

## Analiza zintegrowanych danych teledetekcyjnych i tektonicznych Obniżenia Żytawsko-Zgorzeleckiego

Anna Piątkowska\*, Jacek Kasiński\*, Marek Graniczny\*

*Analiza lineamentów (widocznych na zdjęciach satelitarnych, morfolineamentów i nieciągłości geofizycznych) potwierdza i precyzuje przebieg głównych rozłamów tektonicznych wyznaczonych w poprzednich pracach prowadzonych w rejonie Zagłębia Górnołużyckiego. Rozkład analizowanych struktur linearnych wskazuje, że kierunek przebiegu strefy Ryftu Ohrzy jest wypadkową dwóch ortogonalnych systemów tektonicznych: (1) starszego o orientacji NW–SE i NE–SW oraz (2) młodszego o orientacji zbliżonej do N–S i W–E. W tym ostatnim systemie dane teledetekcyjne wyraźnie wskazują na istnienie kierunku południkowego, który nie był dotąd notowany w opracowaniach na temat budowy geologicznej.*

**Słowa kluczowe:** teledetekcja, lineament, tektonika, Obniżenie Żytawsko-Zgorzeleckie

Anna Piątkowska, Jacek Kasiński & Marek Graniczny — **Analysis of integrated remote sensing and tectonic data in the Żytawa–Zgorzelec Depression (SW Poland).** *Prz. Geol.*, 48: 991–999.

*Summary. Lineament analysis — identified at the satellite images, morpholineaments and geophysical lineaments, confirm and precise course of the main tectonic trends suggested during the previous investigation in the Upper Lusatian Lignite Basin. Distribution of the analysed linear structures indicates that the course of the Ohře Rift system is outcome of the two orthogonal tectonic systems: (1) older NW–SE and NE–W oriented (2) younger N–S and W–E oriented. The younger system N–S clearly visible at the satellite images was not mentioned before, during geological studies.*

**Key words:** remote sensing, lineament, tectonics, Żytawa–Zgorzelec Depression

W latach 1997–1999 w Państwowym Instytucie Geologicznym wykonano kilka opracowań (Kasiński, 1997, 1998; Kasiński i in., 1997, 1999) dla obszaru polskiej części Górnołużyckiego Zagłębia Węgla Brunatnego. Opracowania te, w których podejmowano problem budowy strukturalnej tego rejonu, stały się inspiracją do zebrania i uporządkowania w formie jednolitej bazy danych GIS informacji o budowie tektonicznej omawianego obszaru. Dla konstrukcji bazy wykorzystano informacje pochodzące z obserwacji i pomiarów terenowych, zdjęcia geologiczne, badań geofizycznych, analiz teledetekcyjnych i morfometrycznych. Zebrane informacje mogą być bardzo istotne dla określenia wpływu działalności górniczej na środowisko po obu stronach granicy polsko-niemieckiej, jak również na przyległym terenie wchodzącym w skład Republiki Czeskiej.

Zagłębie Górnołużyckie jest położone w centralnej części obszaru, znanego w terminologii międzynarodowej pod nazwą „Czarnego Trójkąta”. Leży ono u zbiegu granic Polski, Niemiec i Czech. W skład zagłębia wchodzi dwie rozległe depresje tektoniczne: niecka żytawska i niecka berzdorfsko-radomierzycka, zarysowuje się w podłożu zbudowanym ze skał krystalicznych i wypełnione osadami trzeciorzędowej asocjacji brunatnowęglowej; w utworach tych występują duże złoża węgla brunatnego. W południowej części obszaru, w niecce żytawskiej, działa duża odkrywkowa kopalnia węgla brunatnego „Turów”, a po stronie niemieckiej do niedawna pracowała także mniejsza kopalnia „Olbersdorf”. W północnej części obszaru, w niecce berzdorfsko-radomierzyckiej, do 1998 r. działała kopalnia odkrywkowa „Berzdorf”, która obecnie po ukończeniu eksploatacji jest poddawana rekultywacji.

Znajomość budowy geologicznej Zagłębia Górnołużyckiego jest niezwykle istotna, ponieważ wyznacza

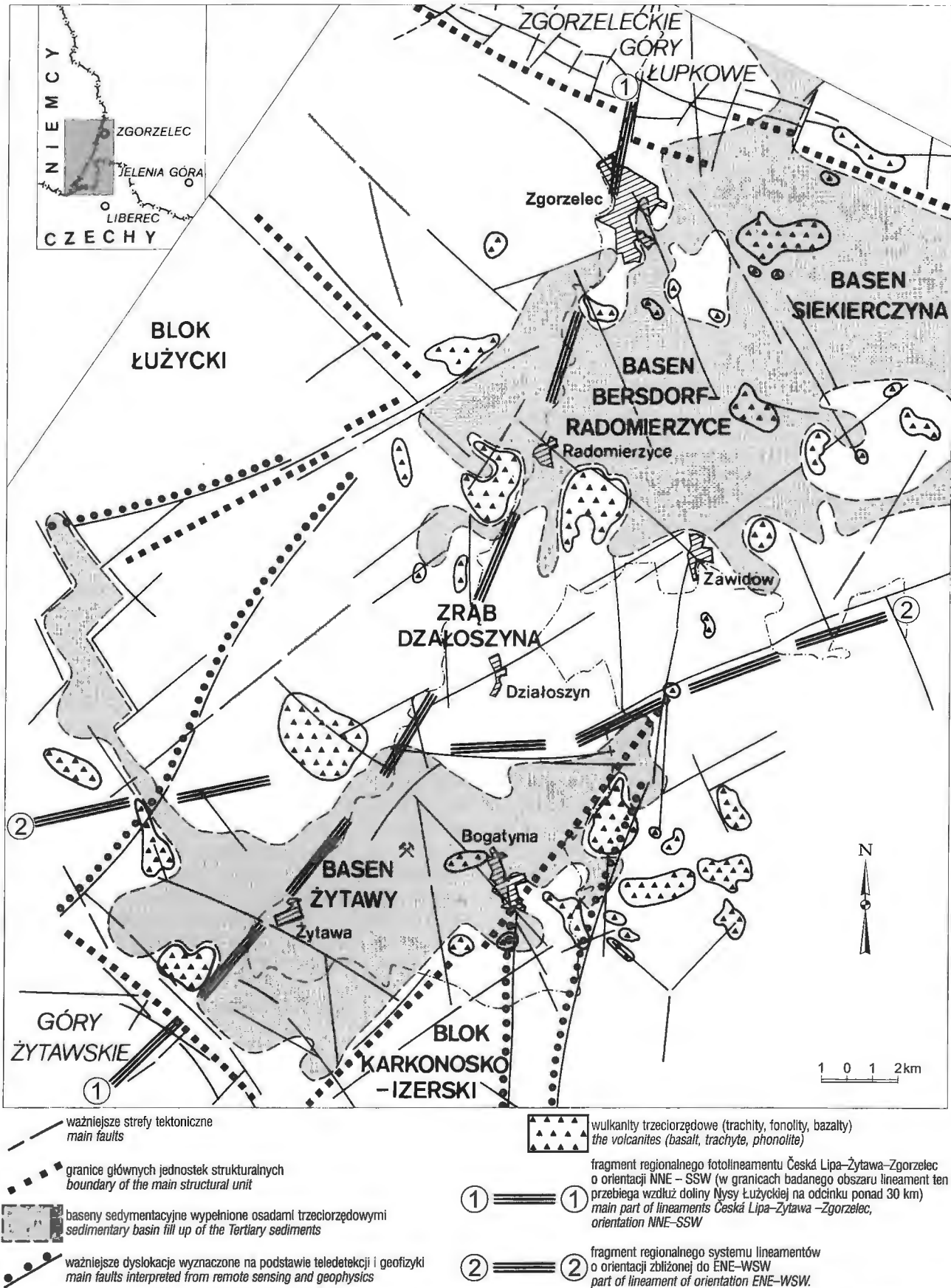
perspektywy rozwoju górnictwa węgla brunatnego i wpływa na ukierunkowanie procedur rekultywacyjnych wyrobisk oraz hałd. Szczególnie istotnym aspektem jest współpraca pomiędzy państwami graniczącymi ze sobą i ustalenie zadań we współpracy nad minimalizacją negatywnych skutków jakie powoduje istnienie w tym rejonie zagłębia węglowego.

