

WOJCIECH GROCHOLSKI\*

## MEZOSTRUKTURY OBSZARU GNEJSÓW SOWIOGÓRSKICH NA PRZEDGÓRZU SUDECKIM

(8 fig.)

### *Mesostructures of the Sowie Góry gneisses in the Foreland of the Sudetes Mts.*

(8 Figs.)

**Treść:** Praca jest syntetycznym omówieniem badań drobnych struktur gnejsów sowiogórskich występujących na przedpolu Sudetów. Przedstawiono zebrane materiały statystyczne oraz interpretację geometryczno-kinetyczną w oparciu o ważniejsze obserwacje zjawisk tektonicznych z nawiązaniem do analogicznych badań w Górach Sowich i innych regionach sudeckich. Wykazano następstwo czasowe co najmniej czterech faz deformacji i rekrytalizacji gnejsów (systemy B<sub>0</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>) związanych z różnymi okresami ruchów tektonicznych od prekambru po trzeciorzęd.

#### WPROWADZENIE I OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

Publikacja niniejsza jest sprawozdaniem z badań strukturalnych przeprowadzonych w latach 1965—1967 w rejonie przedgórskiej części występowania starokrystalicznej formacji sowiogórskiej. Prace te były kontynuacją studiów strukturalnych prowadzonych w obrębie jednostki sowiogórskiej od roku 1956.

Celem badań było metodycznie jednolite opracowanie całego obszaru wymienionej formacji skał krystalicznych ze zwróceniem szczególnej uwagi na mezostруктуры i sprawdzenie wniosków tektonicznych z regionu Gór Sowich na podstawie podobieństw i różnic w rozwoju drobnych struktur między górską a przedgórską częścią obszaru gnejsów sowiogórskich.

Monograficzne opracowanie tektoniki Gór Sowich i wstępne wyniki badań wykonanych w zachodniej części jednostki sowiogórskiej na Przedgórzu przedstawiono w odrębnych publikacjach (W. Grocholski, 1967 a, b).

Wdzięczny jestem Władzom Uczelni i Kierownictwu Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego za środki finansowe i wyposażenie, które pozwoliły na przeprowadzenie niezbędnych obserwacji terenowych. Czuję się również w miłym dla mnie obowiązku podziękować serdecznie drowi Zenonowi Gajewskiemu z Warszawy i drowi Alfredowi Majerowiczowi z Wrocławia oraz bratu mojemu Andrzejowi za życzliwe przedyskutowanie niektórych problemów geologicznych i udostępnienie swoich materiałów naukowych dotyczących rejonu badań wraz z obszarami sąsiednimi.

Adres: Doc. Dr Wojciech Grocholski, Kat. Geologii UAU, ul. Grunwaldzka 6, Poznań.

Jak wiadomo, migmatytyczne gnejsy sowiogórskie oraz towarzyszące im skały metamorficzne tworzą najstarszy prekambryjski element Sudeków Środkowych i ich północno-wschodniego przedpola. W ujęciu kartograficznym jednostka ta ma zarys trójkąta. Bok północny tego trójkąta o przebiegu równoleżnikowym stanowi granicę gnejsów z różnymi jednostkami strukturalnymi. Na zachodzie gnejsy graniczą wzdłuż uskoku z depresją Świebodzię; na odcinku środkowym, na południe od Świdnicy pod kenozoicznymi osadami rynnny przedsudeckiej prawdopodobnie z granitem strzegomskim i skałami metamorficznymi jego osłony, a w części wschodniej z serpentynitami Wzgórz Kiełczyńskich (461 m n.p.m.) i Oleszeńskich (369 m n.p.m.) na południe od góry Słęzy (718 m n.p.m. — fig. 1).

Wschodni bok trójkąta gnejsowego przebiega prawie południkowo NNE-SSW w sąsiedztwie z mylonityczną strefą Niemczy od Wzgórz Łagiewnickich (ok. 200 m n.p.m.) po serpentynity Grochowskiej Góry (425 m n.p.m.) na SW od Ząbkowic. Południowo-zachodnią granicę obszaru badań wyznacza sudecki uskok brzeżny przecinający gnejsy sowiogórskie na dwie części — górską i przedgórską. Poza tymi granicami niewielki płat gnejsów sowiogórskich został nawiercony pod utworami kenozoicznymi na serpentynitach Wzgórz Kiełczyńskich (Z. G a j e w s k i, 1967), a inny izolowany fragment migmatytów sowiogórskich odsłania się częściowo w strefie łupków krystalicznych i granitoidów koło Przerzeczyna Zdroju — na południe od Niemczy (fig. 2). Skały typu mylonitycznych gnejsów biotytowych nawierconych w pobliżu serpentynitów Szklar wymienia J. N i ś k i e w i c z (1967 a, b).

W trzeciorzędzie obszar przedgórski gnejsów migmatytycznych został obniżony o około 450 m względem Gór Sowich. W morfologii zaznacza się wyraźna krawędź biegnąca wzdłuż sudeckiego uskoku brzeżnego. Gnejsy sowiogórskie zajmują na Przedgórzu Sudeckim powierzchnię około 400 km<sup>2</sup> urozmaiconą pod względem morfologicznym (fig. 1). Na południe od Równiny Świdnickiej widzimy niewielkie Wzgórz Krzczonowskie (275) i znaczny obszar Kotliny Dzierżoniowskiej. Kotlinę tę osłaniają od zachodu Góry Sowie, a na wschodzie Wzgórz Krzyżowe (407 m n.p.m.). Wzgórz te zwane są w swej części zachodniej również Wzgórzami Dzierżoniowskimi, a w części południowej „Górami Gilowskimi”. Na południe od kotliny Dzierżoniowskiej przebiegają Wzgórz Bielawskie i Ostroszowickie (478 m n.p.m.) sięgające na południowym-wschodzie po Kotlinę Ząbkowicko-Kamieniecką. Na wschód od wspomnianych Wzgórz Krzyżowych znajdują się dwie niewielkie kotliny Ligocka, a na południe od niej Kotlina Gilowska, oddzielająca Wzgórz Krzyżowe od Wzgórz Gumińskich na wschodniej rubieży gnejsów sowiogórskich. Między Kotliną Ligocką i Wzgórzami Łagiewnickimi na północy a Wzgórzami Krzyżowymi i Gumińskimi na południu zarysowuje się wyraźna krawędź morfologiczna Wzgórz Niemczańskich biegnąca dalej na wschód (L. P e r n a r o w s k i, 1963). Według tegoż autora sieć wodna opisywanego rejonu założona została w neogenie. Teren odwadniany jest w części zachodniej przez rzekę Piławę i jej dopływy. Rzeka ta przepływa przez Piławę i Dzierżoniów wpadając koło Świdnicy do Bystrzycy. Wzgórz Krzyżowe tworzą dział wód między zlewiskami Piławy i rzeki Słęzy płynącej na wschodzie przez Niemcę. Wzgórz Ostroszowickie rozdzielają dopływy Piławy od potoków należących do systemu wodnego Nysy Kłodzkiej na południu.

Cała powierzchnia zbadanego obszaru przedgórskiego gnejsów sowiogórskich wynosi nieco ponad 400 km<sup>2</sup>, jednak 5/8 tej powierzchni przykry-

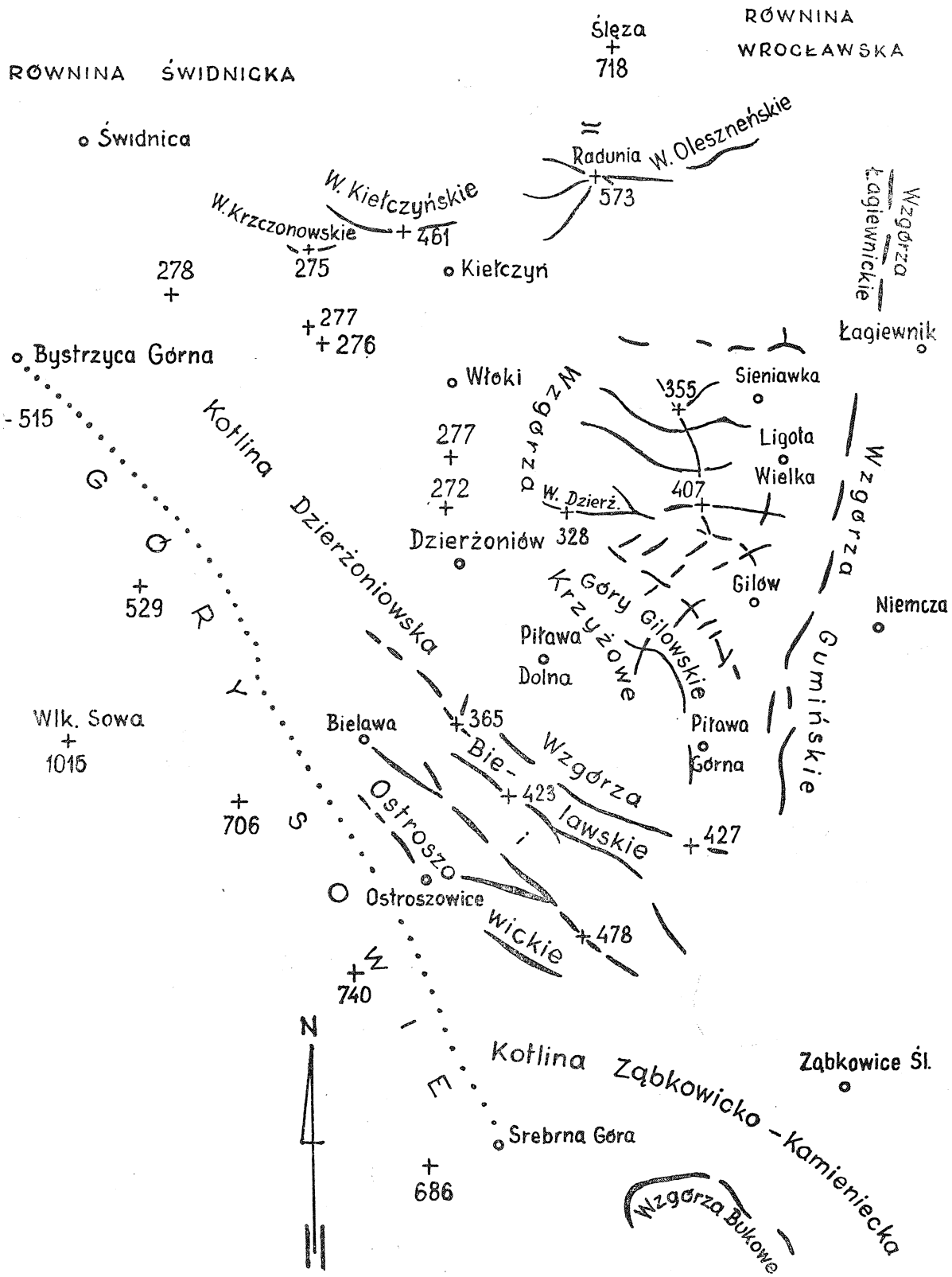


Fig. 1. Szkic orograficzny Przedgórze Sudeckiego na północny wschód od Gór Sowich. Kropkami oznaczono przebieg krawędzi morfologicznej Sudetów na odcinku Gór Sowich

Fig. 1. Orographic sketch-map of the foreland of Sudetes Mts. north-east of the Sowie Góry Range. The morphologic edge of the Sudetes on the Sowie Góry Range section is marked by dots

