

## Plan strukturalny formacji osadowych Górnego Śląska i zachodniej Małopolski w świetle danych teledetekcyjnych

Zbigniew Buła\*, Ryszard Habryn\*, Anna Piątkowska\*\*, Stanisław Doktor\*\*, Marek Graniczny\*\*, Zbigniew Kowalski\*\*



Z. Buła



R. Habryn



A. Piątkowska



S. Doktor



M. Graniczny



Z. Kowalski

**Structural pattern of sedimentary formations from the Upper Silesia and the western Małopolska in the light of remote sensing data.** *Prz. Geol.*, 55: 582–588.

*S u m m a r y.* The utility of remote sensing data for unraveling the structural pattern of the Palaeozoic and Meso-Cenozoic formations in Upper Silesia and western Małopolska was evaluated. A comprehensive analysis of lineaments interpreted on satellite images, morphological lineaments and linear geophysical anomalies indicates significant mutual relationships with the structural elements shown in geological maps.

The spatial distribution of debated lineaments demonstrates two distinctive maxima representing NW-SE and ENE-WSW-oriented structures. The former population of lineaments corresponds to the main structural trend in the study area. The latter system has less evident geological representation although it roughly parallels the strike of the Carpathian thrust front.

**Key words:** remote sensing, lineaments, tectonics, Upper Silesia, western Małopolska

Najnowsze kartograficzne ujęcie budowy geologicznej paleozoiku Górnego Śląska i zachodniej Małopolski przedstawiono w atlasach Buły i Kotasa (red., 1994) oraz Buły i in. (2002). Należy podkreślić, że prezentowany w cytowanych opracowaniach model budowy geologicznej paleozoiku w omawianym obszarze był oparty głównie na danych z ok. 8000 otworów wiertniczych. W niniejszym artykule podjęto próbę oceny przydatności metod teledetekcyjnych w kartowaniu wgłębnym oraz do weryfikacji modelu budowy strukturalnej paleozoiku i utworów mezo-kenozoicznych Górnego Śląska i zachodniej Małopolski.

Punktem wyjścia wykonanych badań była konwersja na zapis cyfrowy różnych wersji map geologiczno-strukturalnych zawartych w atlasach Buły i Kotasa (red., 1994) oraz Buły i in. (2002). Następnie przeprowadzono kompilację danych w celu uzyskania spójnego modelu budowy geologicznej paleozoiku w obszarze Górnego Śląska i zachodniej Małopolski. Wynik został przedstawiony na trzech mapach:

- stropu paleozoiku bez utworów permu (ryc. 1),
- geologicznej paleozoiku bez permu (ryc. 2),
- rozmieszczenia utworów zalegających na paleozoiku.

Jednocześnie zebrano archiwalne dane teledetekcyjne, geofizyczne i morfologiczne. Dalsze prace obejmowały:

□ wykonanie uzupełniającej interpretacji zdjęć satelitarnych Landsat TM, Landast ETM+,

□ opracowanie cyfrowego modelu terenu na podstawie danych w skali 1 : 200 000 (ryc. 3),

□ wprowadzenie danych teledetekcyjnych i geofizycznych do wspólnej bazy GIS,

□ przeprowadzenie kompleksowej analizy teledetekcyjno-geofizycznej danych zgromadzonych w bazie i wyznaczenie na tej podstawie liniowe elementów strukturalnych.

Wyznaczone na podstawie danych teledetekcyjnych, anomalii geofizycznych i cech morfologicznych liniowe elementy strukturalne zostały naniesione na poszczególne wersje map geologicznych. Następnie kompleksowej ocenie zostały poddane wzajemne relacje wyróżnionych lineamentów z elementami strukturalnymi zaznaczającymi się na mapach geologicznych paleozoiku oraz mapach geologicznych Polski w skali 1 : 50 000 i 1 : 200 000.

### Główne cechy budowy geologicznej

Głównymi jednostkami krystalicznego podłoża obszaru badań są bloki (masywy) górnośląski i małopolski (m.in. Bukowy, 1964, 1984, 1994; Bogacz, 1980; Kotas, 1982, 1985; Buła, 1994, 2000; Żaba, 1999). Są to jednostki skorupowe o ponad regionalnym zasięgu ograniczone ze wszystkich stron dużymi strefami tektonicznymi o wieloetapowej historii (Dudek, 1980; Kotas, 1982, 1985; Pożaryski i in., 1992; Buła & Jachowicz, 1996; Buła i in., 1997; Żaba, 1999). W świetle badań Buły (1994, 2000) i Żaby (1999) w obszarze Górnego Śląska i zachodniej Małopolski jednostki te, utworzone ze zróżnicowanych genetycz-

\*Państwowy Instytut Geologiczny, Oddział Górnośląski, ul. Królowej Jadwigi 1, 41-200 Sosnowiec; zbigniew.bula@pgi.gov.pl; ryszard.habryn@pgi.gov.pl

\*\*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; anna.piatkowska@pgi.gov.pl; stanislaw.doktor@pgi.gov.pl; marek.graniczny@pgi.gov.pl; zbigniew.kowalski@pgi.gov.pl

nie i w różnym stopniu zmetamorfizowanych skał prekambryjskich, kontaktują wzdłuż wąskiej strefy tektonicznej Kraków-Lubliniec o szerokości ok. 0,5 km. Strefa, która stanowi prawdopodobnie część transkontynentalnej strefy tektonicznej Hamburg-Kraków (Brochwiczy-Lewiński i in., 1983), na południowy-wschód od Krakowa zanurza się pod płaszczowiny Karpackie, a na północny-zachód od Lublińca prawdopodobnie łączy się ze strefą Odry. Strefa Kraków-Lubliniec ma nieregularny, falisty przebieg i jest miejscami przemieszczana przez poprzeczne uskoki przesuwcze, takie jak uskok Charsznica-Krzeszowice w okolicy Krakowa.

W wieloetapowym rozwoju strefy uskokowej Kraków-Lubliniec istotną rolę odegrały przemieszczenia przesuwcze (Żaba, 1999). Dwa okresy wzmózonej aktywności tej strefy przypadały tu na pogranicze syluru i dewonu oraz schyłek karbonu. Z aktywnością tektoniczną strefy Kraków-Lubliniec w późnym karbonie i permie wiąże się rozwój magmatyzmu w krawędziowych częściach bloków górnośląskiego i małopolskiego. W obszarze obu bloków zaznacza się bardzo wyraźne zróżnicowanie paleozoicznych pokryw osadowych, co należy uznać za cechę wyróżniającą te jednostki geologiczne. Zaobserwowane różnice odnoszą się zarówno do genezy, miąższości, zróżnicowania facjalnego, jak i lateralnego rozprzestrzenienia osadów paleozoicznych (Buła, 2000).

