

GENEZA DYSPERSJI LINEACJI L_2 W ŁUPKACH ŁYSZCZYKOWYCH ZACHODNIEJ CZĘŚCI PASMA KAMIENICKIEGO

On the origin of dispersion of L_2 lineation in mica schists of western part
of the Kamienica belt (the Isera Block)

Elżbieta DZIEMIAŃCZUK, Krzysztof DZIEMIAŃCZUK

Instytut Geologiczny, Oddział Dolnośląski
al. Jaworowa 19, 53-122 Wrocław

SPIS TREŚCI

Wstęp	227
Historia badań	228
Cel i metoda badań	229
Opis relikwów struktur sedymentacyjnych oraz struktur tektonicznych pierwszej i drugiej fazy deformacji w odsłonięciach zachodniej części Pasma Kamienickiego	231
Interpretacja wyników	244
Podsumowanie	246
Literatura	248
Summary	249

STRESZCZENIE. Na podstawie analizy materiału dokumentacyjnego uzyskanego z 14 punktów obserwacyjnych przedstawiono nową koncepcję genezy dyspersji lineacji L_2 .

Lineacja L_2 , pojawiająca się w łupkach Pasma Kamienickiego na odcinku od Przeczniczy do granicy państwa, powstała z przecięcia się foliacji S_1 z młodszą powierzchnią anizotropii S_2 lub jest reprezentowana przez osie fałdów krenulacyjnych. Kierunek lineacji L_2 zależy jedynie od wartości kątów upadu powierzchni S_1 i S_2 w miejscu obserwacji. Azymuty i kąty upadu S_1 i S_2 są podobne i generalnie mieszczą się w pierwszej ćwiartce ($0-90^\circ$), z tym że S_2 z re-

guły zapada bardziej na E niż S_1 . W takim układzie kierunku lineacji z przecięcia zależy od tego, czy S_1 jest bardziej czy też mniej stromo ustawiona niż S_2 : w pierwszym przypadku lineacja zapada na NNE, NE lub ENE, w drugim zaś – na NNW, NW lub WNW.

Wielkość rozrzutu lineacji w danym odsłonięciu jest funkcją wartości kąta dwuściennego, jaki foliacja S_2 tworzy ze starszą powierzchnią anizotropii. Dyspersja lineacji z przecięcia jest tym większa, im mniejszy jest kąt dwuścienny między S_1 i S_2 .

WSTĘP

Przedmiotem opracowania jest geneza dyspersji struktur liniowych drugiego etapu deformacji L_2 , występujących w łupkach metamorficznych zachodniej części Pasma Kamienickiego. Przez pojęcie dyspersji autorzy rozumieją tu zmiany kierunku lineacji L_2 , wynikające nie z procesu prze-fałdowania, lecz ze zróżnicowania będącego funkcją kąta, pod jakim przecinają się powierzchnie foliacji S_1 z S_2 (płaszczyzna ścinania) tworząc lineację L_2 .

Pasma Kamienickie wchodzi w skład bloku karkonosko-izerskiego. Ma przebieg zbliżony do równoleżnikowego i rozciąga się od miejscowości Lazne Libverda w Czechosłowacji do Wojcieszyc

koło Jeleniej Góry, gdzie kontaktuje niezgodnie z granitem karkonoskim (fig.1). W skład Pasma Kamienickiego wchodzi łupki łyszczykowo-chlorytowo-kwarcowe (lokalnie wzbogacone w granat), leptynity, leukogranity i gnejsy słojuowo-oczkowe. Podrzednie występujące kwarcyty, amfibolity, łupki amfibolowe i erlany tworzą soczewy o małej miąższości, ułożone zgodnie z foliacją dominującą w otaczających łupkach.

Badania terenowe prowadzono w latach 1978-1981. Obserwacje zebrano z kilkudziesięciu odsłoneń naturalnych i kilkunastu rowów biegnących prostopadle do foliacji w łupkach oraz z trzech otworów wiertniczych.

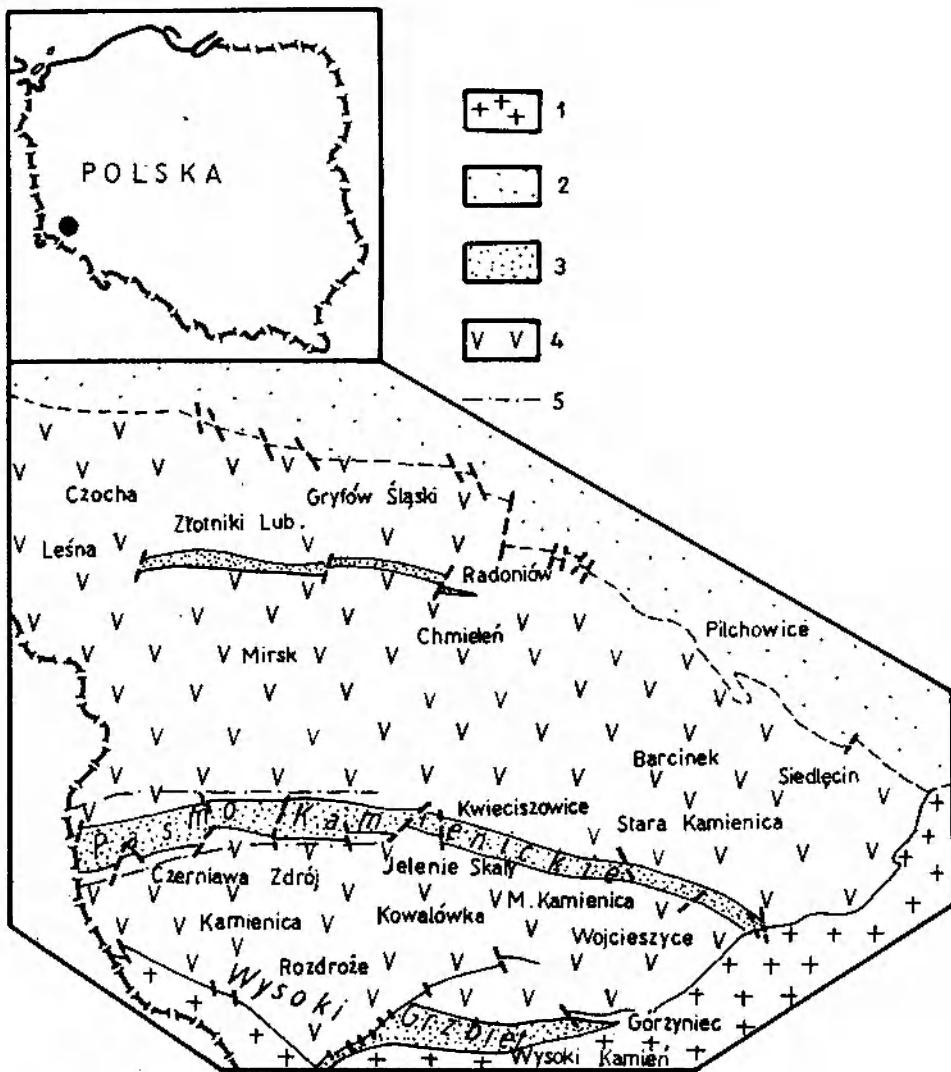


Fig. 1. Szkic geologiczny bloku iżerskiego (wg Szalamachy 1973). 1 – granit karkonoski; 2 – metamorfik Gór Kaczawskich; 3 – łupki lyszczykowe i hornfelsy; 4 – gnejsy, granitognejsy i granity iżerskie; 5 – granice obszaru badań
 Geological sketch of Iżera Block (after Szalamacha 1973). 1 – Karkonosze granite; 2 – metamorphic rocks of the Kaczawa Mts; 3 – mica schists and hornfels; 4 – gneisses, granitogneisses and granites of Iżera Mts; 5 – boundaries of study area

HISTORIA BADAŃ

W rozdziale tym przedstawione zostaną dotychczasowe próby interpretacji lineacji występującej w metamorfiku iżerskim.

Oberc (1967, 1972) przedstawił model tektoniki metamorfiku iżerskiego opracowany na podstawie dyspersji B-lineacji, która jest wyrażona przez lineację ziarna, zmarszczkowanie oraz osie fałdów. Oberc założył, że powierzchnie foliacji S_1 pokrywają się ze stratyfikacją. Ustalił też, że B-lineacja wykazuje znaczną dyspersję, a jej rozrzutem rządzi regularność polegająca na układaniu się pasmami równoleżnikowymi określonych systemów B-lineacji. Najczęściej autor ten obserwował w jednej strefie upady lineacji ku NE,

a sąsiedniej strefie – ku NW. Informacje te były podstawą do sformułowania poglądu o dwuetapowym rozwoju strukturalnym metamorfiku iżerskiego. W pierwszym etapie fałdowania miał powstać jeden duży fałd leżący, którego czoło i korzenie znajdują się poza obszarem iżerskim, a os przebiega w kierunku NW-SE lub NNW-SSE. Na ten hipotetyczny fałd nałożyły się w dobie ruchów młodoassyntijskich fałdy o przebiegu równoleżnikowym i wergencji południowej. Doszło wówczas do rotacji starszej lineacji na skrzydłach i przegubach młodszych struktur, czego rezultatem jest znaczna dyspersja starszej B-lineacji. Oberc i Kottowski (1969) przedstawili model wyjaśniający

zmiennosc kierunkow B-lineacji w zaleznosci od tego, czy pojawia sie ona na normalnym czy na odwróconym skrzydle mlodszej struktury fałdowej. Zgodnie z tym modelem (*op. cit.* s. 102): „Kierunek NW zachowuje sie na skrzydlach normalnych północnych duzych fałdow lub na południowych skrzydlach odwróconych wtórnych fałdow w obrębie skrzydła odwróconego większych fałdow leżących lub obalonych [...] kierunek NE pojawia sie na skrzydlach odwróconych”. Na podstawie zmiennych zapadów B-lineacji wydzielono w metamorfiku izerskim szereg jednostek tektonicznych niższego rzędu (*op. cit.* s. 100). W takim ujęciu wschodnia część pasma łupkowego Starej Kamienicy reprezentuje skrzydło normalne, a zachodnia część przeważnie – jak zaznaczają cytowani autorzy – skrzydło odwrócone.

Badania strukturalne na bloku izerskim prowadził również Smulikowski (1972). W swojej pracy podaje, że przy ustalaniu sekwencji struktur liniowych brał pod uwagę morfologię fałdu lub zmarszczkowania, wzajemny stosunek lineacji współwystępujących na jednej powierzchni, a także stopień rekrystalizacji minerałów zblizniających deformację. Dla zachodniej części łupków Pasma Kamienickiego przedstawił cztery diagramy, wyodrębniając graficznie zakresy, w których grupują się poszczególne generacje struktur (*op. cit.* fig. 49, 51, 53, 55). W okolicy Gierczyna najstarsza lineacja L_1 ma charakter zmarszczkowania, niekiedy fałdów z objawami wyraźnej rekrystalizacji i zapada stromo na N i NE (*op. cit.* s. 167-168). Lineacja L_1 wykazuje tu duży rozrzut (*op. cit.* fig. 49). Na tym samym diagramie konturowym z rejonu Gierczyna Smulikowski wydziela łącznie dwie mlodsze lineacje, oznaczając je symbolem L_2+L_3 . Reprezentowane są one przez osie ostro załamanych, płaskich fałdów o kierunku przeciętnie 300/30-40 i rozrzucie w granicach 275-330. Z diagramu wykonanego dla okolic Kotliny Jeleniogórskiej wynika, że lineacja L_1 występuje w dwóch przedziałach: 270-330 i 80-140. Dwie mlodsze lineacje (L_2+L_3 – również nierozdzielone) grupują się w szerokim przedziale od 10 do 80°, a więc różnią się od azymutów lineacji w sąsiednim obszarze Gierczyna. Smulikowski sugeruje, że zbieżność kierunków L_2 z rejonu Kotliny i L_1 z rejonu Gierczyna, a także po-

dobny – jego zdaniem – sposób wykształcenia obu lineacji świadczą, że rozwinęły się one przypuszczalnie w tym samym etapie deformacji. Podobnie wyglądają diagramy skonstruowane dla rejonu Krobicy i Czerniawy (*op. cit.* fig. 53, 55). Lineacja L_1 wykazuje małe kąty upadu i koncentruje się w przedziałach 260-300° i 50-110°. Smulikowski opisuje ją jako drobne zmarszczkowanie połączone z rekrystalizacją. Lineacje mlodsze (L_2+L_3) natomiast, wykształcone w postaci fałdów typu załomowego, wykazują ogromną dyspersję – w rejonie Krobicy sięgającą 180°. Cytowany autor uważa, że pomimo tak znacznego rozrzutu obydwie generacje koncentrują się w kierunkach typowych, nie wyjaśniając bliżej, dlaczego lineacje o dyspersji sięgającej wartości kąta półpełnego zostały uznane za jeden wspólny typ genetyczny. Smulikowski nie widział podstaw do rozdzielenia lineacji L_2 od mlodszej L_3 (z wyjątkiem obszaru Gierczyna). Z objaśnień do diagramów 53 i 55 (*op. cit.* s. 169 i 170) wynikałoby jednak, że autor ten uznał, iż dla lineacji L_2 charakterystyczne są kierunki w przedziale 0-90°, a dla lineacji L_3 – w przedziale 290-360°. W cytowanej pracy autor nie podaje kryteriów tak przeprowadzonego podziału.

W latach 1978-1980 prowadziliśmy badania mezostruktur w łupkach Pasma Kamienickiego na odcinku Czerniawa-Rębiszów (E. i K. Dziemiańczuk 1982). Wyróżniliśmy trzy generacje struktur, charakteryzujące trójfazowy rozwój tektoniczny łupków, oraz wykazaliśmy, że główna foliacja krystalizacyjna, penetratywna na tym obszarze, jest efektem metamorfizmu dynamicznego związanego z pierwszą fazą deformacji. Efektem najstarszego etapu deformacji D_1 są śródfoliacyjne lub izoklinalne fałdy o znacznej dyspersji osi w płaszczyźnie foliacji S_1 . W drugiej fazie rozwoju strukturalnego D_2 deformacji uległy powierzchnie foliacji S_1 . W tym okresie powstały fałdy krenulacyjne L_2 i płaszczyzny foliacji S_2 oraz lineacja L_2 (z przecięcia się foliacji S_1 i S_2). Lineacja L_2 zapada ku NW, NE i E pod średnimi kątami. Struktury trzeciego etapu deformacji D_3 są reprezentowane przez delikatne zmarszczkowania i nieliczne fałdy załomowe pojawiające się w obrębie domen planarnych foliacji S_2 . Lineacja L_3 zapada pod małymi kątami ku E.

CEL I METODA BADAŃ

W trakcie wcześniej prowadzonych prac terenowych w łupkach Pasma Kamienickiego (E. i K. Dziemiańczuk 1982) szczególnie dużo uwagi poświę-

wiliśmy problemowi następstwa deformacji. Staliliśmy się już na etapie prac polowych ustalić przynależność danej lineacji do określonej genera-

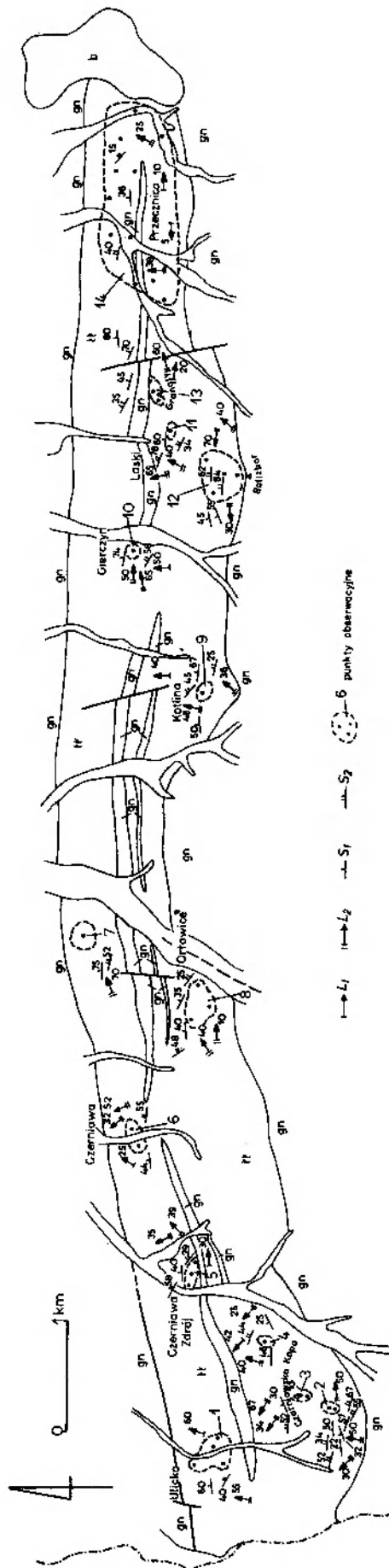


Fig. 2. Mapa kierunków struktury tectonicznych w łupkach lyszczycowyci Pasma Kamiennickiego na odcinku Czerniawa-Przeznica Szkiec geologiczny według Berga, Kornasia, Maciejewskiego z uzupełnieniami autorów
 Map of trends of tectonic structures in mica schists of the Kamiennica Belt, between Czerniawa and Przeznica Geological sketch after Berg, Kornas, Maciejewski with authors supplements

cji struktur, biorąc pod uwagę cechy geometrii danej struktury, kierunek zapadu oraz orientację jednocześnie z jej powstaniem powierzchni. Najbardziej stałą cechą jest orientacja powierzchni anizotropii związanej z danym etapem fałdowania, natomiast lineacje L_1 i L_2 charakteryzują się szeroką dyspersją osi. Dyspersja osi F_1 wynosiła 180° , natomiast dyspersja F_2 i L_2 – 160° . Wyniki pracy wskazywały, że owa lineacja nie jest najstarszą strukturą liniową (Oberc 1967, 1972), ale powstała w drugiej fazie deformacji (E. i K. Dziemiańczuk 1982). Dyspersja L_2 nie może więc wynikać z przefałdowania w młodszym etapie fałdowań, jak to sugerował Oberc (1967, 1972), ponieważ następny, trzeci etap deformacji przejawiał się prawie wyłącznie w postaci drobnego zmarszczkowania L_3 na powierzchni foliacji S_2 . Struktury L_3 są penetratywne jedynie w obrębie wąskich domen planarnych poszczególnych mikrolitonów. Nie notowaliśmy również istotnej równoleżnikowej regularności w rozkładzie kierunków L_2 . Regularność taka miałaby być, według Oberca (1967, 1972), dowodem przefałdowania omawianej lineacji na makrofałdach młodszego etapu deformacji. Niejednokrotnie w jednym i tym samym odsłonięciu, a nawet na jednej i tej samej płaszczyźnie foliacji S_1 , obserwowaliśmy upady L_2 skierowane zarówno ku NE, jak i ku NW. Z analizy struktur liniowych łupków Pasma Kamienickiego w rejonie Starej Kamienicy (J. i M. Szalamachowie 1972) wynika, że występują tutaj dwa maksima – NW i NE. Obydwa te kierunki również obserwowano na jednej, niezafałdowanej powierzchni foliacji.

W pracy Smulikowskiego (1972) nie została wyjaśniona duża dyspersja lineacji $L_2 + L_3$ w zachodniej części Pasma Kamienickiego. Poza tym autor ten nie zawsze jednoznacznie określał cechy geometryczne struktur należących do tych dwóch etapów deformacji. Sugeruje on, że struktury liniowe grupujące się w przedziale $0-90^\circ$ należą do

drugiej generacji (L_2), natomiast struktury liniowe obserwowane w przedziale $270-360^\circ$ reprezentują trzeci etap deformacji (L_3). Taki schematyczny podział uznaliśmy za niewystarczający.

W obszarze wcześniej prowadzonych badań (E. i K. Dziemiańczuk 1982) lineację L_2 notowano w przedziale $10-80^\circ$ oraz $280-330^\circ$. Na ówczesnym etapie rozpoznania nie wyjaśniliśmy przyczyny rozrzutu tej lineacji. Obecnie, po rozszerzeniu badań na okolice Czerniawy aż po granicę państwa, spróbujemy wyjaśnić, jakie czynniki powodują dyspersję i czy jest to zjawisko anomalne, czy powszechne w zachodniej części łupków Pasma Kamienickiego.