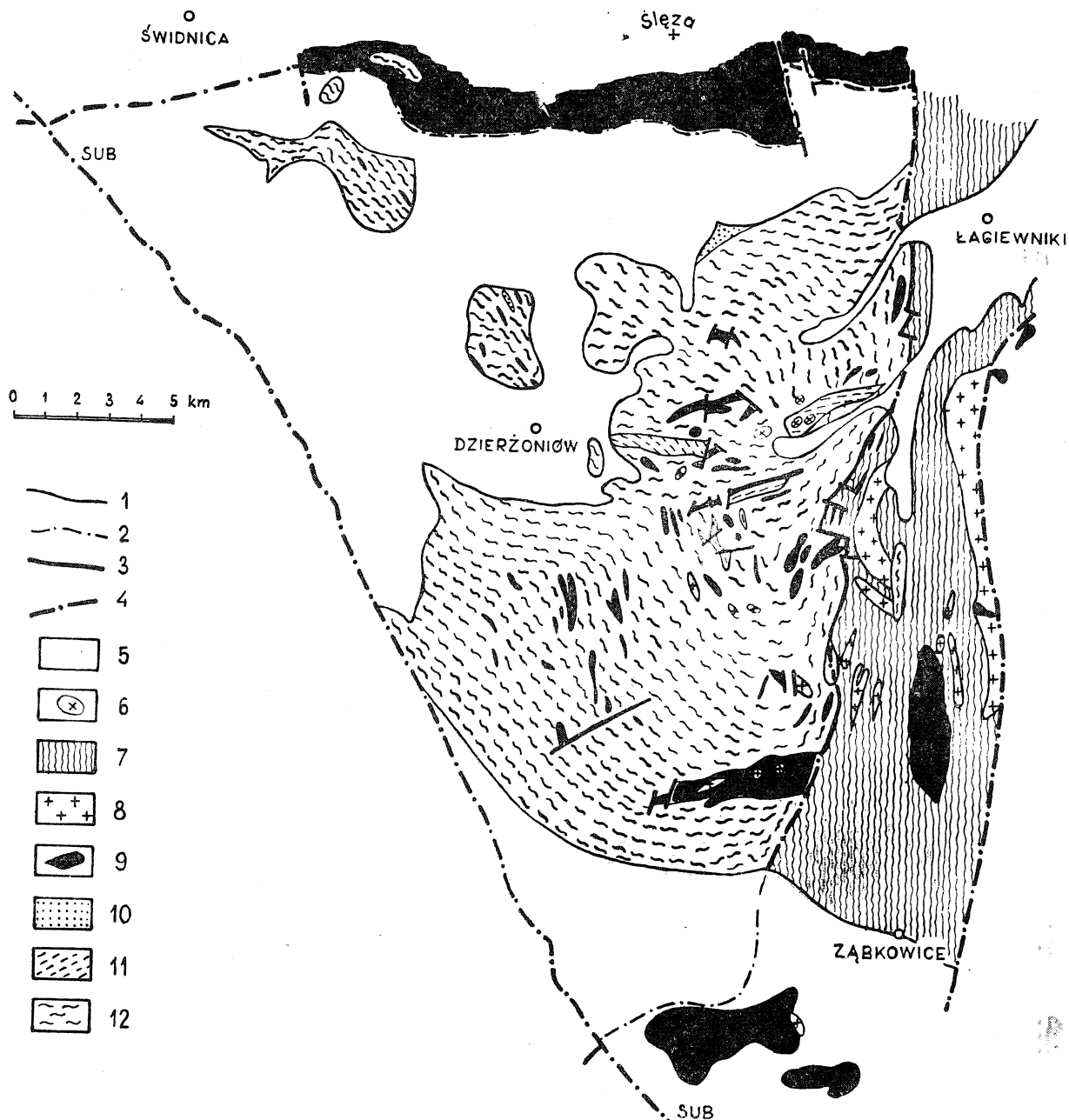


Fig. 2. Szkic geologiczny obszaru gnejsów sowiogórskich na Przedgórzu Sudeckim. Zestawiono na podstawie Geologicznej mapy Dolnego Śląska 1 : 200 000 pod redakcją L. Sawickiego, 1967; materiałów Z. Gajewskiego, 1967, dla północnej granicy gnejsów; niektórych danych dotyczących rozprzestrzenienia neogenu wg L. Pernarowskiego, 1963, i obserwacji własnych: 1 — granice wydziałów litologicznych i stratygraficznych; 2 — granice wydziałów geologicznych pod trzeciorzędem i czwartorzędem; 3 — uskoki stwierdzone; 4 — dyslokacje pod osadami kenozoicznymi; 5 — neogen; 6 — bazalty trzeciorzędowe; 7 — łupki metamorficzne strefy Niemczy; 8 — granitoidy waryscyjskie („sienity” strefy Niemczy); 9 — metabazyty (serpentymity, amfibolity, metagabro, hiperyty); 10 — granulity; 11 — granitognejsy; 12 — paragnejsy i gnejsy migmatytyczne; SUB — sudecki uskoczek brzożny

Fig. 2. Geological sketch of the area of occurrence of the Sowie Góry gneisses in the foreland of Sudetes Mts. After L. Sawicki, 1967; Z. Gajewski, 1967; and L. Pernarowski, 1963; supplemented by observations of the present author: 1 — boundaries of lithologic and stratigraphic divisions; 2 — boundaries of geologic divisions under Tertiary and Quaternary cover; 3 — faults; 4 — faults under Cainozoic cover; 5 — Neogene; 6 — Tertiary basalts; 7 — schists of the Niemcza zone; 8 — Variscan granitoids („sienites” of the Niemcza zone); 9 — metabasites (serpentinites, amphibolites, metagabbro, hyperites); 10 — granulites; 11 — gneissic granite; 12 — paragneisses and migmatitic gneisses; SUB — Marginal fault of the Sudetes Mts

ta jest osadami neogenu i czwartorzędu osiagającymi w kotlinach i tak zwanej rynn timeredsudeckier łączną miąższość do 200 m.

W obrębie wymienionych poprzednio wzgórz i w przełomowych odcinkach potoków Łagiewnickiego, Ligockiego i Gilowskiego zarejestrowano i opisano ponad 250 odsłoneń skał metamorficznych. Sieć obserwacji jest tu więc rzadsza i mniej równomierna aniżeli w lepiej odsłoniętych Górach Sowich.

#### PODZIAŁ OBSZARU BADAŃ NA PODREJONY \*

Teren badań podzieliłem na podstawie danych fizjograficznych i przeglądowych obserwacji mezostuktur na cztery podrejony: I — obszar północno-zachodni wyspowo ukazujących się spod osadów kenozoicznych skał formacji starokrystalicznej obejmujący odsłonecia na NE od rzeki Piławy między Dzierżoniowem a Wzgórzami Krzczonowskimi na arkuszu Przenno i kamieniołami we Włókach na północ od Dzierżoniowa; II — podrejon południowy Wzgórz Ostroszowickich i Bielawskich; III — Wzgórze Krzyżowe wraz z zachodnią częścią Kotliny Ligockiej i Gilowskiej oraz IV graniczny obszar wschodni, czyli Wzgórze Gumińskie i wystąpienia gnejsów migmatyticznych koło Przerzeczyzna Zdroju.

W wymienionych podrejonach formacja starokrystaliczna reprezentowana jest przede wszystkim przez gnejsy migmatyticzne, którym towarzyszą w zmiennych proporcjach gnejsy lepidoblastyczne, drobnoziarniste. Te dwie odmiany gnejsów oligoklazowo-biotytowych uzupełniają w rejonach na wschód od Dzierżoniowa gnejsy słojuowe, gruboziarniste, miejscami oczkowe, w których pojawiają się jasne łyszczyki i nieco większe ilości skaleni potasowych. Gnejsy te wydzielono na załączonym szkicu geologicznym (fig. 2) jako granitognejsy. Występowanie paragnejsów i migmatytów fibrolitowych związane jest głównie z rejonem południowym (II). W części południowo-wschodniej Wzgórz Ostroszowickich i południowej partii Wzgórz Gilowskich (III), a miejscami również w podrejonie wyspowym (I) pojawiają się gnejsy migmatyticzne o teksturach homofanicznych. W obszarze północnym (podrejony I i III) napotykamy niewielkie wystąpienia granulitów i gnejsów z granatami. Na całym zbadanym obszarze gnejsowym notowano stosunkowo nieliczne, drobne fragmenty skał wapienno-krzemianowych. Do starokrystalicznej formacji należą metabazyty: zaangażowane tektonicznie serpentynity i amfibolity oraz hiperyty. Należą one do kilku generacji. W części północno-zachodniej (I) pojawiają się aplity i apofizy granitu waryscyjskiego, w obszarach wschodnich zaś i w strefie Niemczy granitoidy podobnego wieku reprezentowane przez granodiority, granosienity, porfiryty itp. (H. Dziedzicowa, 1961 i 1963). Na pograniczu Wzgórz Krzyżowych, Kotliny Gilowskiej i Wzgórz Gumińskich (III i IV) znajdują się opisywane przez Z. Śliwę (1967) kamieniołomy trzeciorzędowych bazaltów (fig. 1).

#### UWAGI METODYCZNE

Sowiogórskie gnejsy migmatyticzne Przedgórze Sudeckiego nie były przed rokiem 1965 przedmiotem systematycznych badań strukturalnych.

\* W obszarze gnejsów sowiogórskich wyróżnia się dwa rejony 1 — górski i 2 — przedgórski, które z kolei dzielę na mniejsze podrejony.

Skąpe wnioski dotyczące stosunków przestrzennych skał tej formacji wysnuwane były na podstawie intersekcji i pomiarów foliacji. Jak podkreśla L. F i n c k h (1924), dane te ze względu na częstą zmienność biegu i upadu gnejsów nie wyjaśniają pierwotnej budowy geologicznej rejonu. Zastosowanie metody mezostuktur (struktur mezoskopowych, drobnych struktur) dało dobre wyniki w analizie tektonicznej Gór Sowich i dlatego posłużono się nią również do badań skał krystalicznych na Przedgórzu Sudeckim.

Jak wiadomo, struktury i tekstury skał rozpatrywane w tej skali dostępne są bezpośrednim obserwacjom i pomiarom w niewielkich nawet odsłonięciach. W obrębie odsłonięcia bada się drobne struktury planarne — tworzące powierzchnie ( $s$ ) i struktury linijne ( $b$ ). Struktury tworzące powierzchnie i określone przez współrzędne  $ab$  oraz struktury linijne równoległe do osi  $a$  albo  $b$  są zazwyczaj odzwierciedleniem wzrostu minerałów skałotwórczych. Jeśli wzrost ten odbywa się w określonym polu naprężeń, to minerały o pokroju blaszkowym albo tabliczkowym np. łyszczyki rozwijają się, „rosną” w kierunkach najmniejszego nacisku, a więc prostopadle do największego ciśnienia kierunkowego skierowanego równoległe do osi  $c$ . Naruszenie równowagi termodynamicznej i zmiany pola naprężeń mogą doprowadzić do procesów rekrytalizacyjnych. Młodsze generacje np. plagioklazów, kwarcu i biotytów mogą być inaczej zorientowane przestrzennie od minerałów starszej generacji. W pierwszym wypadku mamy do czynienia z rozwojem foliacji  $s_2$ , a w drugim z foliacją młodszą  $s_3$ .

Do struktur i tekstur linijnych należy elongacja, czyli wydłużenie ziarn albo agregatów mineralnych, otoczków, oolitów, a nawet szczątków organicznych. Zalicza się tu również linijne ułożenie minerałów blaszkowych, np. łyszczyków, lub słupkowych, np. amfiboli w amfibolitach. Wymienione struktury linijne powstają w wyniku wtórnego plastycznego „płynięcia” skał w określonych warunkach termodynamicznych. Kierunkowość uzależniona jest i określona koordynatami pola naprężeń zmieniającego się w czasie i przestrzeni. Innym rodzajem lineacji, lecz mogącym być geometrycznie i czasowo związanym z poprzednio wymienioną lineacją są tekstury linijne, które powstawały w wyniku rotacji wokół określonych osi zginania ( $a$  lub  $b$ ). Należą tu osi fałdów, fleksur, zmarszczkowania (gufrażu), niektóre struktury pręcikowe. Jeszcze inny rodzaj lineacji ( $b_s$ ) przedstawiają krawędzie przecinania się powierzchni stratyfikacji ( $s_1$ ), foliacji ( $s_2$ ), ścinania ( $s_3$ ) itp. Są one zazwyczaj równoległe do osi  $b$ . Następnym genetycznym typem lineacji są rysy ślizgowe. Wskazują one kierunek przemieszczania się skał względem siebie określając tak zwany „kierunek transportu tektonicznego” będący zazwyczaj równoległy do współrzędnej  $a$ . Przy czym ta „oś  $a_n$ ” nie musi wiekowo odpowiadać osi  $b_1$  albo  $b_2$ . Lineacja  $b$  jest najczęściej równoległa do osi systemu fałdowego  $B$ , a prostopadła do kierunku transportu tektonicznego „ $a$ ”. E. C l o o s (1946) wymienia ponadto lineację będącą wynikiem wzrostu minerałów słupkowych, tabliczkowych albo blaszkowych zorientowanych w skale równoległe. Taki wzrost kryształów albo naśladuje starsze, istniejące już w czasie wzrostu kierunki strukturalne, albo odbywa się w kierunku najmniejszych ciśnień (prostopadle do maksymalnego ciśnienia kierunkowego).

