 – unpublished
1 – refractive section; 2 – magnetotelluric depth section



Rys. 28. Korelacja wyników sejsmicznych badań refrakcyjnych (przekrój 2R-VI-69/71 na podstawie Wojasa kier. 1984 – niepublikowany) i badań magnetotellurycznych (profil B-lokalizacja rys. 6) wzdłuż linii Biłgoraj–Krasnystaw–Chełm, na podstawie Bujnowskiego i Dziewińskiej 1981 – niepublikowanych. Objasnienia jak na rysunku 27

Fig. 28. Correlation of seismic refraction studies (section 2R-VI-69/71 based on Wojas direct. 1984 – unpublished) and magnetotelluric studies (profile B – location Fig. 6) along the Biłgoraj–Krasnystaw–Chełm line, based on Bujnowski and Dziewińska 1981 – unpublished. Descriptions as in Fig. 27

głębokości występowania płytszej granicy refrakcyjnej o V_g około 5400 m/s, którą wiążemy z podłożem młodszym, prawdopodobnie z utworami kambru. W NE profilu, za strukturą Kocka granica magnetotelluryczna śledzi się kilka kilometrów głębiej od granicy refrakcyjnej, natomiast przy porównaniu z profilem 7-70 odpowiednio 1–2 km płycej. Zakładając stosunkowo duże błędy względne obydwu metod, granice te można identyfikować ze sobą.

Podczas analizy danych pomiarowych zwraca uwagę interesujące zjawisko obserwowane na krzywych sondowań (wykonane w azymutach 0 i 90°). Zachowują się one tak, jak gdyby kierunek N-S był kierunkiem zbliżonym do rozciągłości struktury. Podobny kierunek, bardziej zbliżony do południkowego, wykazuje oś rozległej dodatniej anomalii grawimetrycznej między Kraśnikiem a Lublinem (rys. 1). Można wnioskować, że sondowania magnetotelluryczne prześwietlając cały nadkład osadowy, odzwierciedlają przedkarbońskie kierunki tektoniczne nie odnowione w karbonie.

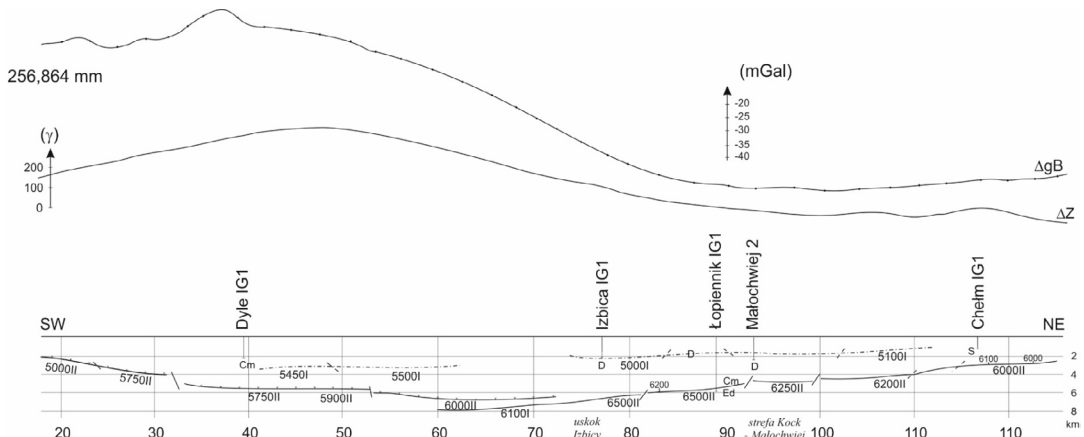
Na profilu B (rys. 28) zlokalizowanym wzdłuż profilu refrakcyjnego 2R-71 zwraca uwagę kilka elementów. Krzywe między Biłgorajem a Krasnystawem, podobnie jak w analogicznym położeniu na profilu A między Kraśnikiem a Łęczną, przedstawiają wersję płaskiego zalegania podłoża na głębokościach dochodzących do 8 km. Wyjaśnienie kwestii, czy dodatnia anomalia grawimetryczna, w obrębie której obserwuje się zarówno w wynikach prac refrakcyjnych i magnetotellurycznych duże głębokości zalegania podłoża, jest w całości związana ze strefą znacznego obniżenia podłoża, zostało przedstawione wcześniej. W części SW przekroju występuje granica refrakcyjna o V_g 5750 m/s interpretowana jako podłoże młodsze.

Sondowanie w rejonie Biłgoraja zlokalizowane w obrębie dodatniej anomalii grawimetrycznej (rys. 29) określono jako położone w strefie zaburzeń tektonicznych. Krzywe sondowania są wykształcone jako krzywe na elemencie wyniesionym, co jest związane z notowaną tu strefą wyniesionych utworów kambru, która może być pochodną morfologii podłoża.

Śledzony horyzont na NE końcu profilu, za wyznaczonym uskokiem Kocka, zalega zdecydowanie głębiej niż horyzont refrakcyjny z tym, że miejsce to można interpretować różnie. Można przyjąć, że sondowanie w rejonie Chełma leży w strefie wyniesionego podłoża (wersja b – rys. 6), a sondowania pomiędzy nim a Krasnymstawem stanowią strefę przejściową. Taka interpretacja znajduje potwierdzenie w obrazie grawimetrycznym i na profilu 1c/67 leżącym na SE od omawianego (rys. 32). Natomiast odnośnie do wyinterpretowanego obniżenia (wersja a) można przypuszczać, że w rejonie tym mamy do czynienia z granicą nieciągłości w obrębie podłoża krystalicznego, która może się zaznaczać na krzywych ze względu na małą miąższość i niewielki wpływ nadkładu osadowego.

4.13. Korelacja wyników badań geofizycznych w rejonie profilu sejsmicznego Biłgoraj–Krasnystaw–Chelm

Przedstawiona interpretacja wyników sejsmicznych badań refrakcyjnych na profilu 2R-71 na tle krzywych anomalii grawimetrycznych i magnetycznych (rys. 29) pogłębia obraz zachodzących relacji. W NE części profilu podstawowa granica refrakcyjna o V_g 6000–6500 m/s na podstawie wyników wiercenia Łopiennik IG1 odpowiada skałom ediakaru. W pobliżu tego poziomu występuje śledzona refleksyjnie w pracach sejsmicznych granica odpowiadająca utworom kambru pokrywy osadowej platformy gotyjskiej. W rejonie Izbicy poziom refrakcyjny osiąga maksymalną głębokość 8 km. Na SW od Izbicy granica ta nie jest interpretowana. Słabo udokumentowaną granicę o V_g około 5000 m/s na obszarze rowu lubelskiego można wiązać ze stropem osadów dewonu, względnie utworami przyspągowymi karbonu. Horyzont ten zapada w kierunku SW i za rejonem Małochwieja w kierunku Izbicy tworzy łagodną nieckę. W rejonie Małochwieja w najgłębszym horyzoncie refrakcyjnym wyznaczony został uskok. Znajduje on odzwierciedlenie na mapie anomalii rezydualnych w postaci wyróżniającej się dodatniej anomalii grawimetrycznej (s. 116 [W:] Nawrocki i Becker, red. 2017), co wskazuje na jego kontynuację również w utworach paleozoicznych. Struktura Małochwieja może być traktowana jako kontynuacja strefy tektonicznej Kocka. W środkowej części przekroju granica wiązana z podłożem skonsolidowanym starszym nie wiąże się fałowo z granicą występującą na SW, nazwaną podłożem młodszym (rys. 28). Rozdział fal w strefie przejściowej charakteryzuje się brakiem korelacji i stopniowym zmniejszaniem się V_g w kierunku SW (rejon dolnego Sanu). Bardzo niskie prędkości graniczne, które jedynie w rejonie Izbicy wynoszą około 6000 m/s, a na pozostałym odcinku profilu są znacznie niższe, potwierdzają, że śledzimy tu inny kompleks skalny (zmetamorfizowany) aniżeli na NE. Granica związana z podłożem młodszym jest wspólnie korelowana na wyniesieniu radomsko-kraśnickim i w jednostce łysogórskiej. Interpretowany, o dużej amplitudzie, uskok w pobliżu Biłgoraja zaznacza przejście do strefy o skomplikowanej budowie geologicznej położonej na SW. Wyniki sondowania magnetotellurycznego (rys. 28) obrazują jej zaburzony tektonicznie charakter. Charakterystyczne zmniejszenie się wartości prędkości granicznych w SW części profilu w rejonie Biłgoraja o około 750 m/s i obserwowane na SW krańcu profilu gwałtowne



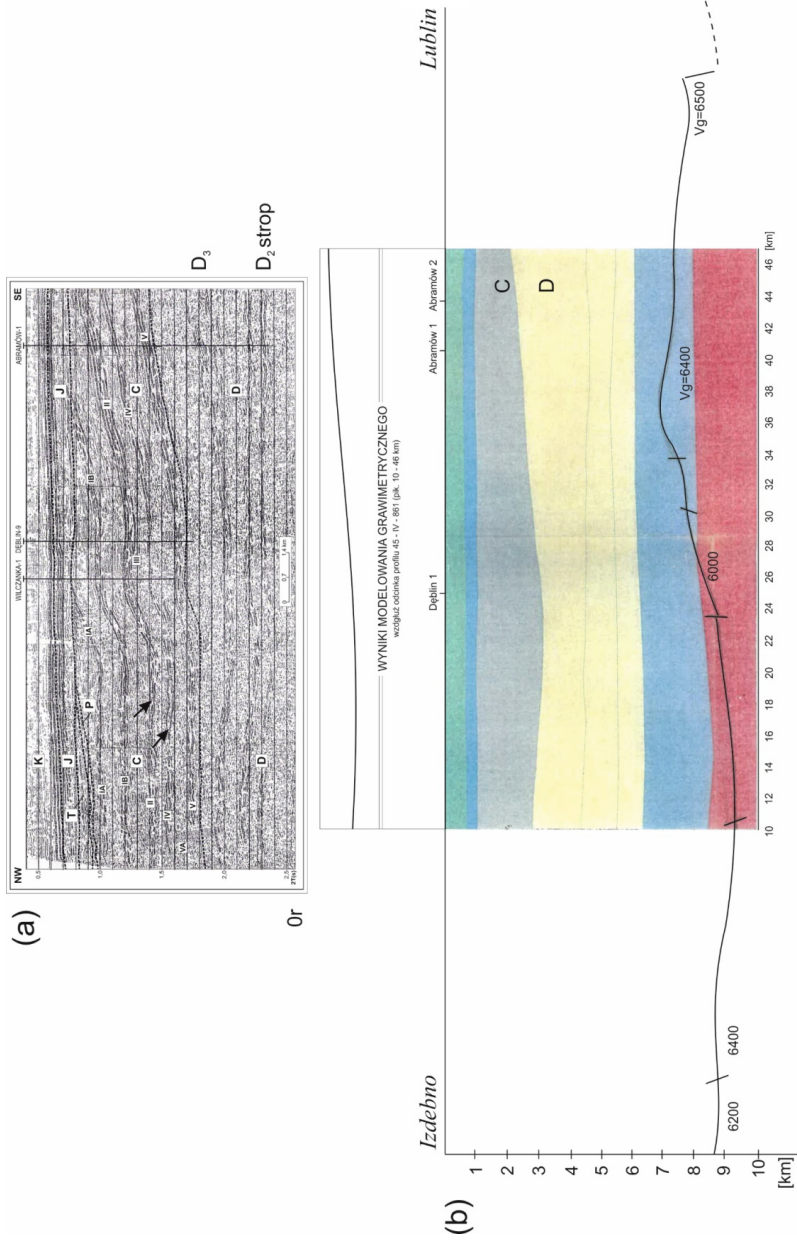
Rys. 29. Interpretacja wyników sejsmicznych badań refrakcyjnych na przekroju 2R-VI-69/71 Biłgoraj–Krasnystaw–Chełm (na podstawie Wojasa kier. 1984, uzupełniona) na tle krzywych anomalii grawimetrycznych i magnetycznych. Materiał niepublikowany. Oznaczenia horyzontów refrakcyjnych jak na rysunku 7

Fig. 29. Interpretation of the results of seismic refraction studies on the cross-section 2R-VI-69/71 Biłgoraj–Krasnystaw–Chełm (based on Wojas 1984, supplemented) against the background of gravimetric and magnetic anomalies. Unpublished research. Descriptions of refractive horizons as in Fig. 7

podnoszenie się podłoża młodszego, które tu osiąga głębokość zaledwie 2 km – sygnalizują strefę przejściową. W rozkładzie wartości anomalii grawimetrycznych w red. Bouguera wyróżnia się dodatnia anomalia Biłgoraja o amplitudzie około 15 m Gali. Jej niesymetryczny kształt i zwiększenie wartości gradientu poziomego NE skrzydła potwierdza występowanie uskoku biłgorajskiego. Antyklina kambryjska (z nakładem jurajskim) uzasadnia istnienie tej anomalii grawimetrycznej. Utwory kambru są tu decydującym czynnikiem anomalno-twórczym. Anomalia Biłgoraja nie zawiera wpływów zasięgu krawędzi platformy EE.