Materiał przedstawiony w części dokumentacyjnej zebrany został z 14 punktów obserwacyjnych usytuowanych na całej długości badanego odcinka pasma łupkowego (fig.2). Punkt obserwacyjny to z reguły grupa kilkunastu odsłoneń położonych blisko siebie, rzadziej jedno odsłonięcie naturalne lub sztuczne. Poszczególne diagramy konstruowane były dla pojedynczej odkrywki lub grupy odsłoneń i zawierają pomiary orientacji trzech rozpatrywanych elementów strukturalnych: S_1 , S_2 i L_2 . Z diagramów można wnioskować o ogólnych zależnościach między wielkością kątów upadu foliacji i wartością kąta dwuściennego utworzonego przez przecinające się powierzchnie S_1 i S_2 a kierunkiem lineacji L_2 (z przecięcia się S_1 i S_2) w danym punkcie obserwacyjnym.

Z diagramów wykonanych na siatkach skośnych odczytać można stosunki przestrzenne między powierzchniami S_1 i S_2 tworzącymi dane maksimum lineacji L_2 . Kąt i kierunek nachylenia siatki skośnej ustalany był odrębnie dla każdego centrum lineacji wyznaczonego z diagramu kumulacyjnego.

Zarówno struktury liniowe, jak i bieguny struktur planarnych zostały przedstawione na półkulkach dolnych każdego z zastosowanych typów odwzorowań.

OPIS RELIKTÓW STRUKTUR SEDYMENTACYJNYCH ORAZ STRUKTUR TEKTONICZNYCH PIERWSZEJ I DRUGIEJ FAZY DEFORMACJI W ODSŁONIĘCIACH ZACHODNIEJ CZĘŚCI PASMA KAMIENICKIEGO

Punkt obserwacyjny 1. Ciąg skałek na zboczach doliny strumienia Łużyca w Czerniawie-Ulicku. Obserwacje prowadzono w średnio laminowanych łupkach łyszczykowo-chlorytowo-kwarcowych na przestrzeni 50 m po upadzie foliacji. W obrębie tych skał występują soczewy cienko laminowanych łupków łyszczykowo-chlorytowo-serycyto-

wych oraz łupków chlorytowych z granatami. Lokalnie, zgodnie z foliacją S_1 , pojawiają się soczewy szklistomlecznego kwarcu o średnicy do 20 cm. Powierzchnie S_0 w łupkach są niewidoczne. Uległy one pełnemu zamaskowaniu przez foliację S_1 . Przebieg powierzchni sedymentacyjnych prześledzić można na fragmentach skrzydeł

i przegubie dużego fałdu pierwszej generacji wy-preparowanego w odpornym na wietrzenie kwarcycie na wschodnim zboczu doliny (fig.3). Jest to izoklinalny fałd o promieniu 3 m i osi zapadającej na NNE pod kątem 55-60°. Na północnym skrzydle fałdu, po jego wewnętrznej stronie, widoczny jest fragment cienko laminowanego łupku serycytowo-kwarcowego. W łupku tym foliacja S_1 ,

N

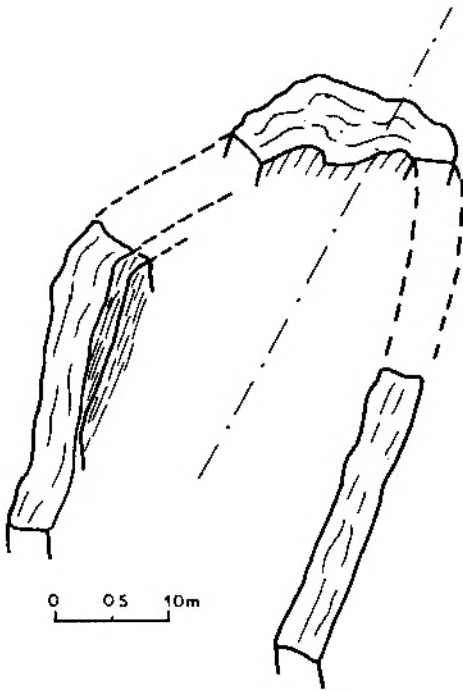


Fig. 3. Fałd F_1 w kwarcycie. Skalka na E zboczu doliny Łużycy

F_1 fold in quartzite. Outcrop on eastern side of Łużycy river

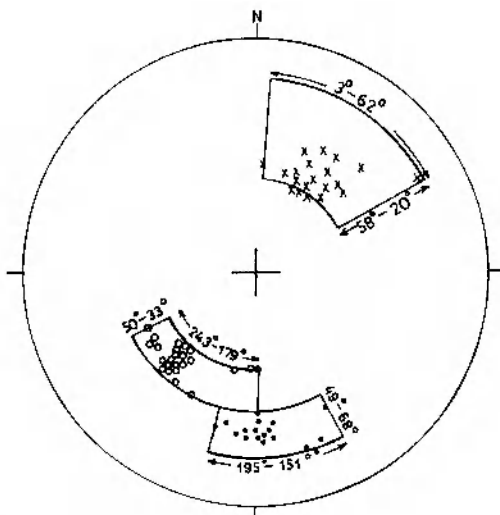


Fig. 4. Diagram biegunów S_1 (kropki), S_2 (kółka) oraz lineacji L_2 (krzyżyki) w punkcie obserwacyjnym 1

Diagram of poles of S_1 and S_2 (points and circles respectively), and L_2 lineation (crosses) in observational point no. 1

S

rozwinięta w powierzchni osiowej fałdu F_1 , jest już jedyną widoczną powierzchnią anizotropii, wykształconą jako foliacja krystalizacyjna. Na skrzydłach fałdu foliacja S_1 jest prawie zgodna z powierzchniami S_0 , natomiast w strefie około-przegubowej jest względem tej ostatniej wyraźnie dyskordantna. Powierzchnie S_1 reprezentowane są przez foliację krystalizacyjną. Laminki i soczewki kwarcu złożone są zgodnie z foliacją, podobnie jak łuseczki serycytu w łupkach serycytowo-kwarcowych. W omawianych odsłonięciach foliacja S_1 jest penetratywną i dominującą powierzchnią. Powierzchnie S_2 obserwowane są powszechnie, ale nigdy nie obejmują mięjszych pakietów łupkowych. Wykształcone są w postaci klinażu krenulacyjnego z wyraźnymi znamionami rekrystalizacji. Szerokość mikrolitonów waha się od 3 do 5 mm, przy czym domeny planarne (łyszczkowe) w obrębie poszczególnych mikrolitów są kilkakrotnie węższe od domen fałdowych (zbudowanych z kwarcu). Lineacja L_2 reprezentowana jest przez zgufrowanie i drobne krenulacje powierzchni S_1 . Wzdłuż linii przecięcia się S_1 z S_2 pojawiła się lineacja L_2 z przecięcia, której orientację przedstawiono na figurze 4. Charakteryzuje się ona znacznym rozrzutem, jednakże większość pomiarów grupuje się w polu 15-40°/45-58°. W obrębie łupków nie obserwowano mezofałdów F_1 ani F_2 ; strukturami deformującymi powierzchnię S_1 są wspomniane wyżej drobne krenulacje

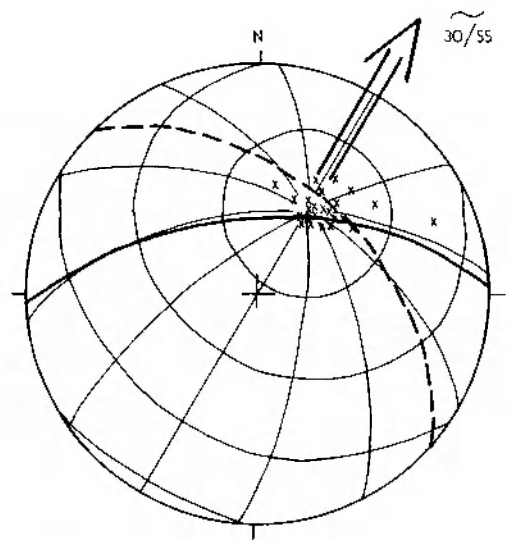


Fig. 5. Relacje kątowe między powierzchniami S_1 (łuk oznaczony grubą linią ciągłą) i S_2 (łuk oznaczony linią przerywaną) oraz lineacją z przecięcia się S_1 i S_2 (krzyżyki) w punkcie obserwacyjnym 1

Relationships between S_1 planes (solid circles), S_2 planes (dashed circles) and intersection lineation S_1/S_2 (crosses) in observational point number 1

i gufraż. Wzajemne relacje kątowe między powierzchniami S_1 i S_2 oraz lineacją z przecięcia S_1 i S_2 przedstawiono na figurze 5.

Punkt obserwacyjny 2. Ciąg skałek 300 m na SE od szczytu Czarniawskiej Kopy. Obserwacje prowadzono na odcinku 70 m po upadzie foliacji S_1 . Odślania się tutaj urozmaicona, zróżnicowana litologicznie i strukturalnie seria łupkowa, składająca się z cienko laminowanych łupków kwarcowo-chlorytowo-łyszczykowych, grubo laminowanych biotytowo-kwarcowych, łupków chlorytowo-amfibolowych, łupków kwarcytowych, łupków łyszczykowo-kwarcowych sfeldszpatyzowanych oraz łupków amfibolowych. Największe rozprzestrzenienie ma pierwsza z wymienionych odmian. Pozostałe typy skał występują w formie pakietów i wydłużonych soczewek o miąższości

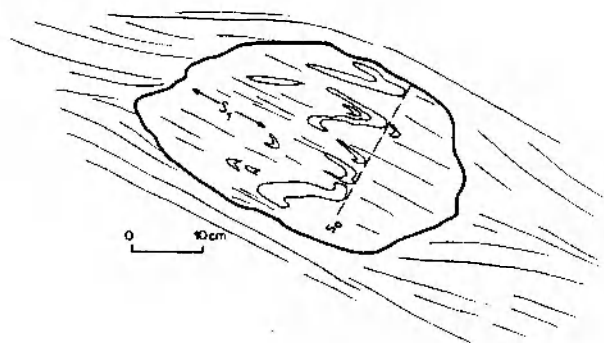


Fig. 6. Relikty powierzchni S_0 w zafaldowanych laminach kwarcytowych. Ciąg skałek 300 m na SE od Czarniawskiej Kopy

Relics of S_0 planes in folded quartzitic laminae. Outcrops situated 300 m in SE direction from Czarniawska Kopa Hill

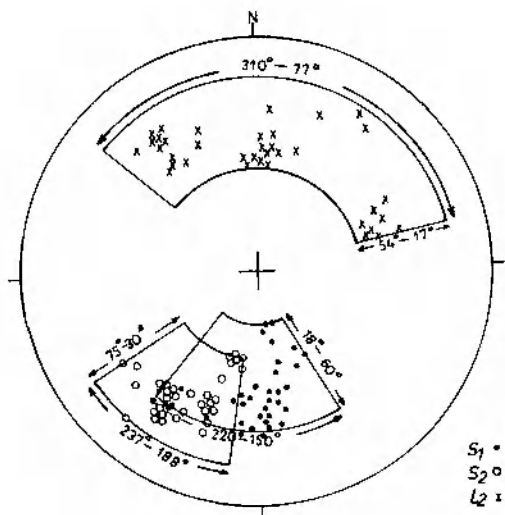


Fig. 7. Diagram biegunów S_1 i S_2 oraz lineacji L_2 w punkcie obserwacyjnym 2

Diagram of poles of S_1 planes, S_2 planes and L_2 lineation in observation point number 2

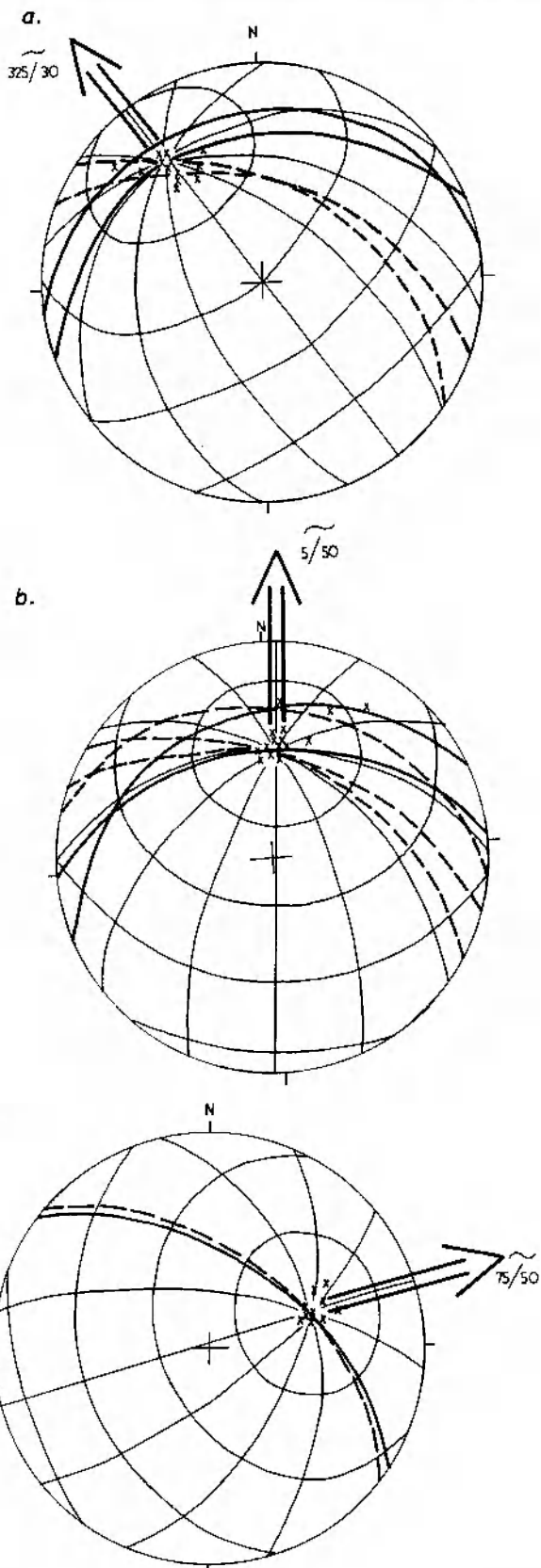


Fig. 8a-c. Relacje kątowe między powierzchniami S_1 i S_2 oraz lineacją z przecięcia się S_1 i S_2 w punkcie obserwacyjnym 2. Objasnienia jak na figurze 5

Relationships between S_1 planes, S_2 planes, and intersection lineation S_1/S_2 in observation point number 2. Explanations as in figure 5

od 2 do 50 cm. Relikty powierzchni S_0 zachowały się w zafałdowanej wkładce kwarcytu (fig.6). Powierzchnie S_1 wykształcone są jako foliacja krystalizacyjna, penetratywna w punkcie obserwacyjnym, która tylko w niektórych wąskich strefach bywa zacierana przez młodszą powierzchnię anizotropii S_2 . Orientacja powierzchni S_1 przedstawiona jest na figurze 7. Powierzchnie S_2 reprezentowane są przez kliważ krenulacyjny z daleko posuniętym procesem rekrystalizacji metamorficznej. Lokalnie dochodzi do zupełnego zatarcia powierzchni S_1 w strefach intensywnego ścinania związanego z deformacją D_2 . W miejscach, w których S_2 ma charakter foliacji krystalizacyjnej, dominującą lineacją jest lineacja L_2 z przecięcia S_1 i S_2 . Jej orientacja zmienia się w bardzo szerokim zakresie, aczkolwiek sposób wykształcenia pozostaje identyczny w każdym przypadku. Ten rodzaj dyspersji lineacji L_2 – jak zaznaczono we wstępie do niniejszej pracy – nie wynika z późniejszych rotacji, lecz zależy jedynie od położenia foliacji S_1 względem młodszej płaszczyzny S_2 , co zostało uwidocznione na diagramach (fig.8a-c), gdzie lineacja L_2 zapada odpowiednio w kierunku NW, N lub NE. W skałkach na zboczu Czerniawskiej Kopy występują jeszcze struktury liniowe typu drobnych krenulacji i asymetrycznych fałdów ze zginania. Średnica mikrolitonów struktur krenulacyjnych zmienia się od 2 do 10 mm i jest, jak się wydaje, uzależniona od miąższości lamin skrenulowanej domeny. W dwóch odsłonięciach masywnych łupków łyszczykowo-kwarcowo-skaleniowych obserwowano fałdy ze zginania o amplitudzie do 20 cm i pro-

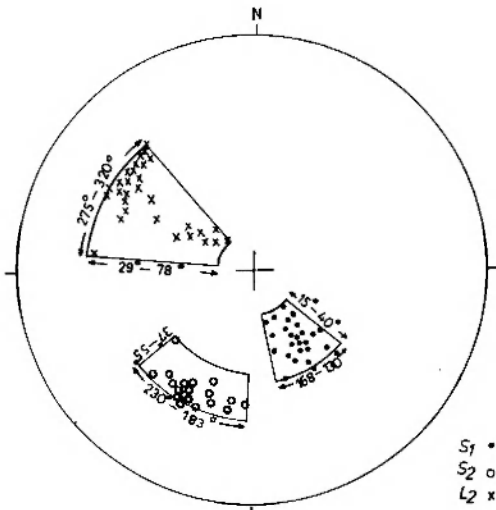


Fig. 9. Diagram biegunów S_1 i S_2 oraz lineacji L_2 w punkcie obserwacyjnym 3

Diagram of poles of S_1 planes, S_2 planes and L_2 lineation in observation point number 3

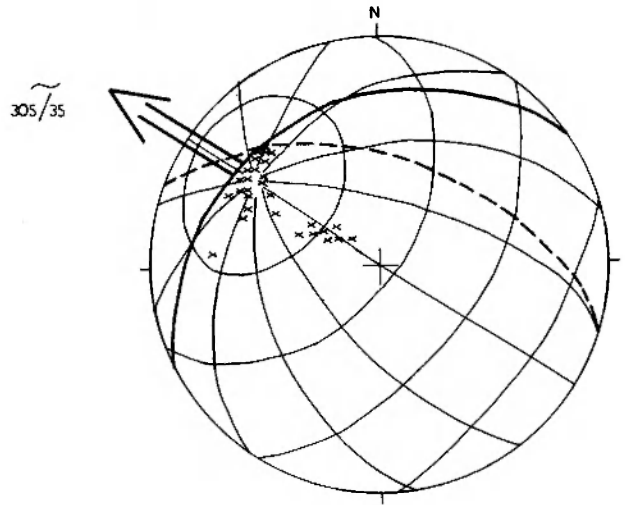


Fig. 10. Relacje kątowe między powierzchniami S_1 i S_2 oraz lineacją z przecięcia się S_1 i S_2 w punkcie obserwacyjnym 3. Objasnienia jak na figurze 5

Relationships between S_1 planes, S_2 planes, and intersection lineation S_1/S_2 in observation point number 3. Explanations as in figure 5

mieniu do 35 cm, wyraźnie asymetryczne (asym. W), bez kliważu osiowego.

Punkt obserwacyjny 3. Ciąg skałek na szczycie Czerniawskiej Kopy. Obserwacje prowadzono na odcinku 105 m po upadzie foliacji S_1 , w średnio laminowanych łupkach łyszczykowo-chlorytowo-kwarcowych z soczewkami i pakietami cienko laminowanych łupków łyszczykowo-chlorytowych, łupków mylonitycznych oraz mylonitów kwarcowych. Powierzchnie S_0 nie zachowały się. Powierzchnie S_1 wykształcone są podobnie jak w poprzednio opisywanych odsłonięciach. Charakteryzują się małą dyspersją kierunku i kąta upadu (fig.9). Powierzchnie S_2 są foliacją krystalizacyjną ustawioną skośnie do starszej foliacji S_1 . Rozwój powierzchni S_2 związany jest z procesem krenulacji w strefach ścinania. Szerokość mikrolitonów zmienia się od 2 do 6 mm i wpływa na zróżnicowanie łupków w strefach ścinania na domeny cienko, średnio i grubo laminowane.