Na temat budowy geologicznej Zagłębia Górnołużyckiego istnieje wiele publikacji (Bieniewski, 1966; Berezowska & Berezowski, 1968; Hirsch i in., 1989; Kasiński, 1989, 1991, 2000). Rozpoznanie budowy geologicznej obu części zagłębia jest nierównomierne. Po stronie polskiej poznano znacznie lepiej obszar południowy — nieckę żytawską, ze względu na prowadzoną na szeroką skalę działalność eksploatacyjną i duży stopień odsłonięcia terenu. Prowadzono tutaj m.in. badania strukturalnych elementów liniowych (Graniczny, 1981; Badura, 1996) i geologicznych struktur dysjunktywnych (Kasiński & Panasiuk, 1987; Kasiński, 1990, 2000). Budowa obszaru północnego — niecki berzdorfsko-radomierzyckiej, jest znana znacznie gorzej, szczególnie po stronie polskiej (Dybor, 1975; Cwojdzński & Jodłowski, 1982), a publikowane dane dotyczące budowy strukturalnej odnoszą się głównie do strony niemieckiej (Brause, 1989, 1990).

### Zarys budowy strukturalnej Zagłębia Górnołużyckiego

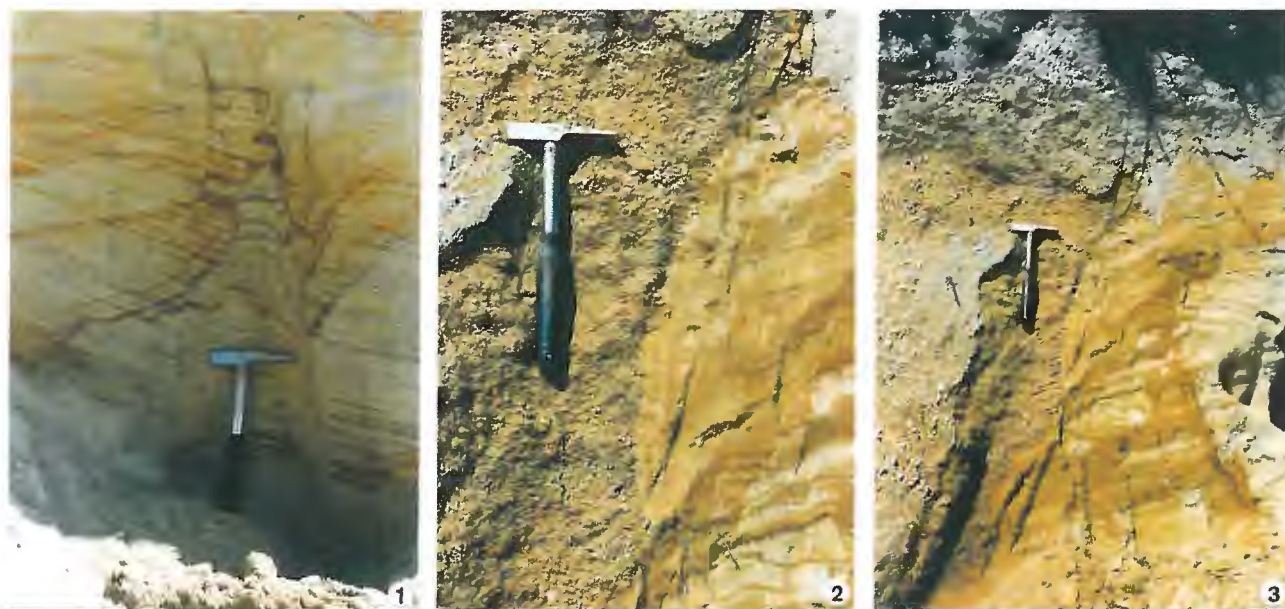
Obniżenie Żytawsko-Zgorzeleckie, w obrębie którego występuje strefa obniżenia stropu podłoża podkenozoicznego Żytawa–Siekierczyn (Berezowska & Berezowski, 1968), obejmująca obie główne depresje tektoniczne i kilka niecek satelickich, znajduje się na pograniczu trzech wielkich jednostek strukturalnych Sudetów Zachodnich: bloku łużyckiego, bloku karkonosko-izerskiego oraz fałdów waryscyjskich strefy kaczawskiej (ryc. 1). Od południa obszar ten jest ograniczony przez czeską płytę kredową, nasuniętą na skały podłoża krystalicznego. Omawiana strefa obniżenia Żytawa–Siekierczyn oddziela blok

\*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa



Ryc. 1. Szkic geologiczno-strukturalny Zagłębia Górnołużyckiego opracowany według *Mapy geologicznej Lausitz–Jizera–Karkonosze* w skali 1:100 000

Fig. 1. Sketch of the main structural unit of Upper Lusatian Lignite Basin after *Geological Map Lausitz–Jizera–Karkonosze* in scale 1:100 000



Ryc. 2. Zdjęcia 1, 2, 3 przedstawiają strefy zaburzeń w osadach czwartorzędowych, związane prawdopodobnie z aktywnymi strefami tektonicznymi (wglębnymi) — piaskownia w Radomierzycach (fot. J. Kasiński)

Fig. 2. Photographs 1, 2, 3 present tectonic disturbances in Quaternary sediments related probably with active deep seated fault zones — Radomierzycze sandpit (Phot. J. Kasiński)

łużycki od bloku karkonosko-izerskiego (*Mapa geologiczna Łańcut–Jizera–Karkonosze w skali 1:100 000 — in press*).

