

## UWAGI O TEKTONICE UTWORÓW DEWOŃSKICH SYNKLINY GAŁĘZICKIEJ

UKD 551.243:551.734.5:622.355.11,Jaźwica"(438.132—23)

Intensywna eksploatacja surowców węglanowych dla potrzeb białego zagłębia w SW części Gór Świętokrzyskich dostarcza wciąż nowych danych o budowie geologicznej tego; jakby się mogło wydawać, dobrze poznanego obszaru. I tak np. bardzo interesujące okazały się obserwacje przeprowadzone w południowym skrzydle synkliny gałęzickiej (bolechowickiej wg P. Filonowicza — 6, 8) w nowym kamieniołomie „Jaźwica”, znajdującym się na Górze Łgawej (Radkowskiej), ok. 1 km na E od szosy Kielce — Kraków (ryc. 1). W kamieniołomie tym, w obrębie utworów górnego dewonu autorzy stwierdzili występowanie skomplikowanej strefy tektonicznej, która jest przedmiotem niniejszego artykułu.

### STRATYGRAFIA

W kamieniołomie „Jaźwica” odsłaniają się utwory dewonu górnego, wykształcone w facji charakterystycznej dla chęcińskiego-zbrzańskiego regionu facjalnego (26). Występujące tu utwory (ryc. 2 — I) dają się stosunkowo łatwo skorelować z dobrze poznanym (23, 24) profilem dewonu okolic Kowali (ryc. 2 — II). Podstawę korelacji stratygraficznej stanowiła fauna konodontowa (17).

Przedstawiony profil (ryc. 2 — I) jest niepełny ze względu na występujące w omawianym kamieniołomie redukcje tektoniczne. Najstarsze ogniwo litostratygraficzne stanowią gruboławicowe i masywne wapienie stromatoporoidowo-koralowcowe, należące w większości najprawdopodobniej do najniższego franu (kompleksy A—C, ryc. 2 — I) i będące kontynuacją wapieni żywetu, występujących dalej na S oraz w nieczynnym wyrobisku na W od omawianego kamieniołomu (ryc. 1). Otwarty problem stanowi tu jednak, podobnie jak i w okolicach Kowali jednoznaczne przeprowadzenie granicy między dewonem środkowym i górnym (por. 12, 24, 8).

Wyżej w profilu występuje seria marglista o niewielkiej miąższości, zawierająca przewodni zespół ramienionogów z *Phlogoiderhynchus polonicus* (Roemer) wskazujący na dolnofrański wiek osadów (kompleks D, ryc. 2). Nad tym zespołem znajdują się gruboławicowe wapienie detrytyczne odpowiadające kompleksom E—G, wydzielonym w Kowali przez M. Szulczewskiego (23, 24). Wyżej występują charakterystyczne, głównie brunatno-czerwone wapienie i łupki margliste wyższego franu, odpowiadające kompleksowi H w Kowali (23, 24, por. ryc. 2). W obrębie najwyższej części tego zespołu (kompleks H<sub>3</sub>) przebiega najprawdopodobniej granica fran — famen.

Najmłodszym ogniwem litologicznym dewonu, odsłaniającym się w kamieniołomie „Jaźwica”, jest monotony zespół przeławicających się w różnych proporcjach wapieni i łupków marglistych wyższego famenu (kompleks I).

W stosunku do profilu przekopu kolejowego Kowala, opisanego przez M. Szulczewskiego (23, 24), odległego o ok. 4 km na E, nie stwierdzono znaczniejszych różnic facjalnych. Jedynie w obrębie stosunkowo monotonnego kompleksu H stwierdzono tu wyraźną trójdzielność wywołaną w głównej mierze pojawieniem się charakterystycznej serii marglistej z fauną ramienionogów, gąbek krzemionkowych i koralali (tzw. gąbkowa facja franu; 19). Taką serię marglistą stwierdzono jednak w innych odślonięciach tej części synkliny gałęzickiej, np. w kamieniołomie „Wola” (17).