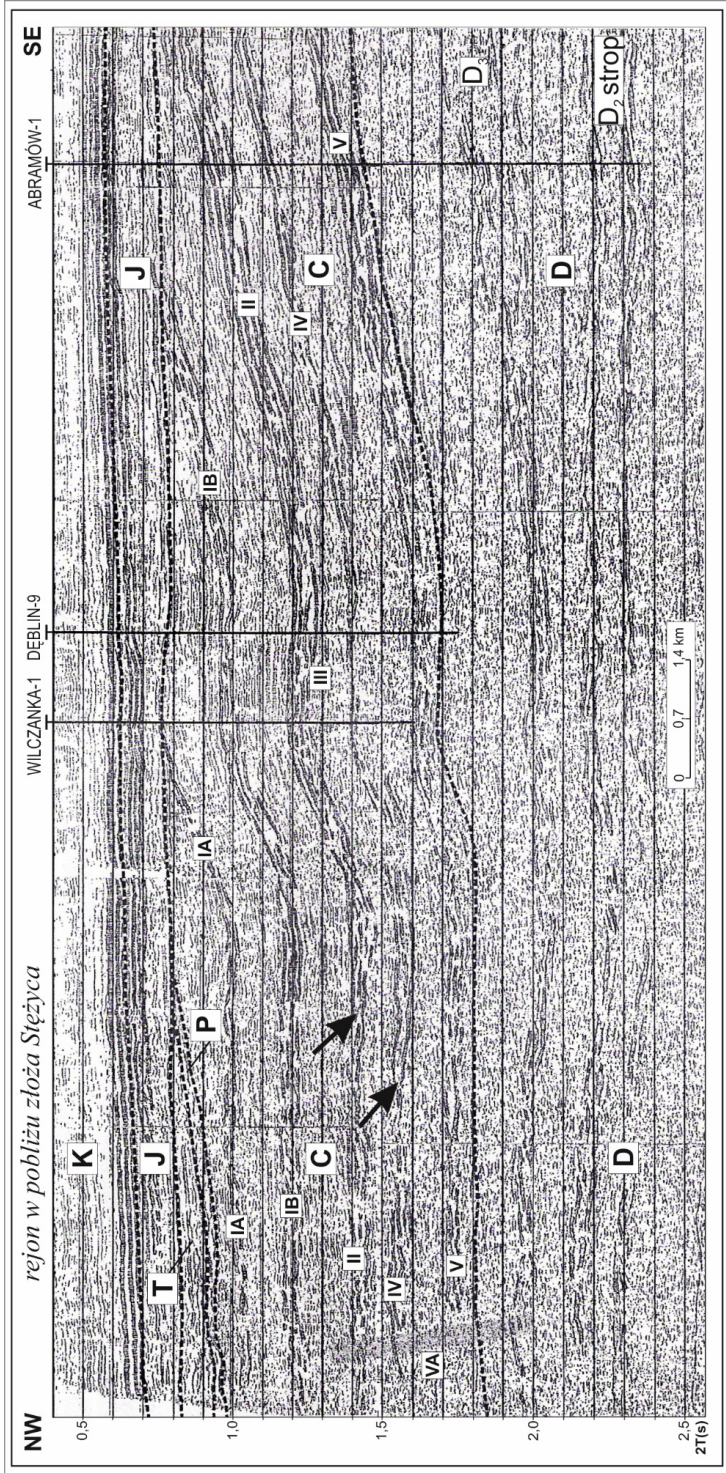
4.14. Korelacja wyników badań geofizycznych w rejonie struktur Dęblina i Abramowa (centralna część rowu lubelskiego)

Rysunek 30 przedstawia wyniki badań sejsmicznych refleksyjnych w wersji EWO w rejonie struktur Dęblina i Abramowa (centralna część rowu lubelskiego) na tle wyników modelowania grawimetrycznego z uwzględnieniem przekroju głębokościowego granicy refrakcyjnej. Ta linia interpretacyjna o kierunku NW-SE, prostopadłym do przebiegu większości profili przedstawianych wcześniej, stanowi wiążący reper. Wyniki niezależnie wykonanego modelowania, określając interwały występowania poszczególnych głównych kompleksów stratygraficznych do głębokości 10 km, ułatwiają powiązanie i korelację uzyskanych obrazów geofizycznych. Wyznaczona na profilu refrakcyjnym 7-69 granica o V_g ponad 6000 m/s wiązana z podłożem występuje na głębokościach około 8–9 km, tj. poniżej najgłębszych,



Rys. 30. Rejon struktur Dębina i Abramowa (centralna część rowu lubelskiego). Korelacja wyników badań sejsmicznych refleksyjnych w wersji EWO na podstawie Dziewińskiej i Tarkowskiego, 2018a (a), modelowania grawimetrycznego (materiał niepublikowany – opracowanie własne) i refrakcyjnych – SE część podłużnego przekroju 7-VI-68/69 niepublikowanego, na podstawie Wojas kier. 1984 (b). Objaśnienia jak na rysunku 21

Fig. 30. Area of the structures of Dębina and Abramów (central part of the Lublin trough). Correlation of the results of seismic reflection studies in the EWO version based on Dziewińska and Tarkowski 2018a (a), gravimetric modeling (unpublished research – own study), and refractive modeling – SE part of longitudinal section 7-VI-68/69 unpublished, based on Wojas directed 1984 (b). Descriptions as in Fig. 21



Rys. 31. Rejon struktur Dębina i Abramowa (centralna część rowu lubelskiego). Interpretacja sekcji sejsmicznej w wersji EWO na podstawie Dziewińskiej i Tarkowskiego 2018a. Opisań jak na rysunku 21

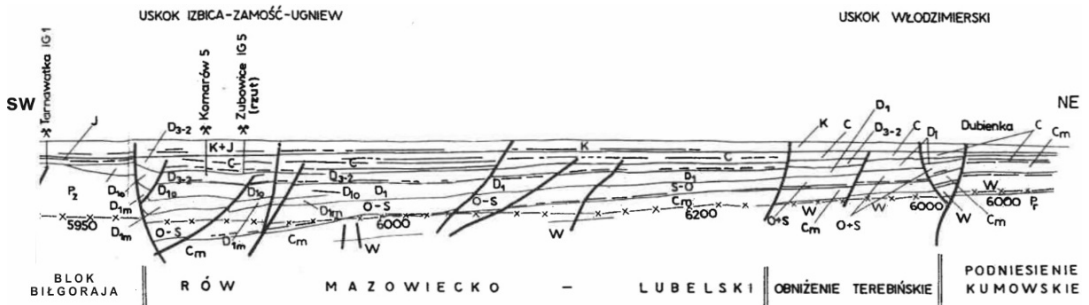
Fig. 31. Area of the Dębin and Abramów structures (central part of the Lublin trough). Interpretation of the seismic section in the EWO version based on Dziewińska and Tarkowski 2018a. Descriptions as in Fig. 21

zarejestrowanych na głębokości do około 6 km granic refleksyjnych na załączonej sekcji EWO (profil 45-IV-86T).

Na przekroju (rys. 31) obserwuje się wyklinowanie na powierzchnię podjurajską kolejno od NW ku SE: utworów triasu, permu oraz piaskowców westfalu. W konsekwencji osady karbonu przykrywają płasko zalegające utwory jury. Podstawę dowiązania wydzielonych karbońskich poziomów piaszczystych do poszczególnych formacji litostratygraficznych stanowi tabela 3 [W:] Dziewińska i Józwiak (2000). Między otworami Dęblin 9 i Abramów 1 – są to piaskowce z serii IB formacji Magnuszewa (westfal A) a w rejonie otworu Abramów 1 piaskowce z serii III (westfal B). Wyniki interpretacji wzdłuż przekroju wskazują na znaczny wzrost miąższości przyspągowej partii karbonu (seria piaskowców V) formacji Terebina w centralnej części rowu lubelskiego. Prawdopodobnie rejon ten jest ograniczony od NW strefą zaburzonej korelacji sejsmicznej, niewydzielaną w obrazie falowym, a możliwą do interpretacji na sekcji EWO. Odpowiada ona, podobnie jak strefa nieciągłości tektoniczno-litologicznej na rysunku 25, SE granicy grawimetrycznej anomalii Magnuszewa. Różnicuje ona charakter i ciągłość śledzenia poszczególnych poziomów w osadach karbońskich. Zlokalizowana jest ona na NW krańcu przekroju. Forma zapisu obserwowana na sekcji sejsmicznej w tym obszarze wskazuje na redukcję kompleksu III – piaskowców ze stropu formacji dęblińskiej oraz prawdopodobnie VA – ze stropu formacji Terebina. Podsumowując kompleks utworów karbońskich charakteryzuje się dobrą jakością zapisu. Najlepsze wyniki uzyskano w rejonie Abramowa i Dębina. W kierunku NW od rejonu Dębina jakość ich jest słabsza. Podobnie zachowują się współczynniki odbicia od granic dewońskich. Horyzont D3 w stropie wysokoprędkościowego kompleksu wapieni z dolomitami franu charakteryzuje się bardzo dobrą dynamiką wzdłuż całego profilu. Górna granica serii wapiennej jest szczególnie wyraźna w przypadku przykrycia marglistymi utworami famenu. Wydatnie też rejestrują się przyspągowe warstwy dewonu górnego i strop osadów dewonu środkowego D2. W kierunku NW obserwuje się redukcję miąższości utworów D3 i wyklinowanie D2. Poniżej osadów dewonu można prześledzić współczynniki odbicia przypisywane prawdopodobnie skałom ordowiku.

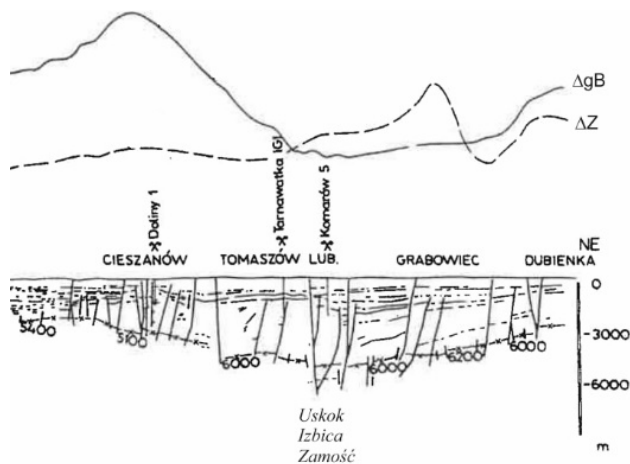
4.15. Przekrój Baligród–Dubienka – interpretacja kompleksowa

Wyniki z SE krańca rowu lubelskiego reprezentuje profil refrakcyjny 1c-67 Baligród–Dubienka. W monografii przedstawiono autorską interpretację geofizyczno-geologiczną wyników badań wzdłuż NE odcinka tego profilu wykonaną przez zespół pod kierunkiem Młynarskiego, red. (1982) (rys. 32, 33). Podstawą kompleksowej interpretacji były materiały uzyskane metodami: sejsmiczną refleksyjną i refrakcyjną, grawimetryczną i magnetyczną. Na podstawie wyników prac refrakcyjnych prześledzono morfologię podłoża krystalicznego na obszarze platformy gotyjskiej i jej strefy brzeżnej. Na podstawie wyników badań magnetycznych uzyskano informacje odnośnie przebiegu strefy brzeżnej. Budowa pokrywy permsko-mezozoicznej została przedstawiona na podstawie wyników badań metodą refleksyjną.



Rys. 32. Przekrój sejsmiczno-geologiczny wzdłuż NE części profilu refrakcyjnego 1c-VII-65/66 Baligród–Dubienka (odcinek Tarnawatka–Dubienka) z: Młynarskiego red. 1982

Fig. 32. Seismic-geological cross-section along the NE part of the 1c-VII-65/66 Baligród–Dubienka refraction profile (section Tarnawatka–Dubienka) from: Młynarski ed. 1982



Rys. 33. Geofizyczna interpretacja kompleksowa wzdłuż NE części profilu Baligród–Dubienka (fragment Doliny Dubienka) z: Młynarskiego red. 1982, uproszczony

Fig. 33. Geophysical complex interpretation along the NE part of the Baligród–Dubienka profile (fragment of the Dubienka Valley) from Młynarski ed. 1982, simplified

Załączone rysunki obrazują zapadający na NE uskoku Izbica–Zamość, który wyznacza SW granicę rowu lubelskiego. Od SW do rowu lubelskiego przylega wyniesienie radomsko-kraśnickie (blok Biłgoraja). Obraz sejsmiczny pokazuje szeroki zasięg tej struktury. Głębokie zakorzenienie uskoku Izbicy potwierdza analiza wyników badań refrakcyjnych i magneto-tellurycznych oraz głębokich badań sejsmicznych (Malinowski i in. 2013). Z uskokiem tym związana jest antyklina Komarowa, tworząca strukturę przyrośląmową.