Depresje tektoniczne strefy Żytawa–Siekierczyn są wypełnione przez lądowe utwory trzeciorzędu, zawierające pokłady węgla brunatnego. Na tym terenie rozsiane są także liczne pozostałości kominów wulkanicznych oraz pokryw bazaltowych, których rozmieszczenie często wskazuje na związki z liniami strukturalnymi (Kasiński & Panasiuk, 1987; Kasiński, 1991). Zasadnicze znaczenie w ukształtowaniu strefy obniżen Żytawa–Siekierczyn odegrały paleogeńskie ruchy tektoniczne, w wyniku których u stóp Gór Kruszczych powstał w oligocenie rów tektoniczny o orientacji SSW–NNE (Grocholski, 1969). Strefa obniżen Żytawa–Siekierczyn stanowi północno-wschodnie zakończenie rowu kruszczogórskiego.

Blok łużycki, położony na zachód od strefy obniżen Żytawa–Siekierczyn stanowi wielki masyw granitowy, który jest najdalej wysuniętą ku północnemu-zachodowi jednostką sudecką. Szczególnie rozległy jest masyw kryształiczny bloku łużyckiego, który niemal bez reszty buduje całą południową część tej jednostki (Teisseyre, 1957; Brause, 1990). Granice tej jednostki w znacznej mierze wyznaczają dyslokacje, podobnie jak w przypadku innych jednostek strukturalnych Sudetów. Blok łużycki ogranicza na północnym wschodzie potężna strefa dyslokacyjna znana pod nazwą środkowoniemieckiego uskoku głównego. Wzdłuż tej strefy utwory algonku i starszego paleozoiku bloku łużyckiego zanurzają się nagle pod potężną pokrywę kompleksu permo-mezozoicznego. Amplituda tej dyslokacji sięga tysiąca metrów. Omawiana strefa dyslokacyjna kontynuuje się na terenie Polski i tu jest zwana dyslokacją Sudetów lub głównym uskokiem śródsudeckim (Oberc, 1972). Strefa ta odpowiada w głównym zarysie granicy występowania fałdów waryscyjskich strefy kaczawskiej (na północ od badanego obszaru).

Od południowego-wschodu strefa obniżen Żytawa–Siekierczyn graniczy z zachodnią częścią bloku karkonosko-izerskiego (w jej skład wchodzi Góry Izerskie i Pogórze Izerskie). Odsłonięcia skał podłoża są tutaj nie-

liczne. Występują one przeważnie na stromych zboczach dolin rzecznych, i mają charakter przełomów. Omawiany obszar w przeważającej części jest zbudowany z gnejsów, wśród których występują także miejscami łupki łyszczykowe. Tektonika kompleksu izerskiego jest skomplikowana. Przebieg struktur w przybliżeniu jest równoleżnikowy, na wschodzie i zachodzie odchylają się one jednak ku południowi. Foliacja zapada stromo, na ogół w kierunku północnym. W licznych miejscach omawianą jednostkę przecinają strefy dyslokacyjne, które były niekiedy miejscem mineralizacji (Grocholski, 1969).

Od południa badany obszar jest odgraniczony uskokiem łużyckim. Uskok ten o długości ponad 150 km jest zaliczany do najważniejszych dyslokacji ramowych Sudetów. Wzdłuż uskoku łużyckiego utwory czeskiej płyty kredowej zostały nasunięte na skały magmowo-metamorficzne bloku łużyckiego. Na znacznym odcinku uskoku łużycki jest związany z nasunięciem zwróconym ku południowemu zachodowi, natomiast wschodni kraniec uskoku przechodzi w uskoku normalny (Teisseyre, 1957).

Strefa obniżen Żytawa–Siekierczyn znajdująca się w centralnej części badanego obszaru składa się z kilku jednostek tektonicznych niższego rzędu (ryc.1). Są to:

- basen Żytawy,
- zrąb Działoszyna,
- basen Bersdorf–Radomierzycze,
- basen Siekierczyna,
- niecka Frýdlant–Vianová.

Wymienione jednostki są ograniczone uskokiemi. Niecka żytawska jest oddzielona od zrębu Działoszyna uskokiemi Zatonia (W–E) i Miedzianki (NW–SE), natomiast niecka berzdorfsko-radomierzycza wraz z satelickim basenem Siekierczyna — uskokiemi Witki (NW–SE; Badura, 1996). Cała strefa obniżen Żytawa–Siekierczyn, wydłużona w kierunku NNE–SSW jest obramowana od zachodu wałą dyslokacją Nysy Łużyckiej (NNE–SSW), a od wschodu dyslokacjami Smedy (NNE–SSW), Bogatyni (NNE–SSW) i Opolna Zdroju (NE–SW).





Ryc. 3. Rejon odkrywkowej kopalni węgla brunatnego Bogatynia–Zgorzelec. Zdjęcie satelitarne Landsat TM — jesień 1998  
I — obszar odkrywki, II — hałda. 1, 2, 3 — zasięgi obszarów różniących się okresem eksploatacji (objaśnienia w tekście)  
Fig. 3. Satellite image (autumn 1998) of the open lignite mine in Bogatynia–Zgorzelec. I — open mine area, II — heap, 1, 2, 3 —  
extents of exploitation in different time

Zarówno w niecce żytańskiej (Kasiński & Panasiuk 1987; Kasiński, 1991), jak i w niecce berzdorfsko-radomierzyckiej (Kasiński i in., 1999), znaleziono liczne dowody aktywności tektonicznej, która miała miejsce już po zakończeniu sedimentacji trzeciorzędowej asocjacji brunatnowęglowej. Według tych autorów, na omawianym obszarze dominują dwa główne kierunki tektoniczne:

- starszy o orientacji NW–SE (kierunek saksoński),
- młodszy o orientacji równoleżnikowej (w północnej części obszaru subrównoleżnikowy, który uaktywnił się w końcowej fazie rozwoju depresji tektonicznych).

W niecce berzdorfsko-radomierzyckiej nieciągłości tektoniczne zostały zarejestrowane również w osadach czwartorzędowych (ryc. 2), a ich wystąpienia są prawdopodobnie związane z aktywnością stref wgłębnych. Problem ten wymaga jednak dalszych badań.

#### Analiza teledetekcyjna

Do analizy teledetekcyjnej wykorzystano cyfrowe zdjęcia satelitarne Landsat TM. Zapewniają one wysoką rozdzielczość spektralną, siedem kanałów w zakresie



widzialnym, bliskiej, średniej i dalekiej podczerwieni oraz stosunkowo dobrą rozdzielczość, sięgającą na powierzchni terenu 30–40 m, która odpowiada opracowaniom kartograficznym w skali 1:100 000. Do przetwarzania zdjęć wykorzystano oprogramowanie ER Mapper 5.0. W pierwszej fazie przetwarzania przystąpiono do geokodowania zdjęć, wykorzystując w tym celu mapy topograficzne w skali 1 : 25 000. W dalszej kolejności przeprowadzono wzmacnianie obrazu, którego celem była poprawa jakości zdjęcia przez zwię-

kszenie kontrastu odwzorowanych obiektów. Po przeanalizowaniu histogramów siedmiu kanałów zdjęcia Landsat TM wybrano cztery optymalne konfiguracje: TM 4,5,7 (maksymalny OIF — *Optimum Index Factor* — TM 6, 4, 3, TM 7, 4, 2 i TM 2, 3, 4.