Lineacja L_2 jest tutaj lineacją z przecięcia się S_1 i S_2 , zapada pod zmiennymi kątami na WNW i NW (fig.9). Wzajemne stosunki przestrzenne między S_1 , S_2 i L_2 zilustrowane są na figurze 10. W opisywanej grupie odsłonięć w partiach, gdzie niewidoczne są już mezoskopowo relikty powierzchni sprzed procesu ścinania, rozwijają się fałdy załamowe trzeciej generacji F_3 . Struktury te są penetratywne w strefach o szerokości maksymalnie kilkunastu mikrolitonów, po czym wygasają.

Punkt obserwacyjny 4. Skałki na NNE zboczu Czerniawskiej Kopy. Obserwacje prowadzono w trzech grupach odsłoneń na przestrzeni 300 m, w łupkach łyszczykowo-chlorytowo-kwarcowych, partiami mylonitycznych z wkładkami łupków sfeldspatyzowanych. Powierzchnie S_0 zachowały się w strefie przegubowej śródfoliacyjnego fałdu F_1 o osi 315/42 i powierzchni osiowej 0/40, zbudowanego z łupku łyszczykowo-kwarcowo-skaleniewego. Powierzchnie S_1 reprezentowane są przez foliację krystalizacyjną, penetratywną w punkcie obserwacyjnym. Charakteryzuje się ona bardzo dużym rozrzutem kierunku i wartości kąta upadu: 305-14/9-57 (fig. 11). Powierzchnie

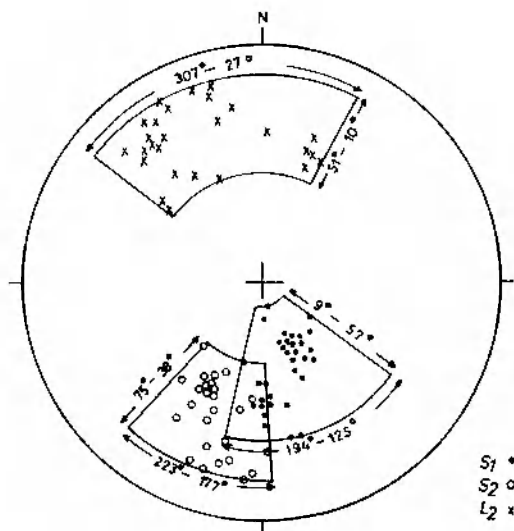


Fig. 11. Diagram biegunów S_1 i S_2 oraz lineacji L_2 w punkcie obserwacyjnym 4

Diagram of poles of S_1 planes, S_2 planes, and L_2 lineation in observation point number 4

S_2 to kliważe krenulacyjne z wyraźnymi znamionami rekrytalizacji, zgodnie z płaszczyznami ścinania. Występują powszechnie, ale nigdzie nie zacierają całkowicie starszej foliacji. Lineacja L_2 reprezentowana jest przez lineację z przecięcia się S_1 i S_2 , którą cechuje tutaj bardzo duży rozrzut (fig. 11).

Wzajemne stosunki przestrzenne między S_1 , S_2 i L_2 przedstawione są na figurze 12a, b. W grupie skałek na NE od szczytu Czerniawskiej Kopy widoczna jest wyraźnie lineacja L_3 w formie drobnego gufrażu o niewielkim nachyleniu ku E lub W.

Punkt obserwacyjny 5. Odsłonięcie w Czerniawie przy starym wyrobisku obok Czerniawskiego Potoku, 200 m poniżej przystanku PKS. Odsłaniają się średnio laminowane łupki łyszczyko-

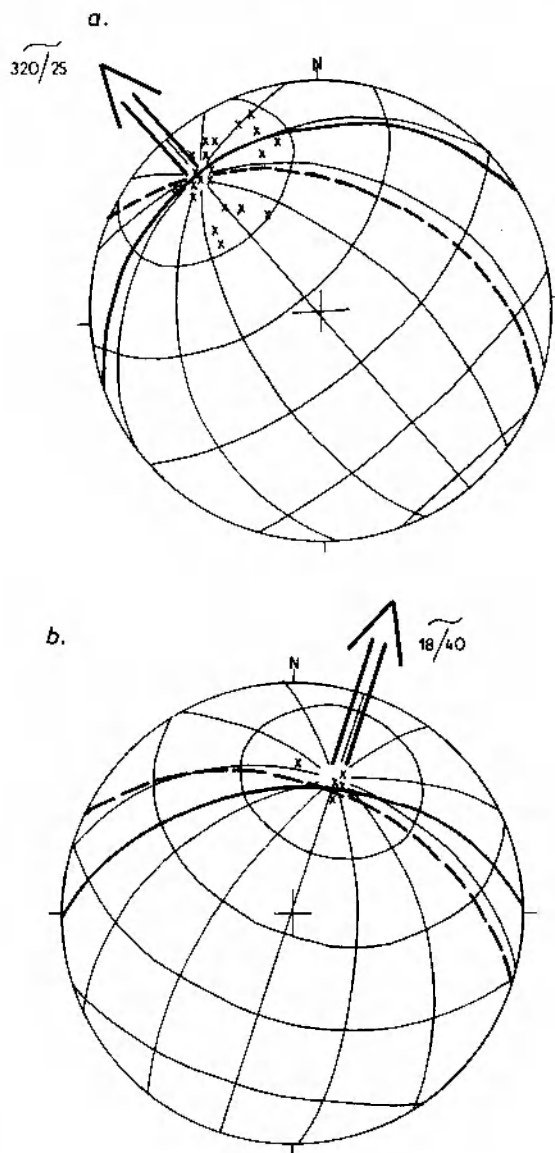


Fig. 12a, b. Relacje kątowe między powierzchniami S_1 i S_2 oraz lineacją z przecięcia się S_1 i S_2 w punkcie obserwacyjnym 4. Objaśnienia jak na figurze 5

Relationships between S_1 planes, S_2 planes, and intersection lineation S_1/S_2 in observation point number 4. Explanations as in figure 5

wo-chlorytowo-kwarcowe z wydłużonymi soczewkami łupków kwarcytowych i z wkładkami kwarcytów o miąższości do kilku cm. Powierzchnie S_0 zachowały się w przegubach i na rozwłeczonych skrzydłach izoklinalnych fałdów zbudowanych z kompetentnych kwarcytów. Powierzchnie osiowe tych fałdów są zgodne z penetratywną foliacją S_1 (pl. II, 4). Powierzchnie S_1 reprezentowane są przez foliację krystalizacyjną rozwiniętą w powierzchniach osiowych fałdów F_1 (fig. 13). Powierzchnie S_2 reprezentowane są przez kliważe krenulacyjne ze słabo zaznaczoną rekrytalizacją oraz przez kliważe spękaniowy.

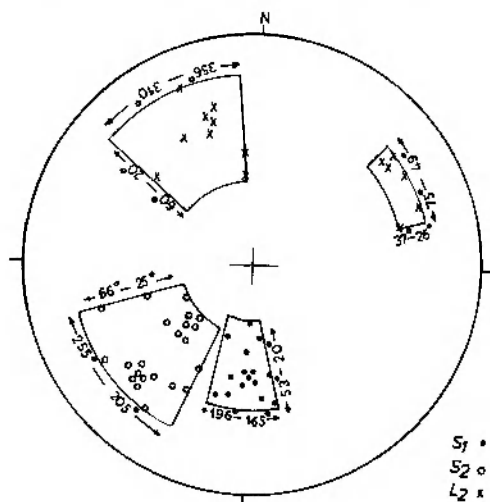


Fig. 13. Diagram biegunów S_1 i S_2 oraz lineacji L_2 w punkcie obserwacyjnym 5

Diagram of poles of S_1 planes, S_2 planes, and L_2 lineation in observation point number 5

W południowej partii odsłonięcia obserwowano duży rozrzut lineacji L_2 mierzony na foliacji S_1 o stałej orientacji. Ten efekt pozornej dyspersji L_2 wynika ze zmiany kąta, pod którym foliacja S_2 przecinała starszą foliację krystalizacyjną S_1 . Szerokość mikrolitonów zmienia się od kilku milimetrów do kilku centymetrów. Szerokie mikrolitony są typowe, gdy powierzchnie S_2 rozwinięte są w postaci kliważu krenulacyjnego.

Zależności między S_1 , S_2 i lineacją z przecięcia się S_1 i S_2 zilustrowano na figurze 14a, b.

Punkt obserwacyjny 6. Dwa duże odsłonięcia na W i E zboczach doliny strumyka w pobliżu sztolni starej kopalni w Czerniawie. Powierzchnie S_0 nie zachowały się. Powierzchnie S_1 wykształcone są jako foliacja krystalizacyjna, niepenetratywna w skali odsłonięcia, albowiem często bywa maskowana przez młodszą foliację S_2 (pl. VIII, 1). Powierzchnie S_2 , reprezentowane przez kliważ krenulacyjny, charakteryzują się tutaj dużym rozrzutem kierunku ($2-53^\circ$) i nieznacznym rozrzutem wartości kąta upadu ($48-59^\circ$). Lineacja L_2 z przecięcia się S_1 i S_2 zapada na NW i NNW pod kątem od 32 do 52° (fig. 15). Relacje kątowe między S_1 , S_2 i L_2 przedstawione są na figurze 16.

Punkt obserwacyjny 7. Kamieniołom łupku w Krobcicy. Odślania się tutaj zróżnicowana pod względem struktury i litologii seria łupkowa, przecięta kilkoma żyłami bazaltowymi diagonalnymi do foliacji S_1 w otaczającej skale. Powierzchnie S_0 nie zachowały się. Powierzchnie S_1 reprezentowane są przez foliację krystalizacyjną.

Foliacja S_1 w kamieniołomie w Krobcicy wykazuje dużą dyspersję kierunku i wartości kąta upadu, jej bieguny grupują się w polu 152-195/41-88 (fig. 17). Powierzchnie S_2 , penetratywne, każdorazowo obejmują stosunkowo wąskie partie skał (do 15 cm szerokości). Szerokość mikrolitonów w tych strefach waha się w granicach 1-5 mm. Zgodnie z powierzchniami S_2 przebiegają strefy skał przeobrażonych w procesie dynamometamorfozy – są to łupki mylonityczne i mylonity, wykształcone w strefach ścinania. Najczęściej spotykany tutaj typ genetyczny to lineacja z przecięcia się S_1 i S_2 . W kompetentnych łupkach łyszczy-

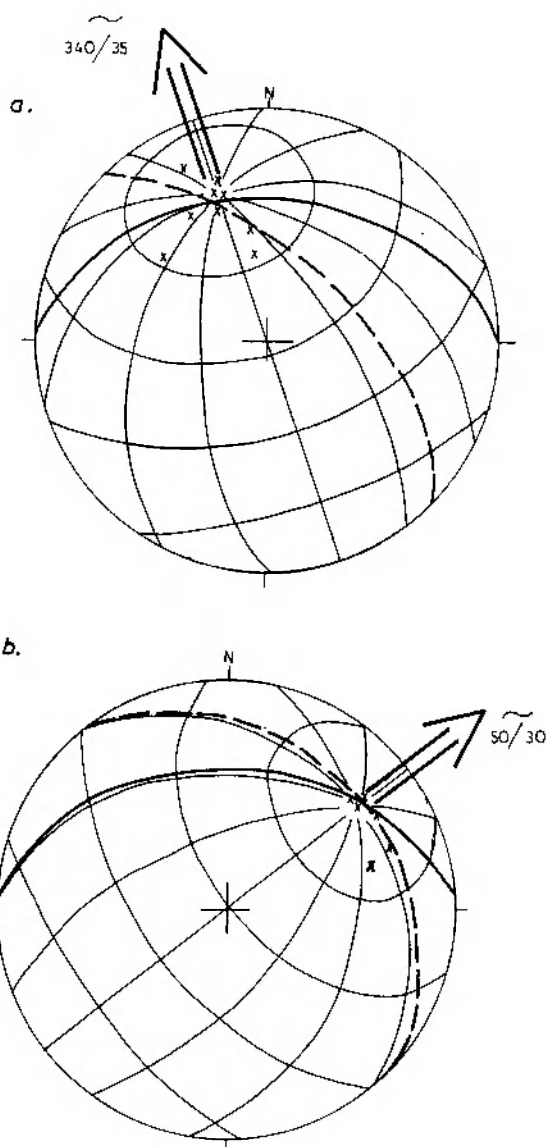


Fig. 14a, b. Relacje kątowe między powierzchniami S_1 i S_2 oraz lineacją z przecięcia się S_1 i S_2 w punkcie obserwacyjnym 5. Objaśnienia jak na figurze 5

Relationships between S_1 planes, S_2 planes, and intersection lineation S_1/S_2 in observation point number 5. Explanations as in figure 5

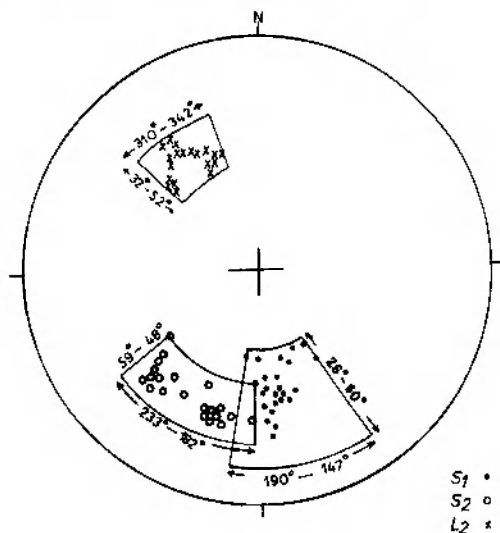


Fig. 15. Diagram biegunów S_1 i S_2 oraz lineacji L_2 w punkcie obserwacyjnym 6

Diagram of poles of S_1 planes, S_2 planes, and L_2 lineation in observation point number 6

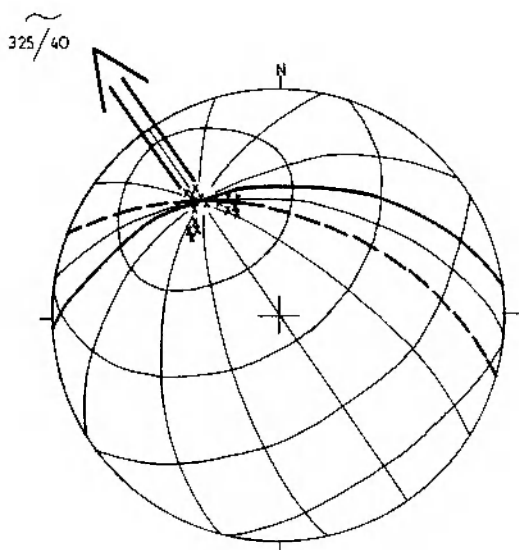


Fig. 16. Relacje kątowe między powierzchniami S_1 i S_2 oraz lineacją z przecięcia się S_1/S_2 w punkcie obserwacyjnym 6. Objaśnienia jak na figurze 5

Relationships between S_1 planes, S_2 planes, and intersection lineation S_1/S_2 in observation point number 6. Explanations as in figure 5

kowo-kwarcowo-skaleniowych obserwowano fałdy koncentryczne o amplitudzie mniej więcej równej promieniowi, bez wyraźnych struktur planarnych w powierzchniach osiowych, oraz fałdy symilarne ze słabo rozwiniętym kliwazem osiowym (pl. VIII, 2, pl. IX, 1). Lokalnie odnotowano obecność drobnych krenulacji, podobnie zorientowanych jak lineacja z przecięcia S_1 i S_2 .

Stosunki przestrzenne między S_1 , S_2 i lineacją L_2 z przecięcia się S_1 i S_2 zilustrowane są na figurach 17 i 18: foliacja S_1 jest z reguły bardziej stroma od młodszej powierzchni anizotropii, co powoduje, że lineacja L_2 zapada w kierunku E i ENE. W północno-zachodniej ścianie kamieniołomu można śledzić soczewy kwarcytowe o sigmoidalnym zarysie. Płaszczyzny XY (S) tych struktur tworzą kąt około 15° z płaszczyzną ścinania C. W warstwie biotytovej otulającej soczewy

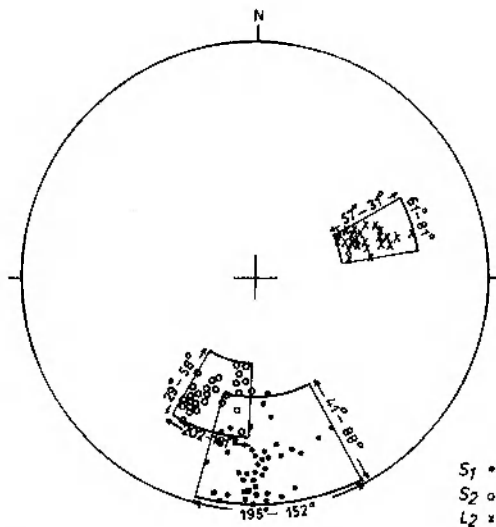


Fig. 17. Diagram biegunów S_1 i S_2 oraz lineacji L_2 w punkcie obserwacyjnym 7

Diagram of poles of S_1 planes, S_2 planes, and L_2 lineation in observation point number 7

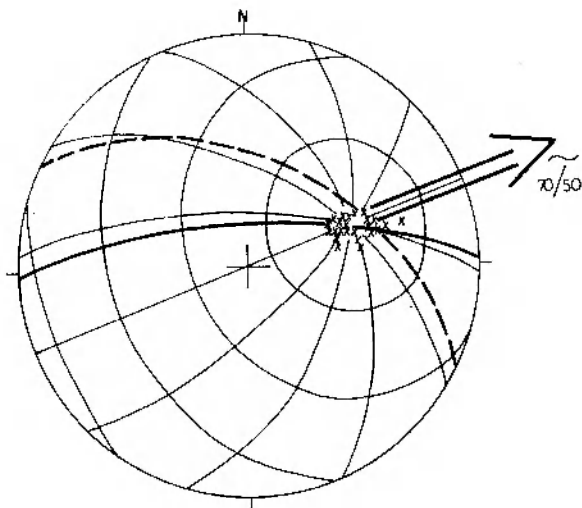


Fig. 18. Relacje kątowe między powierzchniami S_1 i S_2 oraz lineacją z przecięcia się S_1/S_2 w punkcie obserwacyjnym 7. Objaśnienia jak na figurze 5

Relationships between S_1 planes, S_2 planes, and intersection lineation S_1/S_2 in observation point number 7. Explanations as in figure 5

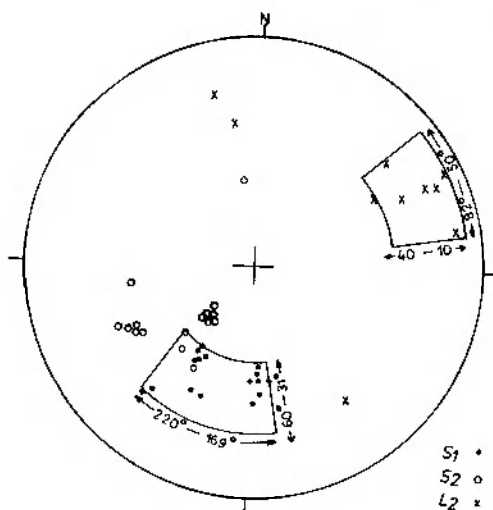


Fig. 19. Diagram biegunów S_1 i S_2 oraz lineacji L_2 w punkcie obserwacyjnym 8

Diagram of poles of S_1 planes, S_2 planes, and L_2 lineation in observation point number 8

jest wyraźnie widoczna lineacja elongacyjna wskazująca na transport tektoniczny w płaszczyznach ścinania.