Do struktur mezoskopowych zaliczane są również budiny powstające na skrzydłach fałdów utworzonych z warstw skalnych o różnej plastyczności. W czasie ruchów fałdowych mniej plastyczne skały mogą ulec

rozerwaniu w formie łudin, których dłuższe osie są w przybliżeniu równoległe do osi fałdów. Do struktur tektonicznych mezoskopowych należy także zwane kliny tektoniczne — wedges i struktury teleskopowe opisywane przez E. Cloosa (1961).

Zbierając materiały potrzebne do analizy tektonicznej opisujemy morfologię, mierzymy wzajemne stosunki przestrzenne i badamy następstwo czasowe obserwowanych mezostruktur. Już w terenie z wzajemnego stosunku różnych typów lineacji i foliacji oraz spękań skalnych należy zorientować się, czy mamy do czynienia z lineacją *a* wskazującą kierunek transportu tektonicznego, czy z lineacją *b* równoległą do osi dużych struktur fałdowych (czyli prostopadłą do wergencji — pochylenia fałdów w kierunku przemieszczania się fałdowanych skał).

Odnotowane wyniki pomiarów elementów mezostruktur nanosimy na mapę topograficzną albo geologiczną. Należy unikać przesadnego różnicowania graficznego sygnatur drobnych struktur i zbyt wielkiego ich zagęszczenia, gdyż to utrudnia czytanie mapy. Pomiarów podobne o niewielkiej dyspersji (rozzucie kierunków) możemy uśredniać i znaczyć na mapie jednym lub kilkoma prostymi, umownymi znakami. Mając kartograficzny obraz mezostruktur zbadanego obszaru przystępujemy do wydzielenia podrejonów zróżnicowanych pod względem geometrii mezostruktur, stopnia metamorfozy, wieku skał itp. Dla tak wybranych podrejonów opracowujemy na siatkach Schmidta diagramy różnych elementów mezostrukturalnych podając lokalizację, ilość pomiarów, procentowe maksima i projekcję stereograficzną (biegunową z wskazaniem hemisfery górnej albo dolnej lub z zaznaczeniem, że chodzi o projekcję równikową).

Dla struktur tworzących powierzchnie np. foliacji albo spękań znaczymy na siatce projekcyjnej punkty przebicia prostej prostopadłej (normalnej) z hemisferą. Taka normalna przechodzi przez środek układu i jest prostopadła do odwzorowywanej powierzchni. Jeśli sięgnąć do pojęć geometrii analitycznej, to normalna ta stanowi odpowiednik wektora kierunkowego płaszczyzny i określa jednoznacznie położenie projektowanej powierzchni w przestrzeni trójwymiarowej.

Diagram punktowy zawierający co najmniej 100 albo więcej pomiarów opracowujemy wkreślając interpolacyjnie linie przedziałów procentowych celem uchwycenia maksimum głównego i maksimumów podrzędnych częstości występowania jednokierunkowych struktur wybranych (np. foliacji albo lineacji). Tak skonstruowany sferyczny diagram kumulatywny daje syntetyczny obraz geometrii i częstości występowania podobnych kierunków wybranej mezostruktury na określonym obszarze badań.

Dla rejonów nierównomiernie odsłoniętych, na których znajdują się odsłonięcia różnych rozmiarów, jak to jest zazwyczaj w praktyce, powinniśmy zwrócić uwagę, aby ilość pomiarów, np. foliacji, wykonanych w dużym kamieniołomie (100) nie zmajoryzowała pozostałych pomiarów w ilości przykładowej 50 zebranych w 10 małych wystąpieniach skalnych — odległych często od siebie. Dobrze jest tu zachować umiar i współmierność ilości najbardziej typowych i najliczniej występujących na całym obszarze mezostruktur.

Diagramy konturowe możemy interpretować w oparciu o notatki polowe i szczegółowe zdjęcie geologiczne. Jest to analiza geometryczno-kinetyczna pozwalająca w powiązaniu z danymi petrologicznymi wnioskować o rozwoju strukturalnym zbadanego obszaru, o intensywności ruchów tektonicznych, o stylu deformacji, ich natężeniu i o sukcesji odkształceń skalnych w czasie geologicznym.

## STRATYFIKACJA, LAMINACJA, FOLIACJA

Po ogólnych uwagach metodycznych niezbędnych do łatwiejszego zrozumienia dalszego toku rozumowania przejdźmy do analizy strukturalnej obszaru zbadanego w stopniu, na jaki pozwala obecne odsłonięcie terenu.

Stratyfikacja, czyli warstwowanie osadów, z których powstały skały przeobrażone formacji sowiogórskiej, miała minimalne szanse zachowania się po dzień dzisiejszy. Reliktów stratyfikacji ( $s_1$ ) możemy się domyślać tam, gdzie wśród gnejsów migmatytycznych występuje wyraźne zróżnicowanie petrograficzne skał zmetamorfizowanych. Napotkałem na Przedgórzu Sudeckim tylko dwa takie odsłonięcia (rejon II i III), w których przewarstwiały się gnejsy, amfibolity i wapienie krystaliczne z diopsydem. W pierwszym wystąpieniu na arkuszu Piława, koło Owiesna na wzgórzu 375,5 kierunek wymienionych skał warstwowanych wynosił 175/55 E do 160/45 NE. W drugim odsłonięciu położonym na arkuszu Sieniawka w lesie na południowy zachód od Gilowa przewarstwiającej się skały węglanowe i amfibolitowe wykazywały kierunek biegu i upadu warstw 110/60 NE. Należy pamiętać, iż skały tych 2 odsłonieć ulegały kilkakrotnej reorientacji, na co wskazują zróżnicowane kierunki lineacji: 140/45 — 150/30, 320/50 i 70/30.

Gnejsy sowiogórskie wykazują wyraźną, pospolitą kierunkowość w postaci równoległej foliacji lub lamin. Laminy występują w gnejsach migmatytycznych o teksturze stromatycznej (warstewkowej). Równoległe ułożenie łyseczków w skale połączone z drobnymi, ale gęstymi równoległymi spękaniem młodszymi od poprzednio wymienionych tekstur kierunkowych określamy mianem wtórnego złupkowania. Miejscami takie wtórne złupkowanie jest trudne do odróżnienia od foliacji gnejsów. Jak podkreśla M. Książkiewicz (1959, str. 592) „foliacja jest najczęściej równoległa do pierwotnego warstwowania, ale może rozwinąć się ukośnie względem niego, np. wzdłuż powierzchni kłiważu”. Laminacja występująca w migmatytach Gór Sowich rozwijała się lokalnie nawet poza planem i predyspozycją stratyfikacji czy też złupkowania, jak wykazałem to w jednej ze swoich publikacji (W. Grocholski, 1967 a, str. 191, fig. 3). Uwzględniając okoliczność migmatytyzacji gnejsów po poprzedzających ją deformacjach skał (reliktowy system  $b_0$ ) jest wielce prawdopodobne, że co najmniej część tekstur warstewkowych i związanej z nią wiekowo foliacji wykorzystwała system starszego, przedmigmatytyzacyjnego złupkowania skał, z których powstały gnejsy migmatytyczne.

Wzajemne relacje laminacji — foliacji — wtórnego złupkowania obserwowałem w jednym z zarzuconych kamieniołomów w polach na NE od Dzierżoniowa na wzgórzu 301,0 między wsią Roztocznik a osadą Kołaczów. Występuje tam laminacja gnejsów migmatytycznych ( $s_2$ ) o przebiegu 115/70 NE do 160/80 NE ścięta przez wyraźną foliację ( $s_3$ ) o biegu i upadzie 75/30 SE do 90/35 S. Pomiar ten zaznaczony jest na mapie L. Finckha (1924). Kierunki lineacji wahają się w tym odsłonięciu od 105/5 do 150/50. Wszystkie wymienione struktury przecina strefa złuznienia uskokowego, któremu towarzyszy wtórne złupkowanie spękaniowe ( $s_{4-5}$ ?) o kierunku 15/70 E. Każda z tych tekstur występująca pojedynczo w innych odsłonięciach może być potraktowana jako foliacja przy braku innych tekstur tworzących powierzchnie. Wynika stąd, że nakładające się w różnym polu sił, z różną intensywnością i w różnym czasie procesy



rekrytalizacji gnejsów dały w sumarycznym efekcie złożony i niejednolity obraz strukturalnego zróżnicowania formacji starokrystalicznej.

Przykłady powyższe przytoczyłem również po to, aby zdać sobie sprawę, że diagramy foliacji przedstawione na fig. 2 dla poszczególnych podrejonów są odzwierciedleniem strukturalnych obrazów poligenicznych. Ich dzisiejsza geometria jest również wynikiem rotacji i reorientacji starszych struktur w czasie rozwoju młodszych deformacji tektonicznych, o czym będzie jeszcze mowa w następnej części opracowania.

Na diagramach (fig. 3) zaznacza się znaczna dyspersja kierunków foliacji i laminacji w podrejonach I, II, III. Najśłabsze maksimum wystąpiło w obrębie Wzgórz Krzyżowych (III). Największą zawartość ma diagram zestawiony z pomiarów wykonanych w rejonie Wzgórz Gumińskich (IV), gdzie również zaznacza się najsilniejsze maksimum (11,2%). W podrejonie I — wyspowym — przeważa foliacja 45/35 SE wyrażona przez maksimum 6,7%. Bardzo symptomatyczne są tu mierne na ogół upady foliacji, co można częściowo tłumaczyć tym, iż pomiary wykonano w częściach apikalnych elewacji gnejsów ukazujących się wśród osadów kenozoicznych. Ponadto w gnejsach tych przeważa foliacja  $s_3$ . Nie wszystkie pomiary foliacji leżą w pasie o osi NW-SE równoległej do lineacji  $b_1$ . Niezbyt strome powierzchnie foliacji przemawiają za obecnością szerokich fałdów o łagodnie nachylonych skrzydłach.

W rejonie Wzgórz Ostroszowickich i Bielawskich (II) dominują kierunki foliacji 145/75 NE wykazujące maksimum 6,6%. Foliacja o upadzie skierowanym na SE odgrywa tu wyraźnie mniejszą rolę aniżeli w rejonach północnych. Mamy tu do czynienia z wąskimi fałdami o stromych skrzydłach i wergencji SW.

W rejonie Wzgórz Krzyżowych i obszarach przyległych (III) kierunek przeważającej ilościowo foliacji jest podobny jak w rejonie wyspowym (I), lecz maksimum jest słabsze, tylko 4,2%, a upady stronsze 40/50 SE. Podrzedne kierunki foliacji tworzą słabsze maksima — 100/60 S (4%) i 155/65 NE (2,1%).

W rejonie granicznym gnejsów ze strefą Niemczy, w obszarze Wzgórz Gumińskich (IV) maksymalna częstość występowania kierunków foliacji wynosi 30/50 SE (11,2%) do 20/70 SE (9,6%) i 20/85 NW (4,8%).