Na kompozycji Landsat TM 7, 4, 2 (ryc. 3) przeprowadzono rozpoznanie i analizę obszaru wyrobiska kopalni węgla brunatnego „Turów” oraz pobliskiej hałdy.

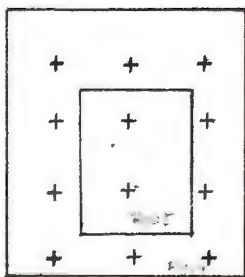
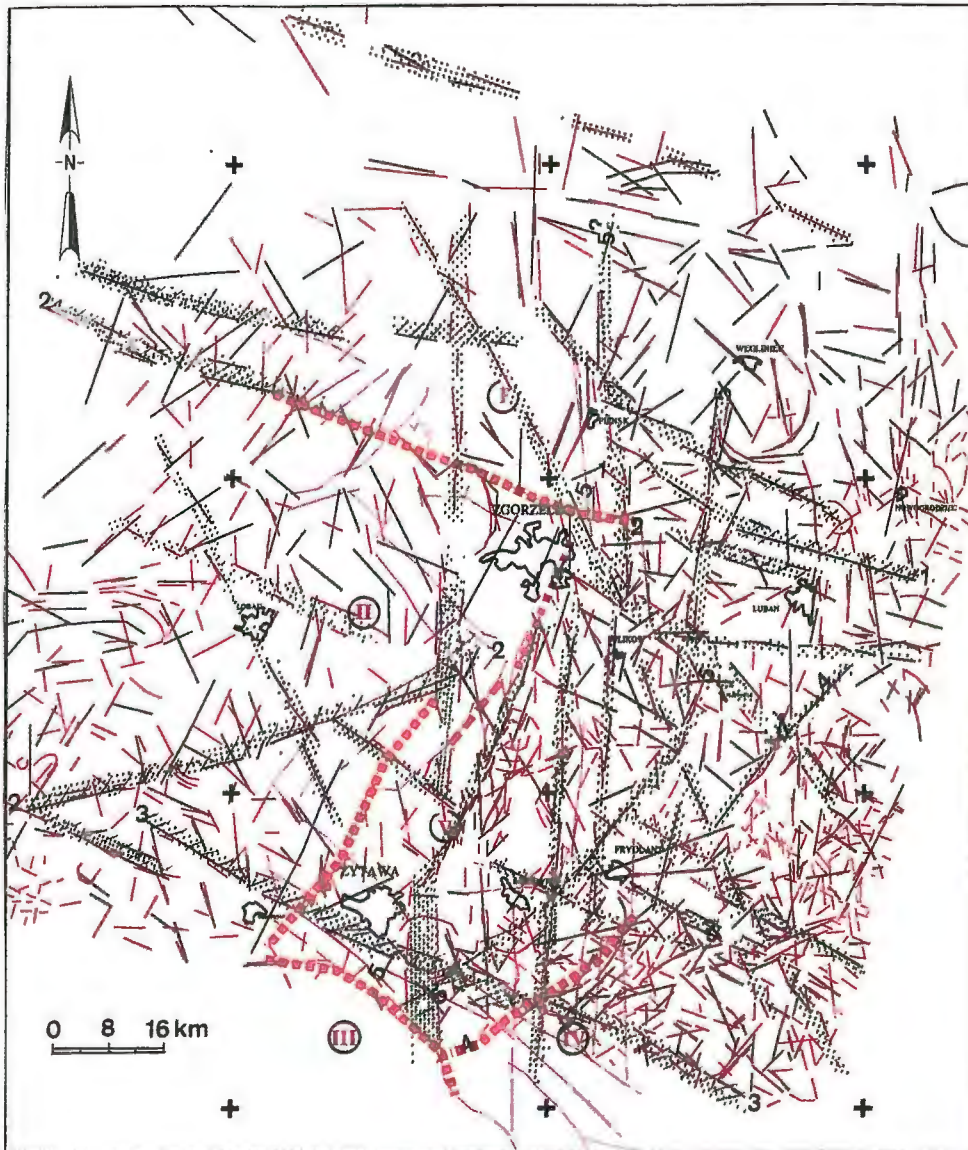
Pozostałe zobrazowania satelitarne Landsat TM zostały przetwarzane i wykorzystane pod kątem analizy lineamen-

tów. Oprogramowanie ER Mapper posiada możliwości przedstawienia obrazu zbliżonego do scen monochromatycznych używanych przy analizie starszych zdjęć nie w formie cyfrowej, jak również zupełnie nowych przetworzeń, w które jest wyposażone oprogramowanie z przeznaczeniem właśnie dla geologów (np. pod kątem rozpoznania głębszych struktur).

Starsze satelitarne materiały fotograficzne Landsat MSS oraz KOSMOS wykorzystano do wykonania analiz przede wszystkim pod kątem interpretacji lineamentów o charakterze regionalnym (Graniczny, 1981). Te dane teledetekcyjne zostały skompilowane z liniowymi elementami geofizycznymi oraz strefami tektonicznymi i są materiałem wyjściowym do analiz strukturalnych (liniowe elementy strukturalne).

#### Fotointerpretacja zmian antropogenicznych powierzchni terenu w sąsiedztwie odkrywkowej kopalni węgla brunatnego „Turów”