Punkt obserwacyjny 8. Ciąg odsłoneń na zachodnim stoku doliny Kwisy, między Krobicą i Orłowicami. Odsłaniają się łupki chlorytowo-łyszczykowo-kwarcowe cienko i średnio laminowane. Powierzchnie S_0 nie zachowały się. Powierzchnie S_1 reprezentowane są przez foliację krystalizacyjną, charakteryzującą się znaczną

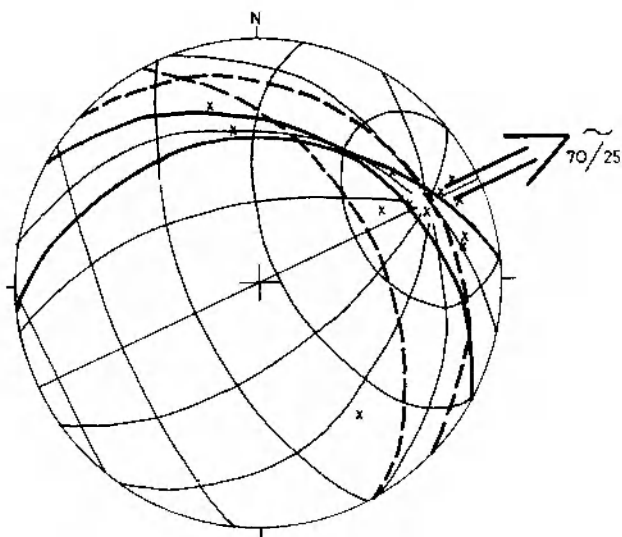


Fig. 20. Relacje kątowe między powierzchniami S_1 i S_2 oraz lineacją z przecięcia się S_1 i S_2 w punkcie obserwacyjnym 8.

Objaśnienia jak na figurze 5

Relationships between S_1 planes, S_2 planes, and intersection lineation S_1/S_2 in observation point number 8. Explanations as in figure 5

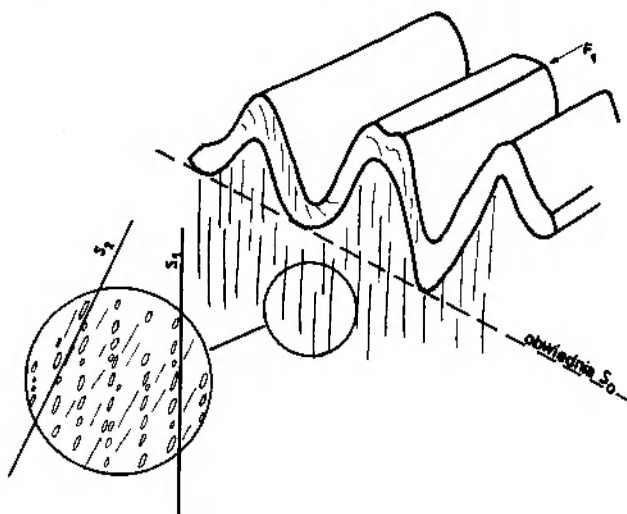


Fig. 21. Zależności między powierzchniami S_0 , S_1 i S_2 na przykładzie łupków leptytowych z Kotlina. Fałdy F_1 w kompetentnym kwarcycie wyznaczają S_0 . Porfiroblasty biotytu w łupku leptytowym grupują się w laminy o niewyraźnych zarysach wyznaczające foliację S_1 . Powierzchnie (001) biotytów wyznaczają najmłodszą powierzchnię anizotropii – foliację S_2

Relationships between S_0 , S_1 , and S_2 planes visible in leptite schists from Kotlina. F_1 folds in competent quartzite marking S_0 planes. Porphyroblasts of biotite tends to group into laminae boundaries defining S_2 foliation

dyspersją kierunku i wartości upadu (fig. 19). Powierzchnie S_2 są wykształcone czasami jako kliważ krenulacyjny z wyraźnie zaznaczoną rekrytalizacją metamorficzną, częściej jako foliacja krystalizacyjna. Partie łupków w sąsiedztwie Orłowic wykazują strukturę krenulacyjną o zmiennej szerokości mikrolitonów (3-20 mm). Pojawiają się tu

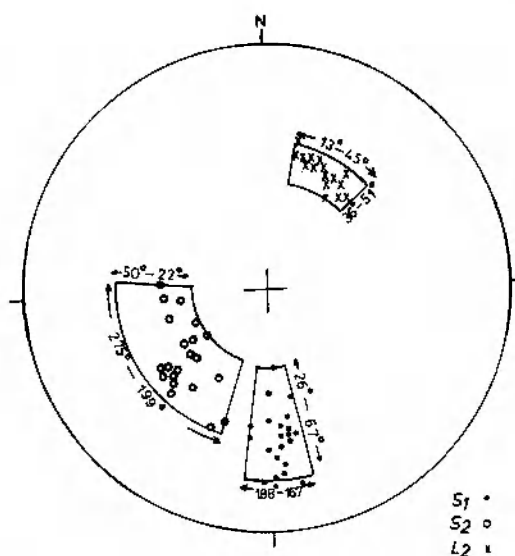


Fig. 22. Diagram biegunów S_1 i S_2 oraz lineacji L_2 w punkcie obserwacyjnym 9

Diagram of poles of S_1 planes, S_2 planes, and L_2 lineation in observation point number 9

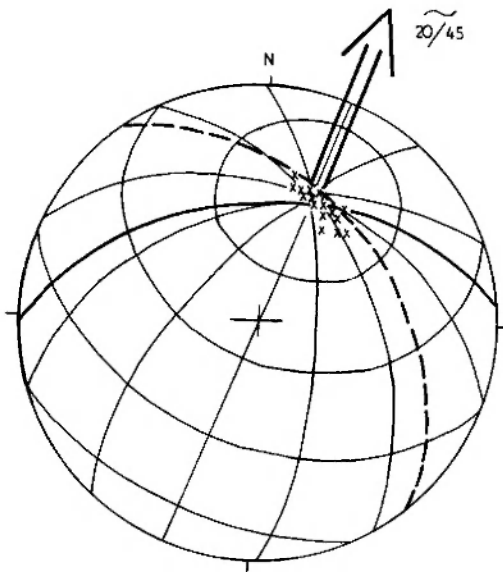


Fig. 23. Relacje kątowe między powierzchniami S_1 i S_2 oraz lineacją z przecięcia S_1/S_2 w punkcie obserwacyjnym 9. Objasnienia jak na figurze 5

Relationships between S_1 planes, S_2 planes, and intersection lineation S_1/S_2 in observation point number 9. Explanations as in figure 5

strefy o miąższości kilkudziesięciu centymetrów, w których foliacja S_2 jest dominującą lub jedyną obserwowaną powierzchnią planarną. Lineacja L_2 reprezentowana jest tutaj przez lineację z przecięcia się S_1 i S_2 i mezofałdy krenulacyjne (fig.20).

Punkt obserwacyjny 9. Kamieniołom leptynitów w Kotlinie. W odległości 200 m na W od zabudowań kolonii w starym, nieczynnym kamieniołomie odsłaniają się leptynity – drobnoziarniste ska-

ły zbudowane z kwarcu i albitu, z niewyraźnie zaznaczoną laminacją, podkreśloną przez nagromadzenia porfiroblastów biotyту. Powierzchnie S_0 zachowały się w sfałdowanych w pierwszym etapie deformacji laminach o dużej kompetencji (fig.21). Powierzchnie S_1 : porfiroblasty biotyту mają tendencje do grupowania się w laminy o niewyraźnych zarysach, wyznaczające foliację S_1 (fig.21 i pl. IX, 3). Charakteryzuje się ona małą dyspersją kierunku i dużą wartością kąta upadu. Bieguny S_1 grupują się w polu 167-188/26-67 (fig.22). Powierzchnie S_2 są penetratywne w skali odsłonięcia, ale nie maskują starszej foliacji. Zgodnie z S_2 nastąpiła powtórna rekrytalizacja porfiroblastów biotyту. Ściany (001) biotyту nie są bowiem równoległe do S_1 , lecz wyznaczają nową, wyraźną płaszczyznę, której orientacja odpowiada orientacji powierzchni osiowych drugich fałdów (fig. 21). Dyspersja kierunku upadu S_2 jest znaczna, bieguny powierzchni (001) porfiroblastów biotyту grupują się w polu 199-275/22-50 (fig.22). Lineacja L_2 reprezentowana jest tutaj przez lineację z przecięcia się S_1 i S_2 . Widoczna jest w postaci „linijnego wyciągnięcia” biotyту na powierzchniach S_1 . Charakteryzuje się małą dyspersją, zapada pod średnimi kątami na NE (fig.22).

Stosunki przestrzenne między S_1 , S_2 i L_2 przedstawiono na figurze 23: foliacja S_1 jest generalnie bardziej stromo ustawiona niż S_2 , kąt dwuścienny S_1/S_2 ma średnią wartość 55° , a li-

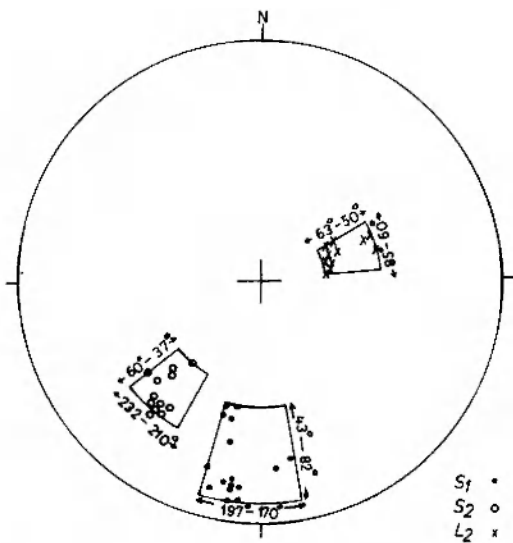


Fig. 24. Diagram biegunów S_1 i S_2 oraz lineacji z przecięcia S_1/S_2 w punkcie obserwacyjnym 10

Diagram of poles of S_1 planes, S_2 planes, and L_2 lineation in observation point number 10

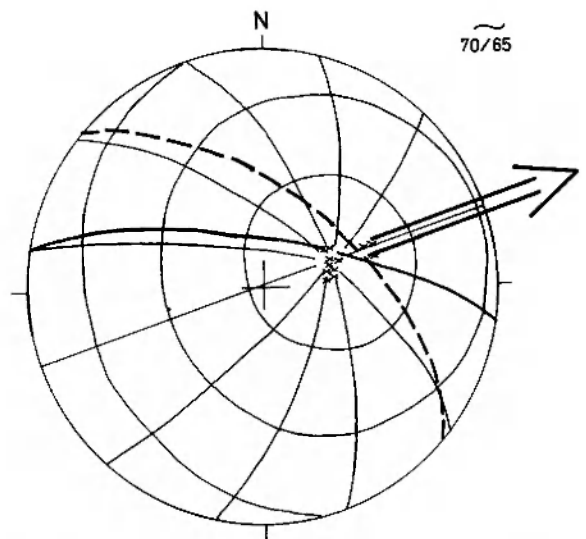


Fig. 25. Relacje kątowe między powierzchniami S_1 i S_2 oraz lineacją z przecięcia się S_1 i S_2 w punkcie obserwacyjnym 10. Objasnienia jak na rysunku 5

Relationships between S_1 planes, S_2 planes, and intersection lineation S_1/S_2 in observation point number 10. Explanations as in figure 5

neacja L_2 zapada pod kątem $36-51^\circ$ na NNE i NE, średnio 20/45.

Punkt obserwacyjny 10. Skalki na zachodnim brzegu strumienia w Gierczynie, 250 m powyżej szkoły. Odslaniają się łupki łyszczykowo-kwarcowe i łyszczykowo-chlorytowo-kwarcowe z pakietami i wydłużonymi soczewkami łupków kwarcytowych o miąższości do 3 cm. Powierzchnie S_0 zachowały się w strefach przegubowych ściśniętych fałdów izoklinalnych F_1 , zbudowanych z łupków kwarcytowych (pl. I, 2 i pl. II, 2). Powierzchnie S_1 reprezentowane są przez foliację krystalizacyjną rozwiniętą w powierzchniach osiowych fałdów F_1 , w obrębie domen o małej kompetencji. Bieguny S_1 grupują się w polu 170-197/43-82 (fig. 24). Powierzchnie S_2 wykształcone są w postaci kliważu krenulacyjnego z wyraźnymi znamionami rekrytalizacji (pl. VII). W tej grupie odsłoneń foliacja S_1 jest dominującą strukturą planarną, a kilkunastocentymetrowej miąższości strefy ścinania zbudowane są z mikrolitonów nie przekraczających 1,5 mm szerokości. W preparatach mikroskopowych wykonanych ze stref ścinania widoczne są porfiroblasty biotyту wydłużone zgodnie z płaszczyznami S_2 , zawierającymi wewnątrz relikty chlorytów, ukierunkowane zgodnie ze starszą foliacją S_1 . Powierzchnie S_2 wykształcone są sporadycznie w formie kliważu spekaniaowego. Lineacja L_2 reprezentowana jest przez drobne krenulacje oraz przez lineację z przecięcia się S_1 i S_2 .

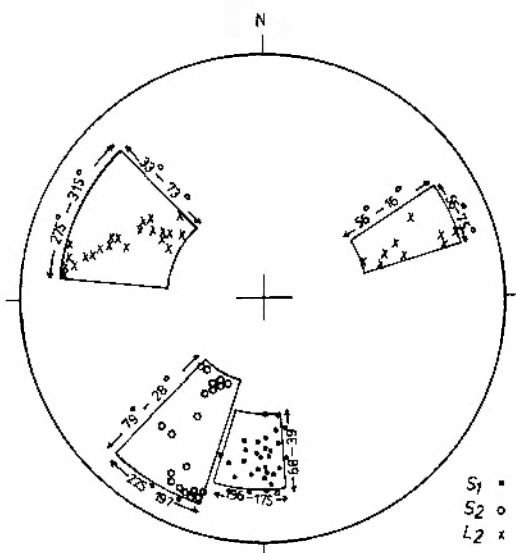


Fig. 26. Diagram biegunów S_1 i S_2 oraz lineacji L_2 w punkcie obserwacyjnym 11

Diagram of poles of S_1 planes, S_2 planes, and L_2 lineations in observation point number 11

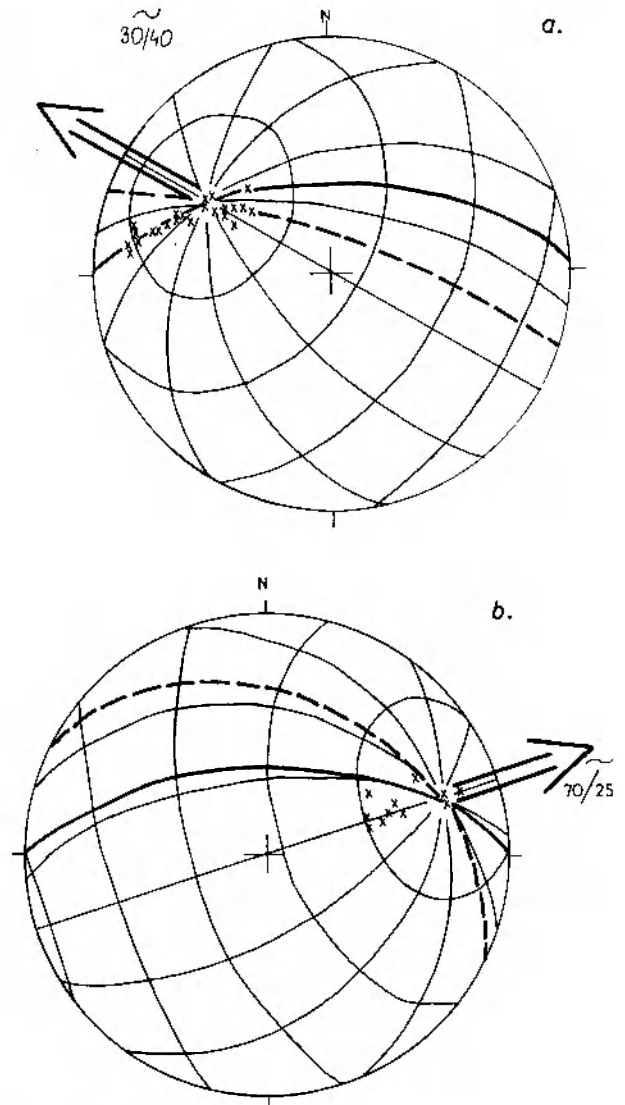


Fig. 27a, b. Relacje kątowe między powierzchniami S_1 i S_2 oraz lineacją z przecięcia się S_1/S_2 w punkcie obserwacyjnym 11. Objasnienia jak na rysunku 5

Relationships between S_1 planes, S_2 planes, and intersection lineation S_1/S_2 in observation point number 11. Explanations as in figure 5

Stosunki przestrzenne między S_1 , S_2 i L_2 z przecięcia się S_1 i S_2 przedstawione są na figurze 25.

Punkt obserwacyjny 11. Odslonienie we wsi Laski, obok budynku kolonii. Odslaniają się średnio laminowane łupki chlorytowo-łyszczykowo-kwarcowe z porfiroblastami biotyту o średnicy do 5 cm oraz z licznymi soczewkami i budinami kwarcu. Powierzchnie S_0 nie zachowały się. Powierzchnie S_1 są wykształcone typowo, dominują w skali odsłonecia. Powierzchnie S_2 wykształcone są w postaci kliważu krenulacyjnego z wyraźnymi znamionami rekrytalizacji, rzadziej w postaci foliacji krystalizacyjnej bądź kli-

ważu sękaniowego. Lineacja L_2 (fig.26) z przecięcia się S_1 i S_2 zapada tutaj albo na WNW (275-315/13-73), albo na ENE (56-85/16-56). Sporadycznie występują drobne fałdy F_2 asymetryczne i dysharmonijne, o amplitudzie rzędu kilku cm (pl. IX, 2). Na stromo nachylonych dłuższych skrzydłach tych fałdów pojawiają się drobne, asymetryczne fałdki trzeciej generacji, natomiast na krótszych skrzydłach tych mezofałdów, nachylnych pod niewielkim kątem, widoczna jest lineacja L_3 z przecięcia się powierzchni S_1 i S_3 .

Relacje katowe między S_1 , S_2 i lineacją L_2 z przecięcia się S_1 i S_2 przedstawione są na figurze 27a, b.

Punkt obserwacyjny 12. Ciąg skałek na szczycie i północnym stoku wzgórza Blizbor. Odstaniają się łupki leptytowe z dużymi porfiroblastami biotyту, osiagającymi 1 cm średnicy. Powierzchnie S_0 nie zachowały się. Powierzchnie S_1 są foliacją krystalizacyjną. Bieguny S_1 naniesione są na diagram (fig. 28). Powierzchnie S_2 wyznaczone są przez kierunkowe ułożenie porfiroblastów biotyту; bieguny ścian (001) biotyту zapadają pod kątem od 62 do 84° (fig.28). Lineacja L_2 reprezentowana jest przez lineację z przecięcia S_1 i S_2 , widoczną na powierzchniach S_1 w postaci „kierunkowego wyciągnięcia” porfiroblastów biotyту.

Stosunki przestrzenne między S_1 , S_2 i L_2 przedstawia figura 29.

Punkt obserwacyjny 13. Ciąg skałek na wzgórzu Granaty.