Utwory dolnopaleozoiczne na blokach górnośląskim i małopolskim uległy deformacjom tektonicznym w późnym sylurze lub na pograniczu dewonu i syluru. Intensywniejsze deformacje, głównie typu fałdowo-blokowego, tych osadów zachodziły przede wszystkim w krawędziowych częściach bloków górnośląskiego i małopolskiego, wzdłuż strefy uskokowej Kraków-Lubliniec, gdzie obserwuje się wyraźnie większe i znacznie bardziej zróżnicowane kąty upadu warstw dolnopaleozoicznych w odniesieniu do górnopaleozoicznych i wyraźnie zaznaczającą się dyskordancję kątową między nimi. W miarę oddalania się od krakowsko-lublinieckiej strefy uskokowej stopień deformacji tektonicznych, wyrażony wielkością kąta upadu warstw zarówno w skałach dolno- jak i górnopaleozoicznych, w obszarze bloków górnośląskiego i małopolskiego znacznie maleje.

Na różnowiekowych utworach dolnopaleozoicznych bądź wendyjskich w omawianych częściach obu bloków zalegają podobne litologicznie i facjalnie skały dewońskie i karbońskie. Zasadnicze różnice w rozwoju tych osadów w obszarze bloków górnośląskiego i małopolskiego polegają na tym, że na bloku górnośląskim tworzą one zwartą pokrywę, natomiast na bloku małopolskim lokalnie brak jest osadów dewońskich, a skały karbońskie zalegają niekiedy przekraczając na osadach starszych — dolnopaleozoicznych lub wendyjskich, co dotyczy głównie południowej części bloku małopolskiego.

Osady permu na blokach górnośląskim i małopolskim mają ograniczony zasięg. W obszarze bloku górnośląskiego zróżnicowane genetycznie osady permu wypełniają depresyjne struktury określane jako rów Sławkowa i niecka Liplasu-Tarnawy (Kiersnowski, 1991, 2001), usytuowane w obszarze przylegającym do strefy tektonicznej Kraków-Lubliniec (ryc. 1, 2). Na bloku małopolskim osady permu wypełniają lokalne, depresyjne obniżenia podłoża o niewielkich powierzchniowo rozmiarach (ryc. 2; Jurkiewicz, 1975).

Zasadnicze rysy obserwowanej struktury utworów paleozoicznych w sąsiadujących obszarach bloków górno-

śląskiego i małopolskiego zostały ukształtowane w końcowych fazach orogenezy waryscyjskiej (Kotas, 1982, 1985; Żaba, 1999). Główną rolę w ewolucji strukturalnej utworów paleozoicznych odegrały tu ruchy tektoniczne zachodzące w strefie uskokowej Kraków-Lubliniec pod koniec karbonu i w permie (Żaba, 1999).

W trakcie orogenezy alpejskiej nastąpiła częściowa modyfikacja struktur paleozoicznych w obszarze obu jednostek geologiczno-strukturalnych. W tym okresie, głównie w wyniku tektoniki dysjunktywnej, doszło do utworzenia na omawianym obszarze epipaleozoicznej pokrywy osadowej złożonej z kontynentalnych i epikontynentalnych utworów mezozoicznych tworzących monoklinę śląsko-krakowską.

Do jednostek alpejskiego wieku należy tu również zapadlisko przedkarpackie wypełnione głównie morskimi, molasowymi utworami miocenu. Najdalej położona na południe część bloku górnośląskiego jest przykryta przez nasunięte na miocen, a lokalnie na starsze utwory płaszczowiny Karpat zewnętrznych (ryc. 2).