Na podstawie obserwacji terenowych, analizy diagramów foliacji i przeglądu mikroskopowego płytek cienkich możemy na zbadanym terenie wyróżnić trzy rekrytalizacje gnejsów, które doprowadziły do powstania trzech różnych nakładających się na siebie foliacji<sup>1</sup>. Pierwsza rekrytalizacja była parakinetyczna i synmigmatytyzacyjna. Spowodowała ona rozwój laminacji i foliacji ( $s_2$ ) o kierunku dominującym NW—SE. Następna, późniejsza rekrytalizacja sprzyjała powstaniu foliacji  $s_3$  o przebiegu NE—SW, zwłaszcza w części północnej (podrejon I i III). Foliacja o tym kierunku przeważa również w północno-zachodniej części gnejsów w Sudetach właściwych (W. Grocholski 1967 a). Foliacja i laminacja  $s_2$  uległa w czasie młodszej rekrytalizacji częściowemu zatarciu i reorientacji w nowym polu sił.

W płytkach cienkich migmatytów obserwujemy 2 generacje plagioklazów i 3 generacje różnie wykształconych i nie jednakowo zorientowanych biotytów wskazujące na procesy przekrytalizowania.

<sup>1</sup> Zagadnienia te poruszam w uwagach metodycznych na str. 656.

W pobliżu wschodniego brzegu gnejsów, w obrębie Wzgórz Gumińskich na poprzednie starsze kierunki foliacji nałożyły się złupkowanie i foliacja ( $s_4$ ) charakterystyczna dla strefy Niemczy o przebiegu NNE—SSW. Przykładem reorientacji laminacji ( $s_2$ ) w strefie Niemczy mogą być gnejsy migmatytyczne w izolowanym od reszty gnejsów sowiogórskich wystąpieniu koło Przerzeczyzna Zdroju, gdzie pomiary biegu i upadu wy-

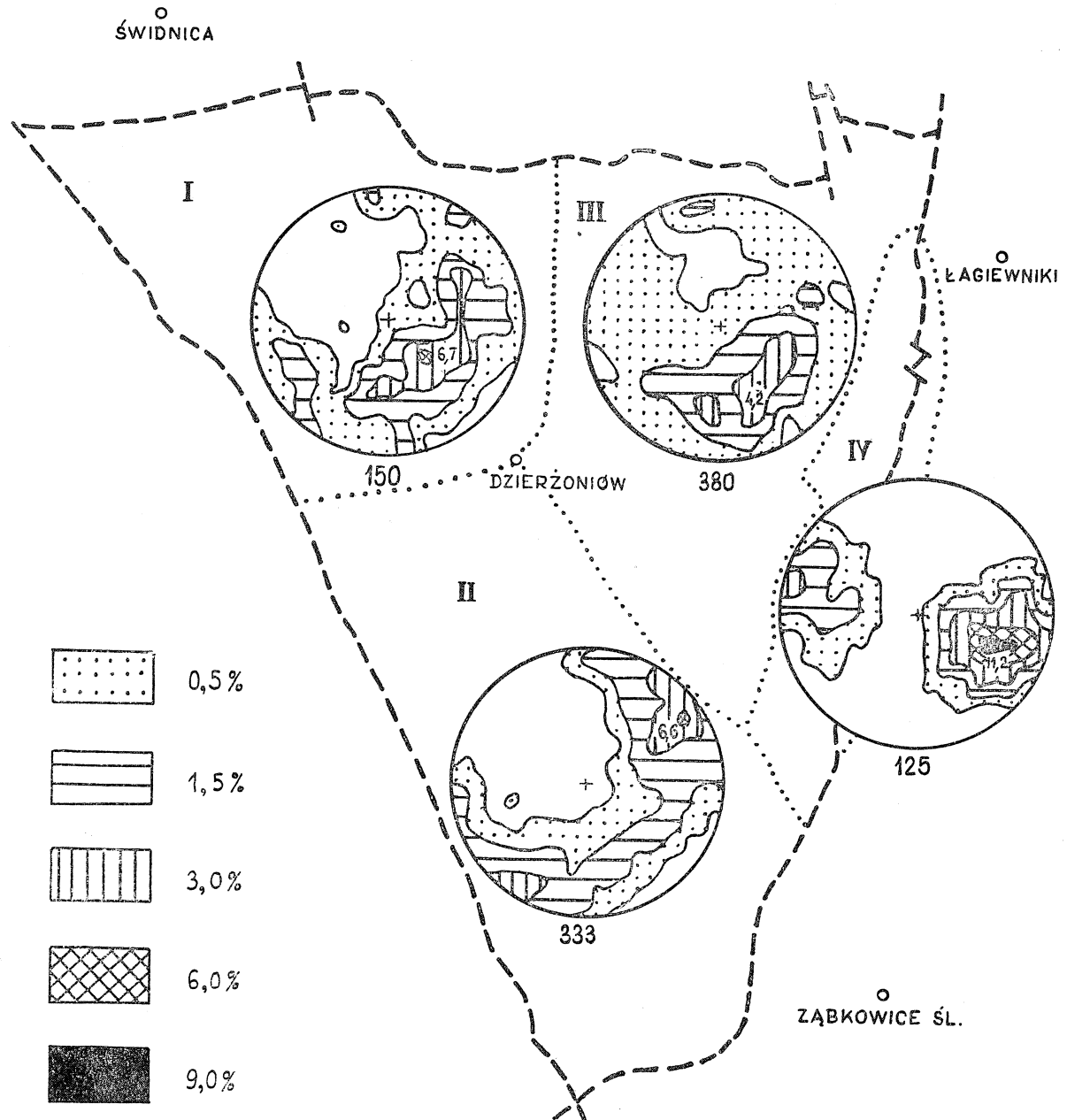


Fig. 3. Sferyczne diagramy konturowe foliacji dla czterech podrejonów obszaru gnejsów sowiogórskich na Przedgórzu Sudeckim: cyfry rzymskie oznaczają podrejon; liczby arabskie pod diagramami — ilość pomiarów z danego podrejonu; linie kropkowane — granice podrejonów; linie przerywane — zarys obszaru gnejsowego; półkula górna. Izarynty na diagramach: 0,5%, 1,5%, 3%, 6%, 9%

Fig. 3. Spherical contour diagrams of foliation for the four sub-regions of the area of occurrence of the Sowie Góry gneisses in the foreland of Sudetes Mts. The sub-regions are denoted by roman numbers; the arabic numbers below the diagrams indicate the numbers of observations. Dotted lines — boundaries of the sub-regions; dashed lines — boundaries of the area of occurrence of the gneisses. Projection on the upper hemisphere. Isolines on the diagrams: 0,5 per cent, 1,5 per cent, 3 per cent, 6 per cent, 9 per cent

konane na granicy jasnych i ciemnych warstewek (lamin) gnejsów migmatytycznych zawarte są w przedziale 340/45 W do 25/70 E.

Przedstawione dane skomplikowanych stosunków foliacji pozwolą z kolei na interpretowanie niektórych wyników pomiarów i obserwacji struktur liniowych na całym zbadanym obszarze.

#### LINEACJA

Pod względem morfologicznym lineacja gnejsów sowiogórskich i niektórych towarzyszących im skał reprezentowana jest przede wszystkim przez osie drobnych fałdów obserwowanych głównie w migmatytach. Fałdy takie powstawały przez zginanie albo wleczenie (ciągnięcie) warstw na skrzydłach większych struktur fałdowych. Fałdy zygzakowate ze ścięcia (chevron folds) występują rzadko i raczej w północnej części obszaru. Mają one na ogół przebieg NE—SW. Bardzo pospolita na obszarze przedgórskim gnejsów jest lineacja powstała przez linijskie ułożenie blaszek biotytów w gnejsach i migmatytach oraz amfiboli w amfibolitach, diopsydów w niektórych wapieniach krystalicznych, a granatów w granulitach. W łupkach metamorficznych zachodniego brzegu strefy Niemczy obserwuje się bardzo drobną i delikatną lineację charakterystyczną dla filitów i fyllonitów oraz wyraźne relikty lineacji gnejsów z okresu ich synkinematycznej migmatytyzacji. W rejonie Bielawy i Ostroszowic obserwuje się dość często wyraźną, równoległą lineację powstałą przez kierunkową elongację ziarna mineralnego. Występują tu drobnoziarniste gnejsy fibrolitowe o teksturach zbliżonych do pręcikowych. Wyraźne wydłużenie wykazują fragmenty wapienno-krzemianowych skał w gnejsach okolicy Włók (rejon I) i Grodziszczka w rejonie II. Miejscami, zwłaszcza w obrębie budin amfibolitowych, obserwuje się lineację ( $b_s$ ) powstałą z przecięcia powierzchni ścięcia. Jeden z tych systemów lineacji starszej ( $b_{s1}$ ) przebiega w kierunku NW—SE, a drugi młodszy i wyraźniejszy daje kierunki prostopadłe do poprzedniego SW—NE ( $b_{s2}$ ). Lokalnie występuje tego typu lineacja o przebiegu prawie południkowym w strefach najmłodszego ścięcia.

W obrębie pojawiania się migmatytów i granitognejsów o teksturach lentikularnych (oczkowych) osie soczewkowatych agregatów skaleniowych i skaleniowo-kwarcowych grupują się w drugim (SE) kwadrancie diagramów. Tekstury te powstawały często przez rozerwanie lamin. Gnejsy oczkowe są lokalnie wtórnie zafałdowane. Osie wtórnych fałdów przebiegają we wschodniej części obszaru badań prawie południkowo.

W odmianach gnejsów o znamionach kataklazy i brekcjonowania obserwuje się w peryferycznych partiach obszaru gnejsowego młode generacje skaleni, które rozwijały się na starym, silnie zaburzonym tektonicznie planie tekstur gnejsowych.

Geometryczne stosunki przebiegu lineacji ilustruje fig. 4. We wszystkich pierwszych trzech podrejonach (I, II, III) maksima częstości kierunków lineacji grupują się w drugich (SE) kwadrantach diagramów konturowych.

Najsilniejsze maksimum 12,5% obserwujemy w obszarze wyspowym (I) dla lineacji o kierunku 115/30. Bardziej zwarty i jednolity jest wykres ze stosunkowo dobrze odsłoniętego terenu Wzgórz Ostroszowickich i Bielawskich (II) pomimo nieco słabszego maksimum 10,5% dla lineacji 125/40. Jak widzimy, różnice są tu niewielkie, rzędu  $10^\circ$ . Kierunki południkowe

i kierunki NE—SW zaznaczają się w tym podrejonie słabo jako wielkości 5 rzędu.

Największe zróżnicowanie kierunków lineacji wykazuje podrejon Wzgórz Krzyżowych (III) o słabym, tylko 6,3-procentowym maksimum dla lineacji zorientowanej identycznie jak na diagramie II, to znaczy 125/40. Diagram III nawiązuje swym podobieństwem do stosunków przestrzennych lineacji w południowej części Gór Sowich, gdzie maksimum wynosi 125/30.

