

WŁODZIMIERZ MIZERSKI i WOJCIECH OZIMKOWSKI

Analiza sieci uskokowej jednostki Łysogórskiej na podstawie fotointerpretacji

AN ANALYSIS OF THE FAULT NETWORK WITHIN THE ŁYSOGÓRY UNIT
(HOLY CROSS MTS, CENTRAL POLAND), BASED
ON PHOTOINTERPRETATION METHODS

STRESZCZENIE: Analiza struktur tektoniki nieciągłej jednostki Łysogórskiej w Górach Świętokrzyskich na podstawie zdjęć lotniczych, poziomicowego rysunku rzeźby terenu oraz obrazów satelitarnych pozwoliła na stwierdzenie uskoków I rzędu, notowanych w trakcie badań terenowych, oraz uskoków mniejszych. Charakter uskoków I rzędu wskazuje na ich zrzutowy typ. Drobne uskoki grupują się w trzy główne kierunki: NW—SE, NE—SW i N—S, które nie pokrywają się z kierunkami ciosu na tym obszarze. Podobieństwo kierunków drobnych uskoków występujących w jednostce Łysogórskiej i spękań ciosowych w utworach obrzeżenia mezozoicznego Gór Świętokrzyskich przemawia za ich równowiekowym powstaniem, prawdopodobnie w czasie ruchów laramijskich.

WSTĘP

Opracowaniem sieci uskokowej jednostki Łysogórskiej w Górach Świętokrzyskich objęto obszar o długości ponad 70 km ciągnący się pasem o szerokości około 15 km od rzeki Bobrzy na zachodzie po Opatów na wschodzie (fig. 1).

Na obszarze tym występuje niewielka liczba odsłoneń i dlatego czytelność struktur tektonicznych jest słaba. Stąd też celowe było podjęcie prac fotointerpretacyjnych w oparciu o zdjęcia lotnicze i satelitarne oraz poziomicowy rysunek rzeźby terenu. Każdy z analizowanych materiałów posiadał inną skalę, przez co ukazywały one elementy tektoniki nieciągłej różnego rzędu — od lokalnych uskoków na zdjęciach lotniczych po regionalne dyslokacje na obrazach satelitarnych.

Celem pracy było stwierdzenie uskoków nie notowanych w trakcie badań terenowych, określenie głównych kierunków uskoków, a zwięsz-

cza prześledzenie ewentualnych uskoków podłużnych w obrębie wychodni górnego kambru Pasma Łysogórskiego, jak również uściślenie przebiegu dużych uskoków poprzecznych stwierdzonych w trakcie badań terenowych.

RYS TEKTONICZNY JEDNOSTKI ŁYSOGÓRSKIEJ

Opracowany teren znajduje się w centralnej części trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich, obejmując Pasma Łysogórskie i rejony przyległe, stanowiące w sumie *jednostkę łysogórską* (antykлина łysogórska *sensu* Czarnocki, 1950).

Od południa jednostkę łysogórską ogranicza dyslokacja świętokrzyska (patrz fig. 1), będąca największym rozłamem w Górach Świętokrzyskich. Dyslokacja ta, jak stwierdziły badania geofizyczne, jest zapewne bardzo głęboka i sięga aż do powierzchni *Moho* (Guterch & al. 1976).

Jednostka łysogórska jest zbudowana z utworów kambru środkowego i górnego, ordowiku oraz syluru (patrz fig. 1).

Wschodnie paleozoiku cechuje stosunkowo prosta budowa monoklinalna (Kowalczewski & Rubinowski 1962) z podrzędnymi zaburzeniami fałdowymi typu dysharmonijnego w obrębie utworów kambru środkowego i syluru (Mizerski 1978). Wschodnie te podzielone są na szereg bloków przez duże uskoki poprzeczne o przebiegu zbliżonym w więk-

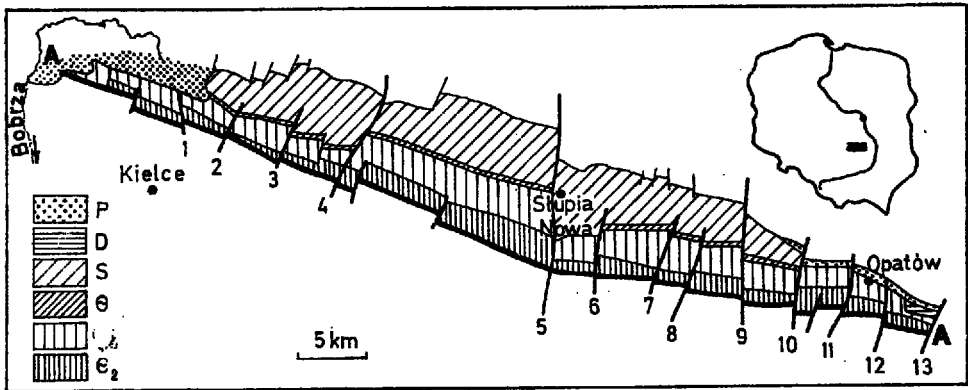


Fig. 1. Szkic tektoniczny jednostki łysogórskiej

e_2 kambr środkowy, e_3 kambr górny, θ ordowik, S sylur, D dewon, P perm
A—A dyslokacja świętokrzyska

Uskoki poprzeczne I rzędu: 1 Wiśniówki, 2 Klonówki, 3 Lubrzanki, 4 psaraki, 5 łysogórski, 6 jeleniowski, 7 witoszawski, 8 Wesiołki, 9 Truskolaski, 10 ozlebiowski, 11 opatowski, 12 tudorowski, 13 Nikisiałki

Tectonic sketch of the Łysogóry unit in the Holy Cross Mts; inset shows position of the area in Poland

e_2 Middle Cambrian, e_3 Upper Cambrian, θ Ordovician, S Silurian, D Devonian, P Permian
A—A Holy Cross dislocation; 1—13 main transverse faults

szości do południkowego (patrz fig. 1). Prócz nich występują mniejsze uskoki o różnych kierunkach.

W przeciwieństwie do uskoków poprzecznych, które są stosunkowo dobrze czytelne, w trakcie badań terenowych nie stwierdzono większych dyslokacji podłużnych z wyjątkiem dyslokacji świętokrzyskiej.

METODYKA BADAŃ

ZDJĘCIA LOTNICZE

Wykorzystano zdjęcia lotnicze w skalach od 1:16 800 do 1:18 800 formatu 18×18 cm, dobre pod względem technicznym. Fotointerpretację przeprowadzono na interpretoskopie VEB Carl Zeiss Jena, umożliwiającą płynną zmianę powiększenia oglądanego stereogramu od 2 do 15 razy.

Na zdjęciach lotniczych uskoki są czytelne jako dolinki o uporządkowanym, prostoliniowym przebiegu i zazwyczaj ciemniejszym fototonie (wskutek zawodnienia), często wykorzystane przez cieki. Na obszarach o mniejszych deniwelacjach dolinki te są bardzo płytkie, lecz i wtedy także czytelne są w postaci ciemnych fototonów. Większe dyslokacje przejawiają się zwykle jako prostoliniowe odcinki dolin rzecznych i niekiedy — z racji rozmiarów — są trudne do prześledzenia na pojedynczym stereogramie. Czytelność fotointerpretacyjna uskoków była dobra na obszarach rolniczych, a pogarszała się znacznie na obszarach leśnych i zabudowanych. Zaobserwowane uskoki przenoszono bezpośrednio na mapę topograficzną w skali 1:25 000.