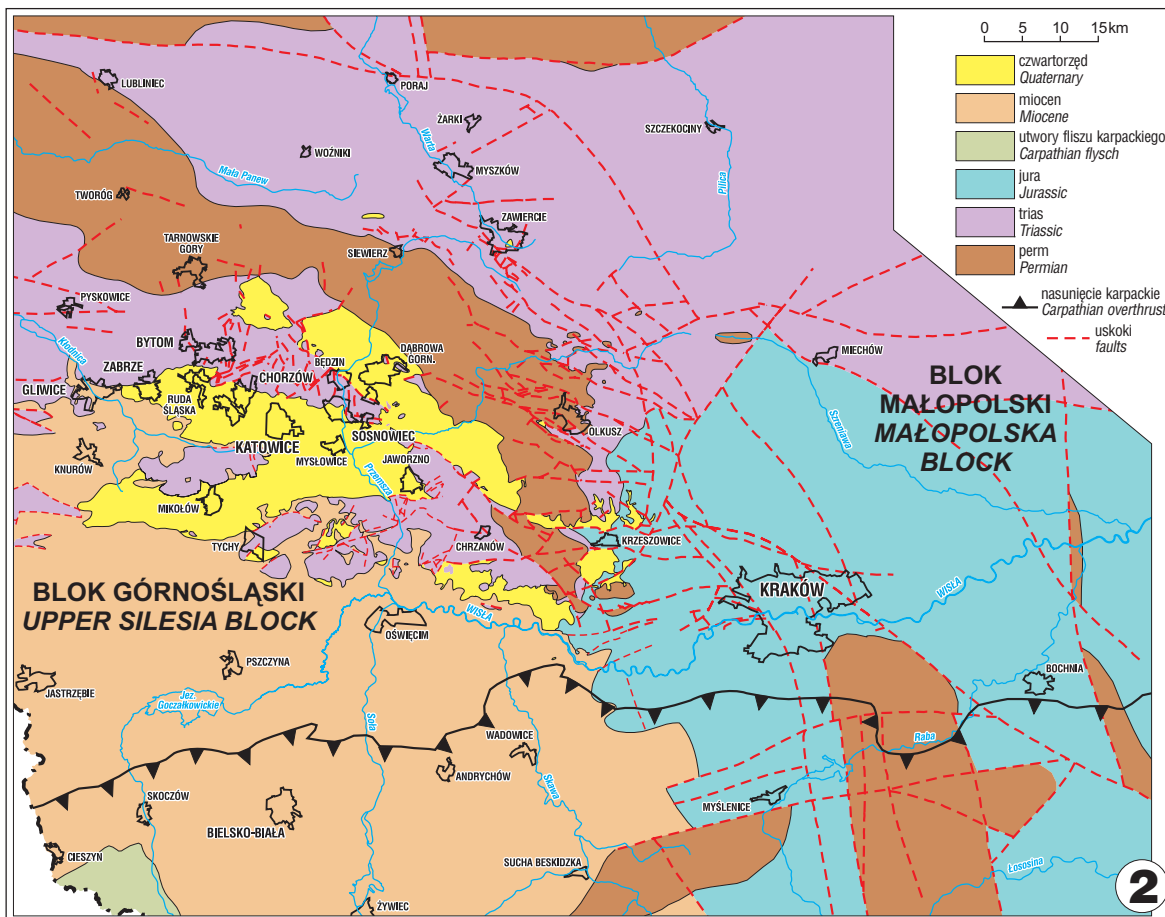
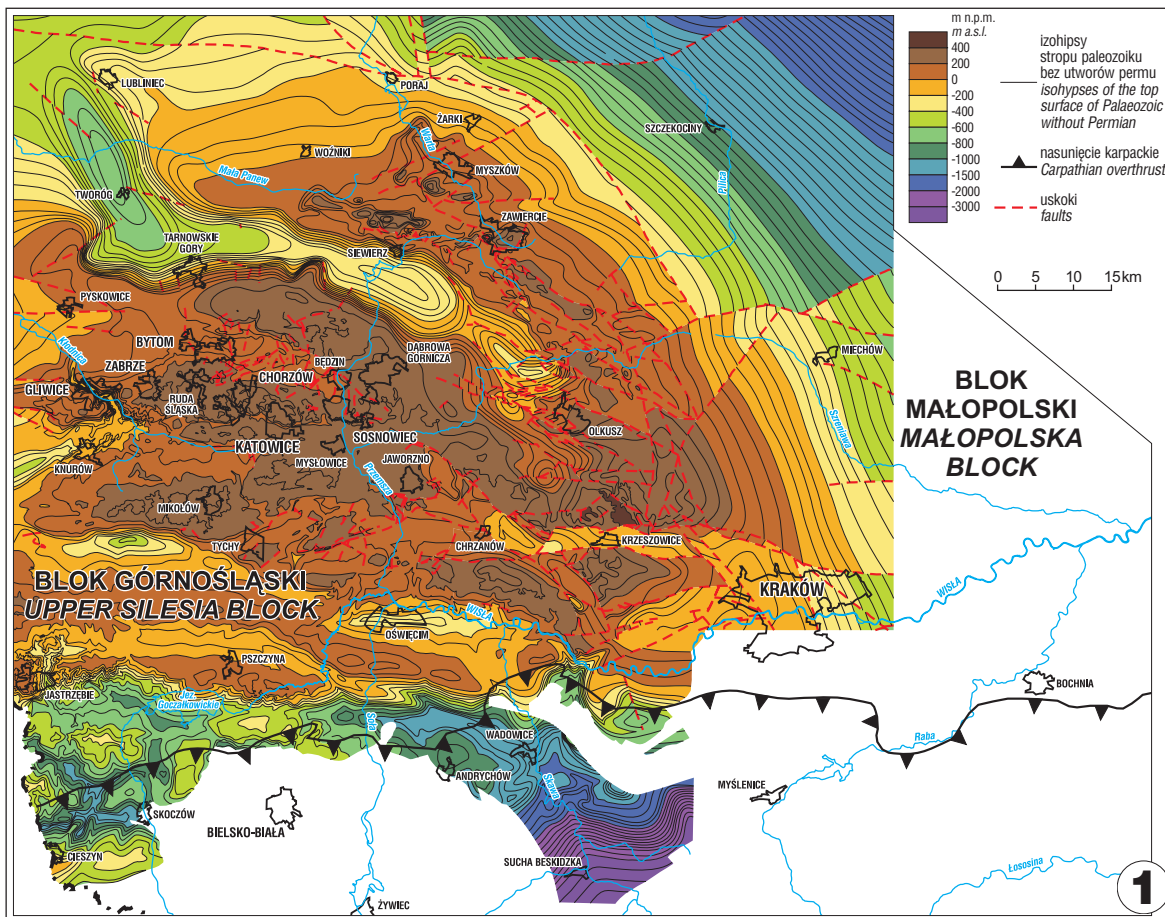
W północno-wschodniej części bloku górnośląskiego osady paleozoiczne miejscami występują bezpośrednio pod zróżnicowaną miąższościowo (do kilkudziesięciu metrów) pokrywą osadów czwartorzędowych (ryc. 2), tworząc lokalne odsłonięcia.

Najdokładniej pod względem budowy strukturalnej paleozoiku zostało rozpoznane Górnośląskie Zagłębie Węglowe. Związane jest to z intensywnymi pracami poszukiwawczymi oraz rozpoznawczymi karbońskich złóż węgla kamiennych i ich eksploatacją górniczą prowadzoną od ponad 200 lat na tym obszarze.

Kotas (1972, 1982, 1985), uwzględniając różnice w stylu tektoniki utworów karbońskich, wyróżnił w GZW 3 strefy o odmiennym wykształceniu strukturalnym. Są to:

**Strefa tektoniki fałdowej.** Obejmuje zachodnią część GZW, do nasunięcia orłowsko-boguszowickiego na wschodzie. Równoległe do niego biegnie nasunięcie michałkowicko-rybnickie. W kierunku północnym — w rejonie Gliwic — oba nasunięcia rozbijają się na szereg wachlarzowato ułożonych, stromych nasunięć i uskoków odwróconych, oddzielających dysharmonijne struktury antyklinalne i synklinalne. Większość struktur w strefie tektoniki fałdowej wykazuje kierunek SSW-NNE i wschodnią wergencję. Notuje się tu również obecność licznych uskoków normalno-zrzutowych i zrzutowo-przesuwczych o różnych amplitudach zrzutu. Upady warstw karbonu w tej strefie są silnie zróżnicowane, dotyczy to zwłaszcza obszaru Gliwic, gdzie rejestruje się obecność warstw stojących i odwróconych. Z nowych ujęć kartograficznych (Buła i in., 2002) wynika, że strefa tektoniki fałdowej obejmująca zachodnią część GZW (w ujęciu Kotas, 1972, 1982, 1985) kontynuuje się od jego północno-zachodniej granicy w kierunku Tworoga i Lublińca, gdzie urywa się na linii strefy tektonicznej Kraków-Lubliniec. W rejonie Tworoga prawdopodobnie doszło do nasunięcia w kierunku wschodnim utworów dewońskich na karbońskie.