5. Kluczowe elementy tektoniczne w świetle wyników interpretacji geofizycznej

5.1. Szkic głównych elementów tektonicznych wyznaczonych w wyniku interpretacji danych geofizycznych

Szkic głównych elementów tektonicznych (rys. 34) przedstawia syntetyczne zestawienie informacji otrzymanych na podstawie wyników kompleksowej interpretacji danych geofizycznych. Głównym źródłem informacji była analiza rezultatów uzyskanych wzdłuż interpretowanych profili, z rozszerzeniem na płaszczyznę poziomą.

Porównując uzyskane wyniki na podstawie poszczególnych metod geofizycznych, zwraca uwagę dobra zgodność otrzymanych rezultatów metodą sejsmiczną z materiałami z innych metod. Można zaobserwować regularność w przedstawionym kompleksowym obrazie geofizycznym i zgodność z wyznaczonymi na podstawie materiałów magnetycznych skarpami (stopniami) w podłożu krystalicznym.

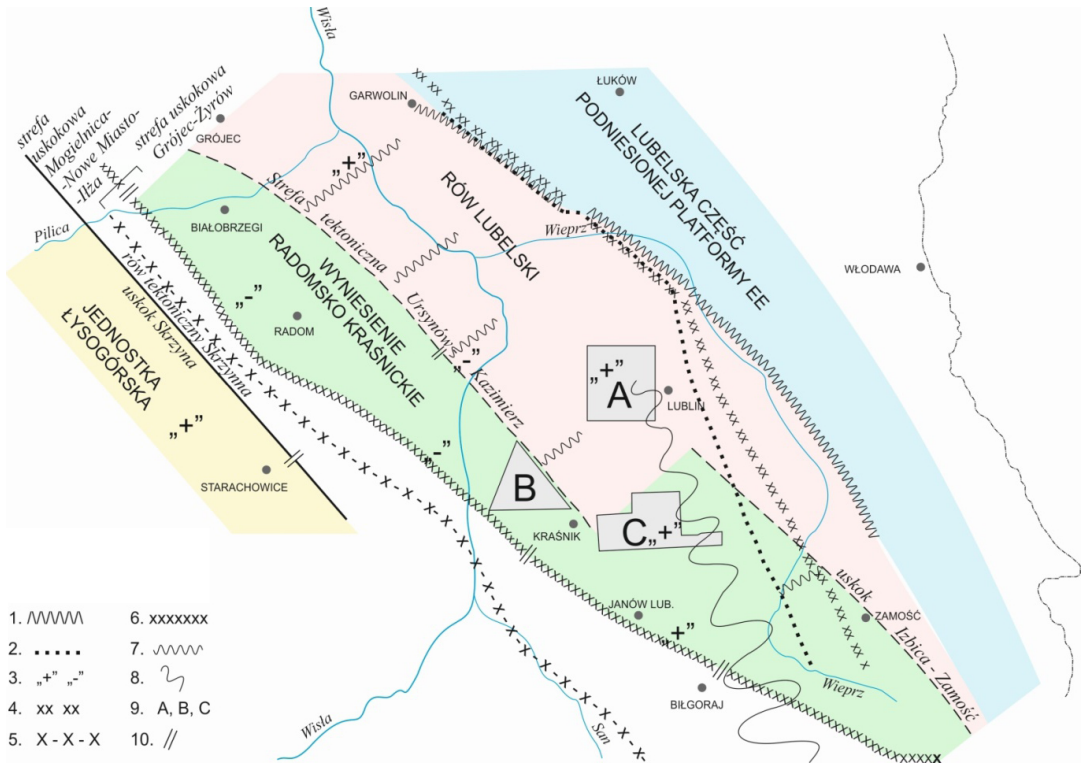
Skarpa górna (pierwszy stopień) odpowiada podobnie jak na mapie grawimetrycznej strefie ogromnych gradientów poziomych siły ciężkości. W badaniach sejsmicznych odpowiada jej strefa dyslokacyjna Kocka. Również na podstawie wyników badań tellurycznych (rys. 6) wyróżniany jest tu uskoki. Ze zrębem tym związany jest także ciąg wyraźnych anomalii rezydualnych.

Strefa umownej granicy horyzontów refrakcyjnych (wg Skorupy) położona jest na NE w stosunku do skarpy dolnej (drugi stopień), co wskazuje na istnienie pewnej strefy przejściowej związanej z nasunięciem sfałdowanych utworów kaledońskich na platformę EE.

Lokalizacja strefy tektonicznej Ursynów–Kazimierz uwzględnia jej przedłużenie w części N do Warki, a nawet do uskoku Grójca. Na podstawie wyników interpretacji uzyskano informacje pozwalające na przedstawienie kontynuacji strefy tektonicznej Kocka w kierunku SE, aż do rejonu struktury Małochwieja.

Integracja wyników odnosi się nie tylko do metod badań, ale i do różnych obszarów (ty-sogórski, radomski, lubelski i łukowsko-hrubieszowski). Przedstawione na szkicu położenie granic między głównymi jednostkami tektonicznymi wnosi istotny wkład do dyskusowanych zagadnień związanych z regionalizacją tektoniczną Polski.

Zaznaczona na szkicu strefa jednoczesnej rejestracji dwóch rodzajów podłoża: starszego i młodszego, jest wynikiem przeprowadzonej reinterpretacji źródłowych materiałów refrak-



Rys. 34. Szkic głównych elementów tektonicznych wyznaczonych w wyniku interpretacji danych geofizycznych
 1 – schematyczny zarys lokalizacji struktury Kocka wg badań sejsmicznych; 2 – strefa maksymalnego gradientu poziomego siły ciężkości; 3 – maksima i minima grawimetryczne; 4 – I strefa dużego magnetycznego gradientu poziomego (górną skarpy w podłożu krystalicznym); 5 – II strefa dużego magnetycznego gradientu poziomego związana ze strefą brzeżną, krystalicznej platformy EE (dolna skarpy w podłożu krystalicznym); 6 – strefa umownej granicy refrakcyjnych horyzontów sejsmicznych o różnym charakterze (Skorupa 1974); 7 – strefy jednoczesnej rejestracji dwóch rodzajów podłoża: starszego i młodszego; 8 – strefa ryftowa (Guterch i Grada 1996); 9 – ciała zaburzające o nadmiarze mas występujące w skorupie ziemskiej na podstawie interpretacji:

A, B – rys. 26, Lemberger 1981, C – Haber 1999; 10 – strefy nieciągłości tektonicznej na podstawie wyników prac magnetotellurycznych.

Oznaczenia stratygraficzne występujące na figurach: K – kreda, J – jura, T – trias, P – perm, P2 – cechsztyń, C – karbon, D – dewon, S – sylur, O – ordowik, Cm – kambryj, Pre – prekambryj, Ed – ediański

Fig. 34. Sketch of the main tectonic elements determined due to the interpretation of geophysical data
 1 – a schematic outline of the location of the Kock structure according to seismic surveys; 2 – the zone of the maximum horizontal gradient of gravity; 3 – the gravimetric maxima and minima; 4 – the 1st zone of a large magnetic horizontal gradient (upper slope in the crystalline substrate); 5 – the 2nd zone of the large magnetic gradient horizontal associated with the marginal zone of the crystalline EE platform (lower escarpment in the crystalline substrate); 6 – zone of the imaginary limit of refractive seismic horizons of different nature (according to Skorupa 1974); 7 – zone of simultaneous registration of two types of substrate: older and younger; 8 – rift zone (after Guterch and Grad 1996); 9 – excess mass disturbing bodies in the earth's crust based on the interpretation: A, B – Fig. 26, Lemberger 1981, C – Haber 1999; 10 – tectonic discontinuity zone based on the results of magnetotelluric research

cyjnych. Jest to strefa bezpośredniego kontaktu skonsolidowanego podłoża o dwóch różnych stopniach konsolidacji. Pokazuje obszar, w którym występują silne kontrasty sejsmiczne dla obu rodzajów podłoża. Graniczne miejsce śledzenia tych horyzontów sięga na NE do linii Izdebnó–Puławy–Zamość. W pozostałych obszarach rejestracje pochodzą tylko od jednego podłoża, silniej wyrażonego w danym obszarze. Interpretacje te są istotne dla dyskusji na temat rodzaju skał występujących w skonsolidowanym podłożu rejonu badań.

Na szkicu zostały też umieszczone wyinterpretowane trzy ciała zaburzające o nadmiarze mas występujące w skorupie ziemskiej. Ciała oznaczone jako A i B zostały opisane wcześniej. Element C jest wynikiem kompleksowej interpretacji geofizycznej i modelowania grawimetrycznego 2D i 3D wzdłuż linii profilowej Zaklików–Turobin–Rejowiec–Chełm (Haber 1999). Przedstawia masyw zasadowy podłoża krystalicznego nazwany przez autora Lublin–Turobin. Wyliczone głębokości do stropu i spągu tego diapiru magmowego wynoszą odpowiednio 10 i 35 km. Wyinterpretowane, mimo że na podstawie trzech różnych niezależnie metod geofizycznych, modele ciał zaburzających mogą nie być jedynym możliwym rozwiązaniem. Mogą natomiast tworzyć podstawę do koncepcji geologicznej budowy skorupy ziemskiej. Zgodnie z lokalizacją podaną przez Grabowską i in. (2017), na terenie Polski kontynuuje się z obszaru Białorusi Centralny Białoruski Szew (CBSZ) uformowany w paleoproterozoiku. Łączy on dwa segmenty EE kratonu: Fennoskanię i Sarmację. Według tych autorów istnieje możliwość podziału kratonicznego fragmentu SE Polski na część NW i SE. Przedłużenie tej struktury tektonicznej w kierunku SW obejmuje rejon rowu lubelskiego, w zasięgu którego znajdują się elementy A, B, C.

Dodatkowego komentarza wymaga linia uskoku Skrzynna i towarzyszący jej od strony NE zespół struktur, czyli rów tektoniczny Skrzynna oraz strefa uskokowa Mogielnica–Nowe Miasto–Iłża znajdująca się w zasięgu strefy dużego magnetycznego gradientu poziomego i strefy umownej granicy refrakcyjnych horyzontów o różnym charakterze. Nawiązując do pojęć, jakimi są lokalizacja samej krawędzi i pas zjawisk tektonicznych związanych z krawędzią, to linia uskoku Skrzynna wyznacza przebieg tylko samej krawędzi platformy EE. Natomiast towarzyszący jej zespół struktur przedstawia całą strefę przykrawędziową (krawędziową), która nazywana jest w tej publikacji również strefą przejściową. Tłumaczy to w pewnym stopniu, rozbieżności co do lokalizacji krawędzi platformy EE przedstawianych przez różnych badaczy.

5.2. Uskok Skrzynna, paleozoiczny rów tektoniczny Skrzynna i strefa uskokowa Nowe Miasto–Mogielnica–Iłża

Na podstawie wydzielonych na sekcji EWO serii związanych z granicami karbońsko-dewońskimi i głębszymi, dyslokacja Skrzynna jest określana jako uskok normalny o powierzchni nachylonej bardzo stromo, ku NE. Nie można wykluczyć, że głównej płaszczyźnie rozłamowej towarzyszą nieciągłości tektoniczne, o różnym nachyleniu płaszczyzn uskokowych. Jest to bardzo istotna wiedza, biorąc pod uwagę fakt, że ze względu na bardzo słabą jakość

sejsmicznego zapisu falowego z głębokości podłoża podpermskiego, nie udało się w jego obrębie wyróżnić żadnych refleksów związanych z osadami karbonu i dewonu. W świetle obrazu EWO uskoku Skrzynna jest bardzo głęboko zakorzenionym rozłamem skorupowym, a skomplikowana budowa wewnętrzna tej strefy dyslokacyjnej świadczy o jej złożonej genezie. Wyniki interpretacji sekcji dostarczają nowych danych ważnych dla szeregu podstawowych zagadnień i problemów natury tektoniczno-strukturalnej powiązanych z długotrwałą aktywnością uskoku Skrzynna. Informacje te dały m.in. podstawę do przeprowadzenia studium ważnych etapów tektonicznego rozwoju tej regionalnej strefy dyslokacyjnej w okresie od paleozoiku po jurę (Kowalczewski 2002).