Uzyskany fotointerpretacyjny obraz sieci uskoków był słabo uporządkowany (fig. 2), zdecydowano się więc na jego opracowanie statystyczne. W tym celu podzielono badany obszar na sześć rejonów: (1) rejon między rzeką Bobrzą a Wiśniówką, (2) rejon Klonówki, (3) rejon między uskokiem Lubrzanki a uskokiem psarskim, (4) rejon Łysicy — Łysej Góry, (5) rejon między Górą Jeleniowską a Truskolaską, (6) rejon Opatowa. Dla każdego rejonu wykonano następujące dwa diagramy kierunkowe: (a) diagram ilości uskoków występujących na różnych kierunkach bez uwzględnienia ich długości, (b) diagram długości uskoków występujących na różnych kierunkach (fig. 2).

Rozpatrzono również zależność długości uskoków od ich azymutu, lecz uzyskane wyniki nie dają podstaw do przypuszczeń, iż uskoki jakiegoś kierunku są dłuższe od innych. Średnia długość uskoków rozpoznawalnych na zdjęciach lotniczych wynosi około 1,5 km bez względu na ich kierunek.

Ta stosunkowo niewielka długość uskoków zaobserwowanych na zdjęciach lotniczych skłoniła autorów do interpretacji materiałów małoskalowych — map topograficznych i zdjęć satelitarnych, w celu prześledzenia większych dyslokacji o znaczeniu regionalnym.

MAPY TOPOGRAFICZNE

W opracowaniu wykorzystano mapę rzeźby terenu w skali 1:100 000 uzyskaną przez czterokrotne zmniejszenie rysunku poziomicowego z mapy w skali 1:25 000. Zagęszczony w ten sposób rysunek rzeźby terenu zawiera dużą ilość szczegółów morfologicznych, przez co staje się podobny do małoskalowych zdjęć radarowych (por. Ostaficzuk 1975). Możliwość jednoczesnego objęcia całości analizowanego obszaru — której brak w przypadku zdjęć lotniczych, a którą daje mapa — ułatwia prześledzenie dyslokacji o znacznej długości.

Do interpretacji wykorzystano urządzenie *Ronchi ruling*. Kryteria wyznaczenia uskoków na mapie rzeźby terenu były podobne do kryteriów stosowanych w fotointerpretacji. Za związane z tektoniką nieciągłą uznano odcinki dolin i skarp o wyraźnie prostoliniowym przebiegu, zwłaszcza jeśli składały się one na większe struktury liniowe. Szczególną ostrożność zachowano przy interpretacji elementów morfologicznych równoległych do przebiegu Pasma Łysogórskiego, często będących wyłącznie wynikiem zróżnicowania litologicznego.

W celu zmniejszenia subiektywizmu interpretacji obaj autorzy przeprowadzili ją oddzielnie. Porównanie obu wersji wykazało ich dużą zgodność, zaś ostatecznym wynikiem interpretacji jest mapa będąca sumą zaobserwowanych uskoków (fig. 3A).

OBRAZY SATELITARNE

Interpretację obrazów satelitarnych przeprowadzono na fotograficznych odbitkach w skali 1:250 000 obrazów skaningowych wykonanych przez satelitę *Landsat-2* w czerwcu 1975 r. Obrazy były bardzo dobre pod względem technicznym, a zachmurzenie na badanym obszarze nie występowało. Porównując obrazy czarno-białe wykonane w różnych pasmach światła widzialnego, podczerwieni oraz w barwach naturalnych i sztucznych, wybrano dla celów interpretacji pasmo 6 (przetworzone *HPS* — „*High Pass Filter*”, tzn. o zwiększonych kontrastach minimalnych i zmniejszonych maksymalnych) oraz pasmo 7, jako najlepiej czytelne. Odpowiadają one długościom fal 0,7—0,8 i 0,8—1,1 μ (czerwień — podczerwień).

Interpretacją objęto jedynie niewielki odcinek obrazu satelitarnego, obejmujący centralną część Gór Świętokrzyskich (cały obraz *Landsat* obejmuje obszar 185 × 185 km). Obaj autorzy przeprowadzili interpretację niezależnie, opierając się głównie na analizie fototonów, a następnie zestawili obraz ogólny (fig. 3B).

ANALIZA USKOKÓW

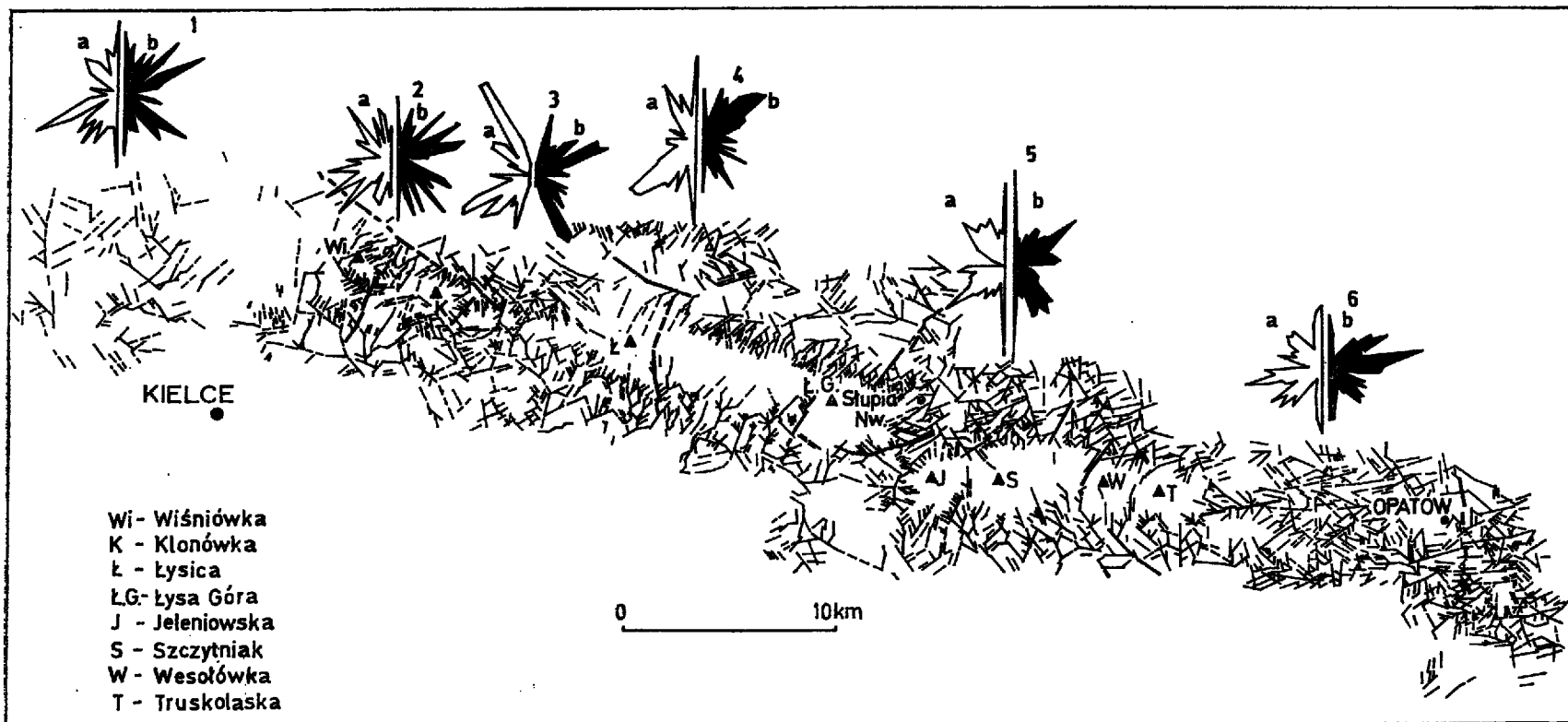
DYSLOKACJA ŚWIĘTOKRZYSKA

Dyslokacja świętokrzyska jest dużym rozłamem, którego przebieg można prześledzić na podstawie kartowania powierzchniowego. W wielu jednak miejscach, z uwagi na małą liczbę odsłoneń i grubą pokrywę lessową, dokładne wyznaczenie jej przebiegu jest niemożliwe.