**Strefa tektoniki dysjunktywnej.** Zajmuje największy obszar GZW, w jej zasięgu jest położona rozległa struktura — niecka główna. Obejmuje ona obszar południowej i centralnej części GZW, po okolice Rudy Śląskiej, Katowic i Jaworzna na północy. Jest to bardzo łagodna i rozległa struktura synklinalna o upadach od kilku do 15°, której oś biegnie łukiem o kierunku NW-ESE od rejonu Tych



poprzez Chełmek w kierunku Zatora. Do niej przylega od wschodu zapadliskowa struktura Nieporaz-Brodła (w okolicy Krzeszowic). Obszar niecki głównej pocięty jest gęstą siecią uskoków o zróżnicowanych kierunkach przebiegu, z których największe znaczenie mają strefy uskokowe o prawie równoleżnikowym przebiegu, dużych amplitudach zrzutu (od 300 do ponad 1000 m) i przeważnie regionalnym zasięgu. W strefach tych zrzuty następują w kierunku południowym, co sprawia, że południowe skrzydło niecki głównej wykazuje strukturę schodową. Ponadto w ich sąsiedztwie zaznaczają się struktury o charakterze półrowów i półzrębów rozcinających prawie równoleżnikowo nieckę główną. Należy podkreślić, że wyróżniające się tu strefy uskokowe o prawie równoleżnikowym przebiegu, mające założenia waryscyjskie, zostały odmłodzone w trakcie ruchów alpejskich.

**Strefa tektoniki fałdowo-blokowej.** Obejmuje skrajnie północną i wschodnią część GZW. W jej zasięgu jest położony obszar tzw. siodła głównego, gdzie występuje szereg naprzemianległych, liniowych, przeważnie szerokopromiennych struktur antyklinalnych i synklinalnych, których osie wykazują znaczne undulacje. W północnej części GZW biegną one równoleżnikowo, a następnie skręcają w kierunku południowo-wschodnim i biegną równoległe do wschodniej granicy GZW. Zarysowujące się tu struktury fałdowe są pocięte licznymi uskokami przeważnie zrzutowymi lub zrzutowo-przesuwczymi o zróżnicowanych amplitudach zrzutu. Rozpoznany w tej części GZW styl tektoniki kontynuuje się w obszarze między Kaletami a Dębniem, tj. między północną i wschodnią granicą GZW a strefą uskokową Kraków-Lubliniec, co wykazali m.in. Piekarski (1982), Buła (2000), Buła i in. (2002). W tym rejonie udokumentowano obecność struktur antyklinalnych zbudowanych z węglanowych utworów dewońskich i synklinalnych wypełnionych węglanowymi i klastycznymi skałami dolnokarbońskimi. Kierunek dłuższych osi struktur fałdowych jest zbieżny z kierunkiem podobnego rodzaju struktur obserwowanych w północnej i wschodniej części GZW. Wyraźnie zaznacza się natomiast zróżnicowanie ich geometrii — od szerokopromiennych w północnej i wschodniej części GZW do wąskopromiennych w obszarze przylegającym do strefy tektonicznej Kraków-Lubliniec.

W części południowo-wschodniej bloku górnośląskiego, w strukturze utworów paleozoicznych wyróżnia się wąska, prawie południkowa strefa zrębu Rzeszotar, od wschodu i zachodu ograniczona uskokami o dużych amplitudach zrzutu, kontynuująca się od Rzeszotar w kierunku północnym, aż do strefy tektonicznej Kraków-Lubliniec. W obrębie tej struktury na powierzchni podmezozoicznej

odsłaniają się bezpośrednio krystaliczne skały prekambryjskie i klastyczne skały dolnokambryjskie.

Na wschód i północ od strefy tektonicznej Kraków-Lubliniec, w obszarze obejmującym krawędziową część bloku małopolskiego dominuje blokowy styl budowy. Wyróżniają się tu rozległe struktury blokowe utworzone ze skał karbońskich bądź dewońskich ograniczone uskokami o zróżnicowanym przebiegu i zmiennych, przeważnie dużych amplitudach zrzutu. Pomiędzy nimi występują wyniesione zręby zbudowane ze skał wendyjskich, w których lokalnie zaznaczają się wąskie, wydłużone struktury (prawdopodobnie fałdowo-blokowe) wypełnione utworami ordowicko-sylurskimi.

Stropowa powierzchnia utworów paleozoicznych (starszych od permu) i prekambryjskich w obszarze Górnego Śląska i zachodniej Małopolski (ryc. 1) została ukształtowana w wyniku wielokrotnie powtarzających się w różnych okresach po karbonie procesów: denudacyjnych, erozyjnych, tektonicznych i sedymentacyjnych, zachodzących ze zmienną intensywnością w poszczególnych rejonach (m.in. Kotas, 1982, 1985; Buła & Kotas, 1994; Jura, 2001; Buła i in., 2002). Procesy te doprowadziły do zróżnicowania morfologicznego omawianej powierzchni i przykrycia jej różnowiekowymi i odmiennymi genetycznie osadami: permu, triasu, jury, miocenu, fliszu karpackiego i czwartorzędu (ryc. 2).

Z przedstawionego na rycinie 1 hipsometrycznego ukształtowania stropowej powierzchni paleozoiku (bez permu) i prekambru w obszarze Górnego Śląska i zachodniej Małopolski można wnioskować, że:

□ Maksymalne deniwelacje tej powierzchni sięgają 4500 m i różnicują się od ponad +400 m n.p.m. do ok. -4000 m p.p.m.

□ W jej strukturze wyróżniają się naprzemianległe, asymetryczne elewacje i depresje, które w części południowej przyjmują kierunek W-E, a w części północnej obszaru stopniowo zmieniają kierunek na NW-SE. Tylko w rejonie Tworoga zarysowuje się struktura depresyjna (wypełniona utworami permu), której dłuższa oś wykazuje prawie południkowy przebieg.