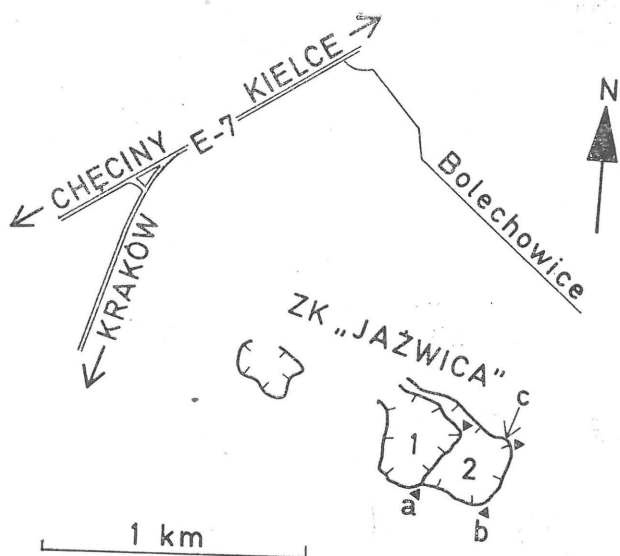
Z powodu znacznego zaangażowania tektonicznego utworów górnodewońskich w rejonie „Jaźwicy” nie można wykluczyć również pewnych zmian miąższości poszczególnych kompleksów między omawianymi profilami.

### TEKTONIKA

W kamieniołomie „Jaźwica” istnieją obecnie dwa poziomy eksploatacyjne (ryc. 1). W wyższej, obecnie nieczynnej części wyrobiska, na wschodniej ścianie widoczne jest poziome nasunięcie, wzdłuż którego niżej leżące margliste utwory wyższego famenu (kompleks I) kontaktują z nasuniętymi na nie różnymi ogniwami franu i najniższego famenu (ryc. 3). Te ostatnie znajdują się w pozycji odwróconej i są silnie złuszkowane. Upady wapieni i łupków kompleksu I są południowe i mają niewielkie wartości. W obrębie tego ogniwa stwierdzono występowanie fałdów wleczeniowych (ryc. 4).

Wyżej opisana strefa nasunięcia stanowi północne (zrzucone) skrzydło uskoku, występującego w południowej części ściany wschodniej wyrobiska (ryc. 3). Powierzchnia tego uskoku ma bieg 120—135° i upad 60—70° SW. W strefie uskoku występują liczne lustra tektoniczne, zmineralizowane kalcytem i galeną. Rysy ślizgowe są zgodne z upadem luster.

Południowe skrzydło uskoku (wiszące) tworzą gruboławicowe wapienie stromatoporoidowo-koralowcowe, których upady w strefie przyuskokowej są prawie zgodne z upadem uskoku, natomiast w kierunku południowym zmieniają się one wachlarzowato — z południowych przez pionowe aż do północnych, przechodząc z położenia odwróconego na położenie nor-



Ryc. 1. Szkic lokalizacyjny kamieniołomu ZK „Jaźwica”.

1 — dolny poziom eksploatacyjny, 2 — górny poziom eksploatacyjny, a — ściana, której fragment przedstawiony jest na ryc. 5, b — wschodnia ściana wyrobiska przedstawiona na ryc. 3, c — fragment północnej ściany wyrobiska przedstawiony na okładce.

Fig. 1. Location map of Jaźwica quarry.

1 — lower exploitation level, 2 — upper exploitation level, a — wall, the fragment of which is shown in Fig. 5, b — eastern wall of the quarry, shown in Fig. 3, c — fragment of northern wall, shown on the cover.

malne. Minimalną amplitudę nasunięcia w kierunku północnym można szacować na co najmniej 150 m.

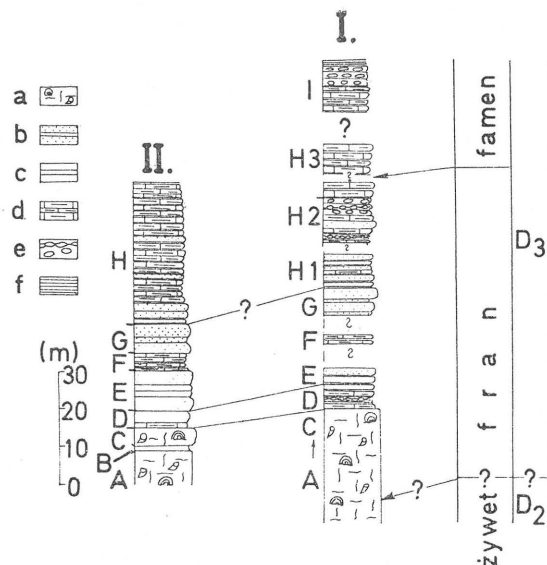
Około 70 m na W od ściany wschodniej, w załamaniu ściany północnej górnego poziomu eksploatacyjnego, widoczny jest fałd leżący (patrz ryc. na okładce, ryc. 1c), o orientacji osi 115/8 S, stanowiący prawdopodobnie jedynie fragment większej struktury fałdowej. Fałd ten nie znajduje przedłużenia na uprzednio opisaną ścianę wschodnią, ze względu na istnienie uskoku poprzecznego.