Analiza zdjęcia satelitarnego nie pozwoliła na wyróżnienie dyslokacji świętokrzyskiej na całym obszarze jej przebiegu. W części zachodniej obszaru niektóre linie, zinterpretowane jako uskoki, mogą istotnie jej odpowiadać (patrz fig. 3B), co zresztą zgodne jest z interpretacją przedstawioną (Ostaficzuk & Pszczołkowski 1978) dla obszaru Polski południowej. Podłużne uskoki wyznaczone przez tych autorów w zachodniej części obszaru mogą stanowić przedłużenie dyslokacji świętokrzyskiej w utworach mezozoicznych, co z kolei potwierdzałoby wcześniejsze poglądy (Kutek & Głazek 1972), iż dyslokacja świętokrzyska jest lineamentem wykraczającym poza obszar Gór Świętokrzyskich.

Nieco lepiej dyslokację świętokrzyską prześledzić można na podstawie mapy rzeźby terenu (fig. 3A). Szczególnie wyraźny odcinek dyslokacji biegnie na południe od Łysicy i Łysej Góry oraz na południowych stokach Góry Jeleniowskiej. Niektóre mniejsze uskoki o przebiegu WNW—ESE w zachodniej części obszaru pokrywają się również z przebiegiem dyslokacji świętokrzyskiej. Natomiast na wschód od Góry Jeleniowskiej dyslokacja świętokrzyska zaznacza się bardzo słabo.

Sieć uskoków w jednostce łysogórskiej na podstawie interpretacji zdjęć lotniczych; numeracja diagramów oraz oznaczenie ich części (a, b) objaśnione w tekście
 Fault network within the Łysogóry unit, recognized by photointerpretation of air photograms; diagrams explained in the Polish text



Czytelność dyslokacji świętokrzyskiej na zdjęciach lotniczych jest również bardzo słaba. Tylko w niektórych miejscach zaznacza się ona wyraźniej na krótkich odcinkach, a w większej części obszaru jej obecności nie można się dopatrzeć (fig. 2). Częściowo może to być spowodowane zbyt dużą skalą zdjęć lotniczych, które obejmują niewielkie fragmenty obszaru, pozwalając głównie na stwierdzenie niewielkich uskoku.

We wszystkich trzech opracowaniach dyslokacja świętokrzyska czytelna jest mniej lub bardziej wyraźnie na zachód od uskoku łysogórskiego, natomiast na wschód od niego nie zaznacza się niemal zupełnie. Może być to związane z odmiennymi formami rzeźby terenu w obu tych obszarach.

USKOKI POPRZECZNE I RZĘDU

Uskoki poprzeczne I rzędu (patrz fig. 1) zaznaczają się na poszczególnych opracowaniach w sposób zróżnicowany.

Najlepiej czytelny jest uskok łysogórski, dzielący region łysogórski na część zachodnią i wschodnią. Jest on największą dyslokacją transwersalną w Górach Świętokrzyskich, daleko wykraczającą poza jednostkę łysogórską, co szczególnie dobrze widoczne jest na zdjęciu satelitarnym. Na zdjęciu tym (fig. 3B) uskok łysogórski składa się z dwóch odcinków, przy czym odcinek południowy jest lekko przesunięty w kierunku zachodnim. W części, gdzie uskok przecina Pasma Łysogórskie widoczny jest on na zdjęciu satelitarnym (fig. 4D) jako dwie równoległe do siebie linie. Przebieg uskoku pokrywa się z jego przebiegiem przedstawionym na innych opracowaniach fotointerpretacyjnych (Ostaficzuk 1975, Ostaficzuk & Pszczołkowski 1978) oraz stosunkowo dobrze z jego przebiegiem na mapie tektonicznej (fig. 1 oraz 4B). Na mapie rzeźby terenu (fig. 4A) i zdjęciach lotniczych (fig. 4C) uskok łysogórski nabiera charakteru stosunkowo szerokiej strefy dyslokacyjnej, która składa się z szeregu większych i mniejszych, dobrze czytelnych uskoku o różnych kierunkach. Obraz uzyskany na podstawie analizy zdjęć lotniczych (fig. 4C) i mapy rzeźby terenu (fig. 4A) nie zawiera uskoku ani ich zespołów, które pozwoliłyby traktować uskok łysogórski jako przesuwczy (taki charakter rozważanego uskoku sugerowany był przez Czarnockiego 1950 i Jaroszewskiego 1973). Charakter strefy uskoku przemawia za jej ogólnie zrzutowym charakterem, co potwierdza wcześniejsze wnioski uzyskane w trakcie badań terenowych (Mizerski 1978).

Zestawienie obrazu uskoku łysogórskiego uzyskanego różnymi metodami (fig. 4) z mapą tektoniczną tego rejonu, wykazało dużą zgodność między poszczególnymi opracowaniami. Na tej podstawie można traktować uskok łysogórski nie jako pojedynczą dyslokację, ale jako strefę uskoku.

Pozostałe uskoki I rzędu zaznaczają się mniej lub bardziej wyraźnie na wszystkich opracowaniach w postaci bądź to pojedynczych linii, bądź serii uskoku. Ich czytelność jest różna na różnych opracowaniach. Na zdjęciu satelitarnym (fig. 3B), prócz uskoku łysogórskiego widoczne są jeszcze: uskok Wiśniówki, uskok Lubrzanki, uskok psarski, uskok jeleniowski i uskok opatowski (por. fig. 1). Z wyjątkiem uskoku Lubrzanki wszystkie te uskoki wykraczają daleko poza obręb Pasma Łysogórskiego.

Na mapie rzeźby terenu główne uskoki poprzeczne zaznaczają się słabo (fig. 3A). Stosunkowo najłatwiej można je wyróżnić we wschodniej części obszaru. Na zachód od uskoku łysogórskiego jedynym dobrze czytelnym jest uskok Wiśniówki, słabiej wyrażone są uskoki Klonówki i Lubrzanki.

Stosunkowo najlepiej uskoki poprzeczne widoczne są na zdjęciach lotniczych. Można na nich prześledzić wszystkie uskoki poprzeczne I rzędu, ale w wielu przy-

padkach sam przebieg i charakter tych uskoków jest odmienny niż to wynika z kartowania powierzchniowego (por. fig. 2).

Bardzo dobrze widoczny jest uskok Klonówki. W południowej części stanowi on jednolitą dyslokację i wykracza daleko poza Pasma Łysogórskie; w części centralnej czytelność uskoku jest słabsza, a jego kontynuacji można się dopatrywać w strefie uskoków zawierającej dyslokacje o różnych kierunkach na północ od Pasma Łysogórskiego.