Część badaczy uznaje uskoku Skrzynna za płytka strukturę mezozoiczną (np. Narkiewicz 2007) i sugeruje, że NE granica łysogórskiej strefy fałdów, może być położona bliżej zrębu radomsko-kraśnickiego, wzdłuż uskoku Nowe Miasto.

Strefę uskokową Nowe Miasto–Mogielnica–Iłża tworzy zespół kilku uskoków widocznych na przekrojach sejsmicznych (rys. 8, 15, 16 i 13) i wyraźnie odwzorowanych na mapach anomalii grawimetrycznych. (rys. 1). Na mapach anomalii rezydualnych (s. 116 [W:] Nawrocki i Becker, red. 2017) anomalia Nowego Miasta wykazuje osłabienie, zaś anomalia Mogielnicy wydziela się jeszcze mocniej. Na podstawie wyników interpretacji uzyskano informacje, które wskazują na połączenie anomalii Mogielnicy z jednej strony z anomaliami rejonu Szwejki i Przytyka, z drugiej, choć nie w sposób ciągły, z anomalią Iłży. Anomalia Iłży należy do ciągu anomalii biegnących do rejonu Biłgoraja (rys. 28 i 29). Czynnikiem istotnym w genezie tych anomalii są ciała zaburzające położone stosunkowo płytko (wychodnie kredowo-jurajskie), (Bojdys i Grabowska 1999). Na podstawie wyników na wymienionych przekrojach sejsmicznych refleksyjnych i refrakcyjnych (rys. 13) wskazano, że ta forma strukturalna może jednocześnie bazować na głębszych założeniach, być może nawet w podłożu krystalicznym (Dziwińska i Petecki 2004 b). Na podstawie korelacji lokalnych anomalii grawimetrycznych z anomaliami magnetycznymi (Grabowska i in. 2017) udowodniono głębokie zakorzenienie tego ciągu stref uskokowych w starszym paleozoicznym podłożu. Wspomniane zakłócenia ciągłości strefy Mogielnica–Iłża występują w rejonie na SW od Radomia w miejscu postulowanego wyniesionego bloku utworów sylurskich (rys. 15 i 16). Miejscu temu odpowiada wyraźna strefa ujemnej anomalii grawimetrycznej.

Podobną kontynuację wykazuje rów Skrzynna. Zgodnie z koncepcją geologiczną, potwierdzoną wynikami interpretacji badań geofizycznych, rów ten posiada kierunek NW-SE i przebiega w stronę SE w okolicach Iłży oraz w stronę NW przez okolice na E od Skrzynna (rys. 15, 16, 18) aż do rejonu Nowe Miasto–Mogielnica i Szwejki (rys. 8).

5.3. Strefa uskokowa Ursynów–Kazimierz

Linia uskokowa Ursynów–Kazimierz wyznacza granicę między elementami jednostki łysogórskiej i wyniesienia radomsko-kraśnickiego a rowem lubelskim. Ta strefa uskokowa może przedstawiać przedłużenie frontu deformacji kaledońskich (Pożaryski 1997).

W obrębie rowu lubelskiego stwierdza się brak fałdowań kaledońskich (Żelichowski 1979). Na W od tej linii tektonicznej rozciąga się starszy kompleks strukturalny pokryw platformowej leżący na sfałdowanym podłożu o konsolidacji staropaleozoicznej. Tworzą go utwory dewonu, karbonu i dolnego permu. Młodszy kompleks strukturalny pokryw platformowej to osady cechsztynu razem z ogniwami młodszymi – mezozoicznymi. Wyniesienie radomsko-kraśnickie, w obrębie którego na powierzchni permomezozoicznej występują różne ogniwia utworów dewonu należy jeszcze do strefy fałdowań kaledońskich, o czym świadczą m.in. wyniki badań z otworu Lisów 1 oraz badań sejsmicznych.

Wyniesienie radomsko-kraśnickie otoczone jest od strony SW i NE strefami tektonicznymi, odpowiednio Mogielnica–Nowe Miasto–Iłża i Ursynów–Kazimierz z towarzyszącymi im po zewnętrznych stronach względem wyniesienia formami synklinalnymi wypełnionymi osadami karbonu o dużej miąższości. Wymienione elementy, wykazując zbliżony obraz budowy strukturalnej, mogą sugerować podobną ich genezę.

Przyjmuje się, iż SW zasięg utworów karbonu rowu lubelskiego ogranicza strefa uskokowa Ursynów–Kazimierz. Niniejsza publikacja zwraca uwagę na pewne nowe elementy w obrębie wyniesienia radomsko-kraśnickiego mogące sugerować lokalnie większy zasięg karbonu w kierunku SW. Są to wyinterpretowane przypuszczalne synkliny wypełnione utworami karbońskimi o niedużej miąższości odpowiednio: w pewnej odległości na SW od wiercenia Lisów 1 (rys. 18) i na NE od wiercenia Białostrzegi IG1 (rys. 25). Występowanie osadów karbońskich w tych obszarach wymaga weryfikacji dodatkowymi danymi sejsmicznymi i otworowymi. Południowo-zachodni zasięg osadów karbonu i charakter jego wyklinowania nie jest całkowicie wyjaśniony. Świadczy o tym duża liczba publikacji o charakterze dyskusyjnym na temat „synklinalnego” modelu ewolucji basenu dewońsko-karbońskiego Lubelszczyzny (np. Antonowicz i in. 2003) w stosunku do tradycyjnego modelu „rowowego” (Żelichowski 1972). Antonowicz i in. (2003), poddając w wątpliwość rowowy model budowy obszaru lubelskiego i opierając się na analogiach do modelu rozwoju Appalachów, dla wyjaśnienia budowy geologicznej lubelskiego rejonu, formułuje koncepcję naskórkowych deformacji. W modelu tym płaskie odkucia i nasunięcia determinują rozwój strukturalny serii osadowej, a ewentualne związki z tektoniką podłoża krystalicznego mają charakter pośredni. Tak istotna granica geologiczna jaką jest strefa uskokowa Ursynów–Kazimierz na mapie anomalii Bouguera nie odzwierciedla się dostatecznie silnie. Geneza uskoku Ursynów–Kazimierz jest dyskusyjna, m.in. z powodu braku jednoznacznej, bezpośredniej wiedzy o jego głębszych założeniach. Aczkolwiek interpretacja głębokiego profilu z programu POLCRUST pokazuje głęboko zakorzoną dyslokację interpretowaną jako uskok Ursynowa (Narkiewicz i Petecki 2019). Zamieszczone w monografii przykłady dotyczące rodzaju kontaktu wyniesienia radomsko-kraśnickiego z SW strefą niecki lubelskiej też wskazują na istnienie takich związków. Na podstawie wyników zaprezentowanych na przekrojach sejsmicznych refleksyjnych zasugerowano występowanie nasunięć na skrzydle rowu, w miejscach wyklinowań utworów karbońskich. Z drugiej strony, obserwowane przy tych strefach znaczne upady horyzontów wskazują na udział uskoków w budowie tej strefy. Dane otrzymane na podstawie wyników interpretacji obrazu pól potencjalnych (np. rys. 20), pomiarów

geomagnetycznych i sejsmiki refrakcyjnej (rys. 12 i 13) potwierdzają pogląd o głębokich założeniach i dysjunktywnym charakterze granicy wyniesienia radomsko-kraśnickiego i rowu lubelskiego.

Instytut Geofizyki PAN w ramach prac w rejonie Gór Świętokrzyskich przeprowadził m.in. kompleksowe sondowania geomagnetyczne wzdłuż profilu od Kazimierza Wielkiego do Zwolenia (Semenow i in. 1998). Na podstawie wyników badań stwierdzono istnienie na linii Starachowice–Ostrowiec Świętokrzyski bardzo głęboko sięgającego, pionowego rozłamu, odpowiadającego charakterem krawędzi cokołu krystalicznego platformy EE. Podobny rozłam, lecz o mniejszej amplitudzie, rysuje się pomiędzy otworami Łągów 1 i Łągów 2. Lokalizacja ta jest zgodna z przebiegiem uskoku Ursynów–Kazimierz. Korelacja z wynikami interpretacji sejsmiki refrakcyjnej potwierdza istnienie w rejonie Łągowa stopnia w podłożu krystalicznym (rys. 23).

Skomplikowany obraz strefy uskokowej Ursynów–Kazimierz odwzorowują załączone przekroje sejsmiczne w wersji EWO (rys. 19 i 20). Można zaobserwować nakładanie się dwóch obrazów fal odbitych. Na tle prawie poziomo położonych horyzontów występuje przynikanie wyklinowujących się refleksów karbońskich. Może to dowodzić, iż kierunek wyklinowań utworów karbońskich nie jest prostopadły względem głównego kierunku przebiegu strefy tektonicznej Ursynów–Kazimierz. Może to wskazywać na udział ruchów przesuwczych w czasie ewolucji tego elementu. Działalność sił powodujących ten proces prawdopodobnie maleje w kierunku N, co znajduje odzwierciedlenie we wspomnianym łagodniejszym stopniu wyklinowań w miarę przesuwania się wzdłuż tej strefy na północ.

Podsumowując, analizowane materiały sejsmiczne, grawimetryczne i magnetyczne pozwalają na wyznaczenie ciągu dyslokacyjnego biegnącego w obrazie powierzchniowym w przybliżeniu NW-SE od Ursynowa do Warki (rys. 20), a towarzyszący mu gradient grawimetryczny na dalszą kontynuację w stronę uskoku Grójca. W części północnej strefa ta jest przesunięta bardziej na NE względem części południowej, podobnie jak struktura Mogielnicy w stosunku do struktury Hły. Wymienione strefy prawdopodobnie rozdzielone są regionalnymi uskokami na przemieszczone względem siebie fragmenty.

Według Pożaryskiego (1997) podłoże paleozoiczne w tym rejonie jest podzielone na bloki wczesnowaryscyjskimi przebiegającymi subrównoleżnikowo strefami uskokowymi o charakterze zrzutowo-przesuwczym. Wyznaczone na mapach anomalii różnicowych (Dziewińska i Petecki 2004b) kierunki strukturalne o przebiegu zbliżonym do równoleżnikowego wykazują zgodność z postulowanymi przez tego autora. Jego zdaniem taka sytuacja ma miejsce także w przypadku uskoku Skrzynna, który tworzy fragment bardzo głębokiej, pionowej strefy rozłamowej wyznaczającej SW krawędź cokołu krystalicznego platformy EE.

Zaznaczając się na N od otworu Maciejowice IG1 wyklinowania śródwarstwowe poziomów piaskowcowych i zaburzenia ciągłości śledzenia w utworach dewonu (rys. 21) znajdują się w obrębie równoleżnikowej strefy uskokowej Rawy Mazowieckiej. Jest to według wymienionego autora uskok przesuwczy przebiegający wzdłuż linii Szwejki–Warka–Maciejowice. Zaliczany jest do wspomnianego szeregu równoległych stref dyslokacyjnych wczesnowaryscyjskich rozwijających się w środkowym i późnym dewonie. W zasięgu tej strefy znajduje

się również rejon otworów Szwejki (rys. 8), centralna część linii z rejonu strefy grójeckiej (rys. 10) oraz zaburzona, północna część linii Białobrzegi–Warka (rys. 20).

5.4. Strefa uskokowa Kocka

Budowa i rozwój basenu lubelskiego są przedmiotem licznych dyskusji (Żelichowski 1972; Antonowicz i in. 2003; Krzywiec i Narkiewicz 2003) wraz z pojawianiem się nowszych i dokładniejszych danych. Publikacje w większości przedstawiają odmienny od rowowego (Żelichowski 1979) lub zmodyfikowany styl budowy tektonicznej basenu lubelskiego.

Antonowicz i in. (2003) stwierdzając brak wyraźnych uskoków ograniczających basen lubelski od NW i SE, w swej interpretacji neguje rowową, postinwersyjną strukturę tektoniczną. Alternatywna interpretacja budowy rowu lubelskiego zaproponowana przez niego zakłada, że rów lubelski jest pasywną synkliną powstałą poprzez wyniesienie warstw nad nasunięciem, w obrębie odkłutej antykliny Warki–Kazimierza i strefy Kocka, co uznano za rozwiązanie dyskusyjne (Krzywiec i Narkiewicz 2003). Narkiewicz (2003) sugeruje występowanie uskoków ograniczających basen powstały w związku z tektoniką kompresyjno-przesuwczą.