W obrębie kamieniołomu wyróżnić można kilka drugorzędnych stref uskokowych, których obecność dodatkowo komplikuje sytuację tektoniczną. Na wschodniej ścianie dolnego poziomu eksploatacyjnego (por. ryc. 1) występują dysharmonijnie sfałdowane wapienie i łupki margliste kompleksu H (ryc. 5), znajdujące się w położeniu odwróconym i ogólnie zapadające pod znacznym kątem w kierunku południowym. Należy więc sądzić, iż występujący w dolnej części wschodniej ściany górnego poziomu eksploatacyjnego kompleks I oddzielony jest od kompleksu H, widocznego w dolnym poziomie eksploatacyjnym, jeszcze jedną powierzchnią nasunięcia, której obecność będzie można udokumentować dopiero w miarę postępu eksploatacji.

#### TŁO REGIONALNE

Sytuacja tektoniczna obserwowana w kamieniołomie „Jaźwica” wynika z kontynuacji w kierunku zachodnim prawie równoleżnikowej strefy nasunięcia, stwierdzonej przez P. Filonowicza (4—6, 8) od Kowali na wschodzie do Góry Łgawej na zachodzie. Autor ten wielokrotnie podkreślał warwyscyjski wiek tej strefy oraz południowy kierunek transportu tektonicznego.

W kamieniołomie „Jaźwica” istnieje możliwość jednoznacznego ustalenia wieku powstania tego nasunięcia, albowiem w północno-zachodniej części wyrobiska występują brekcje i zlepionce cechsztyńskie. Jednak obecnie stosunek utworów cechsztyńskich do zaburzonych utworów dewonu nie jest jasny, głównie z powodu złego stanu odsłonięcia.



Ryc. 2. Profil litostratigraficzny utworów dewońskich występujących w kamieniołomie „Jaźwica”: I według G. Rackiego (17) i jego korelacja z profilem przekopu kolejowego Kowala — II według M. Szulczewskiego (23, 24).

A — I — kompleksy litologiczne, a — wapienie stromatoporoidowo-koralowe (słabo lub nieuławiczone), b — wapienie ziarniste (różnoławicowe), c — wapienie mikrytowe (cienko i średnioławicowe), d — wapienie margliste (cienko i średnioławicowe), e — łupki margliste z poziomami konkrecji i gruzłów wapiennych, f — łupki margliste.

Fig. 2. Lithostratigraphic section of Devonian rocks displayed by the Jaźwica quarry: I after G. Rackie (17) and its correlation with Kowala railway cutting section — II after M. Szulczewski (23, 24).

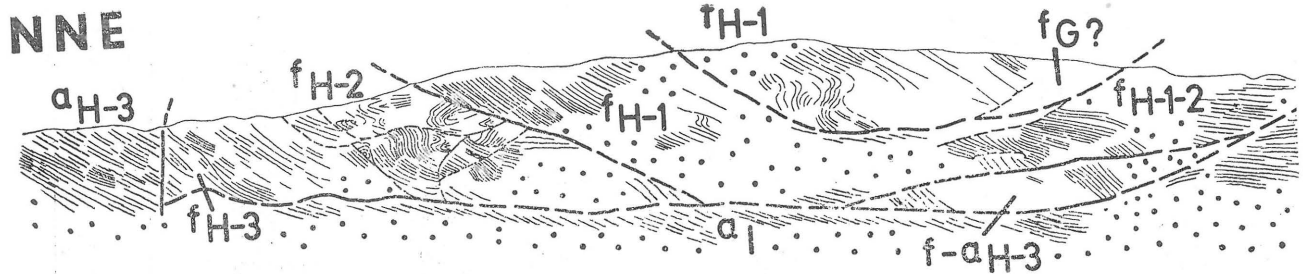
A — I — lithological complexes, a — stromatoporoid-coral limestones (weakly bedded if ever), b — grainy limestones (varying in bedding), c — micritic limestones (thin- and medium-bedded), d — marly limestones (thin- and medium-bedded), e — marly shales with horizons of calcareous nodules and clots, f — marly shales.