Obraz uskoku Lubrzanki uzyskany na podstawie zdjęć lotniczych bardzo dobrze pokrywa się z jego przebiegiem uzyskanym na podstawie kartowania powierzchniowego (por. fig. 1 oraz 2). Widoczny jest on jako linia prosta, do której niemal pod prostym kątem dochodzą drobne uskoki. Na tej podstawie wnioskować można o zrzutowym charakterze tego uskoku.

Słabo czytelny na zdjęciach lotniczych jest uskok Wiśniówki i uskok psarski.

Na zachód od Łysicy znajduje się bardzo dobrze czytelny uskok, którego obecności nie stwierdzono w czasie badań terenowych. Jest to strefa uskokowa o kierunku NNW—SSE w południowej i NNE—SSW w północnej części obszaru (fig. 2). Obecność tej strefy przewidział Kowalczewski (1975) na podstawie kryteriów morfologicznych.

Uskoki poprzeczne I rzędu we wschodniej części obszaru uwidaczniają się na zdjęciach lotniczych jako strefy uskoków o różnym przebiegu (fig. 2). Uskok jeleńkowski ma przebieg zbliżony do uzyskanego na podstawie kartowania powierzchniowego (por. fig. 1), ale składa się z serii równoległych do siebie mniejszych uskoków o południkowym przebiegu. Uskok witosławski ma tu natomiast nieco inny przebieg niż to wynika z badań powierzchniowych. Uskok Wesołówki ma przebieg NE—SW; jest to strefa uskokowa składająca się z szeregu uskoków kulisowych wskazujących na składową przesuwczą, która spowodowała przesunięcie skrzydła wschodniego w kierunku północnym.

W miejscu, gdzie Pasma Łysogórskie zanika na wschodzie występuje uskok Truskolaski (Czarnecki 1950, Orłowski 1968, Tomczyk 1974), mający charakter zrzutowo-przesuwczy. Na zdjęciach lotniczych zaznacza się on jako słabo czytelna strefa uskoków o przebiegu zbliżonym do południkowego (fig. 2).

Na wschód od uskoku Truskolaski występują strefy uskoków o przebiegu południkowym. Pokrywają się one w większości z uskokami znaczone przez innych autorów (Czarnecki 1950, Kowalczewski & *al.* 1976). Szczególnie dobrze widoczny jest uskok opatowski. Brak uskoków kulisowych w obrębie powyższych stref uskokowych może przemawiać za ich generalnie zrzutowym charakterem (por. Czarnecki 1950, 1957).

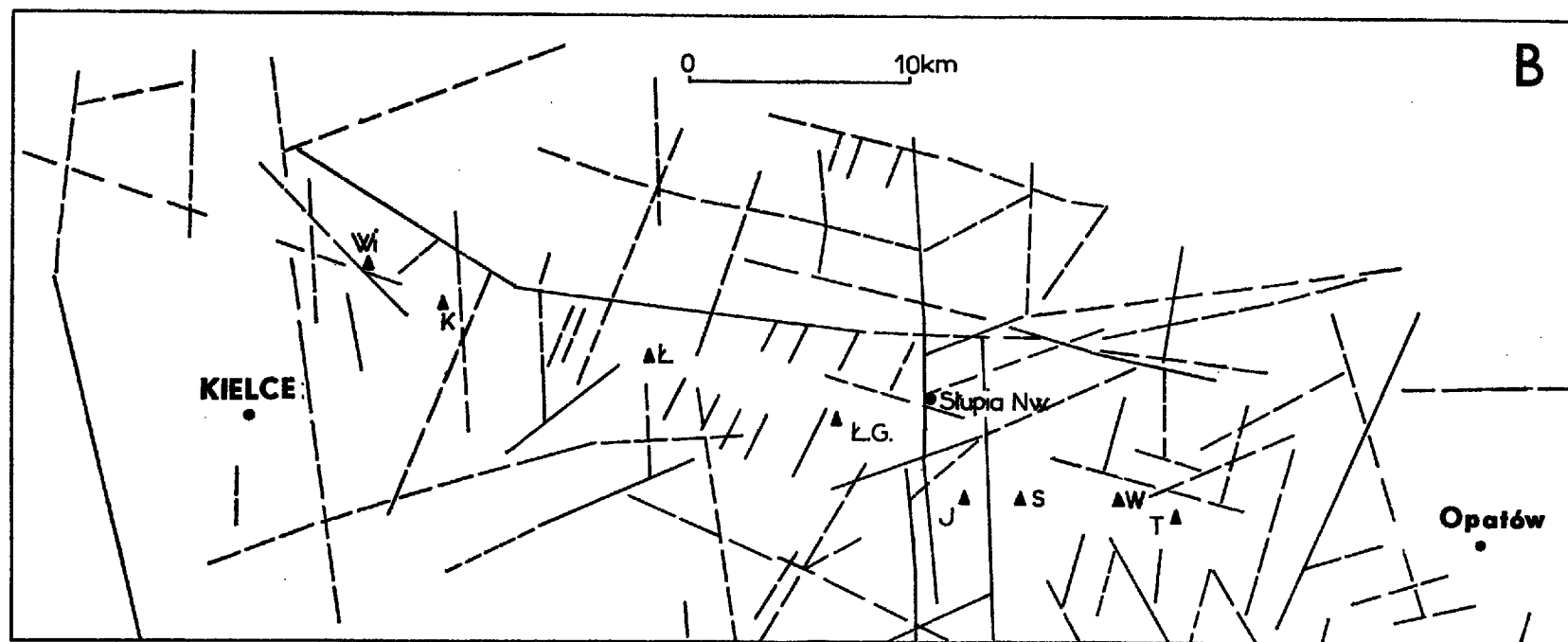
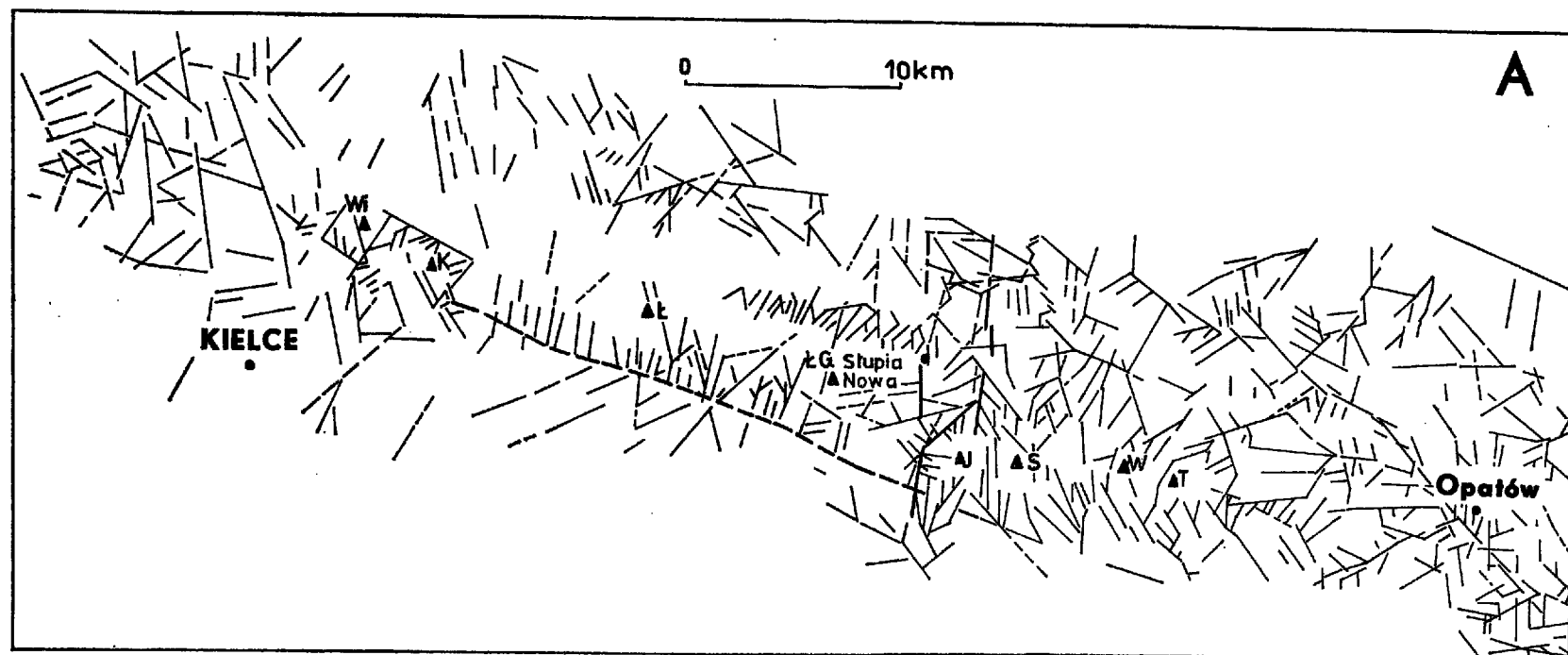
USKOKI PODŁUŻNE