Ostaniają się średnio i grubo laminowane łupki

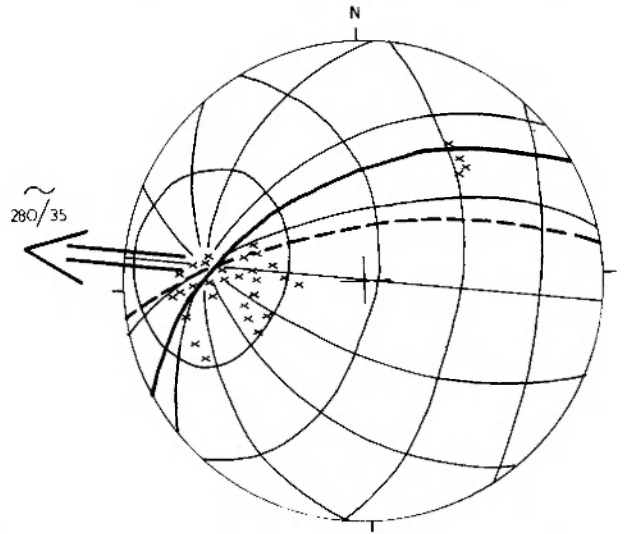


Fig. 29. Relacje katowe między powierzchniami S_1 i S_2 oraz lineacją z przecięcia się S_1 i S_2 w punkcie obserwacyjnym 12. Objasnienia jak na figurze 5

Relationships between S_1 planes, S_2 planes, and intersection lineation S_1/S_2 in observation point number 12. Explanations as in figure 5

łyszczykowo-chlorytowo-kwarcowe. Powierzchnie S_0 nie zachowały się. Powierzchnie S_1 wykształcone są jako foliacją krystalizacyjną. Została ona intensywnie sfaldowana w drugim etapie deformacji, czego efektem jest znaczna dyspersja orientacji S_1 (fig.30). Powierzchnie S_2 reprezentowane są przez kliwą krenulacyjną i sękaniową. Lineacja L_2 wyznaczona jest przez osie fałdów drugiej generacji oraz zgodną z nimi lineacją z przecięcia się S_1 i S_2 o orientacji 60-90/20-60 (fig.30).

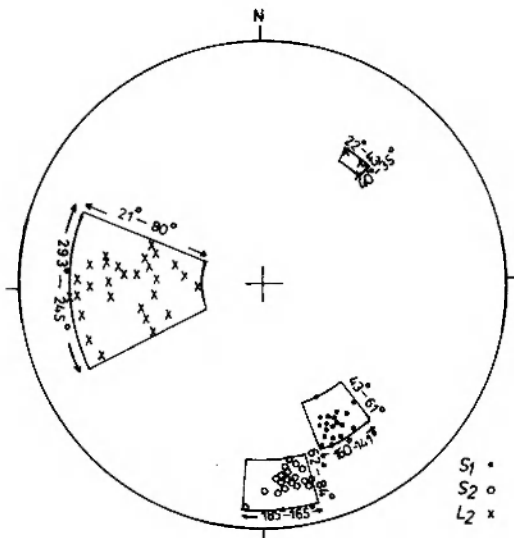


Fig. 28. Diagram biegunów S_1 i S_2 oraz lineacji L_2 w punkcie obserwacyjnym 12

Diagram of poles of S_1 planes, S_2 planes, and L_2 lineation in observation point number 12

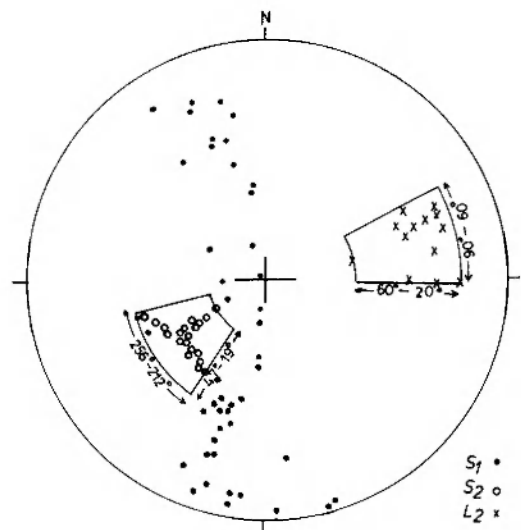


Fig. 30. Diagram biegunów S_1 i S_2 oraz lineacji L_2 w punkcie obserwacyjnym 13

Diagram of poles of S_1 planes, S_2 planes, and L_2 lineation in observation point number 13

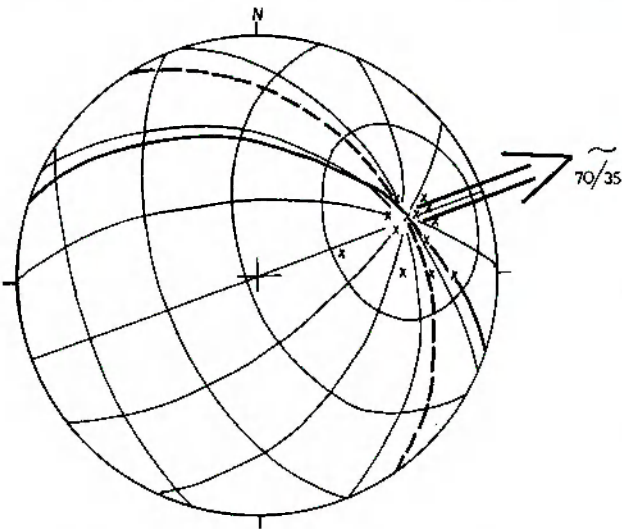


Fig. 31. Relacje kątowe między powierzchniami S_1 i S_2 oraz lineacją z przecięcia się S_1/S_2 w punkcie obserwacyjnym 13. Objasnienia jak na rysunku 5

Relationships between S_1 planes, S_2 planes, and intersection lineation S_1/S_2 in observation point number 13. Explanations as in figure 5

Stosunki przestrzenne między S_1 , S_2 i L_2 przedstawione są na figurze 31: foliacja S_1 zajmuje zmienne położenie w pasie o osi $\pm 80/20^\circ$.

Punkt obserwacyjny 14. Ciąg skałek obok starego szybu kopalni „Anna-Maria” w Przeczniczy. Rowy poszukiwawcze na wschód od tegoż szybu. Odślonięcie w drodze polnej 200 m na zachód od szkoły w Przeczniczy. Odślaniają się skały jak w punkcie obserwacyjnym 7. Poszczególne odmiany łupków występują w formie pakietów i soczew o miąższości od jednego do kilkudziesięciu cm. W rozkładzie ich występowania i miąższości nie stwierdza się żadnej regularności. Powierzchnie S_0 zachowały się w strefach przegubowych i na rozwleczonych skrzydłach śródfoliacyjnych fałdów F_1 , zbudowanych z najbardziej kompetentnych skał – głównie z kwarcytów (fig. 32, pl. I, 1; pl. II, 1 i 3). Zbyt rzadkie występowanie tych fałdów nie pozwala na wyznaczenie obwiedni, dlatego w obecnej fazie rozpoznania nie można podjąć próby wyznaczenia przebiegu struktur sedymentacyjnych. Powierzchnie S_1 reprezentowane są przez foliację krystalizacyjną. Bieguny powierzchni S_1 obrazuje diagram (fig.33). Powierzchnie S_2 wykształcone są w postaci kłwa krenulacyjnego (pl. III, 1, 2; pl. IV; pl. VI; pl. X), rzadziej jako foliacja krystalizacyjna. Bieguny powierzchni S_2 grupują się w polu 194-265/7-41 (fig.33). Lineacja L_2 reprezentowana jest przez krenulacje oraz przez lineację z przecięcia się S_1 i S_2 oraz S_0 i S_2 (fig.32).

Stosunki przestrzenne między S_1 , S_2 i L_2 przedstawiono na figurze 34a, b.

Interesujących danych, rzucających nowe światło na zagadnienie tektoniki Pasma Kamiennickiego, dostarczyły ostatnio wiercenia wykonane w rejonie Czerniawy-Krobicy w ramach planowych prac Oddziału Dolnośląskiego Instytutu Geologicznego. W typowym profilu wiercenia o głębokości ± 400 m obserwuje się alternację stref łupków o strukturze mylonitycznej i łupków o strukturze krenulacyjnej. Łupki mylonityczne to zwykle zwarte, jasnopopielate skały, składające się z sercytu i kwarcu, nielaminowane, o oddzielności płytowej zgodnej z płaszczyzną S_2 . Łupki o strukturze krenulacyjnej to skały biotytowo-kwarcowe o zmiennej szerokości mikrolitonów (najczęściej 2-10 mm). W fałdowej domenie mikrolitonów obecna jest pewna, niewielka ilość chlorytów sprzed okresu ścinania.

W obu grupach skał dominującą płaszczyzną foliacji była powierzchnia ścinania S_2 . Zgodnie z tą powierzchnią w partiach mylonitycznych po-

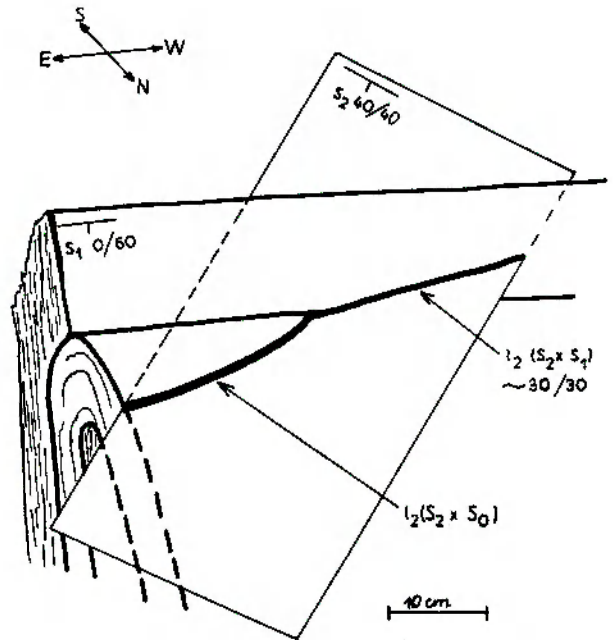


Fig. 32. Fałd F_1 w kwarcycie, syngenetyczna foliacja S_1 w łupku łuszczykowo-chlorytowo-kwarcowym oraz nałożona foliacja S_2 . Lineacja z przecięcia się S_1/S_2 nie wykazuje dyspersji, gdyż zarówno S_1 , jak i S_2 mają stałą orientację. Lineacja z przecięcia się S_0 i S_2 ma zmienną orientację, ponieważ powierzchnia S_2 przecina tutaj cylindryczną powierzchnię S_0

F_1 fold in quartzite, S_1 syngenetic foliation in mica-chlorite-quartzitic schist, and superimposed S_2 foliation. L_2 intersection lineation S_1/S_2 relatively constant because both S_1 and S_2 foliations are stable. L_2 intersection lineation S_0/S_2 of variable orientation because S_2 planar surface intersect S_0 cylindrical surface

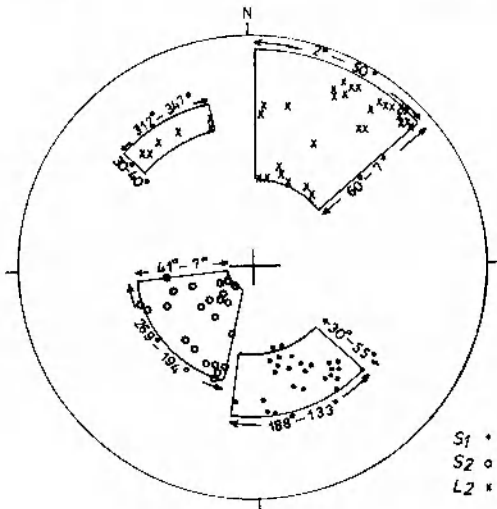


Fig. 33. Diagram biegunów S_1 i S_2 oraz lineacji L_2 w punkcie obserwacyjnym 14

Diagram of poles of S_1 planes, S_2 planes, and L_2 lineation in observation point number 14

jawiają się wkładki łupków chlorytowych, chlorytowo-granatowych, biotytowych, biotyto-granatowych, chlorytowych z porfiroblastycznym biotytem, a także łupków amfibolowych i amfibolitów. W sąsiedztwie tych odmian petrograficznych pojawiają się soczewy kwarcu mlecznego. Na powierzchniach S_2 stwierdzono nagromadzenie siarczków. W typowym wierceniu partie mylonityczne pojawiają się kilkakrotnie, a miąższość ich wynosi około kilka metrów. W otworach wiertniczych na W od Czerniawy Zdroju notowano niewielkiej miąższości odcinki, w których proces ścinania nie zaznaczył się. Obserwacje prowadzone od wielu lat w odślonięciach naturalnych i rowach, a także przegląd rdzeni wiertniczych kilkunastu otworów w rejonie Czerniawy Zdroju umożliwiły opracowanie podziału łupków Pasma Kamienickiego, opartego na zmienności strukturalnej skał, odzwierciedlającej różnicę w rozwoju tektonicznym i określającej jednocześnie ich skład petrograficzny. Można dokonać generalnego podziału łupków Pasma Kamienickiego na dwie domeny. W pierwszej z nich jedyną powierzchnią anizotropii jest foliacja S_1 , w drugiej dominują powierzchnie S_2 o charakterze foliacji krenulacyjnej bądź foliacji krystalizacyjnej. Partie skał należących do pierwszej z domen cechuje monotony sposób wykształcenia, wyrażający się obecnością niezaburzonej, subtelnej laminacji zgodnej z foliacją S_1 . W tych homogenicznych strukturalnie łupkach nie stwierdza się mezoskopowo większych różnic litologicznych, może poza zmiennym udziałem kwarcu. W tej domenie zgodnie z foliacją S_1 pojawiają się wkład-

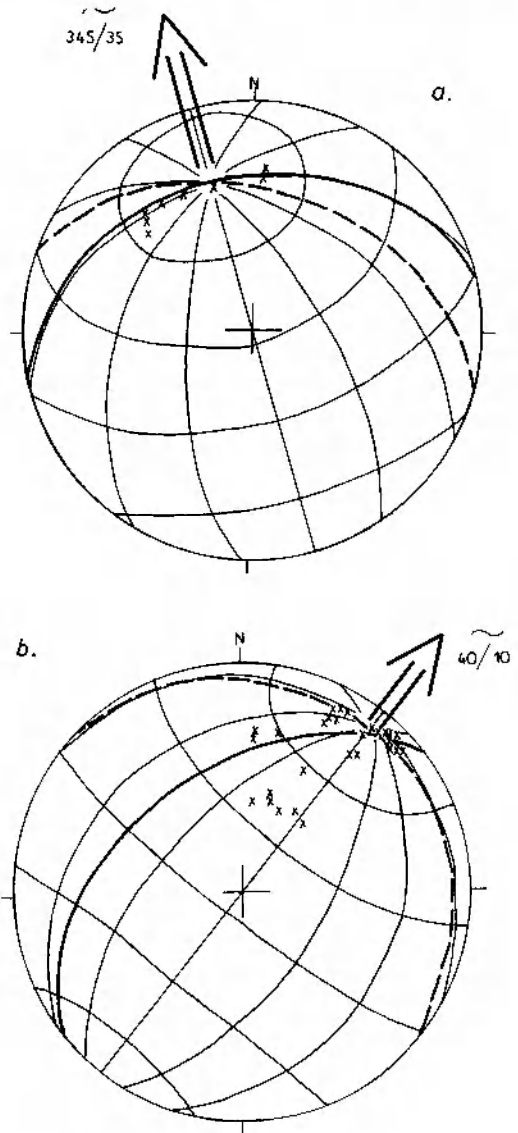


Fig. 34a, b. Relacje kątowe między powierzchniami S_1 i S_2 oraz lineacją z przecięcia się S_1 i S_2 w punkcie obserwacyjnym 14. Objasnienia jak na rysunku 5

Relationships between S_1 planes, S_2 planes, and lineation from intersection S_1/S_2 in observation point number 14. Explanations as in figure 5

ki warstwowych kwarcytów (o miąższości do 1 m) oraz amfibolitów (o miąższości paru metrów). Amfibolity były uwidocznione na mapach geologicznych regionu, wykonanych przez autorów niemieckich. Skały należące do drugiej domeny dzielą się na dwie odmiany różniące się intensywnością przeobrażeń dynamicznych doznanych w drugim etapie deformacji: są to łupki o strukturze mylonitycznej i łupki o strukturze krenulacyjnej. Łupki mylonityczne charakteryzują się brakiem wyraźnej laminacji, ale wykazują oddzielność zgodną z powierzchniami S_2 . W łupkach o strukturze krenulacyjnej widoczne są dwie folia-

cje: starsza S_1 i młodsza S_2 . Starsza foliacja najwyraźniej zaznacza się w partiach rdzenia o szerokich mikrolitonach (3-10 mm). W miarę zmniejszenia się miąższości mikrolitonów foliacja S_1 jest coraz mniej widoczna. Przy średnicy mikrolitonów około 2 mm zwykle zaznacza się już tylko jedna laminacja, zgodna z powierzchniami S_2 , a o istnieniu starszej foliacji możemy wnioskować na podstawie reliktyw zachowanych w obrębie fałdowanych domen poszczególnych mikrolitonów. W strefach, w których średnice mikrolitonów są jeszcze mniejsze (około 1 mm), foliacja S_1 staje się zupełnie niewidoczna.

W odmianie mylonitycznej zaznacza się wtórne zróżnicowanie litologii. Zgodnie z powierzch-

niami S_2 obserwuje się pakiety łupków chlorytowych i biotytowych często z granatami z grupy almandynu i minerałami kruszcowymi (siarczki). Występują tu również amfibolity i łupki amfibolowo-chlorytowe. Miąższość takich pakietów wynosi najczęściej od kilku do kilkunastu cm. W pozbawionych laminacji łupkach mylonitycznych obserwuje się koncentracje drobnołuseczkowego biotytu barwy czarnofioletowej, układające się strefowo, także zgodnie z powierzchniami S_2 . Bywają obserwowane partie łupków mylonitycznych z porfiroblastycznym biotytem w przeważającej większości układającym się ścianami 001 w płaszczyznach foliacji S_2 (płaszczyznach ścianania).

INTERPRETACJA WYNIKÓW

Wyniki badań terenowych, jak również analiza diagramów punktowych, wykonanych osobno dla każdego z odsłoneń, pozwoliły na sformułowanie wniosku, że orientacje lineacji L_2 i jej rozrzut są ściśle uzależnione od pozycji młodszej foliacji S_2 względem starszej powierzchni anizotropii S_1 . Szukając potwierdzenia tych przypuszczeń wykonaliśmy na siatkach skośnych osobne diagramy dla każdego z istniejących w danym punkcie obserwacyjnym centrów lineacji L_2 . Na każdym z diagramów centrum lineacji umieszczone jest w biegunie siatki skośnej o odpowiednio dobranym kącie nachylenia. W celu uchwycenia zależności między lineacją i przyczyniającymi się do jej powstania powierzchniami anizotropii na każdym diagramie wniesione zostały najczęstsze orientacje foliacji S_1 (łuki zaznaczone linią ciągłą) i najczęstsze orientacje foliacji S_2 (łuki zaznaczone linią przerywaną). Z analizy otrzymanych w ten sposób diagramów wynika następująca prawidłowość: w miejscach, gdzie starsza foliacja (S_1) jest bardziej stroma niż młodsza (S_2), lineacja z przecięcia się tych dwóch powierzchni anizotropii grupuje się w przedziale azymutów 5-75°, najczęściej NNE i NE (fig.5, 8b,c, 12b, 14b, 18, 20, 23, 25, 27b, 31, 34b). Jeżeli natomiast młodsza foliacja S_2 zapada pod większym kątem niż S_1 , wówczas lineacja L_2 , powstała w wyniku przecięcia się S_1 i S_2 , grupuje się w interwale azymutów 280-345°, najczęściej NW i NNW (fig.8a, 10, 12a, 14a, 16, 27a, 29, 34a).