P. Filonowicz zauważył również (6, 8), iż synkliną gałęzicka na omawianym odcinku wykazuje budowę asymetryczną, o łagodnym i słabo zaburzoną skrzydłem północnym oraz bardziej stromym, poprzeczanym uskokiemi poprzecznymi, a lokalnie silnie pofałdowanym skrzydłem południowym (por. 2, 3). Podobną asymetrię opisał D. Sobolew (19) z obszaru synklinorium kielecko-łagowskiego, wykazując jednocześnie, że zróżnicowanie to jest w znacznej mierze wynikiem obocznych zmian litologicznych utworów dewońskich występujących w synklinorium.

Obserwacje autorów wskazują, że również w synklinie gałęzickiej występuje analogiczna zależność. Podczas sedymentacji osadów górnego dewonu, przez obszar obecnej synkliny gałęzickiej biegła granica dwóch regionów facjalnych: kieleckiego i checińskiego (26). Sytuacja ta znalazła odzwierciedlenie w ostrych kontrastach litologicznych, występujących pomiędzy utworami górnodewońskimi północnego i południowego skrzydła synkliny gałęzickiej. W skrzydło północnym występują znacznej miąższości (rzędu 600—800 m; por. 12), przeważnie nieuławiczone i gruboławicowe wapienie stromatoporoidowo-koralowcowe regionu kieleckiego, które w kierunku południowym w znacznym stopniu są zastępowane przez serię cienkoławicowych wapieni i łupków maglistych, o miąższości przekraczającej zapewne 200 m.

Dlatego też jest oczywiste, że w północnym skrzydło synkliny gałęzickiej dominują deformacje kruche, natomiast w bardziej podatnych utworach skrzydła południowego, obok deformacji kruchych występują deformacje plastyczne.

Interpretację tektoniki utworów górnodewońskich na obszarze zachodniej części synkliny kieleckiej (na linii Dalnia — Słuchowice) przedstawił M. Szulczewski (25). Zdaniem tego autora w czasie deformacji



Ryc. 3. Szkic ściany wschodniej górnego poziomu eksploatacyjnego kamieniołomu „Jaźwica” (por. ryc. 1).

g — żywet, f — fran, a — famen. A — I — kompleksy litologiczne (por. ryc. 2 I), 1 — wyraźne uławicenie, 2 — osypiska, 3 — główne uskoki i nasunięcia, 4 — podrzędne uskoki i nasunięcia.

tektonicznych nieuławiczone oraz gruboławicowe wapienie południowego skrzydła synkliny kieleckiej stanowiły sztywny blok w stosunku do występujących dalej ku N marglisto-wapiennych utworów facji łysogórskiej. Można przypuszczać, że podobna sytuacja miała miejsce w rozważanej części synkliny gałęzickiej, gdzie znajdujące się w północnej części synkliny gruboławicowe wapienie facji kieleckiej graniczą od S z marglisto-wapiennymi utworami facji chęcińsko-zbrzańskiej. Granice regionów facjalnych osadów górnodewońskich w Górach Świętokrzyskich pokrywają się z wgłębными nieciągłościami tektonicznymi, czynnymi w czasie trwania sedymentacji (24—26).

Jak się wydaje, strefy nasunięć, występujące lokalnie w Górach Świętokrzyskich stanowią zjawiska pochodne tych samych głębokich stref tektonicznych, będących jednocześnie granicami większych jednostek regionalnych. Najprawdopodobniej, nasunięcie występujące w południowym skrzydle synkliny gałęzickiej należy wiązać z tą samą strefą tektoniczną, która spowodowała m. in. diapirowe wyciskanie ilastych utworów kambru, budujących jądro antykliny chęcińskiej (por. J. Głazek, [w]: 9). Różnice wartości upadków skrzydła północnego i południowego rozważanej synkliny należy zatem wiązać również z różną aktywnością tektoniczną obszarów ramowych tej struktury, tzn. ze względną stabilnością obszaru antykliny dymińskiej i labilnością obszaru antykliny chęcińskiej.