Rezultaty badań Krzywca (2007) przedstawiają możliwość interpretacji strefy uskokowej Kocka jako obszaru poddanego ścisaniu w późnym karbonie w trakcie inwersji basenu lubelskiego, podczas deformacji waryscyjskich nad strefą uskoków odwróconych. Skutkowało to wyniesienie zrębu radomsko-kraśnickiego w stosunku do rowu. Hipoteza, na którą powołuje się Kijewska (2018) mówi o systemie nasuwczo-naskórkowym zakorzenionym w łupkach sylurskich zlokalizowanych nad uskokiem, ponad stopniem w głębokim krystalicznym podłożu. Również w interpretacjach Żelichowskiego, red. (1983) zasięg uskoków w tym rejonie sięga do stropu karbonu.

Słaba rozdzielczość obrazu sejsmicznego i ograniczony zakres głębokościowy nie pozwalają na jego jednoznaczną interpretację, w tym na stwierdzenie występowania nieciągłości tektonicznych w obrębie dolnego paleozoiku, np. uskoku występującego poniżej nasunięcia Kocka. Przedstawione w artykule informacje uzyskane w wyniku prac interpretacyjnych wnoszą wkład do dyskusji na temat geologiczno-tektonicznego modelu obszaru lubelskiego jako rowu i/lub systemu nasunięć. Jak pokazują przykłady na rysunkach 27 i 28, 26 metoda EWO ułatwia bardziej szczegółowe rozpoznanie wzajemnego ułożenia poszczególnych kompleksów geologicznych. Głębokie założenia tej struktury potwierdzają informacje uzyskane na podstawie wyników sejsmiki refrakcyjnej oraz metody magnetotellurycznej. O jej głębokim zasięgu świadczy, poza różnicami facji i miąższości serii osadowych, także obecność wylewnych skał diabazowych o znacznej grubości. Występują one często w otworach położonych w sąsiedztwie tej strefy, w spągu osadów karbońskich i w obrębie utworów starszych (w dewonie).

5.5. Tektoniczny kierunek o trendzie południkowym

Obok głównych kierunków paleozoicznego planu strukturalnego NW-SE występują kierunki wglębnych nieciągłości tektonicznych i/lub litologicznych – zbliżonych do południkowego (Dziewińska i Petecki 2004b). Szczegółowa analiza mapy anomalii Bouguera pozwala stwierdzić kierunek zbliżony do południkowego.

Lubelski wyż grawimetryczny tworzą dwa zespoły anomalne Magnuszew i Lublin–Biłgoraj. Oś dodatniej anomalii grawimetrycznej Lublin–Biłgoraj między Lublinem i Kraśnikiem posiada kierunek zbliżony do południkowego. Zespoły te oddziela depresja grawimetryczna Puławy–Dęblin–Czerniec o osi również zbliżonej do kierunku S. Kierunek rozciągłości anomalii grawimetrycznej prawdopodobnie odwzorowuje element tektoniczny o tym przebiegu. Biorąc pod uwagę, że wymienione jednostki anomalne związane są z ciałami zaburzającymi występującymi w obrębie warstw skorupy ziemskiej (rys. 26 i 34) jest to wynik tektoniki bazującej na głębokich założeniach.

Dotyczy to też obserwowanej dwudzielności anomalii świętokrzyskiej związanej z odmiennymi kierunkami strukturalnymi. Część południowa ma kierunek zgodny z kierunkiem struktur paleozoiku świętokrzyskiego WNW-ESE, a część centralna, podobnie jak na mapie Bouguera anomalia związana z grawimetrycznym wyżem lubelskim, zbliżony do południkowego. Ta zmiana kierunku wskazuje na pewną odrębność struktury centralnej i brak jej bezpośredniego związku ze strukturami Gór Świętokrzyskich.

Zwracają również uwagę zjawiska obserwowane na krzywych sondowań magnetotelurycznych wykonanych na profilu w pobliżu linii Kraśnik–Lublin. Zachowują się one tak, jakby kierunek N-S był kierunkiem zbliżonym do rozciągłości struktury. Może to świadczyć o tym, że sondowania te odwzorowują przedkarbońskie kierunki tektoniczne nieodnowione w karbonie.

Nowy, w stosunku do dotychczasowych, istotny element interpretacyjny stanowią też wyróżniające się wartościami współczynników odbicia kompleksy litologiczne występujące w obrębie paleozoiku, również głębszego. Wyniki analizy sekcji EWO pod kątem odtworzenia kierunków upadów warstw paleozoicznych podkreślają rolę nieciągłości tektonicznych w odtwarzaniu ewolucji kierunków paleozoicznych naprężeń tektonicznych.

Wyniki interpretacji badań współczesnych naprężeń tektonicznych w obrębie paleozoicznego kompleksu strukturalnego brzeżnej części platformy EE wskazują, że obszar ten znajduje się pod wpływem poziomej kompresji o kierunku południkowym (Jarosiński 1999), co autor wiąże z redystrybucją południkowego nacisku od strony Karpat.

6. Dyskusja i wnioski

6.1. Kwestie genezy anomalii grawimetrycznych

W regionalnym ujęciu analizowany obszar znajduje się w zasięgu wyżu grawimetrycznego, który tworzą połączone ze sobą dwa rozległe zespoły anomalne: Magnuszew i Lublin–Biłgoraj. Od strony SW sąsiadują z blisko położonym wyżem kieleckim (rys. 1). Zespoły te mają wspólne NE skrzydło, któremu odpowiada strefa silnych gradientów poziomych siły ciężkości. Jest ona dominującym rysem anomalii na interpretowanych profilach (rys. 11, 22, 26 i 29). Można sądzić, że wszystkie te elementy są genetycznie tego samego typu. Między zespołem Magnuszewa a zespołem Lublina występuje depresja grawimetryczna o osi zbliżonej do kierunku południkowego. Na tym tle regionalnym elementy lokalne są trudne do zauważenia. Na podstawie wyników pomiarów gęstości skał można stwierdzić, że kompleks utworów osadowych mezozoiczno-paleozoicznych, a szczególnie paleozoicznych (struktury stwierdzone badaniami sejsmicznymi) jest istotnym czynnikiem wywołującym obraz lokalnych anomalii grawimetrycznych (Dziewińska i Petecki 2004b). Jest to głównie związek anomalii grawimetrycznych z morfologią utworów karbonu i dewonu, syluru lub kambru (np. anomalie Rachów – rys. 26, Biłgoraj – rys. 29). Dotyczy to obszarów głębszego zalegania utworów prekambryjskich, czyli rowu lubelskiego i wyniesienia radomsko-kraśnickiego. W częściach NE profili obserwuje się silne spłylenie podłoża krystalicznego w kierunku NE i wyklinowanie warstw kompleksu osadowego. W tym obszarze platformy gotyjskiej występujące na stosunkowo niedużych głębokościach krystaliczne utwory prekambryjskie tworzą granicę gęstościową i obraz anomalii w decydującym stopniu związany jest z tymi utworami.

Zauważa się, że maksymalne wartości anomalii Bouguera pokrywają się ze strefami największego obniżenia podłoża skonsolidowanego, przy czym maksima grawimetryczne prawie dokładnie odpowiadają największym depresjom w podłożu.

Z podobieństwa charakteru regionalnego (tab. 3 [W:] Królikowski i Petecki 1995) z pomiarowym (rys. 1) wynika, że obraz anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera w większości przypadków odzwierciedla regionalną budowę geologiczną i że źródła regionalizmu należy lokalizować poniżej spągu serii osadowej. Fakt, że efekt grawimetryczny wywołany zmianami miąższości i gęstości kompleksu mezo- i paleozoicznego nie przekracza kilku mili-gali, wskazuje na to, że przyczyna obu tych regionalnych anomalii znajduje się głębiej. Skorupa (1977), zajmując się obszarem grawimetrycznego wyżu lubelskiego na tle morfologii

powierzchni Moho w Polsce, wyraził pogląd, że jego geneza wiąże się z anomalną budową górnej skonsolidowanej części skorupy ziemskiej w jej partiach przystopowych, mając na uwadze obecność mas cięższych od otoczenia, o dużych rozmiarach.

Strefa maksymalnego gradientu poziomego Garwolin–Lubartów–Narol jest bardzo silnym elementem pola grawitacyjnego anomalii Bouguera. Od najwcześniejszych prac interpretacyjnych z założenia strefa ta była traktowana jako głęboki rozłam i/lub kontakt skał podłoża krystalicznego (o zasięgu 7–10 km) o różnych ciężarach. Znajduje ona odwzorowanie na profilu GSS LT3 jako krawędź bloku skorupy ziemskiej, z którym związane są silne fale dyfrakcyjne (Guterch i in. 1986, rys. 26). Obszar lokalizacji wyinterpretowanych ciał zaburzających w skorupie ziemskiej znajduje się w strefie, z którą Skorupa (1977) wiąże występowanie węzła tektonicznego, w którym sąsiadowały co najmniej trzy różne platformy: prekambryjska–gotycka, assyntyjska (bajkalska) i paleozoiczna.

Interpretowane profile przecinają skomplikowany zespół anomalii magnetycznych związany ze strefą brzeżną starej platformy EE (rys. 2). Przedstawiony rejon stanowi strefę przejściową między słabo zróżnicowaną depresją magnetyczną Polski W a rejonem o bardzo zróżnicowanym obrazie magnetycznym, związanym ze zmianami petrograficznymi, występującymi w płytko zalegającym podłożu krystalicznym.

Interpretacja ilościowa (rys. 26) wykazała, że NE strefa dużego poziomego gradientu magnetycznego (składowej pionowej Z magnetyzmu ziemskiego) związana jest z obecnością rozległego elementu zaburzającego w skonsolidowanej części skorupy ziemskiej, odwzorowującym się jako grawimetryczny wyż lubelski. Strefa ta (górną skarpą w podłożu krystalicznym) przebiega podobnie jak na mapie grawimetrycznej (Garwolin–Lubartów–Tomaszów Lubelski) (rys. 34). W badaniach refrakcyjnych odpowiada jej strefa dyslokacyjna o dużym zrzućcie biegnąca wzdłuż linii Garwolin–Łęczna–Małochwiej, wyznaczająca NE linię graniczną rowu lubelskiego. Również na podstawie wyników z badań tellurycznych wykonanych w tej okolicy wyróżniana jest oś struktury Kocka związanej z uskokiem w podłożu krystalicznym (rys. 6). Ze zrębem tym koresponduje także ciąg wyraźnych anomalii rezydualnych Kock–Łęczna.

6.2. Zagadnienie zasięgu platformy EE i określenia strefy kontaktu platform

Zagadnienie zasięgu platformy EE w świetle wyników profilu refrakcyjnego 8R/74, przebiegającego wzdłuż głębokich sondowań sejsmicznych (GSS) skorupy ziemskiej, obrazuje rysunek 26. Wyznaczona przez Gutercha i Grada (1996) na obszarze Polski strefa TT typu ryftowego o kierunku NW-SE o szerokości 50–90 km jest ograniczona przez głębokie rozłamy. Rozłamy te wydzielają bloki skorupy ziemskiej, które korelują się z odpowiednimi strukturami występującymi w pokrywie oraz układają się zgodnie z wyznaczonymi na podstawie materiałów geofizycznych (magnetycznych) skarpami w podłożu. NE odcinek profilu znajduje się w zasięgu bloku, którego SW granica związana ze strukturą Kocka, utożsamianą z NE granicę rowu lubelskiego. Przylegające do niej od SW jednostki tektoniczne paleozoiku

rozwinęte są na odrębnym bloku skorupy ziemskiej. Powyższe dane geofizyczne pozwoliły Żelichowskiemu (1979) wysunąć hipotezę o szerszym zasięgu platformy prekambryjskiej aż po linię Starachowice–Nisko (linia ujścia Sanu), której krawędź odpowiadałaby dolnej skarpie w podłożu krystalicznym. Powyższe stwierdzenie potwierdza fakt, że anomalie magnetyczne położone po obu stronach granicy jednostek paleozoicznych (rys. 2) wykazują ten sam charakter.

Model budowy geologicznej brzegu kratonu EE w obszarze SE Polski przesuniętego w kierunku SW postulowany przez wielu badaczy (np. Dąbrowski i Karaczun 1984; Pożaryski 1997; Kowalczewski 2002) nawiązuje do koncepcji Żelichowskiego (1979). Według niej zarówno rów lubelski, jak i wyniesienie radomsko-kraśnickie rozwinęte są na platformie prekambryjskiej, na którą nasunięte są od SW sfałdowane utwory staropaleozoiczne, co potwierdzają przedstawione wyniki geofizyczno-geologicznej interpretacji przekrojów refrakcyjnych ze strefy brzeżnej platformy prekambryjskiej.