Porównanie podobieństw morfologicznych struktur liniowych i diagramów lineacji gnejsów migmatytycznych z Gór Sowich i ich przedpola

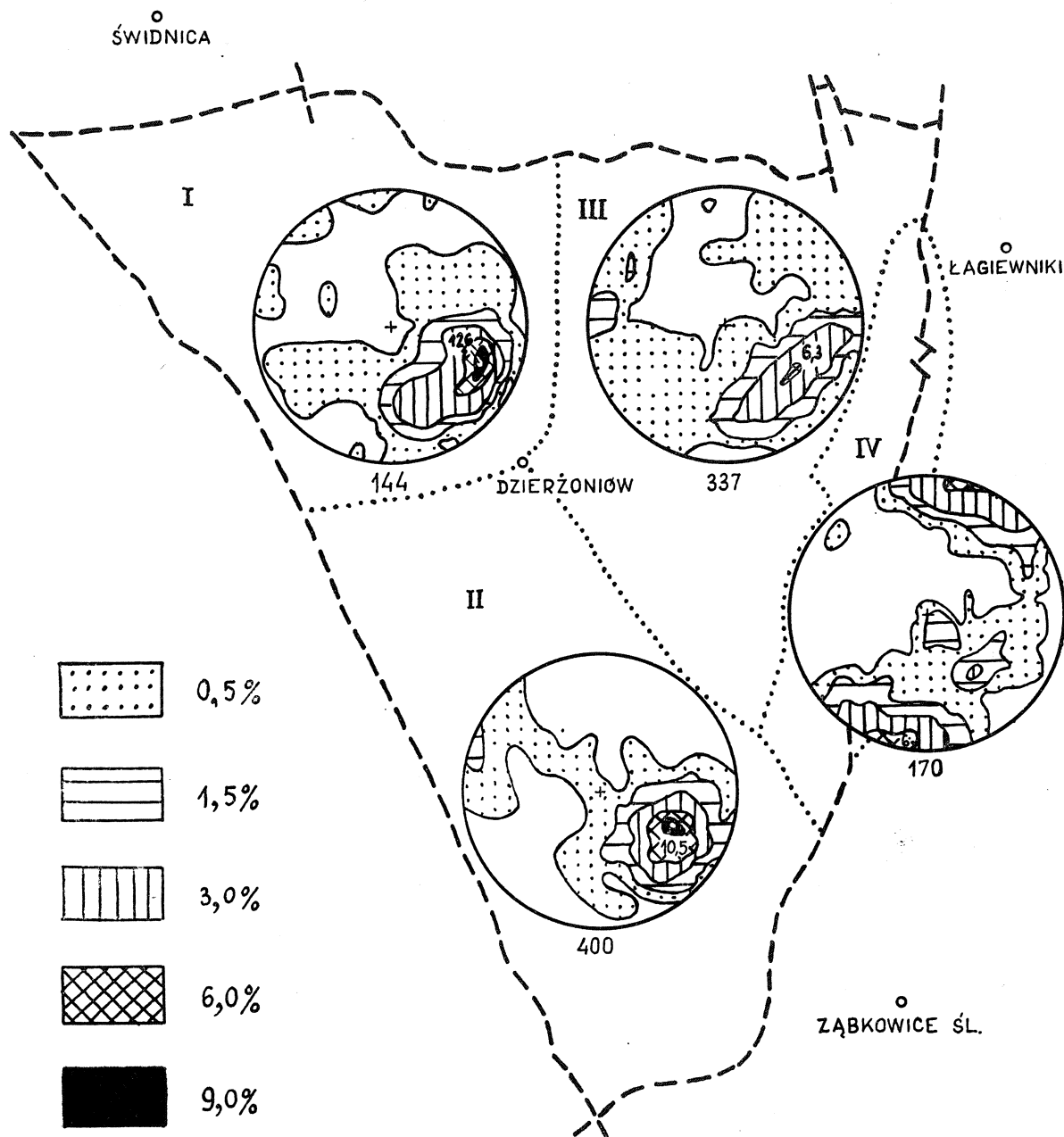


Fig. 4. Sferyczne diagramy konturowe lineacji dla czterech podrejonów obszaru gnejsów sowiogórskich na Przedgórzu Sudeckim. Projekcje na dolne hemisfery diagramów. Pozostałe objaśnienia jak na fig. 3

Fig. 4. Spherical contour diagrams of lineation in the four subregions of the area of occurrence of the Sowie Góry gneisses in the foreland of the Sudetes Mts. Projection on the lower hemisphere. For explanations see Fig. 3

wskazuje, że główne fałdowania w obrębie bloku sowiogórskiego były związane ze strukturami systemu  $B_1$  o kierunku NW—SE i wergencji fałdów SE. Analiza struktur liniowych formacji gnejsów sowiogórskich na Przedgórzu Sudeckim jest dodatkowym potwierdzeniem tez i analogicznych wyników badań przeprowadzonych w Górach Sowich (W. Grocholski, 1967 a). Jak wykazały przedstawione materiały, wniosków powyższych nie można było wysnuć na podstawie danych dotyczących tylko foliacji.

Pozostał do omówienia jeszcze diagram z pogranicznego podrejonu Wzgórz Gumińskich (IV). Zestawiony obraz przebiegu lineacji jest różny od poprzednich. Widzimy tu dwa zasadnicze kierunki wyrażone silniejszym maksimum dla lineacji 190/10 (6,6%) i 20/5 (6%), a więc prawie horyzontalnych zorientowanych w przybliżeniu południkowo — jako lineacji głównej, dominującej na tym obszarze. Słabsze, drugorzędne maksimum występuje dla lineacji o kierunku znanym z poprzednich diagramów 150/45 (3%) i 130/80 (3%). Zachowana tu reliktoowo starsza lineacja  $b_1$  o kierunku NW—SE nie tworzy na diagramie IV zwartego pola i jest wyraźnie bardziej stroma aniżeli na pozostałych wykresach lineacji.

Lineacja  $b_2$  (NE—SW) zaznacza się słabo na diagramach I, III, IV. Lineacja  $b_3$  (NNE—SSW) wyrażona jest słabiej poza rejonem Wzgórz Gumińskich, chociaż daje znać o sobie na diagramach I i III. Lineacji  $b_3$  jest prawie zupełnie brak w podrejonie II.

W strefach pojawiania się granulitów i migmatytów z granatami w rejonach północnych obserwuje się trzy rodzaje lineacji. Najstarszą zanurzającą się na N albo S pod kątami 25—60°, lineację młodszą nachyloną 30—50° na E i SE oraz lineację najmłodszą wykazującą mierne kąty zanurzenia 10—20° na NE i SW.

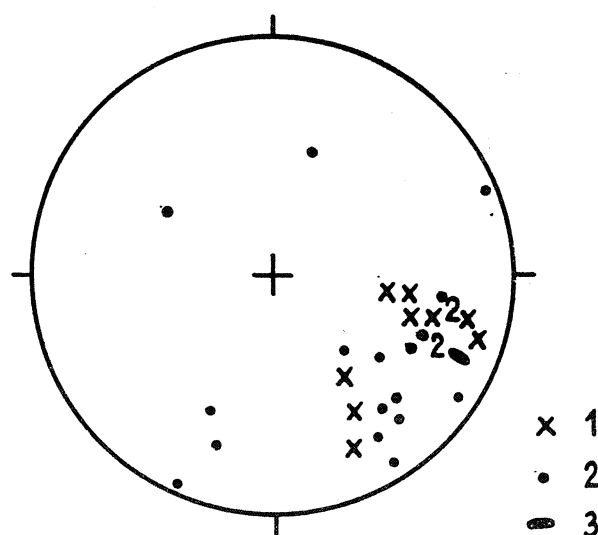


Fig. 5. Synoptyczny diagram sferyczny orientacji dłuższych osi budin z obszaru gnejsów sowiogórskich na Przedgórzu Sudeckim: 1 — skały wapienno-krzemianowe; 2 — gnejsy migmatytyczne; 3 — amfibolity. Cyfry na diagramie oznaczają ilość pomiarów powyżej 1

Fig. 5. Synoptic spherical diagram of orientation of long axes of boudins in the area of occurrence of the Sowie Góry gneisses in the foreland of the Sudetes Mts: 1 — calc-silicate rocks; 2 — migmatitic gneisses; 3 — amphibolites. The numbers of measurements are indicated on the diagram

## BUDINAŻ

Do mezostruktur liniowych zalicza się również budiny różnych skał: amfibolitów (W. Grocholski, 1967b, tabl. XVIII, fig. 2), gnejsów migmatytycznych, skał wapienno-krzemianowych. Diagram punktowy pomiarów dłuższych osi wymienionych budin przedstawia fig. 5. Na 54 pomiary 90% przypada na kwadrant SE diagramu punktowego. W jednym przypadku mamy do czynienia z budiną ustawioną pionowo. Większość pomiarów pochodzi z obszaru wyspowego (I) i Wzgórz Ostroszowickich (II). Budiny w przeważającej swej liczbie związane są z głównym fałdowaniem (system  $B_1$ ). Ich obły, soczewkowaty kształt mówi o stosunkowo wysokiej ogólnej plastyczności w warunkach synkinematycznej migmatytyzacji. W kilku wypadkach dla budin o kierunku NE—SW obserwowano kształty blokowe wskazujące na mniejszą plastyczność skał fałdowanych.

## WZAJEMNE STOSUNKI FOLIACJI I LINEACJI

Porównując diagramy foliacji i lineacji oraz maksima, jakie na nich wystąpiły, napotykamy pewne pozorne trudności w ich interpretowaniu. Zakładając przykładowo jeden akt deformacji gnejsów sowiogórskich związany czasowo z jedną fazą ruchów górotwórczych i towarzyszącą im rekrytalizacją otrzymamy dla północnej części obszaru zbadanego (podrejon I i III) taką sytuację, że maksima foliacji są prostopadłe do lineacji. Przy przyjętym założeniu hipotetycznym lineacji „ $b_1$ ” (NW—SE) należałoby interpretować jako lineację „ $a$ ” równoległą do transportu tektonicznego. Wiemy jednak, że tak nie jest. Jak wynika to z przykładu wzajemnego stosunku laminacji ( $s_2$ ) do foliacji ( $s_3$ ) podanego na str. 658 foliacja młodsza ( $s_3$ ) jest w przybliżeniu prostopadła do starszej lineacji ( $b_1$ ) i ścina laminację i foliację  $s_2$ . Foliacja  $S_3$  o kierunku NE—SW (system  $B_2$ ) powstała w młodszym okresie ruchów górotwórczych i nałożona została na struktury starsze systemu  $B_1$  o kierunku NW—SE. Nasuwa się jeszcze pytanie, dlaczego w młodszym okresie deformacji doszło w północnej części gnejsów sowiogórskich do rozwoju nowego, nałożonego i dominującego obecnie systemu foliacji  $s_3$ , a nie obserwuje się równie intensywnego występowania równowiekowej z  $s_3$  lineacji  $b_2$ ? Wytłumaczenie takiego stanu rzeczy upatrywać należy w dwóch przyczynach. Jedną przyczyną jest znany fakt, podkreślany przez L. de Sittera, że przekroje cylindryczne fałdów (w tym przypadku należące do systemu  $B_1$ ) są bardzo odporne na późniejsze odkształcenia typu plikatywnego. Te późniejsze ruchy tektoniczne w zmienionym polu sił i naprężeń spowodowały przede wszystkim rekrytalizację gnejsów, która doprowadziła do rozwoju nowego systemu foliacji ( $s_3$ ) o kierunku NE—SW, a w mniejszym stopniu do rozwoju lineacji i drobnych fałdów systemu  $B_2$ . Starszy system struktur i fałdów  $B_1$  uległ częściowej reorientacji i przemodelowaniu.

W podrejonach II i IV sytuacja wzajemnego stosunku foliacji i lineacji jest inna. Na obszarze Wzgórz Ostroszowickich (II) foliacja i lineacja są równoległe, powstały w tym samym czasie i odzwierciadlają system fałdowy  $B_1$  z okresu prekambryjskiej synkinematycznej migmatytyzacji.

W obrębie Wzgórz Gumińskich (IV) maksima foliacji i lineacji obrazują równoległy przebieg tych elementów mezostrukturalnych wskazując na ich równoczesne powstanie w czasie tych samych ruchów górotwórczych — system  $B_3$  o kierunku NNE—SSW. Jest to efekt najmłodszej

rekrytalizacji, częściowo diaforycznej związanej z ruchami waryscyjskimi w strefie Niemczy. Miejscami doszło do mylonityzacji gnejsów sowiogórskich, co podkreślał wcześniej H. Teisseyre (1956), albo adoptowania starszych mezostruktur gnejsowych w nowym układzie geometryczno-kinetycznym. Procesy mylonityzacji świadczą, że zjawiska rekrytalizacji metamorficznej zachodziły stosunkowo płytko w skorupie ziemskiej. Wymienionym procesom tektonicznym i petrologicznym towarzyszyły intruzje waryscyjskich granitoidów latekinematycznych, na co wskazuje lokalne ukierunkowanie melanokratycznych minerałów w „sienitach” Niemczy, o czym wspomina również H. Dziedzicowa (1963).