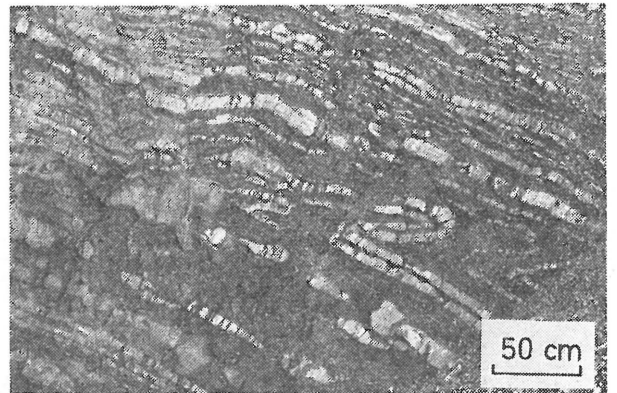
Podobną genezę, związaną z rozłaniem świętokrzyskim (14, 16, 10), mają prawdopodobnie fałdy obalone i strefy nasunięć wielokrotnie opisywane z północnej części synklinorium kielecko-łagowskiego — np. fałd słuchowicki czy też nasunięcie w okolicach Łagowa (19, 20, 1—3, 13, 7, 11).

Wyżej przedstawiona interpretacja zgodna jest z obserwacjami H. Stillego (21, 22) oraz znanymi powszechnie badaniami modelowymi A. Sanforda (18) i O. Wagenbretha (27), z których wynika, iż na obszarach platformowych ruchom pionowym mogą towarzyszyć uskoki odwrócone, przechodzące często w lokalne poziome nasunięcia i związane z nimi fałdy obalone (15).

Tak więc, uogólniając wyżej przedstawioną zależność stylu tektoniki od wykształcenia facjalnego należy przypuszczać, iż w podobnych strefach górnodewońskich regionów facjalnych obszaru świętokrzyskiego występowały podobne prawidłowości w rozwoju tektonicznym. Dlatego też należy przypomnieć wniosek wynikający pośrednio z prac D. Sobolewa (19, 20), iż symetryczny plan facjalny dewonu świętokrzyskiego (24—26) jest zgodny z symetrycznym schematem stylu tektonicznego utworów dewońskich, przy czym „oś symetrii” w obu przypadkach stanowi obszar antykliny dymińskiej.

#### ZAKOŃCZENIE

Waryscyjski wiek zaburzeń w południowym skrzydle synkliny gałęzickiej, określane na podstawie pośrednich i niedostatecznie udokumentowanych rozważań (np. 6, 8) nie jest udowodniony, a wiele obserwacji wskazuje, że do powstania podobnych struktur tektonicznych przyczyniały się młodsze ruchy górotwórcze. Deformacje takie można wiązać np. z laramijską aktywnością stref wgłębnych nieciągłości te-



Ryc. 4. Fałdki wleczeniowe na wschodniej ścianie kamieniołomu (por. ryc. 3).

Fig. 4. Drag folds displayed by eastern wall of the quarry (see Fig. 3).

tektonicznych (14, 16, 10, J. Głazek [w]: 9), ograniczających pierwotne strefy facjalne, a następnie jednostki strukturalne.

Dalszy postęp prac górniczych w kamieniołomie „Jaźwica” w północnej części dolnego poziomu eksploatacyjnego umożliwi zapewne jednoznaczna interpretację kontaktu zaburzonych utworów dewońskich z pokrywą permską, co powinno ostatecznie wyjaśnić wiek tych deformacji. Dlatego też obserwacje prowadzone w tym kamieniołomie mają duże znaczenie dla zrozumienia tektoniki utworów dewońskich w Górach Świętokrzyskich i konieczne jest dalsze prowadzenie systematycznych badań tektonicznych w miarę postępu eksploatacji.

Występujący na górnym poziomie eksploatacyjnym fragment fałdu leżącego (patrz ryc. na okładce) niewiele ustępuje znanemu fałdowi słuchowickiemu, toteż autorzy proponują utworzenie rezerwatu geologicznego w tej części wyrobiska. Nie powinno to w zasadzie kolidować z prowadzeniem dalszej eksploatacji górniczej, a powstałaby w ten sposób nowa atrakcja naukowa o dużym znaczeniu dla rozważań nad rozwojem tektonicznym obszaru świętokrzyskiego.