W obrazie anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera brak jest bezpośrednich informacji o lokalizacji strefy brzeżnej platformy EE. Usytuowanie grawimetrycznego wyżu magnuszewsko-lubelskiego nie posiada wyraźnego związku z przyjmowaną obecnie strefą kontaktu platformy gotyjskiej z platformą paleozoiczną. Natomiast na podstawie zmian obrazu pola regionalnego (tab. 3 [W:] Królikowski i Petecki 1995) można wnioskować, że w rejonie północnym obszarem takim jest strefa kontaktowa wyżu kieleckiego z rozległą dodatnią anomalią Magnuszew–Kozienice. Znajduje się ona w zasięgu strefy wyklinowania utworów kredy i jury. Położona jest na NE od wiercenia Przysucha 1 i koreluje się ze strefą przejściową wyznaczoną na podstawie wyników badań sejsmicznych refrakcyjnych (rys. 7).

Na podstawie wyników interpretacji danych geofizycznych wskazano na położenie krawędzi podłoża krystalicznego platformy EE wzdłuż linii Starachowice–Ostałów–Przysucha. Tęzę potwierdza uzyskany w rezultacie badań sejsmicznych obraz strefy dyslokacyjnej Skrzynna, o głębokich założeniach geologicznych (rys. 11, 14–18). Problemy tektoniczne związane z długotrwałą aktywnością uskoku Skrzynna są przedmiotem pracy Kowalczewskiego (2002). Cytowany autor wystąpił z hipotezą, że dyslokacja ta stanowi SW granicę rowu tektonicznego obrzeżonego od NE rozłamek Nowe Miasto–Mogielnica–Iłża–Bałtów. Sądzi on, że ten wąski i długi rów mógł powstać w strefie szwu kontynentalnego, wzdłuż którego zrastają się platformy EE (prewendyjska) i środkowoeuropejska (paleozoiczna). Podobnie określają położenie tej krawędzi Grabowska i Bojdys (2001) na podstawie wyników badań grawimetrycznych i magnetycznych, sytuując ją w pobliżu SW granicy strefy TT, w środku grawimetrycznego wyżu małopolskiego.

Strefa kontaktu platform według danych sejsmicznych przebiegająca w pasie Nowe Miasto–Mogielnica–Iłża–Starachowice–Ostrowiec Świętokrzyski, w obrazie magnetycznym znajduje się w granicach drugiego obszaru wysokiego poziomego gradientu magnetycznego wiążanego ze stopniem w podłożu krystalicznym (dolna skarpa). Nie jest też ona pozbawiona zaburzających ciał magnetycznych. Zaznaczająca się w badaniach refrakcyjnych strefa umownej granicy refrakcyjnych horyzontów sejsmicznych o różnym charakterze (Skorupa 1974) położona jest na NE w stosunku do dolnej skarpy w podłożu. Przesunięta jest też

znacznie w stosunku do granicy jednostek geologicznych i wiążanego z nią uskoku Skrzynna w kierunku NE. Strefa ta, według jej autora, nie wyznacza granicy platformy EE, lecz rozdziela śledzone refrakcyjnie podłoże obszaru o wyższych V_g (ponad 6000 m/s) od podłoża o niższych V_g (5500–5800 m/s), słabiej skonsolidowanego. Ta zmiana prędkości granicznej prawdopodobnie związana jest z przejściem fal refrakcyjnych z powierzchni podłoża krystalicznego w sfałdowany górotwór kaledoński. Wskazuje to na istnienie strefy przejściowej związanej z nasunięciem sfałdowanych utworów kaledońskich na platformę EE. Strefa ta odgrywa znaczącą rolę w określeniu ich zasięgu. Nasunięcie tych utworów, którym w refrakcji odpowiada horyzont o znacznie niższych V_g , na powierzchnię podłoża krystalicznego sięgałoby co najmniej do tej strefy z możliwością występowania nawet dalej na NE. Istnieje wówczas pewnej szerokości strefa przejściowa śledzenia horyzontów refrakcyjnych wiązanych z utworami o różnym stopniu konsolidacji (rys. 7, 34). W morfologii podłoża znajduje się ona na SW przedłużeniu jego wyraźnego zapadania (rys. 5).

Ten fakt oraz model gęstościowy skał występujących w rejonie (zbliżone wartości gęstości utworów dewońskich i skał podłoża krystalicznego – około $2,70 \text{ kG/m}^3$) tłumaczą brak podkreślanego już bezpośredniego odzwierciedlenia strefy kontaktu platform w obrazie grawimetrycznym. Pośrednią przesłanką może być to, iż w przyjmowanej strefie kontaktu platform usytuowany jest ciąg antyklin paleozoicznych, posiadających odzwierciedlenie w obrazie dodatnich anomalii grawimetrycznych, np. Przytyk (rys. 11), Białobrzegi (rys. 20), Rachów (rys. 26), Biłgoraj (rys. 29).

Zanotowane na profilach refrakcyjnych struktury układające się w pasie o kierunku NW-SE, sąsiadują od strony NE z wymienioną strefą przejściową. Na profilu 1-63/71 granica refrakcyjna wiązana w rowie lubelskim z utworami kambru przechodzi konsekwentnie na obszar wyniesienia radomsko-kraśnickiego tworząc w rejonie Białobrzegów kulminację na głębokości około 6 km (rys. 11, 12, 13). Elewacji tej odpowiada silne zaburzenie tektoniczne na profilu refleksyjnym. Analogiczną sytuację zanotowano na profilu 8R-74 na NE od Rachowa, gdzie obserwuje się elewację granicy wiązanej z podłożem młodszym z minimalną głębokością około 6 km (rys. 26). Ze względu na brak, w tym przypadku, korelacji z granicą w rowie, nazwano ją podłożem młodszym zakładając, że są to utwory sfałdowane o znacznym stopniu konsolidacji. Można też przyjąć, że są to utwory tego samego wieku. Zarys kulminacji można też zaobserwować na profilu 2-68 (rys. 23) na NE otworu Bąkowa IG1 wzdłuż granicy śledzonej w obrębie paleozoiku.

Nasunięcie utworów kaledońskich na skrajnie zewnętrzną strefę kratonu EE nie musi wykluczać kolizyjnego charakteru bloków paleozoicznych w strefie TESZ.

6.3. Wnioski

Na podstawie przedstawionych wyników można sformułować następujące wnioski:

1. Kompleksowa interpretacja wyników badań geofizycznych (sejsmicznych refleksyjnych i refrakcyjnych, grawimetrycznych, magnetycznych, magnetotellurycznych i otworowych)

dostarczyła nowych informacji o budowie geologiczno-strukturalnej kompleksu paleozoicznego i jego podłoża. Do identyfikacji refleksów związanych z utworami karbonu i dewonu oraz głębszych przyczyniło się znacznie zastosowanie w interpretacji sekcji EWO. Wykorzystano w tym celu przekroje sejsmiczne przetworzone z zastosowaniem specjalnych programów EWO, w ramach innych opracowań. Ważnym źródłem informacji o budowie podłoża skonsolidowanego (lub krystalicznego) były wyniki uzyskane na podstawie interpretacji danych grawimetrycznych i magnetycznych. Brak rejestracji sejsmicznych refleksyjnych z przedziałów głębszych uzupełniają wykorzystane do kompleksowej interpretacji przekroje sejsmiczne refrakcyjne. Wydzielenie w obrazie falowym dwóch granic związanych z podłożem skonsolidowanym odpowiednio: starszym i młodszym jest istotnym materiałem, który może być przydatny w ramach dyskusji na temat rodzaju skał występujących na tych głębokościach w analizowanym obszarze. W zakresie śledzenia podłoża pokrywę osadową wkład wnoszą również wyniki metody magnetotellurycznej. Zintegrowana analiza danych geofizycznych z uwzględnieniem wyników badań wzdłuż profili refrakcyjnych umożliwiła lepsze poznanie tektonicznego charakteru rejonu i związków między głębokimi i płytkimi strukturami. Określono jakościowo i częściowo ilościowo elementy wywołujące zjawiska regionalne. Budowa geologiczna rejonu znalazła odzwierciedlenie na wykresach geofizycznych. Gradient i charakter krzywych anomalii grawimetrycznych i magnetycznych pozostaje w korelacji z wynikami badań sejsmicznych.

2. Zaprezentowane przekroje ze względu na swój regionalny charakter są syntetyczną formą ujęcia wyników na szerszym tle tektonicznym, a jednocześnie podkreślają szczegóły istotne dla odtworzenia budowy geologicznej rejonu i jego ewolucji. Zastosowana interpretacja materiałów sejsmicznych w wersji EWO pod kątem bardziej precyzyjnego rozpoznania budowy geologicznej wstępnie zidentyfikowanych elementów strukturalnych oraz ich zaangażowania tektonicznego przyczyniła się do podniesienia efektywności wyników. Odwzorowano styl tektoniczny zdeformowanych utworów, wyznaczono strefy uskokowe oraz zarysy struktur paleozoicznych (rejony wyniesione i obniżone) pozwalające na określenie głównych cech strukturalnych, takich jak zasięg, miąższość, wzajemne ułożenie poszczególnych kompleksów. Szczególną uwagę poświęcono strefom ważnym a jednocześnie niedostatecznie geofizycznie rozpoznany. Sprecyzowano linie przebiegu nieciągłości jak strefa uskokowa Grójca, Nowe Miasto–Mogielnica–Iłża, Skrzynna, Ursynów–Kazimierz, Kocka. Są to wgłębne strefy rozłamowe o prawdopodobnych związkach genetycznych z niejednorodnościami w głębszym podłożu, wykorzystujące miejsca osłabienia podłoża. Wyznaczono też m.in. strefę występowania paleozoicznego rowu tektonicznego Skrzynna oraz uskoku Skrzynna utożsamianego z lokalizacją krawędzi platformy EE. Weryfikacja przebiegu granic nieciągłości, ich charakteru i geometrii wymagała szczegółowej analizy materiałów sejsmicznych refleksyjnych o większej rozdzielczości, co osiągnięto dzięki zastosowaniu w interpretacji przekrojów opracowanych metodą EWO. Przedstawione przykłady szczegółowej interpretacji sekcji EWO mają za zadanie podkreślenie efektywności tej metody. Na podstawie wyników przeprowadzonej interpretacji sekcji sejsmicznych z zastosowaniem tej metody, np. w rejonie Dębina (rys. 25 i 31)

uzyskano możliwość odwzorowania granicy związanej ze strefą łączącą dwa ogromne wyżę grawimetryczne: Magnuszewska i Lublina. Wyznaczone strefy zaburzonej korelacji obrazu sejsmicznego odzwierciedlają kontakt, zróżnicowanych charakterem i ciągłością śledzenia, poszczególnych poziomów w osadach karbońskich wewnątrz tej części rowu lubelskiego. Odmienny układ przestrzenny poszczególnych facji tych utworów wskazuje na współzależność procesów sedymentacji z tektoniką. Innym przykładem jest odwzorowany na sekcjach EWO (rys. 19 i 20) skomplikowany układ strefy uskokowej Ursynów–Kazimierz w postaci nakładających się obrazów fal odbitych. Interpretacja może wskazywać na udział ruchów przesuwczych w czasie ewolucji tego elementu. Innym przykładem jest obraz sejsmiczny sylurskich wyniesień na sekcjach EWO (rys. 15, 16 i 17). W wyniku zastosowania tej metody zostały też m.in. wyznaczone wyklinowania śródwarstwowe piaskowców karbońskich (rys. 21 i 31). Mają one duże znaczenie dla poszukiwań potencjalnych pułapek węglowodorów, co potwierdza bliska lokalizacja złoża Stężycy.

3. Dokładność odwzorowania budowy strukturalnej danego obszaru pozostaje w ścisłej zależności od możliwości dowiązania poszczególnych formacji geofizycznych do głębokich otworów geologicznych.
4. Rozpoznanie geometrii i zasięgów wyznaczonych elementów strukturalnych ma duże znaczenie dla wnioskowania o genezie ich powstania i w konsekwencji dla interpretacji geotektonicznych. Przebieg i właściwości granic między głównymi jednostkami strukturalnymi mają znaczenie dla określenia charakteru wyniesienia radomsko-kraśnickiego w stosunku do regionu łysogórskiego oraz rowu lubelskiego.
5. Jakość i zakres wykorzystanych w ramach monografii materiałów podstawowych pozwala na bardziej wiarygodną i niejednokrotnie odmienną interpretację geofizyczno-geologiczną niż dotychczasowa. Znacznie lepsza jakość wykorzystanych rejestracji sejsmicznych umożliwiła też bardziej obiektywne przedstawienie faktów geofizycznych i na ich podstawie przeprowadzenie interpretacji. Analiza i interpretacja danych została dokonana na tle kontrowersyjnych poglądów na temat budowy geologicznej rejonu i historii jego rozwoju. Zaprezentowane rozwiązania nie powinny być traktowane jako ostateczne, ale mogą stanowić podstawę do tworzenia nowych koncepcji geologicznych odnośnie do budowy przedpola kratonu EE, z uwzględnieniem pojawiających się informacji. Formułowanie wniosków geologicznych pozostaje w gestii badaczy zajmujących się tą tematyką.
6. Wyniki mogą stanowić materiał wyjściowy do ewentualnych opracowań szczegółowych, w tym do jakościowych i ilościowych prac modelowych. Rezultaty wskazują też kierunek dalszych prac badawczych i interpretacyjnych. Wnioski metodyczne dotyczą efektywności i doboru zastosowanych metod geofizycznych dla rozwiązania postawionych celów oraz efektywności poszczególnych metod w zastosowaniu do interpretacji kompleksowej.
7. Rezultaty niniejszej pracy mogą też być wykorzystane do powiązania z wynikami interpretacji głębokich badań sejsmicznych, dostarczając dodatkowych informacji na temat związków budowy skorupy ziemskiej, w tym głębokich stref tektonicznych ze strukturami geologicznymi pokrywy osadowej. Przyczyni się to do bardziej jednoznacznego odtworzenia rysów ewolucji tektonicznej obszaru badań.