Drugą przyczyną różnej reakcji sowiogórskiej formacji starokrystalicznej na ruchy górotwórcze młodszych epok tektonicznych jest stosunek gnejsów sowiogórskich do ich krystalicznego podłoża skał simatycznych. Jeśli uwzględnimy tło danych grawimetrycznych (T. Olczak, 1951 i in.), przekonamy się, że największe anomalie dodatnie stwierdzono na wschód od góry Ślęży i nieco na północ od NE naroża gnejsów sowiogórskich. Anomalie te maleją ku południowemu zachodowi i ku zachodowi osiągając wartości zerowe na przecięciu rynnny przedsudeckiej z trzeciorzędową doliną rzeki Bystrzycy koło Świdnicy. Dzięki pracom Z. Gajewskiego (1967) wiemy, że na serpentynitach leży cienki stosunkowo płat gnejsu na północ od północnej granicy zwartego obszaru gnejsowego. To również świadczy, że miąższości gnejsów w części północnej i północno-wschodniej są niewielkie. Tektonika tych gnejsów jest zależna od tektoniki występujących głębiej skał ultrazasadowych i skał typu gabroidalnego. To położenie skał cięższych usztywnia zespół gnejsów migmatytycznych i towarzyszących im skał. W części południowo-zachodniej anomalie grawimetryczne dodatnie są stosunkowo niskie, miąższości gnejsów osiągają tysiące metrów. Gnejsy te zachowały lepiej swoje rysy strukturalne z prekambriu. Wydaje się, że najsilniej ścięte erozyjnie zostały gnejsy w północnej części przedpola, a największe ich miąższości utrzymały się w obszarze górskim, który przed trzeciorzędem był obniżony względem swego dzisiejszego przedpola północno-wschodniego. Na pograniczu obszaru północno-wschodniego i środkowego gnejsów sowiogórskich w strefie kulminacji Wzgórz Krzyżowych (406,8 m npm) zdaje się przebiegać uskok lub fleksura obniżająca skrzydło południowo-zachodnie gnejsów. Wskazują na to nie tylko anomalie grawimetryczne, ale również drobne struktury. W strefie wymienionej notowałem upady foliacji i kierunek zanurzania się lineacji skierowane na SW. Strefa ta o przebiegu NW—SE sięga po przełom potoku Łagiewnickiego przez Wzgórze Krzyżowe w rejonie występowania granulitów koło Stoszowa, gdzie obserwowałem przejawy mylonityzacji i kataklazy.

Stosunek foliacji i lineacji głównego fałdowania  $B_1$  do granic intersekcyjnych jest zgodny w części środkowej i zachodniej gnejsów przedpola sudeckiego. W obszarach brzeżnych stosunki te komplikują się i nie dają wyraźnych zbieżności, co jest związane z późniejszą przebudową tektoniczną i różnymi fazami intruzji skał żyłowych, wykorzystujących zarówno stare, jak i młodsze systemy spękań i uskoków.

#### ODKSZTAŁCENIA NIECIĄGŁE

Na załączonym diagramie konturowym (fig. 6) zestawiono obserwowane spękania skalne dla całego obszaru gnejsów na przedpolu. Uwzględniano tylko te spękania, które tworzyły w różnych odsłonięciach systemy

równoległych lub prawie równoległych powierzchni. Spękania pierzaste i wachlarzowe obserwowano lokalnie w aplitach obszaru wyspowego (I). Podobne spękania wymienia również Z. K o r a b (1952) wśród gnejsów NW części Wzgórz Krzyżowych (III).

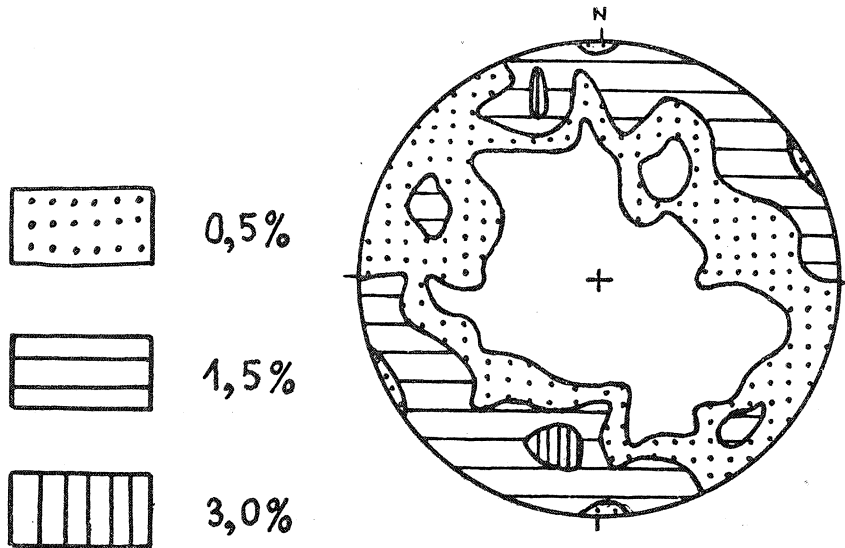


Fig. 6. Konturowy diagram sferyczny orientacji spękań skalnych na podstawie 370 pomiarów z Przedpola Sudeckiego. Półkula górna; izarytmy na diagramie 0,5%, 1,5%, 3%

Fig. 6. Spherical contour diagram of orientation of joints based upon 370 measurements. Projection on the upper hemisphere. Isolines on the diagram: 0,5 per cent, 1,5 per cent, 3 per cent

Naniesione na wykres spękania mają przeważnie charakter spękań tensyjnych i spękań ze ścinania. Najwyraźniejsze maksimum 3,5% — 100/65 SSW występuje wśród pól diagramu o podwyższonych wartościach procentowych ograniczonych izoliniami 1,5—3%. Wskazuje to na przewagę kierunków spękań NW—SE. Najintensywniej występują zatem kierunki spękań prostopadłe do najmłodszej foliacji i lineacji charakterystycznej dla wschodniego brzegu gnejsów. Następne 3% maksima wykazują spękania 70/65 NW, a w dalszej kolejności parę spękań prostopadłych do kierunków głównej prekambryjskiej lineacji  $b_1$ . Są to spękania 55/75 SE (2,2%) i 25/65 NW (1,9%).

Diagram spękań skalnych interpretować możemy jako obraz poligeniczny różnowiekowych spękań związanych z różnymi fazami rozwoju strukturalnego gnejsów na przedpolu sudeckim. Przeważająca liczba tych systemów spękań pochodzi z okresów deformacji, kiedy to gnejsy znajdowały się w płytszych poziomach intersekcyjnych. Silne ruchy waryscyjskie zaznaczyły się w bezpośrednim sąsiedztwie gnejsów sowiogórskich w depresji Świebodzic i w strefie Niemczy po wynurzeniu się obszaru gnejsowego na powierzchnię. Maksimum spękań przebiega w przybliżeniu równoległe do osi starych struktur fałdowych, które ulegały dodatkowym odkształceniom nieciągłym pod wpływem naprężeń rozwijających się w płytszych partiach skorupy ziemskiej. Przebieg powierzchni spękań nie jest jednolity dla całego obszaru gnejsowego. W północnej części Wzgórz Bielawskich (Ostroszowickich) przeważają według Z. K o r a b a (1952) kierunki spękań skalnych SW—NE, a w części środkowej tego podrejonu (II) kierunki południkowe. Natomiast w północnej



części Wzgórz Krzyżowych podaje cytowany autor dominację spękań skalnych o przebiegu NW—SE. W podrejonie II maksima spękań są prostopadłe do lineacji  $b_1$ , a w rejonie III do foliacji związanej z systemem lineacji  $b_2$ . Podobne zależności między lineacją a foliacją obserwowaliśmy również w Górach Sowich (W. Grocholski, 1964, 1967 a).

Niektóre systemy spękań, zluźnień skalnych i strefy uskoków wykorzystywane były jako drogi wędrówki roztworów hydrotermalnych i ułatwiały żyłowe procesy intruzyjne. Na obszarze zbadanym notowano kilka generacji żył kwarcowych, kwarcowo-skaleniowych, liczne pegmatyty, porfiryty, granodioryty, sienodioryty oraz żyłowe wystąpienia amfibolitów różnego wieku i pochodzenia (fig. 2 i fig. 8).

Skały żyłowe o kierunku NW—SE (17 pomiarów) przeważają w części zachodniej obszaru badań, żyły zaś o kierunku NE—SW części wschodniej gnejsów. Większość pegmatytów występujących w amfibolitach Wzgórz Gilowskich przebiega w kierunku zbliżonym do równoleżnikowego (7 pomiarów).

Z niektórych spękań i zluźnień skalnych rozwinęły się uskoki, których prześledzenie w słabo odkrytym terenie jest trudne. Kierunki przemieszczeń typu uskokowego i fleksuralnego sygnalizuje reorientacja mezostruktur i rysy ślizgowe. Rysy ślizgowe obserwowano na zluźnieniach i lustrach skalnych (fig. 7). Na 54 pomiary rys ślizgowych 16 grupuje się

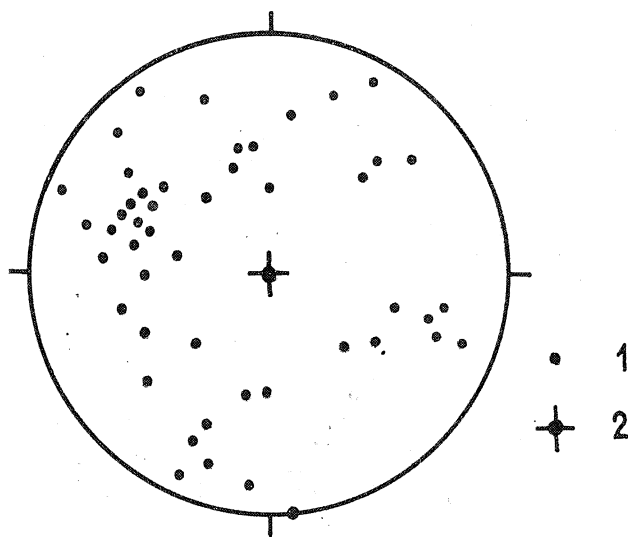


Fig. 7. Synoptyczny diagram sferyczny orientacji rys ślizgowych dla obszaru gnejsów sowiogórskich na Przedgórzu Sudeckim na podstawie 54 pomiarów. Półkula dolna.

1 — jeden pomiar, 2 — więcej niż jeden pomiar

Fig. 7. Synoptic spherical diagram of orientation of slip striae in the Sowie Góry gneisses in the foreland of Sudetes Mts, based upon 54 measurements. Projection on the lower hemisphere. 1 — one measurement, 2 — more than one measurement

w czwartym (NW) kwadrancie diagramu (30%), 7 pomiarów w SW kwadrancie, 6 w kwadrancie SE i 5 w NE części wykresu. Kierunki południkowe reprezentuje 9, a równoleżnikowe 6 pomiarów. Pionowe rysy obserwowano tylko w 5 przypadkach (9,5%). 24,5% pomiarów to rysy ślizgowe prawie poziome wskazujące na horyzontalne przemieszczenia typu uskoków listwowych. Poligeniczny obraz spękań i spaczeń starych, prekambryjskich struktur fałdowych jest zawily, gdyż powstawał w różnych fazach ruchów trudnych do umiejscowienia w czasie geologicznym. W porównaniu z obszarem Gór Sowich obserwuje się na przedpolu sudeckim

mniej uskoków pionowych i mniej uskoków listwowych. W Górach Sowich przeważają uskoki o kierunku NE—SW, a więc około 65% wszystkich pomiarów. Na Przedgórzu Sudeckim zaznacza się większa dyspersja kierunków rys ślizgowych, a dominują uskoki o przemieszczeniach skierowanych w kierunku NW—SE (41%). Zaznaczają się uchwytne różnice po obydwu stronach sudeckiego uskoku brzeźnego w obrębie tej samej formacji starokrystalicznej, co nie jest obojętne dla poszukiwań wód szczelinowych, żył kwarcowych i niektórych metali związanych ze strefami uskokowymi. Należy od razu zaznaczyć, że objawy mineralizacji kruszcowej w strefach uskokowych gnejsów przedpola sudeckiego są rzadsze aniżeli części górskiej.