#### LITERATURA

1. Czarnocki J. — Stratygrafia i tektonika Gór Świętokrzyskich. Pr. Tow. Nauk. Warsz. 1919 z. 28.
2. Czarnocki J. — Ogólna mapa geologiczna Polski, ark. 4 — Kielce. 1938.
3. Czarnocki J. — Przewodnik XX Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego w Górach Świętokrzyskich w 1947 r. Roczn. Pol. Tow. Geol. 1948 t. 17.
4. Filonowicz P. — Szczegółowa mapa geologiczna Polski, ark. Morawica. Arch. Inst. Geol. 1965.
5. Filonowicz P. — Tektonika okolic Woli Muranowej. Kwart. Geol. 1965, nr 4.
6. Filonowicz P. — Objaśnienia do mapy geologicznej okolic Morawicy. Arch. Inst. Geol. 1968.

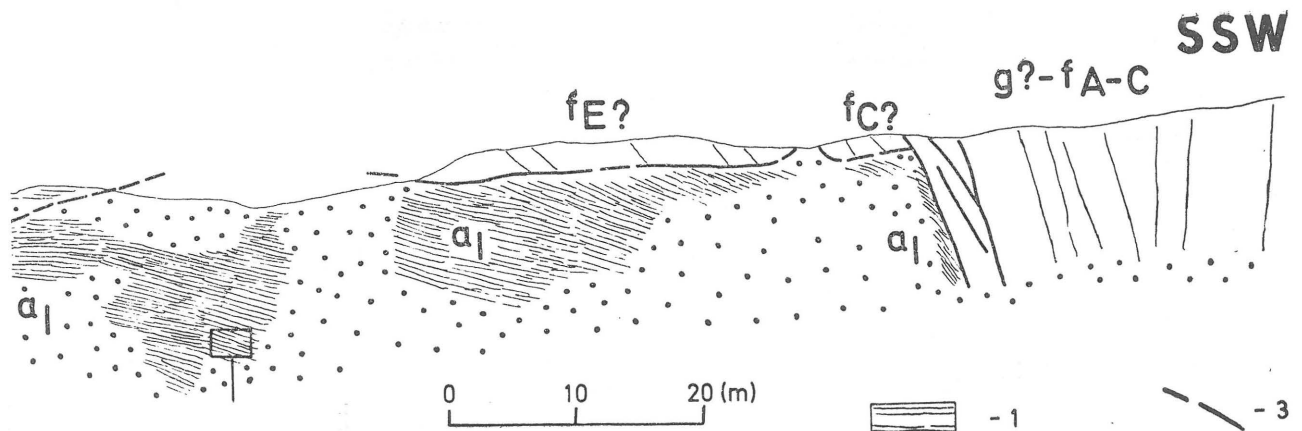
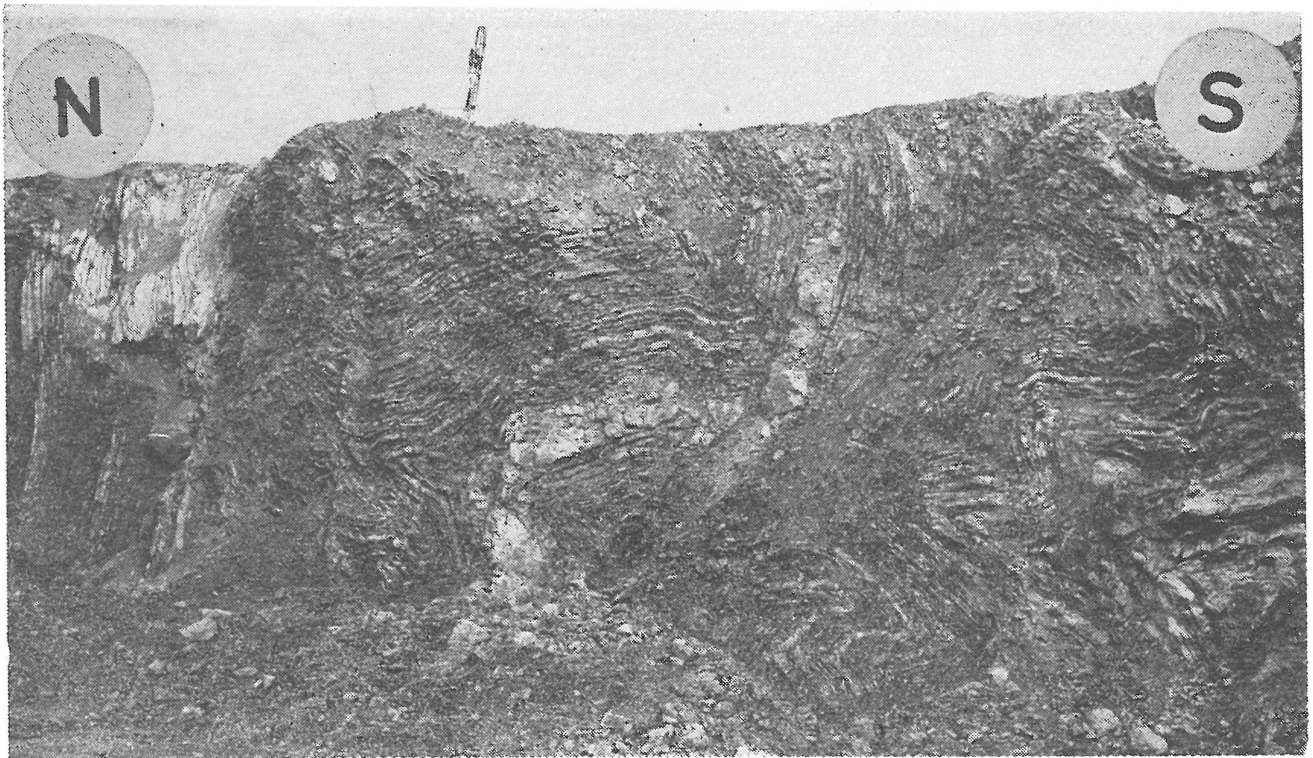