Oprócz dyslokacji świętokrzyskiej, innych dużych uskoków podłużnych nie notowano na omawianym obszarze. Jedynie na niektórych szczegółowych mapach geologicznych Polski (Filonowicz 1963) znaczone są dyslokacje podłużne w obrębie wychodni kambryjskich, mające charakter płaskich stosunkowo nasunięć, o powierzchniach zbliżonych do uławicenia.

Interpretacja zdjęcia satelitarnego obszaru (fig. 3B) nie wykazała obecności uskoków podłużnych w obrębie wychodni kambryjskich. Obserwuje się natomiast bardzo wyraźną strefę dyslokacyjną przebiegającą w wychodniach syluru po północnej stronie Pasma Łysogórskiego. Strefa ta, na odcinku między Wiśniówką a Słupią Nową przebiega w pobliżu wychodni kambryjskich, a następnie w kierunku wschodnim przecina utwory młodszego paleozoiku (dewon) i kontynuuje się w osadach mezozoicznych. (Mogło by to świadczyć, że uskok ten jest młodszy

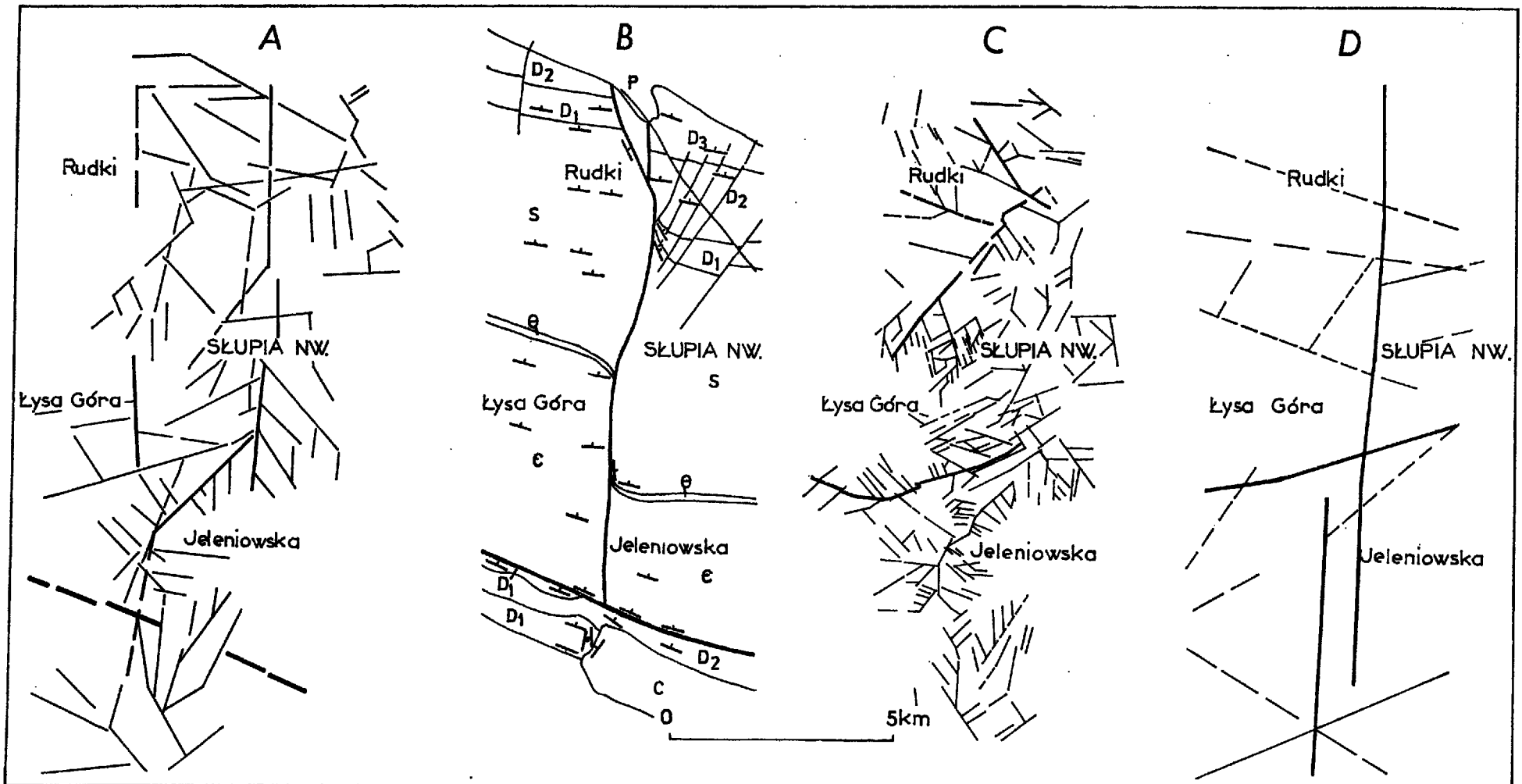
Sieć uskoków w jednostce Łysogórskiej na podstawie interpretacji mapy rzeźby terenu (A) oraz interpretacji zdjęcia satelitar-
nego (B); oznaczenia literowe jak na fig. 2

Fault network within the Łysogóry unit, recognized by interpretation of morphologic maps (A) and interpretation of space
aerograms (B)



Porównanie mapy geologicznej strefy uskoku łysogórskiego (patrz 5 na fig. 1) z obrazami uzyskanymi metodami fotointerpretacyjnymi
A — na podstawie mapy rzeźby terenu (por. fig. 3A); **B** — wg mapy Czarnockiego (1957); **C** — na podstawie zdjęć lotniczych (por. fig. 2);
D — na podstawie zdjęcia satelitarnego (por. fig. 3B)

Comparison of the geological sketch-map of the Łysogóry fault (see 5 in Text-fig. 1) with maps obtained by photointerpretation methods
A — after morphologic map (cf. Text-fig. 3A), **B** — map compiled by Czarnocki (1957), **C** — after air photographs (cf. Text-fig. 2), **D** — after space aerograms (cf. Text-fig. 3B)



od dyslokacji świętokrzyskiej, a jego dobra czytelność wynikać może z neotektonicznej aktywności.