Na figurze 35 przedstawiono modele zmienności azymutu upadu lineacji z przecięcia S_1 i S_2 w zależności od relacji kątowych między S_1 i S_2 . Ślad przecięcia się foliacji S_1 z trzema

płaszczyznami układu współrzędnych (xy , xz , yz) zaznaczono liniami ciągłymi. Foliacja S_1 przecina osie współrzędnych w punktach a_1 , b_1 , c_1 . Ślad przecięcia się foliacji S_2 z trzema płaszczyznami układu współrzędnych zaznaczono liniami przerywanymi. Foliacja S_2 przecina osie współrzędnych w punktach a_2 , b_2 , c_2 . W przypadkach gdy S_1 zapada pod większym kątem niż S_2 , mamy:

$$\begin{aligned} oc_1 &> oc_2 \\ ob_1 &> ob_2 \\ oa_1 &< oa_2 \end{aligned}$$

Przypadki te zilustrowane są w kolumnach A, B, C na figurze 35. Linia przecięcia się S_1 z S_2 , wyznaczająca lineację L_2 , zapada tutaj wszędzie w kierunkach zbliżonych do NE. Rozpatrzmy teraz przypadki, gdy foliacja S_1 zapada pod mniejszym kątem niż młodsza foliacja S_2 . Na figurze 35 przedstawiono je w kolumnach D, E, F. Mamy tutaj:

$$\begin{aligned} oc_1 &< oc_2 \\ ob_1 &> ob_2 \\ oa_1 &< oa_2 \end{aligned}$$

Tutaj linia przecięcia się S_1 z S_2 , wyznaczająca lineację L_2 , zapada w kierunkach zbliżonych do NW. Warto zwrócić uwagę, że we wszystkich przedstawionych na figurze 35 modelach $ob_1 > ob_2$ i $oa_1 < oa_2$. Jest to zdeterminowane faktem, że we wszystkich punktach pomiaru foliacja S_2 zapadała „bardziej na wschód” niż starsza foliacja S_1 , tzn. jeśli w danym odsłonięciu azymut S_1 wynosił np. 0°, to azymuty S_2 notowane w tymże odsłonięciu zawsze mieściły się w przedziale

wielkości kątów upadu
 S_1 S_2
 values of dipping
 of S_1 and S_2
 $\angle S_1/S_2$

A
 angle of dip of $S_1 \ll \ll$ angle of dip of S_2
 ↘ upadu $S_1 \ll \ll$ ↘ upadu S_2

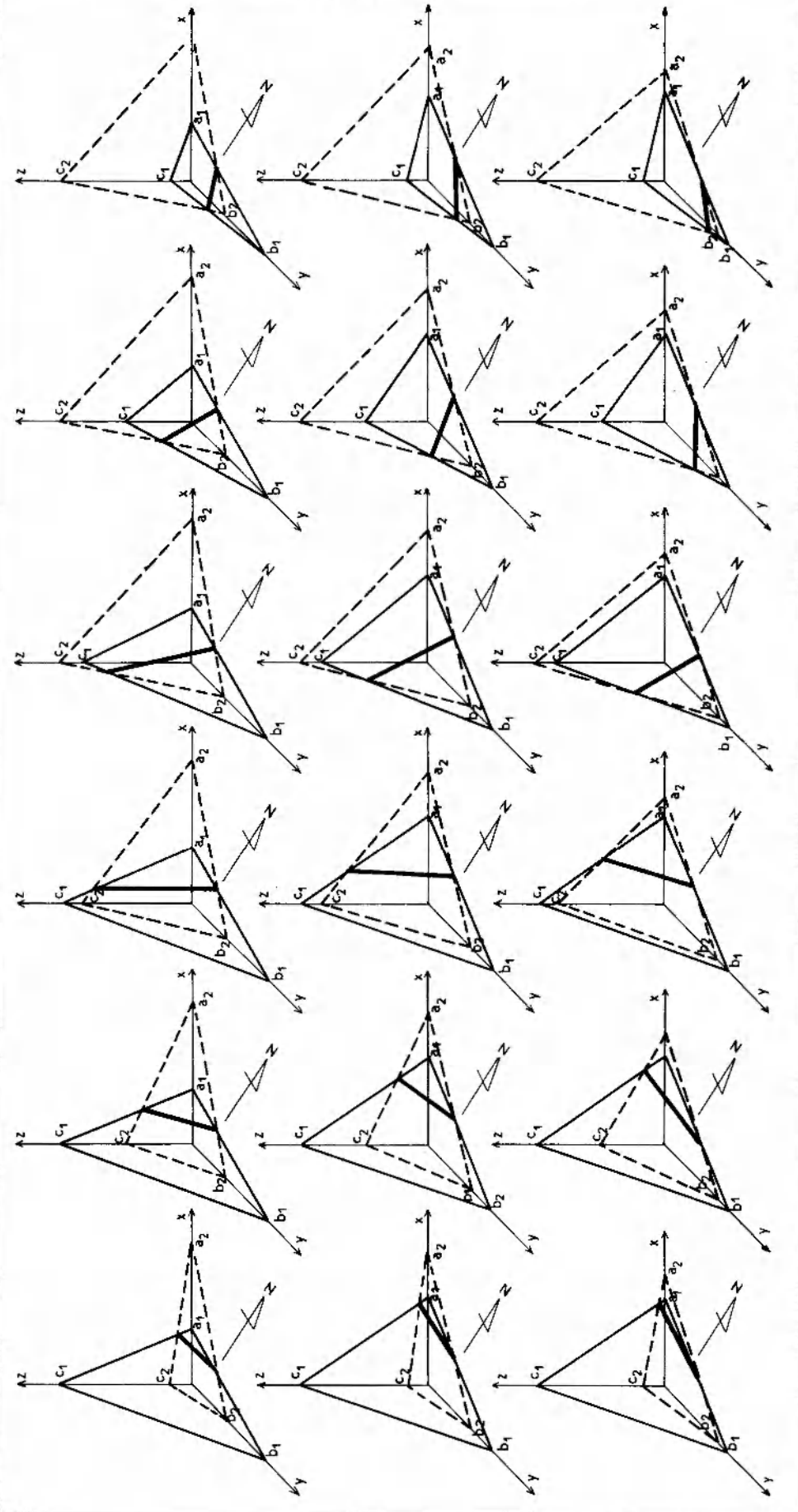
B
 angle of dip of $S_1 < <$ angle of dip of S_2
 ↘ upadu $S_1 < <$ ↘ upadu S_2

C
 angle of dip of $S_1 <$ angle of dip of S_2
 ↘ upadu $S_1 <$ ↘ upadu S_2

D
 angle of dip of $S_1 >$ angle of dip of S_2
 ↘ upadu $S_1 >$ ↘ upadu S_2

E
 angle of dip of $S_1 >>$ angle of dip of S_2
 ↘ upadu $S_1 >>$ ↘ upadu S_2

F
 angle of dip of $S_1 >>>$ angle of dip of S_2
 ↘ upadu $S_1 >>>$ ↘ upadu S_2



I ~ 50°

II ~ 30°

III ~ 10°

Fig. 35. Modele zmienności azymutu upadu linii z przecięcia się S_1 i S_2 w zależności od relacji kątów między powierzchniami S_1 i S_2
 Models of variation of plunges of L_2 intersection lineation S_1/S_2 depending on relationships between S_1 and S_2 foliations

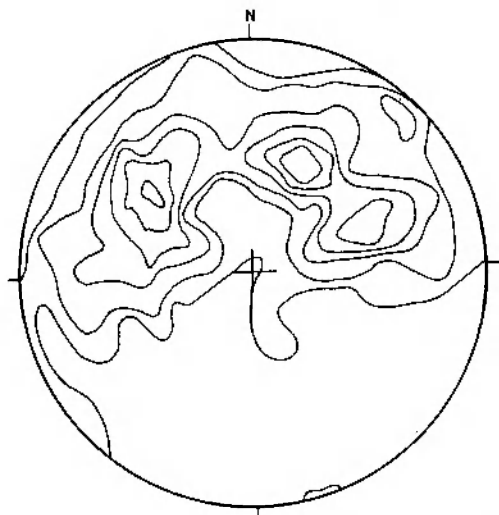


Fig. 36. Zbiorczy diagram lineacji L_2 (z przecięcia się S_1 i S_2) w łupkach Pasma Kamienickiego. Półkula dolna, 516 pomiarów, izolinie 1-4-10-15-20-25%

Contour diagram of L_2 intersection lineation S_1/S_2 in the Kamienica belt schists. Lower hemisphere, 516 measurements, contours at 1-4-10-15-20-25%

NNE-ENE, nigdy zaś NNW czy NW. Z reguły kąt dwuścienny między S_1 i S_2 ma wartość od 10° do 50° , co zostało także uwzględnione na modelach przedstawionych na figurze 35.

Wróćmy teraz do zbiorczego diagramu kumulacyjnego lineacji L_2 , na którym zostały uwzględnione wszystkie pomiary lineacji z przecięcia się S_1 i S_2 (fig.36). W skali obszaru badań charakteryzuje się ona dużą dyspersją zarówno azymutu, jak i wartości kąta upadu ($\pm 260-90/0-90^\circ$). Na powierzchni określonej tak znaczną dyspersją znajdują się trzy maksima: jedno w ćwiartce północno-zachodniej z centrum o współrzędnych 310/45 oraz dwa w ćwiartce północno-wschodniej z centrami o współrzędnych 25/50 i 70/45. W podobnych przypadkach często przyjmuje się istnienie kilku różnowiekowych lineacji, z których każ-

da ma tendencje do kumulowania się we właściwym dla siebie kierunku. Taki punkt widzenia reprezentuje Smulikowski (1972), jednakże rozdzielanie lineacji na różnowiekowe systemy, z przyjęciem za podstawę podziału jedynie jej orientacji, jest zbyt dużym uproszczeniem zagadnienia. Fakty wydają się bowiem wskazywać, że mamy tu do czynienia z jednym i tym samym typem genetycznym struktur liniowych, powstałym w jednym akcie deformacji. W przypadku różnowiekowych lineacji należałoby się spodziewać różnic w wykształceniu każdej generacji struktur i nakładania się (superpozycji) młodszych generacji na starsze. Ani jednego, ani drugiego zjawiska nie obserwuje się w łupkach Pasma Kamienickiego. Co więcej, na tej samej, niezafałdowanej płaszczyźnie foliacji S_1 niejednokrotnie mierzono lineację z przecięcia o diametralnie różnych kierunkach. Sytuacja ta ma swoje źródło w tym, że przy stałej orientacji foliacji S_1 przecinające ją powierzchnie S_2 wykazywały zmienne kąty upadu (większe lub mniejsze niż foliacja S_1). Odejście od interpretacji zbiorczego diagramu, sprowadzającej się do przydzielenia etykiety każdemu z maksimów (w myśl zasady: ile maksimów – tyle generacji struktur liniowych) i zestawienie wyników na diagramach sporządzonych osobno dla każdego odsłonięcia, wydaje się potwierdzać słuszność wniosków wynikających z interpretacji modeli zmienności azymutu upadu lineacji z przecięcia się S_1 i S_2 (fig.35). W takim ujęciu zbiorczy diagram lineacji (fig.36) zinterpretujemy następująco: lineacja L_2 z przecięcia się S_1 i S_2 zapada najczęściej pod średnimi kątami na WNW, NE, ENE. W obrębie maksimów NE i ENE grupują się lineacje z punktów pomiaru, w których S_1 zapada pod większym kątem niż młodsza foliacja S_2 . W obrębie maksimum WNW grupują się lineacje z punktów pomiaru, w których S_1 zapada pod mniejszym kątem niż S_2 .

PODSUMOWANIE

Materiał dokumentacyjny przedstawiony w części opisowej jest zapewne niekompletny i dostarcza jedynie informacji dotyczących wąskiego zagadnienia, będącego tematem niniejszego artykułu. W trakcie wcześniejszych badań wyraziliśmy przypuszczenie, że łupki Pasma Kamienickiego przeszły trój etapową ewolucję tektoniczną. Duże znaczenie miał pierwszy etap deformacji, który doprowadził do powstania nowej foliacji S_1 zorientowanej pod dużym kątem do warstwowania S_0 .

Struktury tektoniczne najstarszego cyklu fałdowego są odzwierciedleniem zróżnicowanej kompetencji materiału skalnego, zaangażowanego w procesie deformacji D_1 . W skałach kompetentnych rozwinęły się wąskopromienne fałdy (F_1) o znacznej dyspersji osi w płaszczyźnie osiowej (do 180° , fig.37). W materiale niekompetentnym natomiast (obecnie reprezentują go wszystkie odmiany łupków łyszczykowych) w okresie deformacji D_1 doszło do całkowitej transpozycji pierwotnych

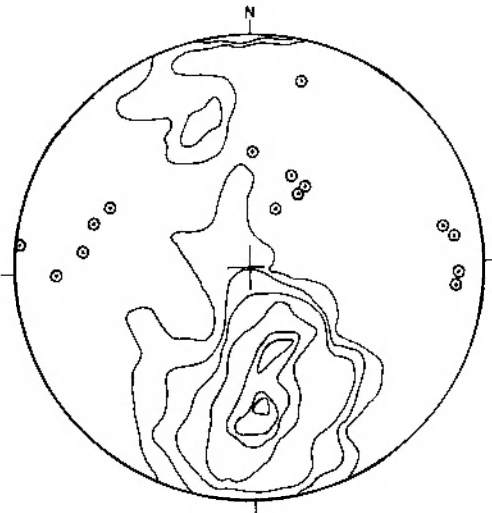


Fig. 37. Zbiorczy diagram biegunów S_1 w łupkach Pasma Kamienickiego. Półkula dolna, 446 pomiarów, izolinie 1-4-10-25-40-55%. Kółkami z kropką w środku oznaczono osie fałdów F_1

Contour diagram of poles to S_1 planes in schists of the Kamienica belt. Lower hemisphere, 446 measurements, contours 1-4-10-25-40-55%. Orientation of F_1 folds is marked by circles with dot inside

struktur sedymentacyjnych. Powstała w tych skałach nowa struktura planarna – penetratywna foliacja S_1 o orientacji zgodnej z powierzchniami osiowymi fałdów F_1 , wykształconych w domenach kompetentnych. Foliacja S_1 jest podobnie wykształcona we wszystkich odmianach łupków Pasma Kamienickiego; zgodnie z jej przebiegiem obserwuje się alternację lamin zbudowanych z łuszczyków i chlorytu z laminami zbudowanymi z kwarcu.

Skały kompetentne stanowią niewielką część w przeważającej masie skał niekompetentnych. Obecnie poszczególne ich wystąpienia (w formie soczew lub izolowanych przegubów fałdów F_1) są oddalone od siebie na znaczne odległości i nie tworzą ciągłych poziomów nawet w skali odsłonięcia. Przymuszczenie protolity kwarcytów i łupków kwarcytowych pierwotnie również nie tworzyły jednego poziomu, lecz poprzedzielane były pakietami skał niekompetentnych o różnej miąższości. Jak wynika z badań Ramsaya (1967), w takich warunkach podczas fałdowania w jednej warstwie kompetentnej rozwijają się fałdy ze zginania, niezależnie od rozwoju fałdów w sąsiednich warstwach kompetentnych. W skali omawianego obszaru dało to efekt fałdowania dysharmonijnego, w czasie którego poszczególne warstwy skał kompetentnych były w różnym stopniu poddawane skróceniu i tworzyły fałdy o różnej amplitudzie i długości fali. W końcowym efekcie procesy

fałdowe doprowadziły do wycienienia i zbudowania skrzydeł fałdów F_1 zbudowanych z kwarcytów. Takie ściśnięte fałdy śródfoliacyjne zachowane reliktywno w postaci izolowanych przegubów i zbudowanych fragmentów skrzydeł są obecnie jedynymi reprezentantami struktur fałdowych etapu deformacji D_1 , bowiem w skałach o mniejszej kompetencji rozwinęły się syngenetyczne powierzchnie foliacji S_1 , równoległe do powierzchni osiowych omawianych fałdów.

Charakterystyczną cechą drugiego etapu deformacji jest powszechny rozwój struktur krenulacyjnych i mylonitycznych. Foliacja krenulacyjna S_2 , pojawiająca się we wszystkich odmianach łupków, jest zgodna z przebiegiem stref ścinania. Powierzchnie S_2 mają podobną orientację na całym obszarze badań – są z reguły nachylone ku NE pod średnimi kątami (fig.38).

W procesie ścinania związanym z deformacją D_2 doszło do wtórnego zróżnicowania skał Pasma Kamienickiego: w zależności od średnicy mikroli-tonów oraz udziału domeny planarnej i fałdowej w budowie pojedynczego mikrolitonu obserwuje się przejścia od łupków z przewagą kwarcu do łupków z przewagą minerałów blaszkowych, od łupków cienko laminowanych do łupków grubo laminowanych. Najnowsze dane z otworów wiertniczych w rejonie Czerniawy wskazują na to, że mylonity oraz okruszcowane łupki chlorytowe z granatami, którym często towarzyszą soczewy mlecznego kwarcu, są także zgodne z przebiegiem

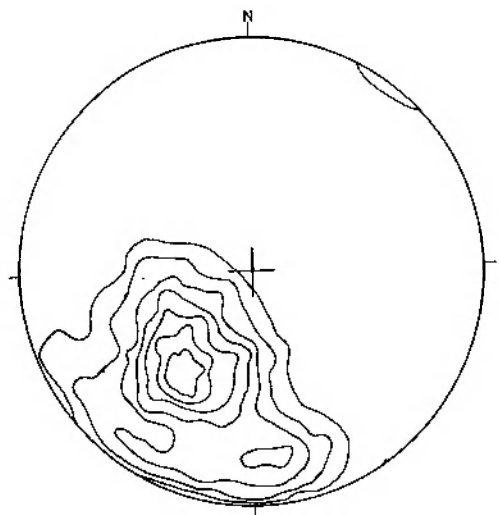


Fig. 38. Zbiorczy diagram biegunów S_2 w łupkach Pasma Kamienickiego. Półkula dolna, 401 pomiarów, izolinie 1-4-10-20-30-45-55%

Contour diagram of poles to S_2 planes in schists of the Kamienica belt. Lower hemisphere, 401 measurements, contours at 1-4-10-20-30-45-55%

foliacji S_2 . Łupki mylonityczne i mylonity są wyznacznikami stref największego ścinania.

Dyspersja kierunku lineacji L_2 (z przecięcia się S_1 i S_2) jest bardzo duża na obszarze badań. Po przeanalizowaniu wzajemnych stosunków między S_1 , S_2 i L_2 osobno w każdym odsłonięciu doszliśmy do następujących wniosków:

1. Kąt dwuścienny między S_1 i S_2 wynosi od kilku do kilkunastu, rzadziej do kilkudziesięciu stopni, przy czym S_2 w każdym przypadku zapada bardziej na wschód niż S_1 .

2. Wartości kątów upadku S_1 i S_2 są podobne. W niektórych odsłonięciach S_1 jest bardziej stroma niż S_2 , w innych S_2 zapada pod większym kątem. Bywają też odsłonięcia, w których pola dyspersji S_1 i S_2 pokrywają się ze sobą.

3. W odsłonięciach, gdzie S_1 jest bardziej stroma od młodszej powierzchni anizotropii, notuje się azymuty lineacji L_2 w interwale od NNE do ENE; jeżeli zaś S_1 zapada pod mniejszym kątem niż S_2 , wówczas lineacja z przecięcia się tych dwóch powierzchni ma zapady w interwale od WNW do NNW. Azymut zapadu lineacji L_2 jest więc funkcją wzajemnych relacji kątowych między powierzchniami foliacji powodującymi jej powstanie, a ściślej – zależy jedynie od tego, czy starsza foliacja jest w danym punkcie pomiaru bardziej czy mniej stroma ustawiona od młodszej powierzchni anizotropii.

Podana przez nas nowa koncepcja jest zapewne jedną z możliwych interpretacji dyspersji kierunku

lineacji L_2 . Niemniej jednak dane zebrane z punktów obserwacyjnych 2, 4, 5, 11, 14 jednoznacznie wskazują, że koncepcja nasza pozwala w prosty sposób wyjaśnić dyspersję drugiej lineacji. Nie ma wobec tego potrzeby wprowadzania hipotetycznych nałożonych struktur deformujących tę lineację. W żadnym z badanych odsłoneń nie stwierdziliśmy bowiem obecności młodszych fałdów, na których lineacja L_2 mogłaby ulegać rotacji.

Niniejsze opracowanie nie porusza wielu dyskusyjnych problemów natury tektonicznej. Nie wyjaśniony pozostał skomplikowany mechanizm deformacji i będąca jego wynikiem geometria struktur fałdowych. Materiał zebrany z obszaru stanowiącego niewielki fragment metamorfiku izerskiego nie upoważnia również do wypowiedzania się na temat regionalnych kierunków transportu tektonicznego w czasie dwóch najstarszych etapów deformacji.

Uogólniając, można jedynie wskazać na pewne cechy charakterystyczne tych dwóch cykli rozwoju strukturalnego. Mianowicie: o ile pierwszy etap D_1 w efekcie deformacji i metamorfozy doprowadził do powstania monotonnych strukturalnie i petrograficznie łupków łyszczykowo-chlorytowo-kwarcowych, o tyle etap D_2 spowodował rozwój mylonitów i ponowne zróżnicowanie litologii w płaszczyznach ścinania.