Fig. 3. Sketch of eastern wall of upper exploitative level in the Jazwica quarry (see Fig. 1).  
g — Givetian, f — Frasnian, a — Famennian. A — I — lithological complexes (for explanations see Fig. 2 I), 1 — clearly marked bedding, 2 — screes, 3 — main faults and overthrusts, 4 — subordinate faults and overthrusts.



Ryc. 5. Zafałdowanie dysharmonijne wapieni i łupków franu — wschodnia ściana dolnego poziomu eksploatacyjnego (por. ryc. 1).

Fig. 5. Disharmonically folded Frasnian limestones and shales — eastern wall at lower exploitative level (see Fig. 1).

7. Filonowicz P. — Uwagi o budowie geologicznej antykliny Szydłówka. *Kwart. Geol.* 1969, nr 3.
8. Filonowicz P. — Budowa geologiczna południowo-zachodniej części Gór Świętokrzyskich. (pr. doktorska nie publ.) *Arch. Inst. Geol.* 1973.
9. Gągol J., Głazek J. i in. — Tektonika, wykształcenie i surowce mineralne starszego mezozoiku oraz jego stosunek do podłoża warwicyjskiego. *Przew. XLVIII Zjazdu Pol. Tow. Geol.*, Wyd. Geol. 1976.
10. Głazek J., Kutek J. — Powarwicyjski rozwój tektoniczny obszaru świętokrzyskiego. *Ibidem.*
11. Jurkiewicz H. — Wgłębna budowa geologiczna okolic Łagowa. *Biul. Inst. Geol.* 1971 nr 242.
12. Kaźmierczak J. — Morphogenesis and systematics of the Devonian Stromatoporoidea from the Holy Cross Mountains, Poland. *Palaeont. Pol.* 1971 no. 26.
13. Kortański Z. — Przewodnik geologiczny po Górach Świętokrzyskich. 1959.
14. Kowalczewski Z. — Główne rysy tektoniki Gór Świętokrzyskich. *Przew. XLIII Zjazdu Pol. Tow. Geol.* 1971.
15. Kowalski W. R. — Tektonika zachodniego zakończenia antykliny chęcińskiej i otaczających ją struktur obrzeżenia mezozoicznego. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 1975, t. 45, z. 1.
16. Kutek J., Głazek J. — The Holy Cross area, Central Poland in the Alpine cycle. *Acta Geol. Pol.* 1972, vol. 22, no. 4.
17. Racki G. — Budowa geologiczna i wpływ górnictwa odkrywkowego na środowisko rejonu Sitkówka — Nowiny (pr. magisterska nie publ.). *Arch. Inst. Geol. Podst. UW.* 1976.
18. Sanford A. R. — Analytical and experimental study of simple geologic structures. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 1959 vol. 70.