□ Powierzchnia stropu paleozoiku i prekambru obniża się w dwóch kierunkach od centrum omawianego obszaru — południowym i północno-wschodnim. W południowej części (między Jastrzębiem a Wadowicami) jest widoczne gwałtowne obniżenie tej powierzchni. Ta skokowa zmiana wiąże się niewątpliwie z regionalną strefą uskokową Bzie-Czechowice-Marcyporeba, przechodzącą dalej w kierunku Myślenic. Powierzchnia stropowa paleozoiku charakteryzuje się tu bardzo silnie zróżnicowaną rzeźbą i znacznymi deniwelacjami sięgającymi 1000 m. W części północno-wschodniej obszaru omawiana powierzchnia wykazuje ułożenie monoklinalne o upadzie ku SE i E.

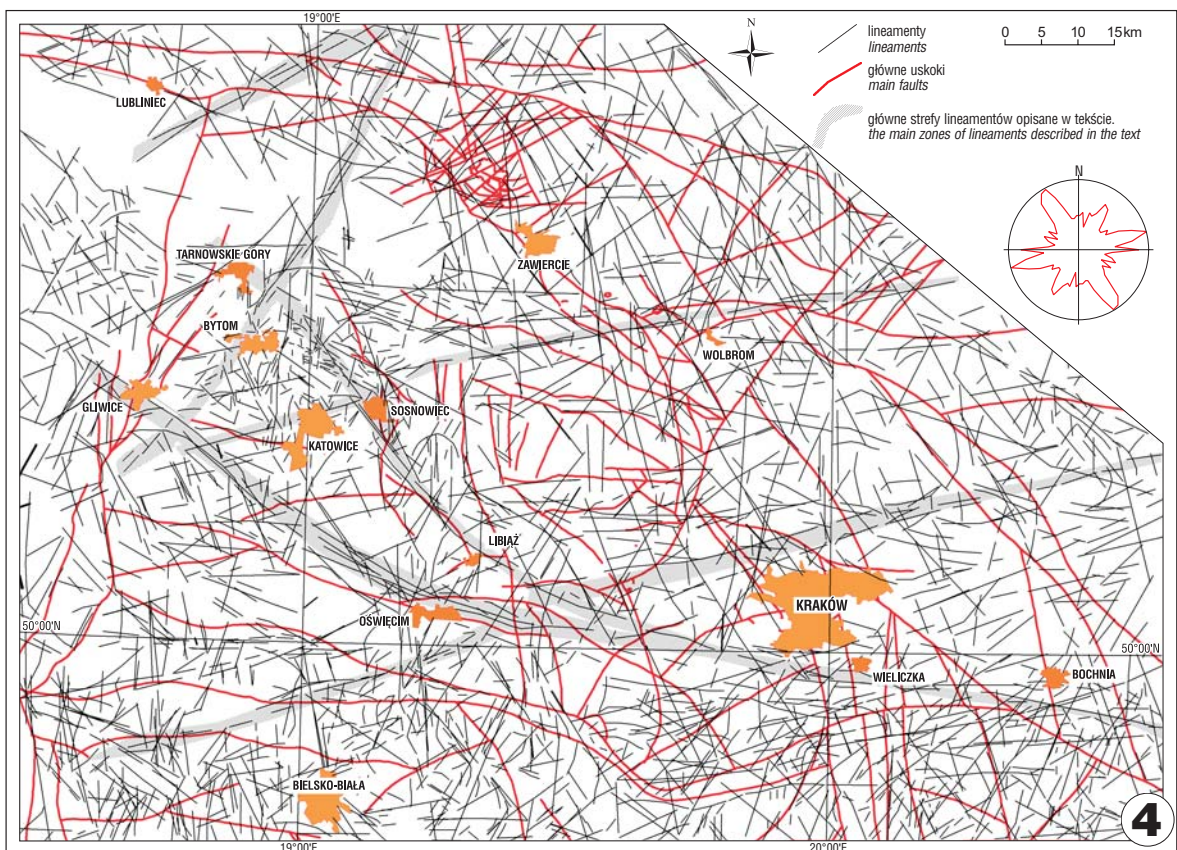
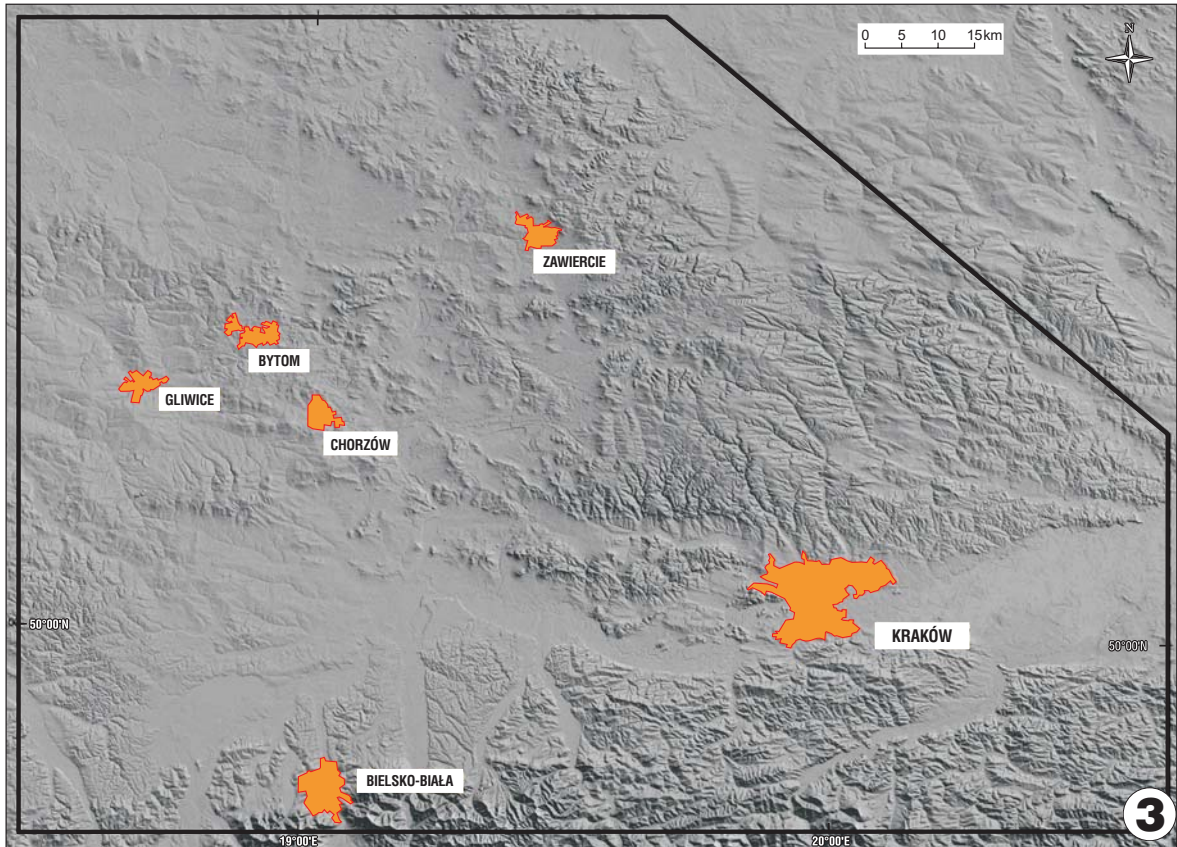
←