Wrocław, luty 1983.

LITERATURA

- DZIEMIAŃCZUK E., DZIEMIAŃCZUK K., 1982: Rozwój strukturalny łupków łyszczykowych Pasma Kamiennickiego na odcinku od Czerniawy do Rębiszowa. *Kwart. Geol.*, t. 26, z. 1.
- OBERC J., 1967: Rozrzut B-lineacji w krystalniku izerskim. *Rocz. PTG*, t. 37, z. 3.
- 1972: *Budowa geologiczna Polski. Tektonika*. Wyd. Geol., Warszawa.
- OBERC J., KOTOWSKI J., 1969: Orientacja mezoskopowych enklaw autochtonicznych i struktury szkieletowe w granicie rumburskim. The orientation of mesoscopic autochthonic enclaves and skeletal structures in the Rumburk granite. *Biul. Inst. Geol.*, nr 230, s. 5-165.
- RAMSAY J. G., 1967: *Folding and Fracturing of Rocks*. McGraw-Hill Book.
- SMULIKOWSKI W., 1972: Petrograficzne i strukturalne problemy północnej okrywy granitu Karkonoszy. *Geol. Sudetica*, vol. 6.
- SZAŁAMACHA J., SZAŁAMACHA M., 1973: *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów, ark. Stara Kamiénica*, 1:25 000. Wyd. Geol., Warszawa.

ON THE ORIGIN OF DISPERSION OF L_2 LINEATION IN MICA SCHISTS OF WESTERN PART OF THE KAMIENICA BELT (THE ISERA BLOCK)

Elżbieta DZIEMIAŃCZUK, Krzysztof DZIEMIAŃCZUK

Geological Institute, Lower Silesian Branch
al. Jaworowa 19, 53-122 Wrocław

Summary

INTRODUCTION

The paper deals with the origin of dispersion of L_2 lineation in schistous rocks of western part of the Kamienica belt. The schist belt belongs to the Karkonosze-Isera block and stretches in W-E direction from Libverda in Czechoslovakia to Wojcieszce in Poland where it is cut unconformably by the Karkonosze granite (Fig.1). The Ka-

mienica schist belt is composed of mica-chlorite-quartz schists locally garnetiferous, leucogranites, and laminated-augen gneisses. Of minor importance are quartzites, amphibolites, amphibole-schists, and erlans occurring as thin lenses parallel to the foliation of the mica schists surroundings.

PRIOR INVESTIGATIONS

Both origin and sequence of linear structures recorded by the Isera metamorphic rocks have been variously viewed upon. Oberc (1967, 1972) came out with tectonic interpretation of the Isera metamorphic unit based upon dispersion of B-lineation represented by mineral lineation, wrinkling, and small folds. He assumed that S_1 foliation is parallel to the primary stratification and that widely scattered B-lineation displays certain spatial regularities. It occurs in equatorially alternating zones with plunges either to NE or to NW. That is why Oberc postulated two-stage development of the Isera block. In the first, early Assyntian stage merely one recumbent fold was to be developed, with axis striking NW-SE. Upon this hypothetical fold were superposed late Assyntian structures verging south and running in the W-E direction. The superimposition resulted in actual, significant dispersion of the older B-lineation.

Oberc and Kotowski (1969) presented model explaining that dispersion. On normal limbs of the late Assyntian folds the B-lineation runs northwesterly, whereas in the inverted limbs of those folds it strikes northeasterly. According to their model the western part of the Kamienica belt would represent the inverted limb of the late Assyntian fold structure.

Mica schists of the Kamienica belt were also studied by Smulikowski (1972). He distinguished three generations of linear structures but he did not separate two younger sets denoting them with symbol $L_2 + L_3$. Despite of significant scatter reaching 180° all the three generations of linear structures cluster, according to the mentioned author, typical directions. Such a schematic interpretation seems to be inconvincing.

SCOPE AND METHODS OF INVESTIGATION

In their earlier field work on the Kamienica belt mica schists E. and K. Dziemiańczuk (1982) drew particular attention to the problem of superimposition of the linear structures. They were classified on a basis of geometrical features, orientation, and relation to concurrent anisotropy surfaces. Spatial position of the anisotropy planes produced during a given folding episode proved to be the most stable characteristic. As the least stable one appeared orientation of lineation. The recorded scatter of F_1 axes and L_1 lineation reached 180° , while that of F_2 axes and L_2 lineation amounted up to 160° . Searching for reason for such a wide dispersion of the L_2 lineation one may test recent idea of E. and K. Dziemiańczuk (1982) on the structural evolution of the Kamienica belt. According to that concept the L_2 lineation is naturally preceded by another linear set and thus it cannot be considered as the oldest linear structure,

which was claimed by Oberc (1967, 1972). The recognized scatter of L_2 lineation is not due to later refolding either, because the third deformational stage manifested itself only by fine wrinkling L_3 , seen on the S_2 foliation planes, and developing merely in narrow planar domains of individual F_3 microlithons.

The present author did not recognize any significant E-W regularity in distribution of L_2 lineation, which was as yet the chief evidence of the superposed, large-scale refolding (Oberc 1967, 1972). It must be stressed that in a single exposure, on one plain foliation surface S_1 there may be some L_2 linear structures plunging to NE and some plunging to NW. Accordingly, the dispersion of L_2 lineation cannot be explained in terms of its rotation around axes of the younger folds.

This paper attempts to determine the reasons causing

such a wide scatter of L_2 lineation and the recognize whether the dispersion is characteristic, or not, of the mica schists in western part of the Kamienica belt.

The field data were collected by the authors in 14 observational points, localized along the studied section of the Kamienica belt (Fig.2). One observational point is commonly represented by several adjacent outcrops, and only exceptionally by single natural or artificial exposure. Each diagram represents one observational point. Diagrams plotted against the conventional Schmidt net show orientation of the three structural elements under consideration: S_1 , S_2 , and L_2 . Such a diagram allows to infer the general relations between

the dip angle of foliation planes, the dihedral angle of two S -planes (S_1 and S_2) and the plunge direction of L_2 intersection lineation (S_1/S_2) in a given observational point. The diagrams plotted against the oblique nets show mutual orientation of the S_1 and the S_2 planes, the intersections of which define maxima of the L_2 lineation. An inclination angle of the oblique net was chosen for each individual maximum of lineation selected from the synoptic diagram. Both linear structures and poles to planar structures were in every case presented on the lower hemisphere of the respective nets.

DESCRIPTION OF SEDIMENTARY AND TECTONIC STRUCTURES OF THE FIRST AND SECOND DEFORMATIONAL PHASES IN WESTERN PART OF THE KAMIENICA BELT

The mica schists series under investigation varies both lithologically and structurally. Rock varieties put in order according to their increasing competency are as follows:

- thinly laminated mica-chlorite schists with foliaceous parting,
- thinly laminated chlorite schists with garnet,
- thinly laminated quartz-chlorite-mica schists,
- thinly laminated chlorite-amphibole schists,
- chlorite-mica-quartz schists with quartzose laminae of varying thicknesses, most commonly 1 to 2 mm,
- mica-quartz-feldspar schists,
- amphibole schists,
- quartzite and quartzitic schists.

All the schist varieties contain significant concentrations of porphyroblastic biotite, sometimes distributed randomly thus indicating post-kinematic crystallization, but more frequently arranged parallel to S_2 planes.

S_0 surfaces. They have been totally obliterated by strong S_1 foliation in schists of low and medium competency. Very rarely the S_0 surfaces may be seen in the most competent quartzites and quartzitic schists. They may be studied in limbs and hinge of large F_1 folds in quartzite exposed on E slope of a stream in the village of Ulicko (Fig.3). This is almost isoclinal F_1 fold, plunging to NNE at an angle of 55-60°. On the inner side of its northern limb there is a fragment of thinly laminated quartz-sericite schist. S_1 axial planar crystallizational foliation cuts here the pre-existing sedimentary stratification.

S_1 surfaces. They are represented by crystallizational foliation manifesting as directional arrangement of mica and chlorite flakes as well as quartz lenses. The S_1 foliation is penetrative in those domains which lack effects of later F_2 shearing. It is easy to identify that foliation when the S_2

planes are present in the same exposure too. In eastern part of the study area is seen only one set of foliation planes whereas in the vicinity of Czerniawa commonly two sets of the planar anisotropy occur.

S_2 surfaces. They are common in all varieties of the schist rocks, and they conform with the shear planes. The S_2 surfaces are represented either by crystallizational schistosity or occasional fracture cleavage. Both the types are connected with the development of crenulation structures. These structures are diversified as to their morphology, width of microlithons, and mutual relation of planar to fold domains. Microlithons several millimetres wide are the commonest. The width of fold portions within a single microlithon is usually 2-3 times greater than the width of planar domains (pl. III, 2, pl. IV). According to the widths of microlithons the schists are thinly, medium, or coarse laminated. Depending upon the relative width of the fold domains (composed mostly of quartz) and that of the planar domains, one can observe either quartz-rich schists (mica-quartz schists) or mica-rich schists. Drill cores brought evidence of several metres thick layers of mylonite and mylonitic schists occurring parallel to S_2 planes. Such rocks lack lamination and show merely parting concordant with S_2 . The mylonites mark sites of the most intense shearing. Linear structures of the second deformational episode are commonly represented by S_1/S_2 intersection lineation and crenulation mesofolds (pl. III, 1, 2). All the observed F_2 folds display SW asymmetry (fig.39). The azimuths and angles of plunges of L_2 lineation vary greatly within the ranges of 110-210° and 5-80° respectively. Many times on one foliation plane S_1 the scatter of L_2 lineation amounts several tens degrees. Angular relationships between S_1 and S_2 planes, S_1/S_2 intersection lineation are shown in Figs. 4, 5, 7-20, 22-31, 33-34.

INTERPRETATION OF THE RESULTS

The results of field studies allow to come out with a general conclusion that the orientation of L_2 lineation and its dispersion are strongly controlled by the mutual positions of S_1 and S_2 planes. To test the conclusion the authors plotted against the diagrams with tilted axes the maxima of L_2 lineation representative of each observational point, the maxima being placed at the poles of the nets. Great circles in each diagram represent the commonest spatial attitudes of S_1 (solid lines) and S_2 (dashed lines) planes. The diagrams reveal that if S_1 is steeper than S_2 then the

intersection lineation S_1/S_2 clusters NNE and NE azimuths between 5° and 75°. In reverse cases, where S_2 is steeper than S_1 the L_2 lineation plunges in NW and NNW directions, in 280-345° azimuth interval.

Figure 35 shows theoretical models of changeability of the plunge directions of L_2 lineation in dependence upon the angular relationships between S_1 and S_2 planes. Intersection of S_2 surfaces with the three co-ordinate planes is traced by a dashed line. The S_2 foliation intersects the co-ordinate axes in points a_2 , b_2 , and c_2 . In case of the

S_1 foliation these are a solid line and points a_1 , b_1 , and c_1 respectively. If S_1 is steeper than S_2 (columns A, B, C in Fig.35), the S_1/S_2 intersection line marking L_2 lineation

plunges northeasterly. If S_1 dips more gently than S_2 (columns D, E, F in Fig.35) then the S_1/S_2 line plunges northwesterly.

CONCLUSIONS

The Kamienica belt mica schists underwent likely three-stage structural evolution. Their structural patterns were totally changed at the first stage and partly rebuilt at the second one. Tectonic structures of the oldest fold episode reflect various competence of rocks involved in D_1 deformation. In the competent rocks tight folds were produced, with remarkably scattered axes in the axial plane. In incompetent rocks due to entire transposition of sedimentary surfaces into S_1 axial plane, the new penetrative S_1 foliation was developed.

The second deformational stage affected all rocks of the Kamienica belt. Mesostructures of that stage are represented by crenulation folds and related S_2 foliation. The D_1 stage led towards structural homogenization of the rocks involved. The D_2 stage, however, resulted in lithological and structural diversification again. This stage was dominated by shearing. Crenulated zones developing during D_2 are parallel with S_2 foliation. According to the inner structure and width of the microlithons, the schists change their fabric and mineral composition. At zones of the most intense shearing mylonitized rocks occur. Also thin layers of chlorite, biotite or

quartzitic schists appear in parallel with the S_2 planes. Due to intersection of S_1 with S_2 planes the L_2 intersection lineation was produced. This lineation shows significant scatter in the studied region. Many times on one and plain S_1 surface such a dispersion reached several tens degrees.

From the analysis of the diagrams made for 14 observational points the following conclusions emerge:

1. The S_1/S_2 dihedral angle varies from several to several tens degrees, and S_2 always dips more easterly than S_1 .

2. The dip angles of both S_1 and S_2 are similar. Sometimes S_1 is steeper than S_2 , sometimes the reverse situation is observed.

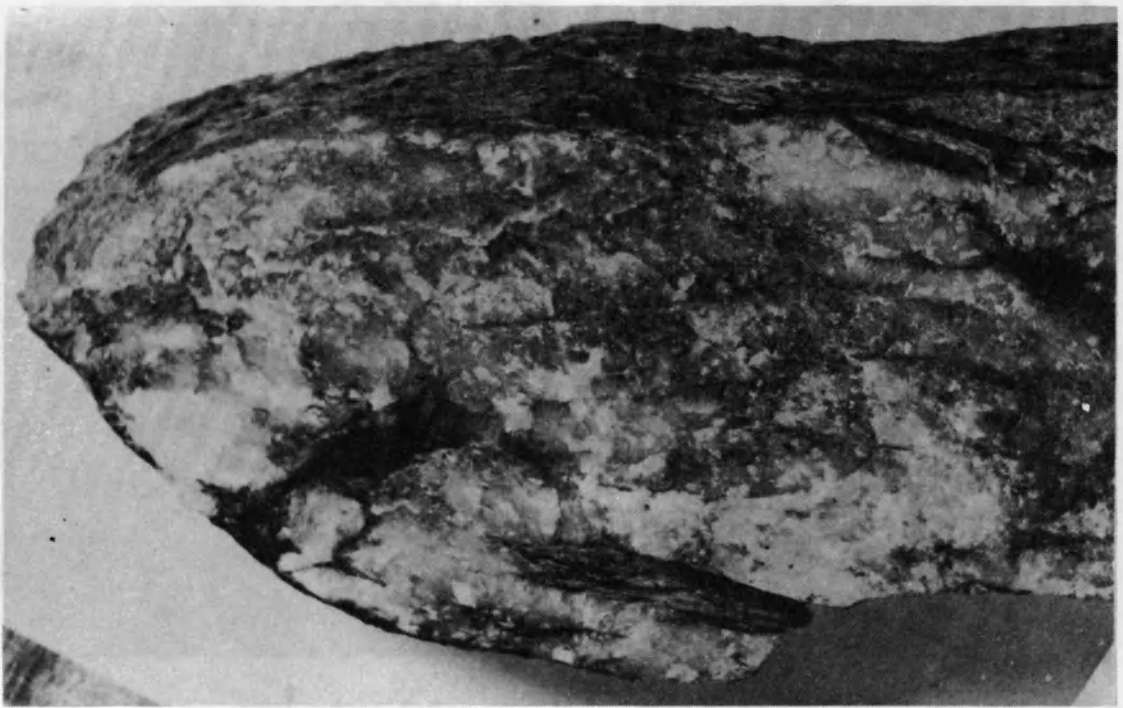
3. If S_1 is steeper than S_2 , the L_2 lineation plunges toward NNE to ENE. If S_1 is gentler than S_2 , the L_2 lineation plunges in WNW to NNW directions. Accordingly, the plunge angles of the L_2 intersection lineation is controlled by mutual spatial position of the two intersecting planes, that is whether the older foliation in any given point is steeper than the younger one, or vice versa.

Translated by A. Żelaźniewicz

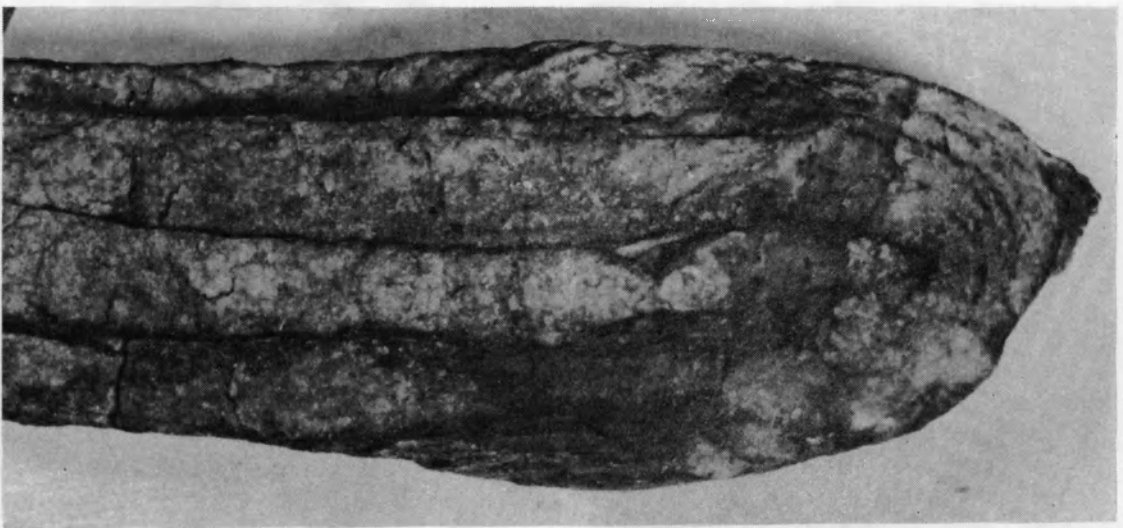
PLANSZE I OBJASNIENIA

PLANSZA I – PLATE I

1. Izoklinalny fałd F_1 w kwarcycie. W otaczającym łupku, zgodnie z powierzchnią fałdu, przebiega foliacja krystalizacyjna S_1 . Przekznica. Wielkość naturalna
Isoclinal F_1 fold in quartzite. S_1 flow foliation is parallel to the axial plane of F_1 fold.
Przekznica. Natural size
2. Izoklinalny fałd F_1 w kwarcycie. Gierczyn. Wielkość naturalna
Isoclinal F_1 fold in quartzite. Gierczyn. Natural size



1

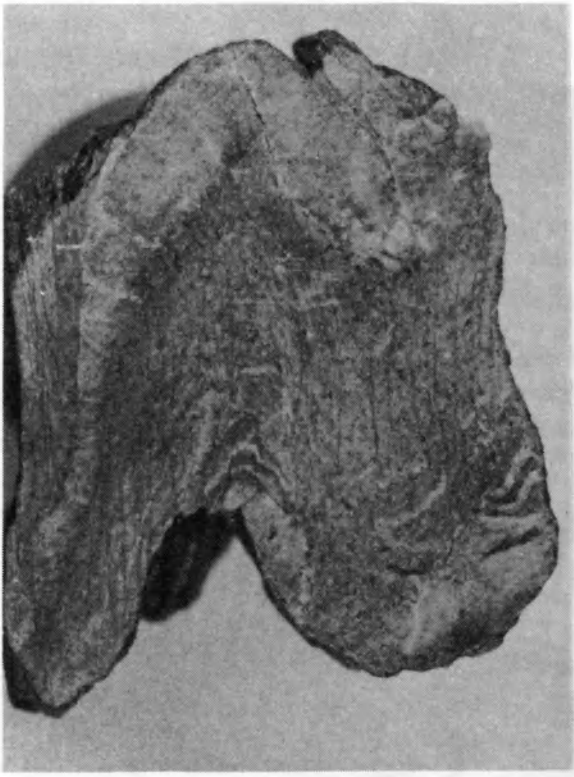


2

Elżbieta DZIEMIAŃCZUK, Krzysztof DZIEMIAŃCZUK – Geneza dyspersji lineacji L_2 w lupkach lyszczkowych zachodniej części Pasma Kamienieckiego
On the origin of L_2 lineation in mica schists of western part of the Kamienica Belt (the Isera Block)