UOGÓLNIENIE DANYCH ROZWOJU TEKTONICZNEGO GNEJSÓW  
SOWIOGÓRSKICH NA TLE NIEKTÓRYCH OTACZAJĄCYCH JE  
JEDNOSTEK STRUKTURALNYCH

Na podstawie analizy tektonicznej przedstawionej w tej i poprzednich pracach (W. Grocholski, 1964, 1967 a, 1967 b) dochodzimy do wniosku, że starokrystaliczna formacja sowiogórska jako element przedassynktyjski przechodziła wieloetapową ewolucję strukturalną.

Najstarszymi kierunkami tektonicznymi zachowanymi reliktoowo w strukturach sowiogórskich są starsze elementy o przebiegu południkowym ( $B_0$ ) stanowiące niekompletne odbicie ruchów górotwórczych moldanubskich lub starszych.

Te najstarsze spośród zarejestrowanych struktur fałdowych uległy wypiętrzeniu w środkowej części Gór Sowich i zasadniczej przebudowie na całym prawie obszarze jednostki sowiogórskiej w okresie synkinematycznej migmatytyzacji w prekambrze ( $B_1$ ). Jest to faza najintensywniej-

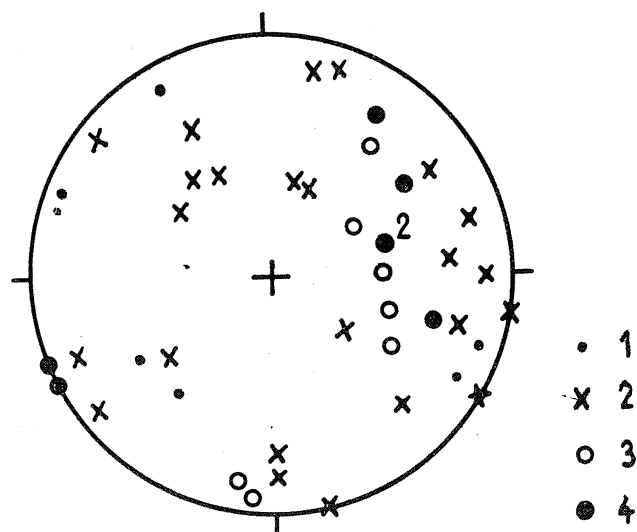


Fig. 8. Synoptyczny sferyczny przebieg skał żyłowych w obszarze gnejsów sowiogórskich na Przedgórzu Sudeckim na podstawie 46 pomiarów. Półkula górna: 1 — żyły kwarcowe; 2 — żyły pegmatytowe; 3 — żyły różnych granitoidów; 4 — żyłowe wystąpienia amfibolitów. Cyfry oznaczają liczbę pomiarów większą od 1

Fig. 8. Synoptic spherical diagram of vein rocks in the Sowie Góry gneisses in the foreland of the Sudetes Mts, based upon 46 measurements. Projection on the upper hemisphere: 1 — quartz veins; 2 — pegmatitic veins; 3 — various granitoid veins; 4 — amphibolite veins. The numbers of measurements are indicated

szych i najtrwalszych deformacji krystaliniku sowiogórskiego. Powstał wtedy system fałdów o kierunku NW—SE zanurzających się na SE o wergencji SW. Dotyczy to zarówno górskiej, jak i przedgórskiej części starokrystalicznej formacji sowiogórskiej.

Lineację o podobnym kierunku i wergencji fałdów, ale zanurzającą się zasadniczo na NW ukazuje J. O b e r c (1966 b, fig. 1 str. 64) dla obszaru wyróżnionej przez niego „gałęzi orlicko-izerskiej górotworu staroassyntyjskiego na Dolnym Śląsku”. Według cytowanego autora granice między poszczególnymi gałęziami staroassyntyjskimi znajdują się na przedłużeniu naroży trójkątnego kształtu bloku moldanubskiego Gór Sowich tworząc trzy wirgacje fałdów staroassyntyjskich.

H. T e i s s e y r e (1956) traktuje krę sowiogórską jako stary element strukturalny, do którego zarysów dostosowują się fałdy kaledońskie tworzące trzy znane wirgacje.

Przytoczone poglądy wskazują na konsolidację gnejsów sowiogórskich przed ruchami staroassyntyjskimi, a co najmniej przed orogenezą kaledońską. Wiek ruchów moldanubskich nie jest ściśle wyjaśniony. Poza ogólnym stwierdzeniem, że w obrębie bloku czeskiego i w jego otoczeniu starszymi od assyntyjskich były ruchy górotwórcze moldanubskie, nie potrafimy tych ruchów porównać wiekowo z ruchami górotwórczymi w obrębie tarczy fennoskandzkiej. Brak jest dotychczas odpowiedzi, czy główne fałdowanie gnejsów sowiogórskich należy wiązać wiekowo z orogenezą swekofenidów i karelidów, czy z którymś z dwu cykli gotydów I i II wyróżnionych przez A. P o ł k a n o w a i E. G e r l i n g a (1961) dla tarczy fennoskandzkiej. Ze względu na to, że tektogeneza gnejsów sowiogórskich rozwijała się w okresie migmatytyzacji tych skał w głębokiej strefie infrakrustalnej, może ona wiekowo nie mieścić się w cytowanym schemacie Połkanowa i Gerlinga.

Po ukształtowaniu się zasadniczej struktury systemu fałdów  $B_1$  procesy synkinematycznej migmatytyzacji lub procesy późniejsze, ale starsze od powstania fałdów systemu  $B_2$ , doprowadziły do rekrytalizacji i częściowej homogenizacji teksturalnej gnejsów zarówno w rejonie górskim, jak i przedgórskim jednostki sowiogórskiej.

Ruchy, które spowodowały powstanie foliacji i lineacji o kierunku NE—SW (system fałdów  $B_2$ ), rozwijały się głównie w północnej części gnejsów sowiogórskich o stosunkowo małej podatności na fałdowe deformacje plastyczne. Struktury systemu  $B_1$  zostały wówczas częściowo zrotowane w płaszczyźnie poziomej wokół stromej osi, a częściowo zondulowane. Towarzyszyły rozwojowi systemu  $B_2$  procesy rekrytalizacji, co wyraziło się nałożeniem na starsze struktury foliacji  $s_3$  (NE—SW) w podrejonach I i II obszaru przedgórskiego.

Kierunki lineacji NE—SW znane są z osłony metamorficznej waryscyjskiego granitu Strzegom-Sobótka (L. v. zur M ü h l e n, 1928; J. O b e r c, 1966 b). Obserwacje przeglądowe wykonane w tym rejonie wraz z A. M a j e r o w i c z e m wykazały, że upady większości zmierzonych powierzchni foliacji w różnego rodzaju łupkach metamorficznych są zazwyczaj skierowane na NE z dewiacjami na S i E, a drobna, delikatna, ale wyraźna lineacja zanurza się na NE albo SW. Nie jest tu w zado-walający sposób wyjaśniona sprawa, czy lineacja o kierunku NE—SW jest lineacją  $a$  czy  $b$ . Datowanie tej lineacji podobnej nieco pod względem morfologii i geometrii do lineacji  $b_2$  w przedgórskiej części gnejsów sowiogórskich nasuwa również wątpliwości. Według J. O b e r c a (1966 b)

struktury o kierunku NE—SW związane są genetycznie z ruchami staroassyntyjskimi w obrębie gałęzi przedsudeckiej (północnej) tego systemu fałdów. Można by się z tym zgodzić, gdyby nie powstały zastrzeżenia co do wieku skał wykazujących takie staroassyntyjskie deformacje. J. Oberc (1966 b) zalicza krystaliczne skały okrywy granitu strzegomskiego do serii proterozoicznych. Natomiast starsze szczegółowe zdjęcia geologiczne jak i przeglądowa mapa geologiczna Dolnego Śląska wydana przez Instytut Geologiczny w roku 1967 wykazuje w tym samym obszarze obecność skał staropaleozoicznych. Tak długo, dopóki nie znajdziemy dość przekonujących dowodów wieku skał metamorficznych osłony granitu strzegomskiego, nie jesteśmy w stanie ustalić z całą pewnością interwału czasu geologicznego dla ruchów tektonicznych, którym zawdzięcza swe powstanie lineacja o kierunku NE—SW w tej części Przedgórza Sudeckiego.

Podobna sytuacja istnieje w obszarze skał metamorficznych Wzgórz Strzelińskich stanowiących okrywę granitu strzelińskiego na wschód od strefy Niemczy. W metamorfikum na południe od Strzelina podaje J. Oberc (1966 a) kierunki foliacji SW—NE i lineację zanurzającą się ku NE, a więc analogicznie jak lineacja  $b_2$  w północnym obszarze gnejsów sowiogórskich. Wiek metamorficznych skał osłony granitu strzelińskiego nie jest rozwiązany w sposób zadowalający i nadal oscyluje u różnych autorów od proterozoiku do dewonu. Pociąga to oczywiście za sobą niepewność w datowaniu faz deformacji skalnych. Określanie faz deformacji skalnych ma w tej sytuacji jedynie znaczenie robocze — hipotetyczne.

Mniej kontrowersyjne są zagadnienia wieku struktur o przebiegu prawie południkowym w strefie Niemczy i wschodniej części gnejsów sowiogórskich. Udział skał karbońskich w różnorodnym, mylonitycznym zespole skał metamorficznych strefy Niemczy, pozwala przyjąć, że lineacja  $b_3$  i odpowiadająca jej foliacja zostały nałożone na starsze struktury w dobie ruchów waryscyjskich. W rejonie Wzgórz Gumińskich relikty starszych struktur liniowych  $b_1$  i słabiej wykształcony system  $b_2$  uległy częściowemu zestromieniu, miejscami zostały zatarte lub przemodelowane i włączone do waryscyjskiego planu deformacji  $B_3$ , o czym wspominałem na str. 665 z powołaniem się na publikację H. Teisseyre'a (1956).

Wpływ ruchów waryscyjskich, które doprowadziły do sfałdowania górnego dewonu w depresji Świebodzie, zaznaczył się w obrębie zachodniego wycinka północnej części gnejsów sowiogórskich stosunkowo słabo. Łupki górnego dewonu w dolinie Pełcznicy koło zamku Książ wykazują lineację 250/10. Występują tu również fałdy kompensacyjne. Osie tych fałdów mają przebieg: 90/25, 60/30, 240/10, 65/65. Lineacja zanurzająca się na SW występuje na terenach gnejsów sowiogórskich sąsiadujących z depresją Świebodzie tylko sporadycznie. Fałdów kompensacyjnych w rejonie sowiogórskim nie obserwowałem. W północno-zachodniej części gnejsów sowiogórskich, na granicy z depresją Świebodzie miały miejsce procesy kataklazy i mylonityzacji zarówno skał metamorficznych, jak i osadowych w strefach uskoku.

W całym obszarze gnejsów sowiogórskich, a zwłaszcza w jego partiach brzeżnych rozwijały się deformacje nieciągłe, takie jak system spękań, zluźnienia skalne, uskoki. Powstawały one sukcesywnie w różnych fazach ruchów górotwórczych zyskując na intensywności w miarę przemieszcza-

nia gnejsów w coraz to płytsze regiony skorupy ziemskiej. W rejonie przedgórskim gnejsów procesy te zostały osłabione w trzeciorzędzie, kiedy część górską gnejsów uległa wypiętrzeniu względem swego przedpola. Przedtrzeciorzędowe deformacje nieciągłe gnejsów sowiogórskich predysponowały kierunki intruzji granitów i żyłowych skał magmowych różnych generacji (W. Grocholski, 1964, 1967 a). Z ruchami, które spowodowały deformacje systemu  $B_1$ , związane było pojawienie się granitów sowiogórskich, pegmatytów oraz intruzji skał ultrazasadowych i gabroidalnych starszych generacji. Intruzje perydotytów, pikrytów, skał zasadowych i pegmatytów młodszej generacji wykorzystywały zazwyczaj zluźnienia skalne z okresu ruchów fałdowych młodszych ( $B_2$ ). Tylko niektóre utwory żyłowe uległy reorientacji wraz z gnejsami i włączone zostały do waryscyjskiego planu deformacji. Większe wystąpienia granitoidów strefy Niemczy wykazują kierunki zbliżone do południkowych, a mniejsze żyły tych skał położone na zachód od strefy Niemczy odwzorowują kierunki systemu fałdów  $B_1$  i prostopadle do nich przebiegające uskoki (w części południowej).