Literatura

- Aleksandrowski P. i Mazur S. 2017 – O nowych rozwiązaniach tektonicznych w „Atlasie geologicznym Polski”. *Przegląd Geologiczny* 65(12), s. 1499–1510.
- Antonowicz i in. 2003 – Antonowicz L., Hooper R. i Iwanowska E. 2003 – Synklina lubelska jako efekt cienkonaskórkowych deformacji waryscyjskich. *Przegląd Geologiczny* 51, s. 344–350.
- Bojdys G. i Grabowska T. 1999 – Rola pokrywy osadowej w kształtowaniu obrazu anomalii siły ciężkości obszaru lubelskiego. *Geologia AGH* 25(1), s. 25–43.
- Bujnowski W. i Dziewińska L. 1981 – Charakterystyka geofizyczna strefy brzeżnej platformy prekambryjskiej na odcinku Białobrzegi – Janów Lubelski. *Kwartalnik Geologiczny* 25(4), s. 793–794.
- Dadlez i in. 1994 – Dadlez R., Kowalczewski Z. i Znosko J. 1994 – Same key problems of the prepermian tectonics of Poland. *Kwartalnik Geologiczny* 38(2), s. 169–190.
- Dąbrowski A. 1971 – Badania magnetyczne w Polsce dla potrzeb regionalnego rozpoznania geologicznego. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego* 41(2), s. 409–416.
- Dąbrowski i in. 1944 – Dąbrowski A., Karaczun K. i Karaczun M. 1984 – The Teisseyre-Torquist line against the background of the magnetic field data in Poland. *Publications of the Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences A* 13(160), s. 135–146.
- Dallmeyer i in. 1995 – Dallmeyer R.D., Franke W. i Weber K., red. 1995 – Pre-Permian Geology of Central and Eastern Europe. 604 s.
- Dziewińska L. i Józwiak W. 2000 – Zmiany litologiczne w utworach karbonu rowu lubelskiego na podstawie interpretacji geofizycznej. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 392, s. 5–48.
- Dziewińska i in. 2000 – Dziewińska L., Petecki Z. i Józwiak W. 2000 – Model strukturalno-gęstościowy NW obrzeżenia Gór Świętokrzyskich na podstawie interpretacji pomiarów geofizycznych. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 392, s. 49–74.
- Dziewińska L. i Petecki Z. 2004a – Interpretacja badań geofizycznych w obszarze małopolsko-gielniowskim. *Przegląd Geologiczny* 52 (1), s. 27–31.
- Dziewińska L. i Petecki Z. 2004b – Kompleksowa interpretacja badań geofizycznych północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Instrukcje i metody badań PIG* 58, s. 107.
- Dziewińska i in. 2011 – Dziewińska L., Petecki Z. i Tarkowski R. 2011 – Budowa geologiczna utworów permu struktury Wilków (monoklina przedsudecka) w świetle interpretacji sekcji współczynników odbicia. *Przegląd Górniczy* 67, s. 64–72.
- Dziewińska L. i Tarkowski R. 2012 – Budowa geologiczna struktury Choszczna (niecka szczecińska) w świetle interpretacji sekcji efektywnych współczynników odbicia dla potrzeb podziemnego składowania CO₂. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* 28(1), s. 173–184.

- Dziewińska L. i Tarkowski R. 2016a – Geophysical study of deep basement structure of NW Poland using effective reflection coefficients. *Comptes Rendus Geoscience* 348(8), s. 587–597, DOI: 10.1016/j.crte.2016.06.003.
- Dziewińska L. i Tarkowski R. 2016b – Sejsmiczna interpretacja struktury Wierchowa dla potrzeb podziemnego składowania CO₂ z wykorzystaniem efektywnych współczynników odbicia. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN* 92, s. 261–273.
- Dziewińska L. i Tarkowski R. 2018a – Wykorzystanie metodyki efektywnych współczynników odbicia (EWO) do rozpoznania struktur geologicznych dla potrzeb podziemnego przemysłowego deponowania gazów. *Studia, Rozprawy, Monografie* 207, 119 s.
- Dziewińska L. i Tarkowski R. 2018b – Możliwość rozpoznania podpermskiego podłoża południowej części monokliny przedsudeckiej w świetle istniejących materiałów geofizycznych. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN* 102, s. 153–170.
- Dziewińska i in. 2020 – Dziewińska L., Tarkowski R. i Bieńko T. 2020 – Reinterpretation of geophysical surveys of pre- Permian basement in SW Poland: structural evolution and its implications for prospecting Cu and other ores. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* 36(4), s. 187–216, DOI: 10.24425/gsm.2020.133947.
- Dziewińska i in. 2017 – Dziewińska L., Pepel A., Tarkowski R. i Żuk Z. 2017 – Nowe spojrzenie na wyniki badań geofizycznych monokliny przedsudeckiej w aspekcie poszukiwań surowców mineralnych. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 468, s. 165–174.
- Franke W. 2000 – The mid-European segment of the Variscides: tectonostratigraphic units, terrane boundaries and plate tectonic evolution. [W:] Franke W., Haak V., Oncken O., Tanner D. (red.) *Orogenic Processes Quantification and Modeling in the Variscan Belt*. Geological Society of London, Special Publications 179, s. 35–61.
- Grabowska T. i Bojdys G. 2001 – The border of the East – European craton in south – eastern Poland based on gravity and magnetic data. *Terra Nova* 13, s. 92–98.
- Grabowska i in. 2017 – Grabowska T, Bojdys G. i Petecki Z. 2017 – Anomalie magnetyczne i ich rola w rozpoznaniu struktury krystalicznego kompleksu skorupy ziemskiej południowo-wschodniej Polski. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 470, s. 17–48, DOI: 10.5604/01.3001.0010.6954.
- Grad i in. 2016 – Grad M., Polkowski M. i Ostaficzuk S. 2016 – High-resolution 3D seismic model of the crustal and uppermost mantle structure in Poland. *Tectonophysics* 666, s. 188–210, DOI: 10.1016/j.tecto.2015.10.022.
- Guterch A. i Grad M. 1996 – Seismic structure of the Earth’s crust between Precambrian and Variscan Europe in Poland. *Publications of the Institute of Geophysics Polish Academy of Sciences M* 18(273), s. 67–74.
- Guterch i in. 1986 – Guterch A., Grad M., Materzok R. i Perchuć E. 1986 – Deep structure of the Earth’s crust in the contact zone of the Paleozoic and Precambrian Platforms in Poland (Teisseyre-Torqu Coast Zone). *Tectonophysics* 128, s. 251–279.
- Haber M. 1999 – Tektonika skraj platformy wschodnioeuropejskiej w świetle kompleksowych badań geofizycznych między Chełmem Lubelskim a Krasnymstawem. *Przegląd Geologiczny* 47(1), s. 69–78.
- Janik i in. 2005 – Janik T., Grad M., Guterch A., Dadlez R., Yliniemi J., Tiira T., Keller G.R., Gaczyński E., CELEBRATION 2000 Working Group. 2005 – Lithospheric structure of the Trans–Europe-

- an Suture Zone along the TTZ-CEL03 seismic transect (from NW to SE Poland). *Tectonophysics* 411(1–4), s. 129–156, DOI: 10.1016/j.tecto.2005.09.005.
- Janik i in. 2009 – Janik T., Grad M. i Guterch A. 2009 – Seismic structure of the lithosphere between the East European Craton and Carpathians from the net CELEBRATION 2000 profiles in SE Poland. *Kwartalnik Geologiczny* 53(1), s. 141–158.
- Jarosiński M. 1999 – Badania współczesnych naprężeń skorupy ziemskiej w głębokich otworach wiertniczych w Polsce metodą analizy struktur BREAKOUTS. *Instr. i Met. Bad. Geol. PIG* 56, s. 1–9.
- Kanon A. 2008 – Regionizacja tektoniczna Polski – Góry Świętokrzyskie i regiony przyległe. *Przegląd Geologiczny* 56(10), s. 921–926.
- Katzung G. 2001 – The Caledonides at the southern margin of the East European Craton. *Neues Jahrb Geol P-A, Abh.* 222, s. 3–53.
- Kijewska S. 2018 – Interpretacja danych sejsmicznych [W:] Paczeńska J., Sobień K. (red.)
- Kowalczewski Z. 1998 – Ewolucja tektoniczna strefy dyslokacyjnej Rusinowa–Lubienia w świetle wyników głębokich wierceń geologicznych Ostalów 1 i Ostalów PIG2. *Posiedzenia Naukowe Państwowego Instytutu Geologicznego* 54(6), s. 107–110.
- Kowalczewski Z. 2002 – Late Paleozoic–Mesozoic development of the Skrzynno Fault (northeastern border of the Holy Cross Mts.). *Kwartalnik Geologiczny* 46(3), s. 281–291
- Kroner i in. 2008 – Kroner U., Mansy J.L., Mazur S., Aleksandrowski P., Hann H.P., Huckriede H., Lacquement F., Lamarche J., Ledru P., Pharoah T.C., Zedler H., Zeh A. i Zulauf G. 2008 – The Geology of Central Europe, Volume 1: Precambrian and Palaeozoic (ed. T. McCann). *Geological Society London*, s. 599–664.
- Królikowski C. i Petecki Z. 1995 – Gravimetric Atlas of Poland 1:500 000 i 1:750 000. Warszawa: PIG.
- Krzywiec P. 2007 – Nowe spojrzenie na tektonikę regionu lubelskiego (SE Polska) oparte na wynikach interpretacji danych sejsmicznych. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 422, s. 1–18.
- Krzywiec i in. 2017 – Krzywiec P., Gągała Ł., Mazur S., Słonka Ł., Kufraś M., Malinowski M., Pietesch K. i Golonka J. 2017 – Variscan deformation along the Teisseyre–Tornquist Zone in SE Poland: Thick-skinned structural inheritance or thin-skinned thrusting? *Tectonophysics* 718, s. 83–91, DOI: 10.1016/j.tecto.2017.06.008.
- Krzywiec P. i Narkiewicz M. 2003 – O stylu strukturalnym kompleksu dewońsko-karbońskiego Lubelszczyzny w oparciu o wyniki interpretacji danych sejsmicznych. *Przegląd Geologiczny* 51(9), s. 795–797.
- Lemberger A. 1981 – Modelowanie efektu grawimetryczno- magnetycznego wzdłuż profilu sejsmicznego Rachów-Parczew [W:] Charakterystyka geofizyczna strefy brzeżnej platform prekambryjskiej na odcinku Białobrzegi–Janów Lubelski (Bujnowski W. i Dziewińska L.). *Kwartalnik Geologiczny* 25(4), s. 793–794.
- Malinowski i in. 2005 – Malinowski M., Żeźniewicz A., Grad M., Guterch A., Janik T., CELEBRATION WORKING GROUP. 2005 – Seismic and geological structure of the crust in the transition from Baltica to Paleozoic Europe in SE Poland – CELEBRATION 2000 experiment, profile CELO2. *Tectonophysics* 401(1), s. 55–77.
- Malinowski i in. 2013 – Malinowski M., Guterch A., Narkiewicz M., Probulski J., Maksym A., Majdański M., Środa P., Czuba W., Gaczyński E., Grad M., Janik T., Jankowski L. i Adamczyk A. 2013 – Deep seismic reflection profile in Central Europe reveals complex pattern of Paleozoic and Alpine accretion at the East European Craton margin. *Geophys Res Lett* 40(15), s. 3841–3846.