PLANSZA II – PLATE II

1. Fałdy F_1 w laminach kwarcytowych. Wyraźna rekrystalizacja minerałów blaszkowych w obrębie lamin niekompetentnych. Przecznicza. Powiększenie $2 \times$
 F_1 folds in quartzitic laminae. Note significant recrystallization of flaky minerals within the incompetent laminae. Przecznicza. $\times 2$
2. Przegub izoklinalnego fałdu F_1 w kwarcycie. Gierczyn. Wielkość naturalna
Hinge of F_1 isoclinal fold in quartzite. Gierczyn. Natural size
3. Izoklinalne fałdy F_1 w kwarcycie. Przecznicza. Wielkość naturalna
 F_1 isoclinal folds in quartzite. Przecznicza. Natural size
4. Przegub izoklinalnego fałdu F_1 w kwarcycie. Czerniawa. Wielkość naturalna
Hinge of F_1 isoclinal fold in quartzite. Czerniawa. Natural size



1



2



3

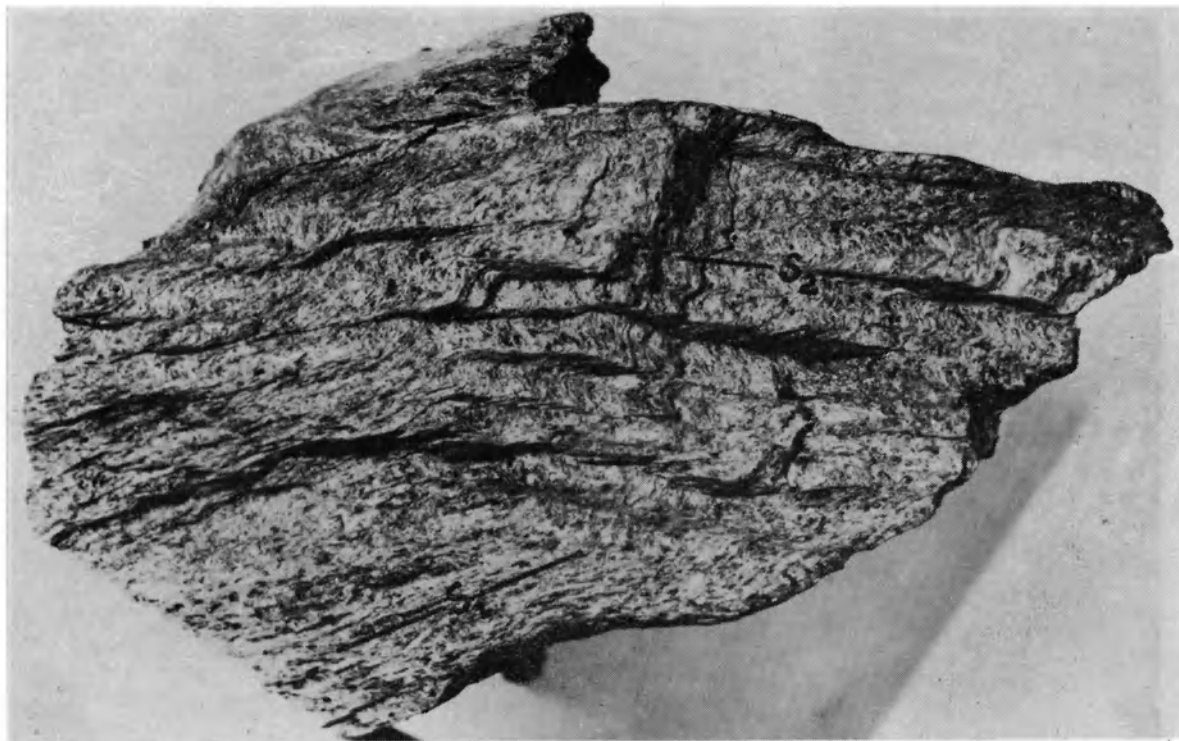


4

Elżbieta DZIEMIANCZUK, Krzysztof DZIEMIANCZUK – Geneza dyspersji lineacji L_2 w łupkach łyszczykowych zachodniej części Pasma Kamienickiego
On the origin of L_2 lineation in mica schists of western part of the Kamienica Belt (the Isera Block)

PLANSZA III – PLATE III

1. Kliważ krenulacyjny S_2 typu zonalnego w łupku lyszczykowo-chlorytowo-kwarcowym z porfiroblastami biotytu. Przecznicą. Wielkość naturalna
Zonal crenulation cleavage S_2 in the biotite-chlorite-quartzitic schist with porphyroblasts of biotite. Przecznicą. Natural size
2. Kliważ krenulacyjny S_2 w łupku chlorytowo-kwarcowo-biotytowym. Laminy kwarcowe reprezentują starszą foliację S_1 . Przecznicą. Wielkość naturalna
 S_2 crenulation cleavage in chlorite-quartz-biotite schist. Quartzitic laminae represent the S_1 earlier foliation. Przecznicą. Natural size



1



2

Elżbieta DZIEMIANCZUK, Krzysztof DZIEMIANCZUK – Geneza dyspersji lineacji L_2 w łupkach lyszczkowych zachodniej części Pasma Kamienickiego
On the origin of L_2 lineation in mica schists of western part of the Kamienica Belt (the Isera Block)

PLANSZA IV – PLATE IV

Kliważ krenulacyjny S_2 w łupku łyszczykowo-chlorytowo-kwarcowym. Przecznicza. Powiększenie $20\times$. Negatyw płytki cienkiej

S_2 crenulation cleavage in biotite-chlorite-quartzitic schist. Przecznicza. $\times 20$. Negative print



Elżbieta DZIEMIAŃCZUK, Krzysztof DZIEMIAŃCZUK – Geneza dyspersji lineacji L_2 w łupkach lyszczkowych zachodniej części Pasma Kamiennickiego
On the origin of L_2 lineation in mica schists of western part of the Kamiennica Belt (the Isera Block)

PLANSZA V – PLATE V

Kliważ krenulacyjny S_2 w łupku łuszczkowo-kwarcowym. Północne stoki Blizbora. Powiększenie 20 ×. Negatyw płytki cienkiej

S_2 crenulation cleavage in mica-quartzitic schist. Northern slope of the Blizbor Mt. ×20. Negative print

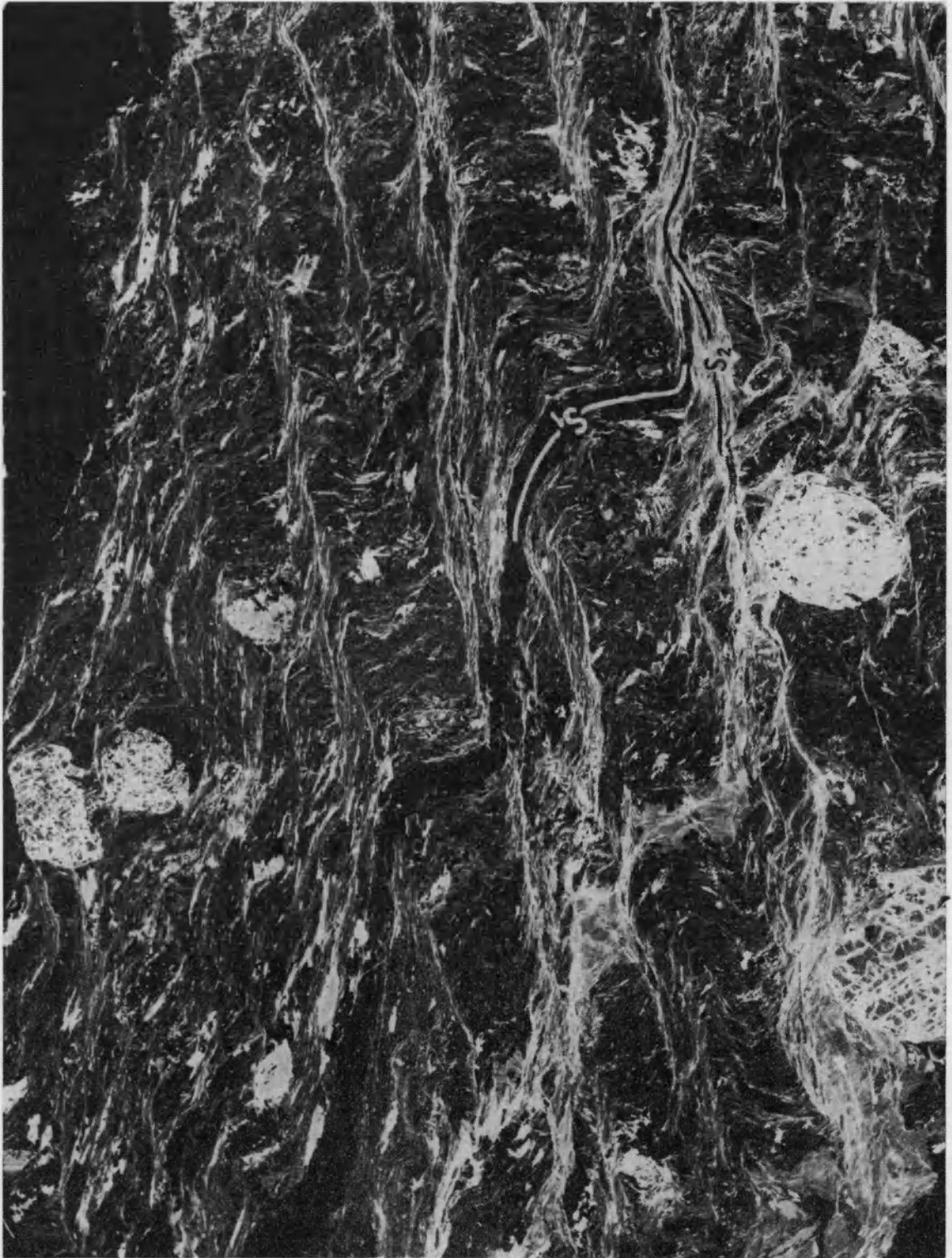


Elżbieta DZIEMIAŃCZUK, Krzysztof DZIEMIAŃCZUK – Geneza dyspersji lineacji L_2 w łupkach łyszczykowych zachodniej części Pasma Kamiennickiego
On the origin of L_2 lineation in mica schists of western part of the Kamienica Belt (the Isera Block)

PLANSZA VI – PLATE VI

Kliważ krenulacyjny S_2 w łupku łuszczykowo-chlorytowo-kwarcowym. Lamina kwarcowa (ciemna) zafałdowana wraz z materiałem niekompetentnym w fałdy o jednakowej długości fali. Charakterystyczne silne wycienienie skrzydeł mikrofałdów zbudowanych z lamin kompetentnych. Przecznicza. Powiększenie $15\times$. Negatyw płytki cienkiej

S_2 crenulation cleavage in mica-chlorite-quartzitic schist. Quartzitic lamina (dark) folded together with uncompetent material into structures of equal wavelength. Note the strong attenuation of limbs of microfolds within competent domains. Przecznicza. $\times 15$. Negative print

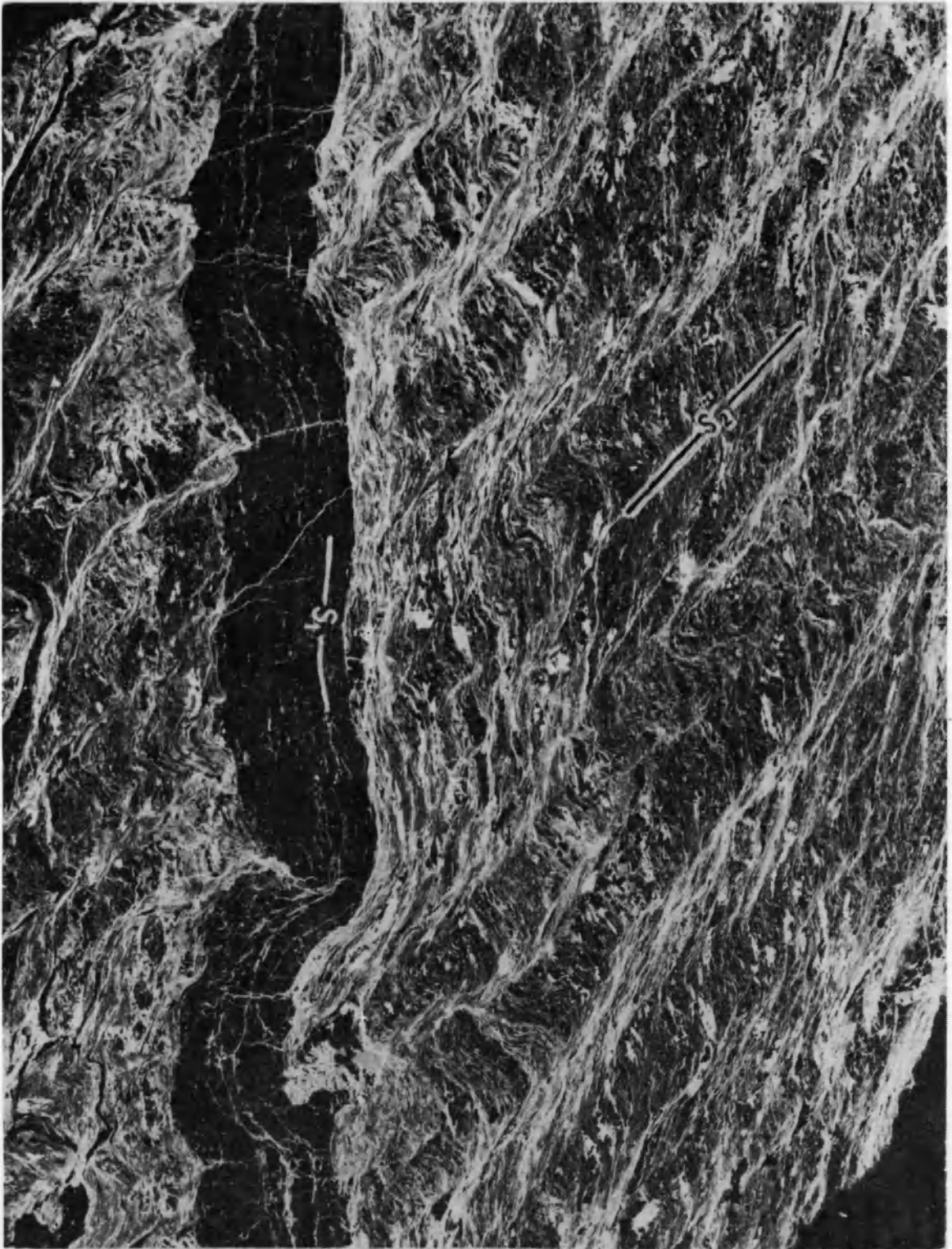


Elżbieta DZIEMIAŃCZUK, Krzysztof DZIEMIAŃCZUK – Geneza dyspersji lineacji L_2 w łupkach łuszczkowych zachodniej części Pasma Kamienickiego
On the origin of L_2 lineation in mica schists of western part of the Kamienica Belt (the Isera Block)

PLANSZA VII – PLATE VII

Lamina kwarcowa (ciemna) generalnie zgodna z foliacją S_1 , zafaldowana z otaczającym łupkiem w ten sposób, że tworzy fałdy o znacznie większej długości fali niż krenulacje w materiale niekompetentnym. Gierczyn. Powiększenie 20 ×. Negatyw płytki cienkiej

Quartz lamina (dark), generally parallel with S_1 foliation, brought together with surrounding schists into folds having greater wavelength than that of crenulations within incompetent material. Gierczyn. ×20. Negative print



Elżbieta DZIEMIAŃCZUK, Krzysztof DZIEMIAŃCZUK – Geneza dyspersji lineacji L_2 w łupkach lyszczkowych zachodniej części Pasma Kamienickiego
On the origin of L_2 lineation in mica schists of western part of the Kamienica Belt (the Isera Block)

PLANSZA VIII – PLATE VIII

1. Znikanie foliacji krystalizacyjnej S_1 w procesie krenulacji. Foliacja S_1 , wyraźnie widoczna w lewym dolnym rogu, zanika zatarta kłiważem krenulacyjnym S_2 w prawej części zdjęcia. Czerniawa-Ulicko. Powiększenie 1,5 ×
Disappearance of S_1 cristallization foliation due to crenulation. S_1 foliation dominating in bottom left is obliterated by S_2 crenulation cleavage (right side). Czerniawa-Ulicko. $\times 1.5$
2. Fałdy symilarne F_2 w łupku łyszczykowo-chlorytowo-kwarcowym. Synformy rozwinięte w klasie 1A, antyformy – w klasie 2 (wg Ramsaya 1967). Kamieniołom w Krobicy. Wielkość naturalna
 F_2 similar folds in mica-chlorite-quartzitic schist. Synforms in the class A1, antyforms developed in the class 2. Sample from quarry in Krobica. Natural size



1



2

Elżbieta DZIEMIANCZUK, Krzysztof DZIEMIANCZUK – Geneza dyspersji lineacji L_2 w łupkach tyczkowych zachodniej części Pasma Kamiennickiego
On the origin of L_2 lineation in mica schists of western part of the Kamiennica Belt (the Isera Block)

PLANSZA IX – PLATE IX

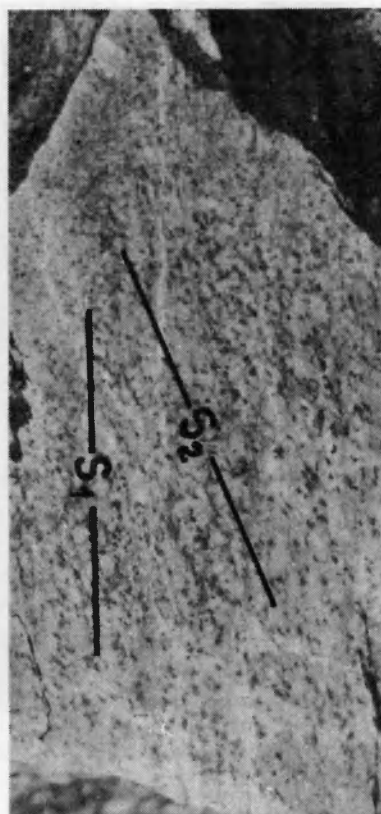
1. Powierzchnie S_1 zafaldowane w fałdy symilarne F_2 powstałe w procesie ścinania. Krobica. Powiększenie $5\times$. Negatyw płytki cienkiej
 S_1 planes folded into F_2 similar folds formed during shearing phenomenon. Krobica. $\times 5$. Negative print
2. Faldowanie dysharmonijne w łupku łuszczykowo-chlorytowo-kwarcowym. Laski. Wielkość naturalna
Disharmonic folds in mica-chlorite-quartzitic schist. Laski. Natural size
3. Dwie foliacje krystalizacyjne w łupkach łuszczykowych z porfiroblastami biotyту. Laski. Wielkość naturalna
Two cristallization foliations in mica schists having porfiroblastic biotite. Laski. Natural size



1



2



3

Elżbieta DZIEMIAŃCZUK, Krzysztof DZIEMIAŃCZUK – Geneza dyspersji lineacji L_2 w łupkach łyszczkowych zachodniej części Pasma Kamiennickiego
On the origin of L_2 lineation in mica schists of western part of the Kamiennica Belt (the Isera Block)

PLANSZA X – PLATE X

Mikrofaldy krenulacyjne F_2 i kłiważ krenulacyjny S_2 w łupkach łyszczykowo-chlorytowo-kwarcowych. W obrębie szczególnie szerokich stref kłiważu rozwinięte są faldy załomowe trzeciego etapu deformacji. Przecznicą. Powiększenie $15\times$. Negatyw płytki cienkiej.

F_2 crenulation microfolds and S_2 crenulation cleavage in mica-chlorite-quartzitic schists. Within especially wide cleavage zones F_3 kink bands are developed. Przecznicą. $\times 15$. Negative print



Elżbieta DZIEMIAŃCZUK, Krzysztof DZIEMIAŃCZUK – Geneza dyspersji lineacji L_2 w łupkach łuszczkowych zachodniej części Pasma Kamienickiego

On the origin of L_2 lineation in mica schists of western part of the Kamienica Belt (the Isera Block)