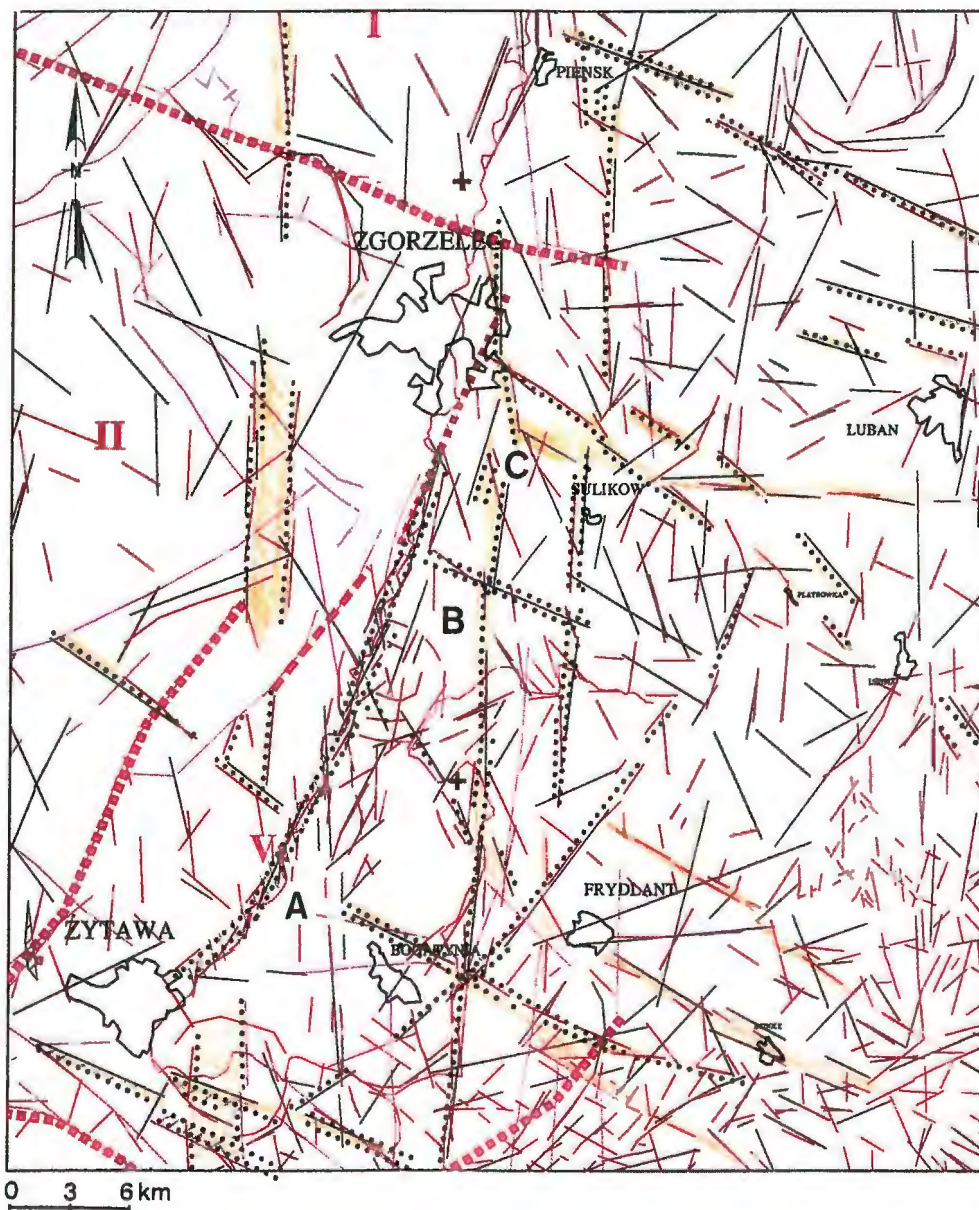
Na zdjęciu Landsat TM można rozróżnić wiele elementów związanych z działalnością górnictwa i pogórnictwem w rejonie kopalni węgla brunatnego „Turów”. Pierwszą istotną informacją jest zasięg wyrobiska zarejestrowany na



Ryc. 4. Sumaryczna interpretacja zdjęć satelitarnych Landsat TM obejmująca badany obszar na szerszym tle regionalnym z wyznaczonymi głównymi strefami liniowych elementów strukturalnych i z podziałem na jednostki strukturalne pierwszego rzędu wg Kasińskiego (1998); I — Zgorzeleckie Góry Łupkowe, II — blok łuzycycki, III — Góry Żytawskie, IV — blok karkonosko-izerski, V — północno-wschodnia część ryftu Ohrzy

Fig. 4. Comprehensive interpretation of Landsat TM satellite image in the regional aspect. The main linear structural elements and structural units of the first order (according to Kasiński, 1998) are presented. I — Görlitz Shale Range, II — Lusatian Block, III — Żytawa Mts., IV — Karkonosze — Iżera Block, V — NE part of Ohře Rift





**Ryc. 5.** Sumaryczna fotointerpretacja zdjęć satelitarnych Landsat TM z wyznaczonymi głównymi strefami liniowych elementów strukturalnych oraz z podziałem na jednostki strukturalne drugiego rzędu północno-wschodniej części ryftu Ohrzy wg Kasińskiego (1998); A — basen Żytawy, B — Żrąb Działoszyna, C — Basen Bersdorf–Radomierzyce

**Fig. 5.** Comprehensive interpretation of Landsat TM satellite image. The main linear structural elements and structural units of the second order (according to Kasiński, 1998); A — Żytawa Basin, B — Działoszyn Horst, C — Bersdorf–Radomierzyce Basin

zdjęciu w 1998 r. (ryc. 3). Zasięg ten różni się znacznie od sytuacji przedstawionej na mapie topograficznej w skali 1 : 100 000 wydanej w 1996 r. (M-33-41/42 — Bogatnia). Różnice dotyczą przede wszystkim południowo-zachodniej części wyrobiska, gdzie przebiega główny front eksploatacyjny. Dzięki zmianom fototonu na zdjęciu tym można również wyróżnić poszczególne obszary, odpowiadające etapom eksploatacji: (1) najstarszą część kopalni, dziś częściowo zrehabilitowaną, (2) część młodszą, gdzie zakończono eksploatację górnego pokładu, a eksploatacja dolnych pokładów jest związana z częścią najmłodszą (3) obecnie eksploatowaną, łącznie z obszarem zdejmwania nadkładu (ryc. 3). Na zdjęciu zaznaczają się wyraźnie poszczególne poziomy eksploatacyjne, można także rozróżnić tereny podmokłe i zawodnione. Łatwe do rozpoznania są drogi dojazdowe, obiekty elektrowni Turów oraz zabudowania Bogatni. Z punktu widzenia budowy strukturalnej rejonu, interesujące są zinterpretowane elementy liniowe (w obrębie wyrobiska oraz poza nim) mogące mieć związek ze strukturami tektonicznymi, należy jednak je skonfrontować w terenie z wynikami prac geofizycznych czy wiertniczych. Wiele informacji