Prócz powyższej, najwyraźniejszej dyslokacji podłużnej, obserwuje się na zdjęciu satelitarnym we wschodniej części obszaru niewielkie uskoki podłużne występujące po północnej stronie Pasma Łysogórskiego (fig. 3B). Na pozostałym obszarze dobrze czytelne uskoki podłużne zanotowano w obrębie synkliny bodzentyńskiej i w synklinorium kielecko-łagowskim leżącym już poza terenem jednostki łysogórskiej oraz na południowych stokach Łysej Góry, na granicy kambru środkowego i górnego.

Na zdjęciach lotniczych wyraźne uskoki podłużne występują niemal wyłącznie w obrębie wychodni sylurskich, pokrywając się w znacznym stopniu z przebiegiem stref uskokowych wyznaczonych na podstawie zdjęcia satelitarnego. Szczególnie są one wyraźne w zachodniej części obszaru badań (fig. 2). Jedyne większe uskoki podłużne w obrębie wychodni kambryjskich prześledzić można na południe od Słupii Nowej, w pobliżu kontaktu kambru środkowego z górnym (fig. 4C). Jest to uskok lekko skośny do biegu warstw i jego przebieg widoczny jest na zdjęciu satelitarnym. Natomiast we wschodniej części obszaru niezbyt długie odcinki uskoków podłużnych obserwuje się w obrębie wychodni górnokambryjskich. Szczególnie wiele uskoków podłużnych, ale drobnych, występuje w rejonie Opatowa (fig. 2). Może być to wynikiem dobrej czytelności tego obszaru, ale wynikać też może z silniejszego tutaj zaangażowania tektonicznego utworów kambryjskich (Mizerski 1978).

Pozostałe uskoki podłużne są mniej wyraźne na zdjęciach lotniczych, ale występują dość licznie w utworach sylurskich, przy czym są to uskoki bardzo krótkie.

Na podstawie analizy zdjęć lotniczych można wydzielić trzy obszary o różnej intensywności występowania uskoków podłużnych. Obszar znajdujący się między rzeką Bobrzą a uskokiem psarskim cechuje się obecnością niewielkich uskoków podłużnych, przy czym przeważająca ich część występuje w obrębie utworów sylurskich. Rejon drugi, znajdujący się między Łysicą a Truskolaską jest niemal zupełnie pozbawiony uskoków podłużnych. Rejon trzeci, położony na wschód od Truskolaski zawiera największą ilość uskoków podłużnych.

Podobnych informacji dostarcza interpretacja mapy rzeźby terenu (fig. 3A). Tu jednak obszar nie jest tak wyraźnie trójdzielny. Można w zasadzie podzielić go na dwa rejon: pierwszy, między rzeką Bobrzą a Truskolaską, zawiera mało uskoków podłużnych, zaś drugi, obejmujący rejon Opatowa, zawiera dużą ilość tych uskoków. Podobnie też można stwierdzić, że uskoki podłużne grupują się w przeważającej części w obrębie wychodni kambru środkowego i syluru.

OGÓLNA ANALIZA USKOKÓW

Z ogólnego przeglądu wszystkich uskoków stwierdzonych przy pomocy interpretacji zdjęć różnego typu wynikają zróżnicowania w kierunkach uskoków wzdłuż rozciągłości jednostki łysogórskiej. Różnice te wiążą się z jednej strony z obecnością lub brakiem uskoków równoległych do przebiegu jednostki łysogórskiej, z drugiej zaś z zależnością kierunków uskoków od litologii i zaangażowania tektonicznego utworów paleozoicznych.

W omawianym obszarze występują uskoki duże, mające znaczenie regionalne i drobne uskoki. Dominują bardzo wyraźnie dwa kierunki uskoków: NW—SE i NE—SW. Ponadto występują mniej liczne uskoki o kierunkach N—S (fig. 2). O ile jednak dwa pierwsze kierunki tworzą na diagramach bardzo szerokie maksimum, to uskoki trzeciego kierunku tworzą maksimum bardzo wąskie, grupujące się wokół kierunku uskoków o azymucie 0°.

W rozmieszczeniu uskoków i ich kierunkach występują również uwarunkowania zaangażowaniem tektonicznym utworów i litologią. Przeważająca większość uskoków występuje w obrębie utworów środkowokambryjskich, a więc łupkowych i utworów sylurskich — łupkowo-mułowcowych. Centralne partie obszaru zbudowane z utworów piaskowcowych kambru górnego zawierają małą ilość uskoków. Uskoki pojawiają się natomiast w większej ilości w osadach łupkowych najwyższego kambru na północnych stokach Pasma Łysogórskiego i kontynuują się w utworach ordowiku i syluru. Głównym powodem tego zróżnicowania jest zapewne większa odporność piaskowców na deformacje typu uskokowego.

SPRAWDZENIE WIARYGODNOŚCI STOSOWANYCH METOD

W celu sprawdzenia przydatności metod użytych przy opracowywaniu analizy sieci uskokowej w jednostce łysogórskiej porównano otrzymane wyniki z niektórymi istniejącymi już opracowaniami, na których znajdują się uskoki stwierdzone przy zastosowaniu różnych metod.

Wschodnia część omawianego obszaru była przedmiotem badań geofizycznych, głównie elektrooporowych (Kowalczewski & *al.* 1976), na podstawie których wyznaczono przebieg głównych uskoków. Porównanie przebiegu uskoków wyznaczonych metodami geofizycznymi (*patrz* Kowalczewski & *al.* 1976, str. 168, fig. 1) z ich przebiegiem uzyskanym przez autorów na podstawie fotointerpretacji wykazało dużą zgodność. Zgodny jest również przebieg uskoków poprzecznych I rzędu na istniejących już opracowaniach (Czarnocki 1950, 1957; Filonowicz 1968; Orłowski 1968; Kowalczewski 1975; Mizerski 1978) z ich przebiegiem uzyskanym na podstawie fotointerpretacji, co szczególnie dobrze widoczne jest na przykładzie uskoku łysogórskiego (fig. 4).

Obiektywność użytych metod sprawdzono również przez porównanie wyników otrzymanych przez autorów z wynikami innych opracowań fotointerpretacyjnych (Ostaficzuk 1975, Ostaficzuk & Pszczołkowski 1978) uzyskując również dobrą zgodność porównywanych opracowań.

Wszystkie uskoki, które znaczone są na mapach geologicznych w oparciu o prace terenowe i badania geofizyczne są również czytelne przy zastosowaniu metod fotointerpretacyjnych. Te ostatnie metody pozwalają na zlokalizowanie mniejszych uskoków, których stwierdzenie jest istotne dla rozważań strukturalnych.