**Ryc. 1.** Mapa hipsometryczna powierzchni podpermskiej (m n.p.m.) na obszarze bloków górnośląskiego i małopolskiego (na podstawie Buły i in., 2002; obszar GZW według Buły i Kotas, red., 1994)

**Fig. 1.** The hypsometric map of the base of Permian (m a.s.l.) in Upper Silesia and Małopolska blocks (based on Buła et al., 2002; GZW area by Buła & Kotas, ed., 1994)

**Ryc. 2.** Mapa geologiczno-strukturalna pokrywy pokarbońskiej na obszarze bloków górnośląskiego i małopolskiego (na podstawie Buły i in., 2002; obszar GZW według Buły i Kotas, red., 1994)

**Fig. 2.** The geological-structural map of the post-Carboniferous cover in Upper Silesia and Małopolska blocks (based on Buła et al., 2002; GZW area by Buła & Kotas, ed., 1994)



□ Strefa uskokowa Kraków-Lubliniec nie zaznacza się w strukturze utworów mezozoicznych, natomiast widoczna jest w morfologii stropowej powierzchni paleozoiku i prekambriu. Na znacznym obszarze strefa ta przebiega wzdłuż elewacji podmezozoicznej, której często towarzyszy zredukowana miąższość triasu.

### Analiza kierunków fotolineamentów i struktur tektonicznych

Analiza sieci lineamentów na badanym obszarze została wykonana na podstawie danych archiwalnych (Doktór i in., 1995) oraz interpretacji zdjęcia satelitarnego Landsat ETM+ i wskazała na istnienie dwóch wyraźnych kierunków o orientacji NW-SE i WSW-ENE (ryc. 4). Najważniejszy system lineamentów o kierunku NW-SE najlepiej się zaznacza w rejonach: Gliwice-Oświęcim, Tarnowskie Góry-Sosnowiec oraz w części wschodniej badanego regionu, gdzie fotolineamenty tworzą wyraźne, równoległe strefy. Ze szczegółowej analizy wynika, że strefy te w większości wypadków kontynuują się ku SE, przechodząc w rejon zapadliska przedkarpackiego w kierunku Libiąża, Wieliczki, Bochni, Brzeska (zmieniają kierunek na w przybliżeniu równoleżnikowy).

Wyraźnie dominujący kierunek NW-SE jest w zasadzie zbieżny z dłuższymi osiami elementów morfologicznych (morfotektonicznych) zaznaczającymi się na przykład na stropowej powierzchni paleozoiku. Zgodny jest również z kierunkiem niektórych regionalnych uskokiów tnących karbońskie utwory węglonośne w GZW. Ten sam kierunek wykazuje regionalna strefa tektoniczna Kraków-Lubliniec i biegnące równoległe do niej uskoki, które występują w utworach paleozoicznych bloku małopolskiego (ryc. 4). Kierunek lineamentów NW-SE w ogólnym zarysie można też porównać z granicami geologiczno-strukturalnym rowu permskiego (ryc. 2) oraz formacji triasowej, jurajskiej i kredowej (Pożaryski i in., 1979).

Drugim wyraźnym kierunkiem lineamentów jest system zawarty w przedziale azymutów 70–80° (ENE-WSW) (ryc. 4), który tworzy dwie wyraźne strefy: Oświęcim-Wieliczka i Katowice-Wolbrom. Oba systemy lineamentów o kierunku NW-SE i ENE-WNW krzyżują się, tworząc „węzły”, z których najwyraźniejsze można stwierdzić w rejonie Oświęcimia, Sosnowca i w okolicy Tarnowskich Gór. Kierunek lineamentów ENE-WSW trudniej jest dopasować do elementów strukturalnych dotąd rozpoznanych na badanym obszarze, choć wyraźnie nawiązuje on do przebiegu frontu nasunięć karpackich. Być może wiąże się z siecią uskokiów o w przybliżeniu równoleżnikowym biegu, które zaznaczają się w strukturze utworów karbońskich Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

Wymienione kierunki dominują również wśród paleozoicznych i mezozoicznych struktur tektonicznych (osie fałdów, uskoki). Makrofałdy występujące w krawędziowej strefie bloku górnośląskiego wykazują najczęściej kierunki NW-SE oraz WNW-ESE. W sąsiedztwie strefy uskokowej

Kraków-Lubliniec kierunek ten zmienia się lokalnie na NNW-SSE. Wiąże się to z prawoprzesuwczą aktywnością tej dyslokacji (Żaba, 1995). Wzdłuż północnej granicy bloku górnośląskiego osie struktur fałdowych wykazują miejscami kierunek W-E, a na południe od Lublińca przyjmują orientację południkową, co jest związane ze strefami późnokarbońskich nasunięć o kierunkach od NNE-SSW do NE-SW.

Makrostruktury w brzeżnej strefie bloku małopolskiego mają orientację NW-SE, która w miarę oddalania od strefy uskokowej Kraków-Lubliniec zmienia położenie na równoleżnikowe.