Przed neogenem erozja gnejsów sowiogórskich sięgnęła bardzo głęboko w części północno-wschodniej rejonu przedgórskiego. W miocenie limniczne osady gromadziły się na Przedgórzu Sudeckim w zagłębieniach erozyjnych i obniżeniach predysponowanych tektonicznie. Młoda rzeźba wzgórz obszaru gnejsowego wykazuje wyraźny związek z przestrzenną orientacją mezostruktur. Zależność ta jest najlepiej widoczna w przebiegu Wzgórz Ostroszowickich (Bielawskich II) ciągnących się z północnego zachodu na południowy wschód i w rejonie Wzgórz Gumińskich IV o kierunku NNE—SSW. Rozmieszczenie kulminacji Wzgórz Krzyżowych III przebiega, jak sama nazwa wskazuje, w 2 kierunkach i jest odbiciem krzyżowania się i nakładania różnych przestrzennie i wiekowo mezostruktur, których diagramy wykazują największą dyspersję.

Katedra Geologii Ogólnej  
Uniwersytetu Wrocławskiego  
Wrocław, ul. Cybulskiego 30.

#### WYKAZ LITERATURY REFERENCES

- Cloos E. (1946), Lineation, a critical review and annotated bibliography. *Geol. Soc. Amer. Mem.* 18.
- Cloos E. (1961), Bedding Slips, Wedges, and Folding in Layered Sequences. *Bull. Comm. Geol. Finlande* No 196.
- Dziedzicowa H. (1961), O wieku niektórych skał strefy dyslokacyjnej Niemczy. *Zesz. Nauk. Uniw. Wrocł. ser. B* nr 6, Warszawa—Wrocław.
- Dziedzicowa H. (1963), „Syenity” strefy Niemczy. *Arch. Miner.* 24, Warszawa.
- Finckh L. (1924), Erläut. zur Geol. Karte v. Preuss. Bl. Reichenbach.
- Gajewski Z. (1967), Występowanie i własności magnezytów z masywu serpentynitowego Gogołów — Jordanów na tle budowy geologicznej obszaru. Praca doktorska I.G. — w druku.
- Grocholski W. (1964), Drobne struktury masywu górskiego Wielkiej Sowy. Minor structures of the Wielka Sowa Massif (Sowie Mts. Sudeten). *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 34, z. 4, Kraków.
- Grocholski W. (1967 a), Tektonika Gór Sowich. Structure of the Sowie Mts. *Geol. Sudetic* 3.

- Grocholski W. (1967 b), Gnejsy sowiogórskie w świetle badań strukturalnych. The sowiogóry gneisses, in the light of structural studies. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 37, z. 3, Kraków.
- Korab Z. (1952), Spękania gnejsów sowiogórskich na przedpolu Sudetów. Praca magisterska, maszynopis. *Arch. Inst. Nauk Geol. UW*, Wrocław.
- Książkiewicz M. (1959), Geologia dynamiczna.
- Mühlen v. zur L. (1928), Die geologische Stellung des vorsudetischen Schiefergebirges und seine Beziehung zu den Granitmassiven. *Jb. Preuss. Geol. Landesanst.* Bd. 47.
- Niśkiewicz J. (1967 a), Budowa geologiczna masywu Szklar. (Dolny Śląsk). Geological structure of the Szklary Massif (Lower Silesia). *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 37, z. 3, Kraków.
- Niśkiewicz J. (1967 b), O tzw. piaszczysto-ilastych osadach trzeciorzędowych w rejonie masywu serpentynitowego „Szklary” Dolny Śląsk. On the so-called sandy-clayey Tertiary sediments associated with the serpentinite Massif of Szklary Lower Silesia. *Ibidem.*
- Oberc J. (1966 a), Geologia krystaliniku Wzgórz Strzelińskich. Geology of crystalline rocks of the Wzgórza Strzelińskie Hills, Lower Silesia. *Studia geol. pol.* 20.
- Oberc J. (1966 b), Górotwór staroassyntyjski na Dolnym Śląsku. The Early-assynthetic orogene in Lower Silesia. *Z geologii Ziemi Zachodnich.*
- Olczak T. (1951), Siła ciężkości na ziemiach polskich. *Wiad. Muzeum Ziemi* 5, z. 2.
- Pernarowski L. (1963), Morfogenezja północnej krawędzi Wzgórz Niemczańskich. Morphogenesis of the Northern Edge of the Niemcza Hills. *Acta Univ. Wratislaviensis* no. 10.
- Polkanov A. A., Gerling E. K. — Полканов А. А., Герлинг Е. К. (1961), Геохронология и геологическая эволюция балтийского щита и его складчатого обрамления. *Вопр. геохрон. и геол. докембрия* 12.
- Sawicki L. (1967), Mapa geologiczna Dolnego Śląska 1 : 200 000 I.G.
- Sitter de L. U., (1956), Structural geology.
- Sliwa Z. (1967), Własności strukturalne bazaltów Śląska. Structures in Silesian basalts. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 37, z. 3.
- Teisseyre H. (1956), Kaledonidy sudeckie i ich waryscyjska przebudowa. Sudetic Caledonides and their Variscan rebuilding. *Prz. geol.* 3.

## SUMMARY

The Sowie Góry gneisses form the oldest structural unit of the Central Sudetes Mts and of their foreland. This unit, triangular in shape is traversed by the marginal fault of the Sudetes which divides it into the mountainous part (250 sq. km) and the foreland part (400 sq. km). According to H. Teisseyre (1956) the Sowie Góry unit is surrounded by Caledonian folds, which form the three known virgations at the apices of the triangular gneiss block. According to J. Oberc (1966) the Sowie Góry gneisses formed a consolidated intramontane massif during the Early Assynthian folding. The gneisses themselves are regarded as Pre-Assynthian in age.

The Sowie Góry unit consists chiefly of migmatite gneisses, accompanied by granulites, calc-silicate rocks, paraamphibolites, hiperites, several generations of amphibolites of various origin, pegmatites and serpentinites. The melanocratic rocks are designated in general by the name of metabasites (Fig. 1). Late Paleozoic (Variscan) intrusions comprise the granitoids of the Niemcza zone, as well as the aplites and apophyses of the Strzegom-Sobótka granite massif occurring in the northern

part of the area studied. Cainozoic sedimentary rocks cover 5/8 of the area, and consist of Neogene and Quaternary rocks ranging in thickness up to 200 m.

The area of occurrence of the crystalline formation of the Sowie Góry has been divided into four sub-regions, differing in surface morphology, and to some extent also in petrology and structural characters. Gravitometric data indicate the greatest positive anomalies east of Mt. Śleża, and north of the eastern apex of the triangular gneiss block. These anomalies decrease in value towards the south-west and west reaching zero values near Świdnica. This indicates that the thickness of gneisses resting upon heavy melanocratic rocks is the smallest in the north-east part of their area of occurrence.

Traces of primary stratification ( $s_1$ ) were sporadically noted in the sub-regions II and III; the strikes and dips are: 175/55 NE; 160/45 NE; 110/60 NE.

Relations between lamination ( $s_2$ ), foliation ( $s_3$ ) and fracture cleavage ( $s_{4-5}$ ?) were observed in the sub-region III. The strikes and dip values for these structures are:  $s_2$  — 115/70 NE to 160/80 E;  $s_3$  — 75/30 SE to 90/35 S;  $s_{4-5}$  — 15/70 E.

Foliation diagrams for the four sub-regions (Fig. 2) display the following maxima of frequency of the directions: sub-region I — 45/35 SE — 6,7 per cent; sub-region II — 145/75 NE — 6,6 per cent; sub-region III — 40/50 SE — 4,2 per cent; sub-region IV — 30/50 SE — 11,2 per cent; 20/70 SE — 9,6 per cent; and 20/85 — 4,5 per cent. The sub-region I, II and III are characterized by the greatest dispersion of foliation directions. The  $s_2$  foliation with an NW—SE direction is prevailing in the sub-region II, and the foliation  $s_3$  (NE—SW) prevails in the northern sub-regions I and III. The  $s_4$  foliation (NNE—SSW) is typical for the border zone of the gneisses along the contact with the schists of the Niemcza zone.

Lineation diagrams for the same sub-regions are presented in Fig. 3. Axes of small folds, linear arrangement of micas, elongation and boudins were measured. The maxima of lineation directions are: sub-region I — 115/30 — 12,6 per cent; sub-region II — 125/40 — 10,5 per cent; sub-region III — 125/40 — 6,3 per cent; sub-region IV — 190/10 — 6,6 per cent; 20/5 — 6 per cent; 150/45 — 130/80 — 3 per cent. The small folds are inclined usually to the south-west. The maxima of lineation directions 125/30 are characteristic for the southern and central part of the Sowie Góry (W. Grocholski, 1967 a). They are related with the main phase of folding of the period of synkinematic migmatitisation which took place in the Precambrian (prior to the intrusions of gabbro and peridotite).

In the rare relics of the oldest fold structures  $B_0$  the fold axes are pitching north in the northern part of the area, and south in the southern part of the area. After the main folding of the  $B_1$  system (NW—SE) with foliation and lamination  $s_2$ , were formed the linear structures  $b_2$  (NE—SW) and foliation  $s_3$ , constituting the fold system  $B_2$  developed in the northern part of the area of occurrence of the gneisses.

A partial recrystallization of the gneisses in the northern part of the area, and undulation and reorientation of older structures in the remaining part of the area were associated with the  $B_2$  system of deformations. The fold movements were not marked strongly in the NE part of the gneiss-block, because of the rigidity of the gneisses already strongly

folded in this area, and additionally stiffened by the shallow occurrence of thick basis rocks. The deformations of gneisses related with the B<sub>2</sub> system occurred probably after the intrusion of ultrabasic rocks (boundary of Precambrian and Phanerozoic).

Similar tectonic directions as in the B<sub>2</sub> system of the Sowie Góry gneisses (NE—SW) are marked also in the metamorphic mantle of the Strzegom-Sobótka granite massif, and in the Pre-Devonian rocks of the mantle of the Strzelin granite massif (J. Oberc, 1966).

New, Variscan directions of foliation and lineation belonging to the B<sub>3</sub> system were superposed on the gneisses in the eastern part of the gneiss-block in the tectonic zone of Niemcza. The sub-region IV distinct relics of morphology and geometry of small folds of the B<sub>1</sub> system are preserved, in spite of the partial reorientation of these structures during Variscan tectonic movements. The NNE—SSW (B<sub>3</sub>) direction is predominating in the eastern part of the gneiss block and in the western part of the Niemcza zone.

The orientation diagrams of fractures, slip striae and vein rocks of various type rare presented in Fig. 5—7. The majority of fractures has a NW—SE direction. Older tensional fractures and younger shear fractures were observed in outcrops. Slip striae were used for the determination of direction of displacement of rocks along fault planes. The greatest amount of slip striae (30 per cent) is grouped in the fourth quadrant of the diagram (Fig. 6). Vertical striae form 9,5 per cent of all observations, and nearly horizontal displacements along strike-slip faults form 25 per cent of all observations.

Vein rocks of older generation display NW—SE directions in the western part of the studied area, while variable directions are present in the eastern part. Younger granitoid veins either utilize older tectonic lines or are adjusted to the N—S Variscan directions predominating in the Niemcza zone.

The above analytical material and a geometric-kinematic and chronological interpretation lead to a picture of complex polygenic structural history of the Sowie Góry gneisses in the foreland of the Sudetes Mts.

In Neogene times the deeply eroded gneisses of the foreland of the Sudetes Mts were downfaulted c. 450 m in comparison with the recent Sowie Góry range. Within the foreland, the morphology of the hills is closely related with the directions of small structures and with the resistance of rocks to weathering.

*Department of General Geology  
University of Wrocław, 30 Cybulski Str.*

*translated  
by R. Unrug*