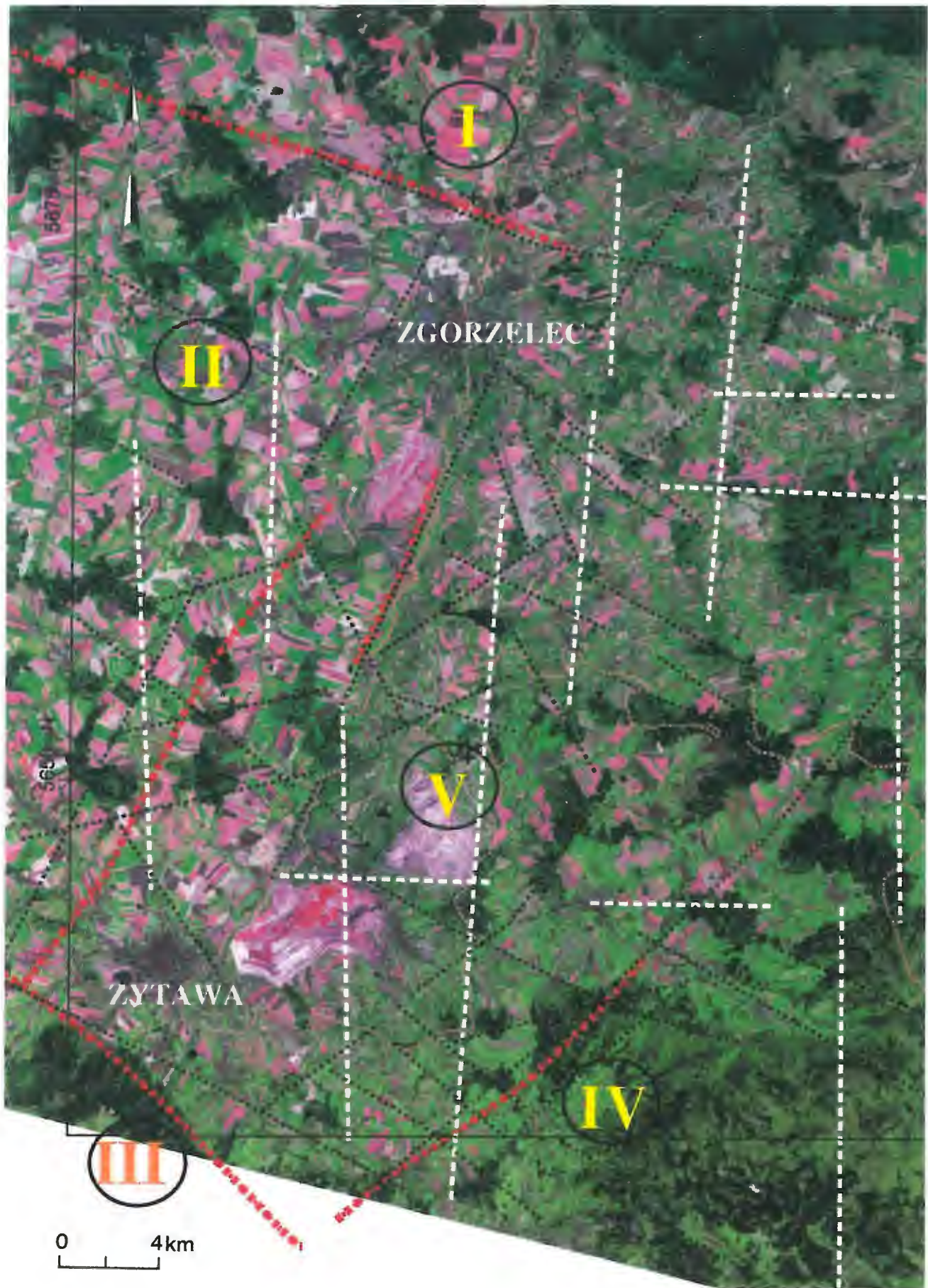
można również uzyskać dla obszaru zewnętrznego składowiska nadkładu. Na terenie zwałowiska zaznacza się dość wyraźnie regularny rozkład fototonów, których koncentryczny układ wskazuje na równomierną nadbudowę urob-



**Ryc. 6.** Porównanie głównych elementów liniowych wyznaczonych na podstawie zdjęć satelitarnych Landsat TM, z jednostkami tektonicznymi pierwszego rzędu wg Kasińskiego (1999). Kolorem białym wyróżniono południkowe lineamenty. W tle zdjęcie satelitarne z zaznaczoną kopalnią odkrywkową węgla brunatnego i hałdą. Oznaczone: I — Zgorzeleckie Góry Łupkowe, II — blok łuzycycki, III — Góry Żytawskie, IV — blok karkonosko-izerski, V — północno-wschodnia część ryftu Ohrzy

**Fig. 6.** Comparison of the main lineaments interpreted from the Landsat TM satellite images with the tectonic units of the first order (according to Kasiński, 1999). Meridional lineaments are distinguished by white color. In the background satellite image with the lignite mine and heap are presented. I — Görlitz Shale Range, II — Lusatian Block, III — Żytawa Mts., IV — Karkonosze — Izera Block, V — NE part of the Ohře Rift





kiem pochodzącym z odkrywki. Najstarszy materiał znajduje się po zewnętrznej stronie hałdy od strony południowo-zachodniej. Obszar ten jest również częściowo zrekwalitywowany. Największe zagrożenie dla środowiska stwarza południowo-wschodnia część zwałowiska, sąsiadująca bezpośrednio z terenami leśnymi i granicą państwową z Republiką Czeską. Interpretacja struktury urobku w obrębie zwałowiska sugeruje, że w tym rejonie zachodzi możliwość dalszego rozwoju procesów osuwiskowych, zapoczątkowanych w połowie lat dziewięćdziesiątych (Rybicki, 1995; Kasiński i in., 1998).

### Fotolineamenty

Na podstawie prac archiwalnych (na materiałach zdjęciowych Landsat MSS i KOSMOS w skalach 1 : 500 000 i 1 : 250 000) zinterpretowano główne regionalne struktury geologiczne (Graniczny, 1981) i na ich podstawie jednym z najważniejszych elementów z punktu widzenia tektoniki badanego obszaru jest regionalny fotolineament Česká Lipa–Žytawa–Zgorzelec o orientacji NNE–SSW. W granicach badanego obszaru lineament ten przebiega wzdłuż doliny Nysy Łużyckiej na odcinku ponad 30 km (ryc. 1; 1) Przez omawiany obszar przechodzi także fragment (ryc. 1; 2) ważnego regionalnego systemu lineamentów o orientacji zbliżonej do ENE–WSW: Litvínov–Dein–Žytawa–Gryfów Śląski–Wleń. Na terenie Czech strefa ta odpowiada uskoku kruszcogórskiemu, następnie kontynuując się w kierunku ENE przecina Obniżenie Żytawsko-Zgorzeleckie mniej więcej na granicy basenu Działoszyna i basenu Żytawy. Cała ta regionalna strefa — wraz z położonym o ok. 30 km na południe regionalnym fotolineamentem Louny–Roudnice, Turnov–Železný Brod–Kowary o orientacji ENE–WSW — być może wyznacza prawdopodobny zasięg systemu ryftowego Ohřy, postulowany przez Kopecký'ego (1979).

Fotolineamenty regionalne zinterpretowane na zdjęciu satelitarnym Landsat TM przedstawiono na ryc. 4. Można na nim rozpoznać wyraźnie zarysowujący się (1–1) łuk Zgorzeleckich Gór Łupkowych (Görlitzer Schiefergebirge) (I; 2–2) lineamenty wyznaczające zarys bloku łużyckiego (II) o orientacji NW–SE i NE–SW, (3–3) strefy lineamentów konturujące masyw Gór Żytawskich (III) od północy, (4–4) wyraźnie podkreślony poprzez zagęszczenie lineamentów obszar bloku karkonoski-izeraskiego (IV) i (5–5) system lineamentów o orientacji N–S i NE–SW podkreślający kontury północno-wschodniego odcinka ryftu Ohřy (V). Na szkicu obniżenia żytawsko-zgorzeleckiego (ryc. 5) system lineamentów o kierunku N–S i NW–SE oraz podrzędnie W–E jest również zgodny z podziałem na jednostki strukturalne? W rejonie niecki żytawskiej (A) wyraźnie zaznacza systemem lineamentów o przebiegu N–S i E–W, natomiast mniej wyraźne są tu lineamenty o orientacji NE–SW. Na obszarze zrębu Działoszyna (B) zaznacza się dość gęsta sieć lineamentów o orientacji NW–SE, NNE–SSW i E–W. System lineamentów o orientacji NW–SE oddziela zrąb Działoszyna od niecki berzdorfsko-radomierzyckiej (C), którą od zachodu ogranicza strefa lineamentów o orientacji NNE–SSW, a od wschodu o orientacji N–S i NNE–SSW. Cechą charakterystyczną tego obszaru jest fakt, że lineamenty dobrze czytelne na zdjęciach reprezentują głównie kierunek zbliżony do południkowego, w dalszej kolejności NW–SE i najslabiej równoleżnikowy.