19. Sobolew D. — Sriednij diewon Kielecko-Sandomirskiego krjaża. *Mat. geol. Ross.* 1909 t. 24.
20. Sobolew D. — Ob obszczem charakierie tiektoniki Kielecko-Sandomirskiego krjaża. *Izw. wars. Polit. Inst.* 1910 wyp. 2.
21. Stille H. — Die saxonischen Brüche. *Göttinger Beitr. Z. Sax. Tektonik N. F. H.* 1925, 95.
22. Stille H. — Beitrag zur Frage der Saxonischen Zerrungen. *Nachr. Ges. Wiss.* 1925.
23. Szulczewski M. — Slump structures and turbidites in Upper Devonian limestones of the Holy Cross Mts. *Acta Geol. Pol.*, 1968 vol. 18 no. 2.
24. Szulczewski M. — Upper Devonian conodonts, stratigraphy and facial development in the Holy Cross Mts. *Ibidem* 1971 vol. 21 no. 1.
25. Szulczewski M. — Famennian-Tournaisian neptunian dykes and their conodont fauna from Dalnia in the Holy Cross Mts. *Ibidem*, 1973 vol. 23 no. 1.
26. Szulczewski M. — Główne regiony facjalne w paleozoiku Gór Świętokrzyskich. *Prz. Geol.* 1977 nr 8—9.
27. Wagenbreth O. — Zerrung und Pressung und ihr Verhältnis zueinander in der germanotypen Tektonik. *Geologie*, 1963 Bd. 10 H. 1.

### РЕЗЮМЕ

В новом каменном карьере „Язвица” (рис. 1) было определено нахождение сложной тектонической зоны в верхнедевонских осадках представленных в фации характеристической для южной части Свентокшиских Гор (рис. 2). На восточной грани выработки выступает горизонтальный надвиг амплитудой не менее 150 м. Вдоль этого надвига наблюдается контакт мергелистых осадков верхнего фамена с надвинутыми с юга осадками франа и самого нижнего фамена (рис. 3). В пределах каменного карьера находится тоже несколько второстепенных зон надвигов и сбросов, а также складчатые структуры (рис. 4, 5), а среди них представленная на обложке лежащая складка.

Тектоническая обстановка наблюдаемая в каменном карьере „Язвица” связана с существованием почти широтной зоны надвига южного крыла галэнзицкой синклинали. Так возраст этой зоны, как и направление тектонического транспорта для всей структуры до сих пор ещё не определены. Асимметрия галэнзицкой синклинали вызвана литологической разностью девонских осадков, слагающих эту синклинали и разной степенью тектонической активности её рамочных районов. Связь тектоники и литологии девонских отложений в Свентокшиских Горах совсем очевидна. Симметрический фациальный план отложений свентокшиского девона согласен с симметрической схемой тектоники этих отложений, с тем что осью симметрии в обоих случаях является район дыминьской антиклинали. Автор предполагает, что встречаемые в Свентокшиских Горах зоны надвигов представляют собой вторичное явление вертикальных тектонических разломов ограничивающих первичные фациальные районы и устанавливающих границы больших структурных единиц.

### SUMMARY

A zone of complex tectonic deformations of Upper Devonian rocks developed in facies typical of southern part of the Holy Cross Mts was found in a new Jazwica quarry (Fig. 1). Eastern wall of the quarry displays horizontal overthrust with amplitude of at least 150 m, along which marly Upper Famennian rocks contact with various links of the Frasnian and lowermost Famennian, thrust over them from the south (Fig. 3). The quarry walls also display second-order overthrusts and fault zones and numerous fold structures (Figs. 4—5), including the overturn fold shown on the cover.

The tectonic features displayed by the Jazwica quarry are related to an almost latitudinal overthrust zone continuing along a marked part of southern limb of the Gałęzice syncline. The age of that zone and direction of tectonic transport of the whole structure are still disputable. The Gałęzice syncline is asymmetric in result of differentiation in lithology of Devonian rocks building it as well as differences in tectonic activity of framing areas. The relationship between the tectonics and lithology of the Holy Cross Mts Devonian is clear. The symmetric facies distribution of Devonian rocks of this region is, therefore, consistent with symmetrical pattern of their tectonic style, and the axis of symmetry, Dymyń anticline, is the same in both cases. Overthrust zones present in some places in the Holy Cross Mts, presumably represent phenomena genetically related to vertical tectonic fractures originally delineating facies regions and, at the same time, representing boundaries of higher-order structural units.