ZALEŻNOŚĆ KIERUNKÓW USKOKÓW OD KIERUNKÓW CIOSU

Porównanie przebiegu uskoków oraz diagramów spękań ciosowych prowadzi do wniosku, że na znacznej części badanego obszaru kierunki spękań ciosowych nie pokrywają się z kierunkami uskoków stwierdzonych zarówno przy pomocy fotointerpretacji, jak i bezpośrednio w terenie. Ta rozbieżność (*patrz* fig. 5A) może być spowodowana odmien-

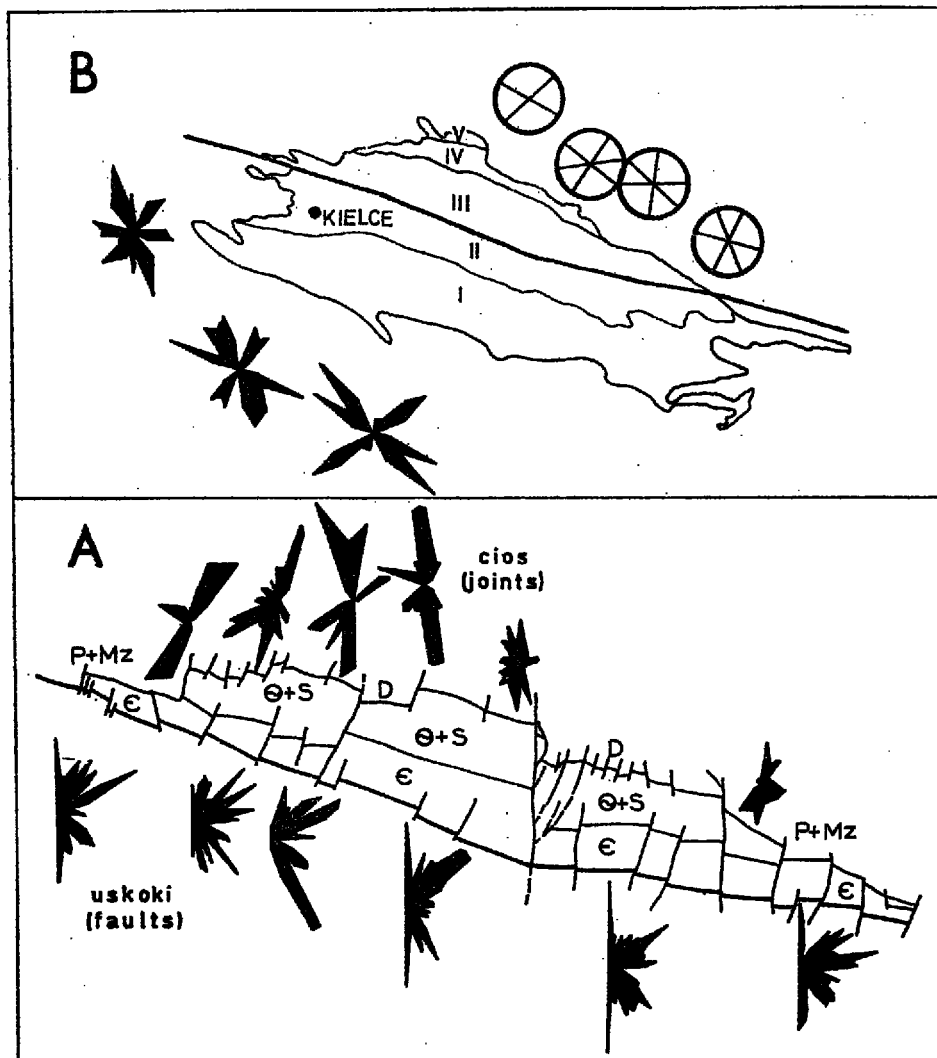


Fig. 5. Porównanie kierunków uskoku i ciosu w jednostce lysogórskiej (patrz fig. 1) oraz ciosu na obrzeżeniu mezozoicznym Gór Świętokrzyskich

A — kierunki uskoku (por. diagramy a na fig. 2) i ciosu na tle szkicu tektonicznego jednostki lysogórskiej

E kambr, $\Theta+S$ ordowik i sylur, D dewon, P+Mz perm i mezozoik

B — kierunki ciosu na południowo-wschodnim (wg Stupnickiej 1972, Mizerskiego 1976) i północno-wschodnim (wg Jaroszewskiego 1972) obrzeżeniu mezozoicznym Gór Świętokrzyskich na tle jednostek tektonicznych trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich

I antyklinorium chęcińsko-klimontowskie, II synklinorium kielecko-łagowskie, III jednostka lysogórska, IV synklina bodzentyńska, V antyklinorium bronkowicko-wydrzyszowskie

Comparison of azimuths of the faults and joints within the Lysogóra unit (see Text-fig. 1) and joints in the Mesozoic margins of the Holy Cross Mts

A — azimuths of faults (cf. diagrams a in Text-fig. 2) and of joints, placed in the tectonic sketch of the Lysogóra unit

E Cambrian, $\Theta+S$ Ordovician and Silurian, D Devonian, P+Mz Permian and Mesozoic

B — azimuths of joints in the south-western (after Stupnicka 1972, Mizerski 1976), and north-eastern (after Jaroszewski 1972) Mesozoic margins of the Holy Cross Mts; outlined are tectonic units (I—V) in the Paleozoic core of the Holy Cross Mts

I Chęciny-Klimontów anticlinorium, II Kielce-Łagów synclinorium, III Łysogóra unit, IV Bodzentyń syncline, V Bronkowice-Wydrzyszów anticlinorium

nym wiekiem, a być może i genezą uskoków oraz ciosu w utworach paleozoicznych jednostki łysogórskiej.

Porównanie kierunków uskoków z kierunkami spękań ciosowych występujących w utworach obrzeżenia mezozoicznego Gór Świętokrzyskich (Jaroszewski 1972, Stupnicka 1972, Mizerski 1976) wykazuje dużą ich zgodność (fig. 5). Zgodność głównych kierunków sieci uskokowej w jednostce łysogórskiej i sieci spękań ciosowych w utworach mezozoicznych może świadczyć o tym, że zarówno drobne uskoki w trzonie paleozoicznym Gór Świętokrzyskich, jak i spękania ciosowe na jego obrzeżeniu mogły tworzyć się w rezultacie jednolitego pola naprężeń związanego prawdopodobnie z ruchami laramijskimi. Dobra czytelność drobnych uskoków może być wynikiem ruchów neotektonicznych zachodzących w Górach Świętokrzyskich. O ich obecności można wnioskować na podstawie niewielkich trzęsień ziemi notowanych w czasach historycznych w regionie świętokrzyskim (Guterch & Lewandowska-Marciniak 1975).

WNIOSKI KOŃCOWE

Analiza sieci uskokowej na obszarze jednostki łysogórskiej wykazała pełną przydatność metod fotointerpretacyjnych do lokalizacji mniejszych i większych deformacji nieciągłych.

Słabe zaznaczanie się na wszystkich opracowaniach dyslokacji świętokrzyskiej może być spowodowane brakiem współczesnej aktywności tektonicznej tej strefy dyslokacyjnej.

Stwierdzono występowanie dużych dyslokacji podłużnych w obrębie utworów sylurskich na północ od Pasma Łysogórskiego.

Uskoki poprzeczne I rzędu są w większości strefami dyslokacyjnymi składającymi się z szeregu uskoków mniejszych o ułożeniu uporządkowanym lub nie. Charakter stref dyslokacyjnych wskazuje na ich w większości zrzutowy typ.