- Marek S., red. 1983 – Budowa geologiczna niecki warszawskiej (płockiej) i jej podłoża. *Prace Instytutu Geologicznego* 103, 278 s.
- Mazur i in. 2006 – Mazur S., Aleksandrowski P., Kryza R. i Oberc-Dziedzic T. 2006 – The Variscian Orogen in Poland. *Kwartalnik Geologiczny* 50(1), s. 89–118.
- Mazur i in. 2017 – Mazur S., Krzywiac P., Malinowski M., Lewandowski M., Aleksandrowski P. i Mikołajczak M. 2017 – Tektoniczne znaczenie strefy Teisseyre’a–Tornquista w świetle nowych badań. *Przegląd Geologiczny* 65(12), s. 1511–1520.
- Mikołajczak i in. 2019 – Mikołajczak M., Mazur S. i Gągała Ł. 2019 – Depth- to- basement for the East European Craton and Teisseyre- Tornquist Zone in Poland based on potential field data. *International Journal of Earth Sciences*, DOI: 10.1007/s00531-018-16668-9.
- Mizerski W. i Olczak-Dusseldrop I. 2017 – Zachodnie przedpole kratonu wschodnioeuropejskiego: paleozoiczne terrany czy marginalna część kontynentu Bałtyki? *Przegląd Geologiczny* 65(12), s. 1521–1528.
- Młynarski S. 1982 – The structure of deep basement in Poland in the light of refraction seismic surveys. *Kwartalnik Geologiczny* 26(2), s. 285–296.
- Młynarski S. 1984 – The structure of deep bedrock in Poland on the basis of refractios. *Publ. Ins. Geoph. Pol. Acad. Sc. A-13(160)*, s. 87–100.
- Młynarski S., red. 1982 – Interpretacja geofizyczno- geologiczna wyników badań wzdłuż profilów Lublin–Prabuty, Przedbórz–Żebrak, Baligród–Dubienka. *Biuletyn Instytutu Geologicznego* 333, s. 5–60.
- Narkiewicz M. 2007 – Dewelopment and inversion of Devonian and Carboniferous basins in the eastern part of the Variscian foreland (Poland). *Kwartalnik Geologiczny* 51(3), s. 231–256.
- Narkiewicz M. i Petecki Z. 2017 – Basement structure of the Palaeozoic Platform in Poland. *Kwartalnik Geologiczny* 61, s. 502–520, DOI: 10.7306/gq.1356.
- Narkiewicz M. i Petecki Z. 2019 – Strefa Teisseyre’a–Torquista – dawne koncepcje a nowe dane. *Przegląd Geologiczny* 67(10), s. 837–848. DOI: 10.7306/2019.48.
- Nawrocki J. i Becker A., red. 2017 – Atlas geologiczny Polski. Warszawa: PIG.
- Paczeńska J., red. 2011 – Profile Głębokich Otworów Wiertniczych PIG z. 130 Parczew IG10.
- Paczeńska J. i Sobień K., red. 2018 – Profile Głębokich Otworów Wiertniczych PIG z. 148 Siedliska IG1.
- Pelc T. 1999 – Dewońsko-karboński diapiryzm sylurskich utworów ilastych basenu lubelskiego. *Geofizyka w geologii i ochronie środowiska*. Kraków: V Konferencja Naukowo-Techniczna, s. 137–142.
- Petecki i in. 2003 – Petecki Z., Polechońska O., Cieśla E. i Wybraniec S. 2003 – Mapa magnetyczna Polski 1:500 000. [W:] Nawrocki J. i Becker A., red. 2017 – Atlas geologiczny Polski. Warszawa: PIG.
- Pożaryski W. 1990 – Kaledonidy środkowej Europy – orogensem przesuwczym złożonym z terranów. *Przegląd Geologiczny* 38(1), s. 1–9.
- Pożaryski W. 1997 – Tektonika powaryscyjska obszaru świętokrzysko- lubelskiego na tle struktury podłoża. *Przegląd Geologiczny* 45(12), s. 1265–1270.
- Pożaryski W. i Nawrocki J. 2000 – Struktura i lokalizacja brzegu platformy wschodnioeuropejskiej w Europie Środkowej. *Przegląd Geologiczny* 48(8), s. 703–706.
- Semenow i in. 1998 – Semenow V.Y., Jankowski J., Ernst T., Józwiak W., Pawliszyn J. i Lewandowski M. 1998 – Electromagnetic soundings across the Holy Cross Mountains Poland. *Acta Geophysica Polonica* 46(2), s. 171–185.

- Skorupa J. 1974 – Mapa sejsmiczna Polski- wyniki regionalnych prac refrakcyjnych prowadzonych w związku z rozpoznaniem głębokiego podłoża 1:500 000. Wydawnictwo Geologiczne.
- Skorupa J. 1977 – Anomalie siły ciężkości i anomalie budowy skorupy ziemskiej w Polsce. *Kwartalnik Geologiczny* 23(3), s. 583–592.
- Speczik i in. 2020 – Speczik S., Dziewińska L., Pepel A. i Józwiak W. 2011 – Możliwość wykorzystania impulsowej postaci zapisu sejsmicznego do rozpoznania złóż progostycznych miedzi i srebra w północnej części monokliny przedsudeckiej. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN* 81, s. 117–135.
- Speczik i in. 2020 – Speczik S., Dziewińska L., Pepel A. i Józwiak W. 2012 – Analiza i przetwarzanie danych geofizycznych jako instrument poszukiwań złóż Cu-Ag na monoklinie przedsudeckiej. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 452, s. 257–286.
- Speczik i in. 2020 – Speczik S., Dziewińska L., Józwiak W. i Zieliński K. 2020 – Application of Historical Geophysical Materials in Searching for Cu-Ag Ore Deposits – A New direction of Research. *Minerals* 10(8), s. 725, DOI: 10.3390/min10080725.
- Wojas A. kier. 1984 – Zbiorcza dokumentacja badań sejsmicznych refrakcyjnych temat: synklinorium warszawskie i lubelskie. Reinterpretacja badań z lat 1963–1978. *Narodowe Arch. Geol. PIG-PIB*.
- Żelaźniewicz A., red. 2011 – Rejonizacja tektoniczna Polski. Wrocław: Komitet Nauk Geologicznych PAN. 60 s. [Online] http://www.kngpan.agh.edu.pl/wp-content/uploads/Regionalizacja_Tektoniczna_Polski_20111.pdf [Dostęp: 7.04.2019].
- Żelichowski A.M. 1972 – Rozwój budowy geologicznej obszaru między Górami Świętokrzyskimi i Bugiem. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 263, 97 s.
- Żelichowski A.M. 1979 – Przekrój geologiczny przez brzeżną część platformy prekambryjskiej na obszarze lubelsko-podlaskim (bez kenozoiku). *Kwartalnik Geologiczny* 23(2), s. 291–306.
- Żelichowski A.M., red. 1983 – Budowa geologiczna niecki brzeżnej w strefie granicznej obszaru warszawskiego i lubelskiego. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 344, 238 s.

Kompleksowa analiza wyników badań geofizycznych z wykorzystaniem metody sejsmicznej EWO do rozpoznania podpermskiego podłoża w strefie kontaktu platformy wschodnioeuropejskiej i paleozoicznej na odcinku lubelsko-radomskim

Streszczenie

Celem badań było rozpoznanie niejednorodności podłoża podpermskiego w strefie kontaktu platform europejskich: wschodniej (EE) i zachodniej (WE) na odcinku lubelsko-radomskim. Różnice poglądów na temat budowy i rozwoju geologicznego tego rejonu wynikają głównie z powodu braku dostatecznych informacji o budowie i właściwościach podłoża. Wymagało to ponownego spojrzenia na istniejące materiały geofizyczne przy użyciu nowych metod interpretacyjnych. W tym celu zastosowano sposób zintegrowanej interpretacji wyników poszczególnych metod geofizycznych: sejsmicznej (refleksyjnej i refrakcyjnej), grawimetrycznej, magnetycznej oraz magnetotellurycznej. Dla bardziej precyzyjnego i jednoznacznego odwzorowania danych sejsmicznych została przeprowadzona ponowna interpretacja wybranych przekrojów. Wytypowane zostały przekroje przetworzone w wersji efektywnych współczynników odbicia EWO. Do rozpoznania skonsolidowanego podłoża krystalicznego wykorzystano zreinterpretowane materiały z prac refrakcyjnych. Analiza wyników badań zrealizowanych w ramach różnych projektów przeprowadzona w sposób kompleksowy pozwoliła na korektę dotychczasowych interpretacji i ich uzupełnienie. Związki tektoniczne warstw nadległych z elementami głębszego podłoża wykazano na podstawie korelacji wyników badań wzdłuż dziesięciu wytypowanych profili refrakcyjnych. Nawiązując do zadań stawianych przed autorką monografii, uzyskano nowe informacje oraz zweryfikowano istniejące poglądy o budowie geologiczno-strukturalnej kompleksu paleozoicznego i jego związkach z tektoniką podłoża. Rozpoznano układ strukturalny utworów karbonu i dewonu oraz starszych serii utworów paleozoiku, tj. syluru, ordowiku i kambru. Zostały zidentyfikowane uskoki lub inne nieciągłości tektoniczne i/lub litologiczne oraz charakter i kierunki ich przebiegu. Główna uwaga została poświęcona strefom ważnym, a jednocześnie najslabiej rozpoznany pod względem geofizycznym jak: Grójec, Nowe Miasto–Mogielnica–Iłża, Skrzywno, Ursynów–Kazimierz, Izbica–Zamość, Kock. Potwierdzono związek położenia strefy przykrawędziowej platformy EE z niejednorodno-

ścią głębszego podłoża. Główne elementy tektoniczne wyznaczone na podstawie kompleksowej interpretacji danych geofizycznych znalazły odwzorowanie w postaci szkicu na tle paleozoicznych jednostek strukturalnych.

Weryfikacja i bardziej szczegółowe rozpoznanie geometrii i zasięgu poszczególnych elementów strukturalnych i przebiegu granic między nimi posiada podstawowe znaczenie dla wnioskowania o genezie ich powstania, a w konsekwencji dla interpretacji geotektonicznej. Rozpoznanie granic między głównymi jednostkami strukturalnymi w strefie kontaktu platform EE i WE jest ważną informacją dla zagadnienia regionalizacji tektonicznej SE Polski. Istotny jest wkład do wyjaśnienia pozycji tych dwóch platform względem siebie.

Comprehensive analysis of the geophysical survey results with the use of the EWO seismic method to identify the sub-Permian massif in the contact zone of the East European and Paleozoic platform in the Lublin-Radom region

Abstract

The research aimed to identify the heterogeneity of the sub-Permian substrate in the contact zone of the European platforms: eastern (EE) and western (WE) in the Lublin-Radom section. The differences in views on the geological structure and development of this region result mainly from the lack of sufficient information on the structure and properties of the sub-Permian underlying rocks. The research required a re-examination of existing geophysical materials using new interpretation methods. For this purpose, the authors applied an integrated interpretation of the results obtained by particular geophysical methods: seismic (reflective and refractive), gravimetric, magnetic, and magnetotelluric. A re-interpretation of selected cross-sections was performed for a more precise and unambiguous mapping of seismic data. Sections processed in the EWO version of the effective reflection coefficients were selected. Reinterpreted results from refraction surveys were used to identify the consolidated crystalline massif. Comprehensive analysis of the research results, carried out under various projects, allowed for correcting the existing interpretations and their supplementation. The tectonic relationships of the overlying layers with the elements of the deeper occurring rocks were demonstrated based on the correlation of ten selected refractive profiles. The assigned tasks allowed the author to obtain new information and verify the current views on the geological settings and structure of the Paleozoic complex and its relations with the tectonics of the underlying rocks. The structural system of the Carboniferous and Devonian deposits and the older series of Paleozoic deposits, i.e., the Silurian, Ordovician, and Cambrian, have been recognized. The research allowed identifying faults and lithological discontinuities, their nature, and course directions. The main attention was devoted to important zones, and at the same time the least recognized in terms of geophysical terms, such as: Grójec, Nowe Miasto–Mogielnica–Iłża, Skrzywno, Ursynów–Kazimierz, Izbica–Zamość, Kock. The relationship between the location of the near-edge zone of the EE platform and the inhomogeneity of deeper occurring rocks was confirmed. The main tectonic elements determined based on

a comprehensive interpretation of geophysical data were reproduced in the form of a sketch against the background of Paleozoic structural units.

The verification and more explicit recognition of the geometry and range of individual structural elements and the course of the boundaries between them is of fundamental importance for inferring the genesis of their formation and, consequently, for geotectonic interpretation. Recognition of the boundaries between the main structural units in the contact zone of the EE and WE platforms is crucial information for the issue of tectonic regionalization of Poland's SE. Contribution to clarifying the relative position of the two platforms is essential.