Zaznaczająca się w brzeżnych częściach bloków górnośląskiego i małopolskiego gęsta sieć uskokowa, która kształtowała się głównie w reżimie późnokarbońskiej prawokątnej transtensji (Żaba, 1999), również wykazuje pewne prawidłowości. Uskoki przesuwcze, normalno-przesuwcze oraz normalno-zrzutowe charakterystyczne w sekwencjach paleozoicznych uwidaczniają się na obszarze odsłonięć utworów dewońskich w rejonie Olkusza i Brudzowic i wykazują kierunki NW-SE, NNW-SSE, NNE-SSW, NE-SW, WNW-ESE.

Lineamenty w wielu wypadkach odzwierciedlają układ form morfologicznych, a w konsekwencji pokrywają się z systemami dyslokacji, których aktywność często jest określana wskaźnikiem młodej tektoniki. W rejonie Lublińca regionalna krawędź morfologiczna ma odpowiednik w systemie lineamentów o kierunku NW-SE, odpowiadających strefie ww. dyslokacji. Krawędź jest również wyraźnie podzielona poprzecznymi lineamentami o kierunkach NNW-SSE i NNE-SSW, które również wykazują związki z dyslokacjami. Wyniki analizy wyrazistości lineamentów i ich odpowiedników w morfologii współczesnej oraz położenia stref tektonicznych pokazują, że lineamenty nie koniecznie muszą się wiązać z dyslokacjami o dużych przemieszczeniach skrzydeł. W wielu wypadkach systemy spękań bez wyraźnych zrzutów są w interpretacji teledetekcyjnej widoczne jako lineamenty (Jaroszewski & Piątkowska, 1988). „Aktywność”, jak również „okresowe uaktywnianie” się stref tektonicznych jest potwierdzona nie tylko poprzez analizy teledetekcyjne, ale ostatnio również metodami interferometrycznymi (Graniczny i in., 2006; Pilecka i in., 2006).

Strefy lineamentów wyróżnione na rycinie 4 zostały porównane z położeniem ważniejszych stref tektonicznych. Dane teledetekcyjne zinterpretowane przez kilku autorów tworzą zbiór, który został sprowadzony do wspólnego układu współrzędnych i poddany obróbce statystycznej w celu wyróżnienia stref maksymalnego zagęszczenia lineamentów. Rejony powtarzalności lineamentów można uznać za strefy prawdopodobnego występowania struktur tektonicznych. Interpretacja taka dostarcza informacji na temat obrazu intersekcyjnego struktur tektonicznych na powierzchni poziomej zdefiniowanej przez współrzędne  $X$  i  $Y$ . Cecha pionowa  $Z$  stref lineamentów może być zinterpretowana z wykorzystaniem profili sejsmicznych, wier-

←

**Ryc. 3.** Numeryczny model terenu Górnego Śląska i zachodniej Małopolski, na podstawie danych Digital Terrain Elevation Data [DTED] poziom 2

**Fig. 3.** Numerical Terrain Model of Upper Silesia and western Małopolska based on Digital Terrain Elevation Data [DTED] — level 2

**Ryc. 4.** Szkic lineamentów rejonu Górnego Śląska i zachodniej Małopolski oraz diagram kołowy kierunków lineamentów (w prawym górnym rogu)

**Fig. 4.** Lineaments sketch-map of Upper Silesia and western Małopolska and rose diagram of lineaments azimuth (top right corner)

ceń i danych kopalnianych. Układ przestrzenny lineamentów wykazuje zbieżności ze stwierdzonymi strefami tektonicznymi lub jest argumentem potwierdzającym istnienie przypuszczalnych struktur tektonicznych. Występowanie wyraźnego lineamentu bez potwierdzenia w danych geologicznych i wynikach badań geofizycznych nie powinno być traktowane tylko jak obraz zjawisk o charakterze antropogenicznym, ale raczej jako zasadnicza przesłanka istnienia nieciągłości ośrodka geologicznego. Wyróżnioną strefę lineamentów można uznać za jeden z argumentów (np. wraz z danymi geofizycznymi) wskazujących na możliwość istnienia młodych stref tektonicznych (Ostaficzuk, 1995; Graniczny & Mizerski, 2003; Piątkowska, 2006).

### Podsumowanie

Analiza teledetekcyjna umożliwiła prześledzenie powierzchniowej propagacji głównych stref tektonicznych wyznaczonych na podstawie wierceń geologicznych i prac geofizycznych na terenie Górnego Śląska i zachodniej Małopolski. Prace teledetekcyjne pozwoliły na doprecyzowanie azymutu przebiegu linii intersekcyjnej stref dyslokacji, a w konsekwencji również ocenę możliwości pojawienia się i oszacowania natężenia współczesnych zjawisk geodynamicznych. Stwierdzono, że w utworach paleozoicznych ok. 40% wyznaczonych teledetekcyjnie stref lineamentów może wykazywać współczesną aktywność tektoniczną. „Aktywność”, jak też „okresowe uaktywnianie” się stref tektonicznych można również oszacować z wykorzystaniem ostatnio coraz popularniejszych metod interferometrycznych oraz z zastosowaniem metody LiDAR — skanowania powierzchni Ziemi laserem z poziomu samolotu (Graniczny i in., 2006).

W opracowaniu w formie róży kierunków został przedstawiony statystyczny rozkład azymutów lineamentów (ryc. 4), który potwierdza wyraźną dominację lineamentów o przebiegu NW-SE i ENE-WSW. Wynik ten sugeruje pośrednio udział ww. kierunków dyslokacji w najmłodszych ruchach tektonicznych. Statystyczne porównanie trendów lineamentów z położeniem sieci uskoków pozwala wysnuć wnioski o stylu budowy tektonicznej badanego obszaru oraz młodej i współczesnej aktywności stref tektonicznych.

Badania prowadzone były w ramach prac statutowych PIG (projekt nr 6.20.1652.00.0).

### Literatura

- BOGACZ K. 1980 — Budowa geologiczna paleozoiku dębickiego. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 50, z. 2: 183–205.  
 BROCHWICZ-LEWIŃSKI W., POŻARYSKI W. & TOMCZYK H. 1983 — Ruchy przesuwowe w południowej Polsce w paleozoiku. *Prz. Geol.*, 31, 12: 651–658.  
 BUKOWY S. 1964 — Nowe poglądy na budowę północno-wschodniego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 184, t. 7: 5–34.  
 BUKOWY S. 1984 — Struktury waryscyjskie regionu śląsko-krakowskiego. *Pr. Nauk. UŚI.*, 691: 75.  
 BUKOWY S. 1994 — Zarys budowy paleozoiku północno-wschodniego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Pr. Nauk. UŚI.*, 1431: 14–30.  
 BUŁA Z. 1994 — Problemy stratygrafii i wykształcenia osadów starszego paleozoiku północno-wschodniego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Pr. Nauk. UŚI.*, 1431: 31–57.  
 BUŁA Z. 2000 — Dolny paleozoik Górnego Śląska i zachodniej Małopolski. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 171: 1–63.