Mniejsze dyslokacje grupują się wyraźnie w trzy maksima o kierunkach NE—SW, NW—SE i N—S. Podobieństwo tych maksimów do maksimów spękań ciosowych na obrzeżeniu mezozoicznym Gór Świętokrzyskich pozwala wnioskować o tym, że zarówno drobne uskoki w trzonie paleozoicznym jak i cios na obrzeżeniu mezozoicznym są równowiekowe i powstały w czasie ruchów laramijskich, z którymi związana jest ogólna aktywizacja tektoniczna Gór Świętokrzyskich (por. Kutek & Głazek 1972).

Dobra czytelność większości badanych uskoków na interpretowanych zdjęciach może świadczyć o ich neotektonicznej aktywności.

LITERATURA CYTOWANA

- CZARNOCKI J. 1950. Geologia regionu łysogórskiego w związku z zagadnieniem złóż rud żelaza w Rudkach. *Prace P. I. G.*, Warszawa.
- 1957. Tektonika Gór Świętokrzyskich (Tectonics of the Holy Cross Mountains). *Prace IG*, 18, Vol. 2 (3), 1—138. Warszawa.
- FILONOWICZ P. 1963. Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, arkusz Słupia Nowa. Warszawa.
- 1968. Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski; arkusz Słupia Nowa. Warszawa.
- GUTERCH A., KOWALSKI T., MATERZOK R., PAJCHEL J. & PERCHUĆ E. 1976. O głębokiej strukturze skorupy ziemskiej w rejonie Gór Świętokrzyskich. *Przewodnik XLVIII Zjazdu P. T. Geol.* Warszawa.
- GUTERCH B. & LEWANDOWSKA-MARCINIAK H. 1975. Sejsmiczność Polski (Seismicity of Poland). *Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce*, Vol. 1, 29—32. Warszawa.
- JAROSZEWSKI W. 1972. Drobnostukturalne kryteria tektoniki obszarów nieorogenicznych na przykładzie północno-wschodniego obrzeżenia mezozoicznego Gór Świętokrzyskich (Mesoscopic structural criteria of tectonics of non-orogenic areas: an example from the north-eastern Mesozoic margin of the Holy Cross Mts). *Studia Geol. Pol.*, 38, 1—200. Warszawa.
- 1973. Analiza tektoniczna pól naprężeń jako kryterium poszukiwawcze. *Przeł. Geol.*, 10, 523—528. Warszawa.
- KOWALCZEWSKI Z. 1975. Tektonika i tektogeneza paleozoiku i mezozoiku Gór Świętokrzyskich. Studium tektoniczne Pasma Klonowskiego i Masłowskiego. Archiwum IG (*niepublikowane — unpublished*). Kielce.
- & RUBINOWSKI Z. 1962. Główne elementy tektoniczne paleozoiku antyklinorium świętokrzyskiego. *Przeł. Geol.*, 9, 451—455. Warszawa.
- , LISIK R. & CHLEBOWSKI R. 1976. Nowe dane o budowie geologicznej okolic Opatowa (New data on the geological structure of the Opatów area). *Biul. IG*, 296, 167—200. Warszawa.
- KUTEK J. & GŁAZEK J. 1972. The Holy Cross area, Central Poland, in the Alpine Cycle. *Acta Geol. Pol.*, 22 (4), 603—652. Warszawa.
- MIZERSKI W. 1976. Cios w utworach mezozoicznych południowego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich między Ostrowem a Straszniowem (System of Joints in the Mesozoic Rocks of the Southern Margin of the Holy Cross Mts between Ostrów and Straszniów). *Rocz. P. T. Geol. (Ann. Soc. Géol. Pol.)*, 46 (3), 325—334. Kraków.
- 1978. Tektonika jednostki łysogórskiej na podstawie analizy strukturalnej. Arch. Inst. Geol. Podst. UW (*niepublikowane — unpublished*). Warszawa.
- ORŁOWSKI S. 1968. Kambr antykliny łysogórskiej Gór Świętokrzyskich (Cambrian of Łysogóry anticline in the Holy Cross Mts). *Biul. Geol. UW*, 10, 153—218. Warszawa.
- OSTAFICZUK S. 1975. Badania młodych ruchów tektonicznych metodą zagęszczonych poziomów (The analysis of young tectonic movements by the concentrated contour technique). *Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce*, Vol. 1, 77—86. Warszawa.
- & PSZCZÓŁKOWSKI A. 1978. Ogólna ocena geologicznej czytelności komputerowo przetworzonego obrazu Landsat-2 z obszaru południowej Polski. *Prace I. G. i K.* 2/59. Warszawa.

- STUPNICKA E. 1972. Tektonika południowo-zachodniego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich (Tectonics of the SW margins of the Holy Cross Mts). *Biul. Geol. UW*, 14, 21—109. Warszawa.
- TOMCZYK M. 1974. Góry Świętokrzyskie. In: *Budowa Geologiczna Polski*, Vol. 1: Tektonika, 128—198. *Wyd. Geol.* Warszawa.

SUMMARY

An analysis of the fault network is presented for the Łysogóry unit in the Holy Cross Mts, Central Poland. This unit, built up of the Middle and Upper Cambrian, Ordovician and Silurian deposits (Fig. 1), has a simple monoclinical structure with some secondary disharmonic disturbances, and it is bordered from the south by the Holy Cross dislocation which is the greatest fault in the Holy Cross Mts, presumably a deep-seated one and reaching the *Moho* surface (cf. Kutek & Głazek 1972, Guterch & al. 1976).

The photointerpretation has been based on air photograms of the scales 1:16,800 through 1:18,800 (Fig. 2), and on space aerograms of the scale 1:250,000, taken by *Landsat-2*; of the latter, analysed were (Fig. 3B) the bands 6 and 7 that correspond to the wave lengths 0.7—0.8 and 0.8—1.1 μ . Morphologic map of the scale 1:100,000 with contours every 5 m was also taken into account, as it is comparable to small-scale radar photograms; interpretation has been surveyed by the *Ronchi ruling* (Fig. 3A). All these materials, as being of diversified scales, display different elements of the disjunctive tectonics.

The Holy Cross dislocation is weakly readable in all these three interpretations (compare Figs 2, 3A and 3B), and better recognizable is only its central part (compare Figs 2 and 3A). There appears however a distinct, hitherto unknown longitudinal fault zone that stretches along the Silurian occurrence belt (see Figs 2—3); other longitudinal faults are small and occur only in some areas.

Main transverse faults (cf. Fig. 1) display commonly the nature of the fault zones within which the particular faults are generally normal. All these faults recognized by the photointerpretation methods are well pronounced in morphology, and this is demonstrated the best by the Łysogóry transverse fault (Fig. 4).

The photointerpretation allowed to recognize a great number of diverse small faults (Figs 2 and 3A) which are not visible in the field. These faults have been analysed statistically to show their maxima that do not correspond to the joint system of the Łysogóry area (Fig. 5A); they well agree however with the joint system of the Mesozoic margins of the Holy Cross Mts (Fig. 5B). Consequently, these small faults are to be regarded as originated simultaneously with joints of the Holy Cross margins, presumably during the Laramide tectonic movements (cf. Jaroszewski 1972, Kutek & Głazek 1972, Mizerski 1976). On the other hand, good readability of many of the faults (both transverse and small ones) investigated by photointerpretation methods may evidence their neotectonic activity.