Lokalne lineamenty przedstawione na szkicach w większych skalach tworzą systemy o kierunkach NW–SE i NE–SW oraz podrzędnie WNW–ESE. System lineamentów lokalnych wydaje się odzwierciedlać kierunki tektoniczne związane ze starszymi strukturami tektonicznymi, które być może były mniej aktywne lub odmładzane w formie krótszych odcinków stref nieciągłości. Istnieją również sugestie, że mogą to być komplementarne uskoki równoleżnikowe. Stwierdzenia takie dowodzą że analiza porównawcza wymaga dalszych badań i poparcia, np. w badaniach geofizycznych.

### Lineamenty geofizyczne

Główne strefy lineamentów geofizycznych–regionalnych zostały wyznaczone metodą transformacji i przetwarzania danych grawimetrycznych i magnetycznych (Doktór i in., 1987). Najlepsze do korelacji są lineamenty wyznaczone na podstawie pionowych granic gęstości i namagnesowania. Pionowe granice zmiany gęstości i namagnesowania są wyznaczone dla trzech głębokości (1, 3 i 5 km).

Dla badanego obszaru, na szkicu w skali 1 : 200 000, istnieją trzy główne strefy lineamentów geofizycznych posiadających odpowiedniki w lineamentach zinterpretowanych ze zdjęć satelitarnych (w fotolineamentach) i mających następującą orientację (Doktór i in., 1987):

- w niecce żytawskiej NE–SW,
- na zrębie działoszyna: południkowe i równoleżnikowe,
- w niecce berzdorfsko-radomierzyckiej — subrównoleżnikowe.

### Lineamenty morfologiczne (morfolineamenty)

Odcinki na mapach topograficznych, na których występuje duże zagęszczenie izohips w układzie liniowym o znacznej rozciągłości liniowej, zostały wyznaczone na podstawie analiz kartometrycznych jako morfolineamenty. Przydatność morfolineamentów dla wyznaczania młodych stref tektonicznych na przedpolu Sudetów została wielokrotnie potwierdzona (Ostaficzuk, 1975; Badura & Przybylski, 1995; Migoń, 1996). Występowanie licznych, bardzo krótkich, morfolineamentów długości rzędu kilkuset metrów w układzie ortogonalnym w odcinkach przełomowych Nysy Łużyckiej na obszarze zrębów Działoszyna i Zgorzelca oraz prostoliniowy bieg doliny Nysy między Żytawą (Zittau) a Pieńskiem wskazują na tektoniczne założenia tej doliny (Badura, 1996), podobne cechy wykazuje dolina Witki (Smědy), przełamująca się przez wschodnią część zrębu Działoszyna. Tektoniczne predyspozycje obu dolin wyraźnie zaznaczają się na mapie hipsometrycznej, a w szczególności na mapie zagęszczonych poziomic. Ich duża rozciągłość południkowa, odpowiednio 30 i 15 km wskazuje, że są to strefy tektoniczne o znaczeniu regionalnym. Na mapie morfolineamentów obszaru Obniżenia Żytawsko-Zgorzeleckiego dominują kierunki NE–SW oraz NW–SE. Morfolineamenty o orientacji równoleżnikowej są widoczne jedynie w południowej części obszaru, w obrębie Kotliny Turosszowskiej (niecka żytawska). Morfolineamenty o orientacji południkowej występują lokalnie w rejonie Bogatyni oraz na obszarze



Kotliny Zgorzeleckiej (niecka berzdorfsko-radomierzyc-ka).

### Implikacje strukturalne wyników analizy kompleksowej

Analiza lineamentów (wyznaczone na zdjęciach satelitarnych — fotolineamenty), morfolineamentów i lineamentów geofizycznych potwierdza i precyzuje przebieg głównych trendów tektonicznych postulowanych w poprzednich pracach prowadzonych w rejonie Zagłębia Górnośląskiego. W przyszłości należałoby zwrócić szczególną uwagę na wyjaśnienie istnienia czytelnego na zdjęciach satelitarnych systemu południkowo-równoleżnikowego fotolineamentów, który wydaje się wpływać na zmiany kierunków tektonicznych ze starszego podłoża i kontynuujących się w wyższych kompleksach geologicznych (ryc. 6).

Przedstawione dane przeanalizowano w skali regionalnej (północno-wschodnia część ryftu Ohrzy wraz z obszarami przyległymi) oraz w skali lokalnej (niecka żytawska i niecka berzdorfsko-radomierzyc-ka). Uzyskane wyniki porównano z istniejącymi pracami przedstawiającymi budowę strukturalną tego obszaru (Dittrich & Steding, 1989; Brause, 1990; Kasiński, 1990; 1998, 1999, 2000; Steding & Dittrich, 1990; Badura, 1996; Kasiński i in., 1998). Obraz liniowych elementów strukturalnych jest efektem kompleksowej analizy materiałów geologicznych, teledetekcyjnych, geofizycznych i geomorfologicznych.

Rozkład analizowanych struktur linearnych wskazuje, że kierunek przebiegu strefy ryftu Ohrzy jest być może, wypadkową dwóch ortogonalnych systemów tektonicznych: (1) starszego o orientacji NW–SE i NE–SW oraz (2) młodszego o orientacji N–S i W–E. W tym ostatnim systemie dane teledetekcyjne wyraźnie wskazują na istnienie kierunku południkowego, który nie był dotąd eksponowany w opracowaniach na temat budowy geologicznej. Wydaje się jednak, że istnienie takiego kierunku tektonicznego jest prawdopodobne jako kierunku komplementarnego do kierunku równoleżnikowego wyraźnie zaznaczającego się w budowie geologicznej omawianego obszaru i może warto byłoby się bliżej przyjrzeć jego istocie.

### Literatura

BADURA J. 1996 — Morfotektonika Obniżenia Żytawsko-Zgorzeleckiego. *Prz. Geol.*, 44: 1239–1243.  
 BADURA J. & PRZYBYLSKI B. 1995 — Neotektoniczne aspekty rzeźby przedpola Sudetów Wschodnich. *Prz. Geol.*, 43: 762–766.  
 BEREZOWSKA B. & BEREZOWSKI Z. 1968 — Geology of the Zittau-Siekierczyn subsiding zone. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 222: 7–32.  
 BIENIEWSKI J. 1966 — Powstanie i rozwój węgla brunatnego w polskiej części niecki żytawskiej. *Geol. Sudet.*, 2: 401–423.  
 BRAUSE H. 1989 — Miozäne tektonische Bewegungen in der SE–Lausitz. *Wissenschaft.-Techn.*  
 BRAUSE H. 1990 — Beiträge zur Geodynamik des Saxothuringikums. *Geoprofil*, 2: 1–88.  
 CIĘŻKOWSKI W., DOKTÓR S., GRANICZNY M. & MARSZCZEK T. 1989 — Zależności występowania wód mineralnych i termalnych od nieciągłości teledetekcyjnych w Sudetach Zachodnich. *Pr. Nauk. Inst. Geotechn. Polif. Wrocław.*, Konferencje, 58: 1–29.  
 CWOJDZIŃSKI S. & JODŁOWSKI S. 1982 — Młodotrzeciorzędowe ruchy tektoniczne w Sudetach i na bloku przed sudeckim. *Symp. nt.: Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy Ziemskiej w Polsce*, t. 1: 121–132. *Wyd. Geol.*  
 DITTRICH P. & STEDING D. 1989 — Vorratsberechnung, Braunkohlenerkundung Zittau 1988; Bereichsteil Geologie. *VEB Geol. Forsch. Erkund.*: 1–31., *Arch. Sächs. L.-A.f.Umwelt u. Geologie, Freiberg.*