- BUŁA Z., HABRYN R., KUREK S., KRIEGIER W., MARKOWIAK M. & WOŹNIAK P. 2002 — Atlas geologiczny paleozoiku bez permu w strefie kontaktu bloków górnośląskiego i małopolskiego. PIG, Warszawa.  
 BUŁA Z. & JACHOWICZ M. 1996 — The Lower Paleozoic sediments in the Upper Silesian Block. *Kwart. Geol.*, 40, 3: 299–336.  
 BUŁA Z., JACHOWICZ M. & ŻABA J. 1997 — Principal characteristics of the Upper Silesian Block and Małopolska Block border zone (Southern Poland). *Geol. Mag.*, 134, 5: 669–677.  
 BUŁA Z. & KOTAS A. (red.) 1994 — Atlas geologiczny Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Cz. III: Mapy geologiczno-strukturalne. PIG, Warszawa.  
 DOKTÓR S., GRANICZNY M. & KUCHARSKI R. 1995 — Mapa liniowych elementów strukturalnych Polski w skalach 1 : 200 000 i 1 : 500 000 na podstawie kompleksowej analizy komputerowej zdjęć geofizycznych i teledetekcyjnych. CAG PIG, Warszawa, nr inwent. 117/96.  
 DUDEK A. 1980 — The crystalline basement block of the Outer Carpathians in Moravia: Brunovistulicum. *Rozpr. CS. Akad. Praha. Ved.*, 90, z. 8: 1–85.  
 GRANICZNY M., KOWALSKI Z., CZARNOGÓRSKA M., JURECZKA J. & PIĄTKOWSKA A. 2006 — Potential of SAR Interferometry for Identification Ground Motions. [In:] 1<sup>st</sup> MELA Conference “Living morphotectonic of the European Lowland” 28–30 Aug. 2006, Cedynia, Poland. PIG, Szczecin: 42.  
 GRANICZNY M. & MIZERSKI W. 2003 — Lineamenty na zdjęciach satelitarnych Polski — próba podsumowania. *Prz. Geol.* 51, 6: 474–483.  
 JAROSZEWSKI W. & PIĄTKOWSKA A. 1988 — O naturze niektórych lineamentów (na przykładzie Roztocza). *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 58: 423–443.  
 JURA D. 2001 — Morfotektonika i ewolucja różnowiekowej niezgodności w stropie utworów Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Pr. Nauk. UŚI.*, 1952.  
 JURKIEWICZ H. 1975 — Budowa geologiczna podłoża mezozoiku centralnej części niecki miechowskiej. *Biul. Inst. Geol.*, 283: 5–100.  
 KIERSNOWSKI H. 1991 — Litostratygrafia permu północno-wschodniego obrzeżenia GZW — nowa propozycja. *Prz. Geol.*, 4: 198–203.  
 KIERSNOWSKI H. 2001 — Osady permotriasu w basenie Liplas-Tarnawa. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 174: 87–100.  
 KOTAS A. 1972 — Ważniejsze cechy budowy geologicznej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego na tle pozycji tektonicznej i budowy głębokiego podłoża utworów produktywnych. [W:] *Problemy geodynamiki i tąpnięć*, t. 1. Kom. Górn. PAN, Kraków: 5–55.  
 KOTAS A. 1982 — Zarys budowy geologicznej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. [W:] Rożkowski A. & Ślósarz J. (red.) *Przewodnik 54. Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Sosnowiec 23–25.09.1982*. Wyd. Geol., Warszawa: 45–72.  
 KOTAS A. 1985 — Structural evolution of the Upper Silesian Coal Basin (Poland). [In:] X Congress Int. Strat. Geol. Carb. Compt. Rend. 3, Madrid: 459–469.  
 OSTAFICZUK S. 1995 — Impact of Poland's geological structure on neogeodynamics. *Tech. Poszuk. Geol.*, 34, 3: 79–107.  
 PIĄTKOWSKA A. 2006 — Charakterystyka obrazów satelitarnych pod kątem interpretacji lineamentów odwzorowujących cechy geologiczno-tektoniczne. [W:] Pilecka E. (red.) *Związek lineamentów z sejsmicznością indukowaną na terenach górniczych Górnego Śląska*. Wyd. SIGMiE PAN, Kraków: 27–43.  
 PIEKARSKI K. 1982 — Aktualny stan badań okruszczenia paleozoiku NE obrzeżenia GZW. [W:] Rożkowski A. & Ślósarz J. (red.) *Przewodnik 54. Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Sosnowiec 23–25.09.1982*. Wyd. Geol., Warszawa: 26–38.  
 PILECKA E., PIĄTKOWSKA A. & GRANICZNY M. 2006 — An application of the remote sensing technology to the high-energy seismic activity assessment, on the example of the Upper Silesian Coal Basin (USCB). *PGI Spec. Pap.*, 20: 92–98.  
 POŻARYSKI W., BROCHWICZ-LEWIŃSKI W., BRODOWICZ Z., JASKOWIAK-SCHOENEICH M., MILEWICZ J., SAWICKI L. & UBERNA T. 1979 — Mapa geologiczna Polski i krajów ościennych bez utworów kenozoicznych. Skala 1 : 1 000 000. Wyd. Geol., Warszawa.  
 POŻARYSKI W., GROCHOLSKI A., TOMCZYK H., KARNKOWSKI P. & MORYC W. 1992 — Mapa tektoniczna Polski w epoce waryscyjskiej. *Prz. Geol.*, 40, 11: 643–651.  
 ŻABA J. 1995 — Uskoki przesuwowe strefy krawędziowej bloków górnośląskiego i małopolskiego. *Prz. Geol.*, 40, 10: 838–842.  
 ŻABA J. 1999 — Ewolucja strukturalna utworów dolnopaleozoicznych w strefie granicznej bloków górnośląskiego i małopolskiego. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 166: 1–162.

Praca wpłynęła do redakcji 6.2.2007 r.  
 Akceptowano do druku 7.5.2007 r.