DOKTÓR S., GRANICZNY M. & KUCHARSKI R. 1987 — Korelacja danych teledetekcyjnych i geofizycznych za pomocą technik cyfrowych. *Prz. Geol.*, 35: 8–9.  
 DOKTÓR S., GRANICZNY M. & LYSENKO V. 1992 — Kompleksowa analiza fotogeologiczna Sudetów Zachodnich na obszarze Polski i Czech. *Techn. Poszuk. Geol.–Geosyn. Geoterm.*, 92: 53–60.  
 DYJOR S. 1975 — (Plamowe) Konkrecje bazaltowe masywu czeskiego i Dolnego Śląska. *Biul. Inst. Geol.*, 341: 201–229.  
 GRANICZNY M. 1981 — Mapa fotolineamentów rejonu Turoszowa, skala 1 : 100 000. *Arch. Zakł. Metodyki i Koordynacji Prac Kartograficznych, Państw. Inst. Geol.*  
 GROCHOLSKI W. 1969 — Mezozstruktury obszaru gnejsów sowiogórskich na Przedgórzu Sudeckim. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 39: 651–674.  
 HIRSCH D., RASCHER J. & SCHULZE H. 1989 — Die Braunkohlen-Lagerstätten der Oberlausitz (Tertiär-becken von Berzdorf und Zittau). [In:] R. Vulpus, M. Süß [eds]; *Beiträge zur geologie der Braunkohlen-lager-stätten, Wissenschaft.-Techn. Informationdienst*, 30: 10–19.  
 KASIŃSKI J.R. 1989 — Tectonic control of Tertiary terrigenous formation in the intermontane depressions along the NW margin of the Sudetes Mts., SW Poland. [In:] T. Thanasuthipitak, P. Ounchanum [eds] *Proceed. Intern. Symp. „Intermontane Basins–Geology and Resources”*: 353–373.  
 KASIŃSKI J.R. 1990 — Opracowanie kartograficzne tektoniki podłoża osadów trzeciorzędowych w niecce żytawskiej. *Państw. Inst. Geol. CAG 239/91.*  
 KASIŃSKI J.R. 1991 — Tertiary lignite-bearing facies of the Zittau Basin: Ohře rift system (Poland, Germany and Czechoslovakia). [In:] P. Anadón, L. Cabrera, J. Calvo [eds.] *Lacustrine facies analysis. Spec. Publ. Int. Ass. Sediment.*, 13: 93–107, Oxford.  
 KASIŃSKI J.R. 1997 — Zagadnienia facjalne i rozwój sedimentacji trzeciorzędowej asocjacji brunatno-węglowej w polskiej części niecki żytawskiej. *CAG 2864/97.*  
 KASIŃSKI J. R. 1998 — Analiza wpływu udoświepniania i eksploatacji złóż węgla brunatnego oraz procesów utylizacji surowca na stan środowiska naturalnego w procesie gospodarczego wykorzystania złóż (z badaniami i modelowymi na przykładzie wybranych złóż). *Zadanie 1. Ogólna charakterystyka zagadnienia. CAG 3098/98.*  
 KASIŃSKI J.R. 1999 — Sukcesja środowisk sedimentacji trzeciorzędu w niecce żytawskiej na tle ewolucji strukturalnej. *CAG 701/99.*  
 KASIŃSKI J.R. 2000 — Atlas geologiczny utworów trzeciorzędowej asocjacji brunatnowęglowej w polskiej części niecki żytawskiej. *Państw. Inst. Geol., Warszawa.*  
 KASIŃSKI J.R., DYLAĞ J.K. & SATERNUS A. 1998 — Analiza wpływu udoświepniania i eksploatacji złóż węgla brunatnego oraz procesów utylizacji surowca na stan środowiska naturalnego w procesie gospodarczego wykorzystania złóż (z badaniami i modelowymi na przykładzie wybranych złóż). *Zadanie 4. Studium wpływu działalności górniczej na złożu Turów w Zagłębiu Górnośląskim na środowisko — przykład wpływu na etapie eksploatacji węgla brunatnego. CAG 3098/98.*  
 KASIŃSKI J.R. & PANASIUK M. 1987 — Geneza i ewolucja strukturalna niecki żytawskiej. *Biul. Inst. Geol.*, 357: 5–35.  
 KOPECKÝ L. 1979 — Magmatism of the Ohře Rift in the Bohemian Massif, its relationship to the deep fault tectonics and to the geologic evolution, and its mineralization. [In:] M. Mahél & P. Reichwalder (eds) *Czechoslovak geology and global tectonics*, 167–181, Věda, Bratislava.  
 KRENTZ O., WALTER H., BRAUSE H., HOTH K., BERGER H.-J., KEMNITZ H., LOBST R., KOZDRÓJ W., CYMERMAN Z., OPLETAL M., MRÁZOVÁ, VALEKA J., PROUZA V., KACHLIK V. & CAJZ V. — Mapa geologiczna Lausitz–Jizera–Karkonosze w skali 1 : 100 000. *Sächs. L.-A.f.Umwelt u. Geologie, Państw. Inst. Geol., Český geol. úst., Freiberg.* in press.  
 MIGON P. 1996 — Struktura morfologiczna centralnej części Sudetów Zachodnich w świetle mapy zagęszczonych poziomów. *Czas. Geogr.*, 47: 233–244.  
 OBERC J. 1972 — Główna dyslokacja sudecka diagonalna i jej znaczenia dla stanowiska synklinoriów waryscyjsko-laramijskich. *Kwart. Geol.*, 8: 478–490.  
 OSTAFICZUK S. 1975 — Badania młodych ruchów tektonicznych metodą zagęszczonych poziomów. *Mat. symp.: Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce*, t. 1. Warszawa.  
 RYBICKI S. 1995 — Stan bezpieczeństwa geotechnicznego Kopalni „Turów”. *Węgiel Brunatny*, 4: 21–23.  
 STEDING D. & DITTRICH P. 1990 — Zur Geologie des Quartärs und Tertiärs im Zittauer Becken. *VEB Geol. Forsch. Erkund., Freiberg*, 7 pp., *Arch. Sächs. L.-A. f. Umwelt u. Geologie, Bereich Boden u. Geologie.*  
 TEYSSEYRE H., SMULIKOWSKI K. & OBERC J. 1957 — Regionalna geologia Polski. t. 3. Sudety. z. 1. Utwory przedtrzeciorzędowe. *Pol. Tow. Geol. Kraków.*