

HANNA SENKOWICZOWA, ANDRZEJ ŚLĄCZKA

PSTRY PIASKOWIEC NA PÓLNOCNYM OBRZEŻENIU GÓR ŚWIĘTOKRZYSKICH

(Tabl. XXX—XXXIII i 4 fig.)

The Bunter on the Northern Border of the Holy Cross Mts

(Pl. XXX—XXXIII and 4 fig.)

Treść. Autorzy przedstawiają wstępne wyniki badań nad podziałem i korelacją osadów pstrego piaskowca północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich, głównie w oparciu o rozwój litologiczny. Dla części zachodniej tego obrzeżenia podjęta została próba podziału omawianych osadów na 5 cykli w nawiązaniu do prac Hoppego. Podana została krótka charakterystyka litologiczna i skład petrograficzny skał klastycznych występujących w pstrym piaskowcu. Opisano ponadto struktury sedimentacyjne oraz ślady pochodzenia organicznego. Badania struktur kierunkowych w osadach klastycznych, przeprowadzone na całym obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich, wykazały, że materiał do pstrego piaskowca pochodził głównie z południowego wschodu, natomiast dla retu z północnego wschodu. Omówione zostało krótko również środowisko sedimentacyjne.

WSTĘP

Pstry piaskowiec występujący na rozległych obszarach wokół paleozoicznego trzonu Gór Świętokrzyskich nie był dotychczas opracowywany z punktu widzenia stratygrafii. Przyczyną tego było monotonne wykształcenie litologiczne utrudniające wydzielenie charakterystycznych poziomów oraz brak skamieniałości. Na północnym obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich ogólne ramy podziału ustalili J. Czarnocki (1931) — dla części zachodniej i J. Samsonowicz (1929) dla części wschodniej. J. Czarnocki na podstawie wykształcenia litologicznego osadu wyodrębnił w pstrym piaskowcu jego dolne i środkowe ogniwo, a następnie wydzielił w dolnym pstrym piaskowcu 3 poziomy różne pod względem litologicznym, w środkowym zaś 4 poziomy. Do tego profilu nawiązała J. Dembowska (1957) stratygrafię pstrego piaskowca odwierconego w otworze Radoszyce nr 3 (tabela 1). J. Samsonowicz (1929) opracował pstry piaskowiec występujący na terenie położonym między Parszowem k. Skarżyska a Opatowem. Autor ten wydzielił tu jedynie dolny i środkowy pstry piaskowiec nie wyróżniając poziomów podrzędnych (tabela 1).

Autorzy tej pracy po przeprowadzeniu obserwacji w terenie oraz po zapoznaniu się z profilami wierceń wykonanych na obszarze północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich uzyskali szereg danych, które jak się wydaje pozwalają na ustalenie kolejności zalegania poszczególnych serii pstrego piaskowca. Dla obszaru Radoszyc wykorzystali autorzy opis pstrego piaskowca z wiercenia Radoszyce 3 (J. Dembowska 1957). Przy opracowywaniu okolic Łącznej, Cmińska i Suchedniowa posłużono się

Tabela 1

Zestawienie dotychczasowych poglądów na stratyografię pstrego piaskowca

Północne obrzeżenie Gór Świętokrzyskich		Srodkowy		dolny	
		cyklotem V	cyklotem IV	cyklotem I	
część wschodnia	część zachodnia	otwór Radoszyce 3		H. Senkowiczowa, A. Ślęczka	
J. Samsonowicz (1929)	J. Czarnocki (1931)	J. Dembowska (1937)			
Srodkowy	Piaskowce lub wapie- nie ilasto-oolitowe	Pseudoolity	Pseudoolity	warstwy pseudoolitowe	
	Iły i piaskowce	łupki i piaskowce ze ślada- dami fal i innymi odciskami łupki z wkładkami piaskow- ców	warstwy z hieroglifami	warstwy hieroglifowe	
dolny	Zlepiénce i piaskowce rzadziej iły	piaskowce z Gervilleia mur- chisoni	piaskowce z Gervilleia	E część obrze- żenia warstwy z Gervilleia murchisoni	W część ob- rzeżenia warstwy la- birytodonowe
		piaskowce ciosowe (pstre) zlepiénce (poziom nieciągły) piaskowce ciosowe i cienko- warstwowane piaskowce z miką	piaskowce gruboławicowe drobno- ziarniste z wkładkami żwiru z labiryntodontami — wiśniowe piaskowce różnoziarniste jasne z wkładkami żwirów	warstwy z Tumlina	warstwy ze Stryczowic
	zlepiénce lub łupki czerw- ne i wiśniowe		piaskowce i mułowce z dolomitom i glaukonitem, żwiry kwarcu i kwarcytu, detrytus kostny	warstwy z Zagnańska	warstwy z Czerwonej Góry
					warstwy przejściowe

profilami wierceń opisanych przez J. Czarnockiego i K. Pawłowską, które znajdują się w Archiwum Instytutu Geologicznego. Wiele materiałów, uzupełniających dane z wierceń, dostarczyły istniejące na tym obszarze liczne, duże kamieniołomy oraz przekopy kolejowe. W części wschodniej Gór Świętokrzyskich obok licznych drobnych odsłoneń pstrego piaskowca, często odosobnionych i nie dających wyobrażenia o wykształceniu pstrego piaskowca na danym obszarze, autorzy prześledzili również pełne profile omawianych utworów, które dostarczyły podstaw do stratygrafii. Ciągłe profile osadów pstrego piaskowca znajdują się w dolinach rzek Pokrzywianki i Świśliny. Dolina Świśliny dostarcza szczególnie pouczających odsłoneń, ponieważ rzeka przecina prostopadłe nieckę waśniowską dając obraz wykształcenia pstrego piaskowca w obu jej skrzydłach. Kompletne profile dolnego i niższej części środkowego pstrego piaskowca widoczne są w dolinach potoków we wsi Stryczowice i Czerwona Góra k. Opatowa. Można tu prześledzić następstwo poszczególnych warstw, od stropu cechsztynu poczynając; w dobrze odsłoniętych zboczach głównej doliny potoku oraz w ścianach bocznych wąwozów.

W niniejszym artykule autorzy nie podają szczegółowych opisów odsłoneń pstrego piaskowca, ograniczając się jedynie do ogólnej charakterystyki poszczególnych wydzielonych serii. Wyniki przedstawione poniżej są bowiem jedynie wstępną wiadomością o stratygrafii i wykształceniu litologicznym pstrego piaskowca na północnym obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich. Szczegółowe opracowanie tego zagadnienia zostanie opublikowane przez autorów po zakończeniu prac nad sedymentacją i petrografią omawianych osadów.

PODSTAWY PODZIAŁU

Osady pstrego piaskowca w Górach Świętokrzyskich ograniczone są w dole osadami cechsztynu (w miejscach, gdzie dolny trias leży na cechsztynie przekraczając) lub starszego paleozoiku. Ku górze piaskowiec pstry przechodzi w sposób ciągły, w ret, który autorzy zaliczają już do środkowego ogniwa triasu. Wobec tego piętro środkowe należy nazwać górnym.

Granica między cechsztynem a pstrym piaskowcem, w każdym razie na omawianym obszarze, jest granicą umowną. Stopniowe przejście cechsztynu w pstry piaskowiec bez zaznaczenia większych zmian w rozwoju litologicznym skały uniemożliwia dokładne przeprowadzenie podziału.

J. Czarnocki (1923) i J. Samsonowicz (1929) przyjmują, iż na granicy cechsztynu i pstrego piaskowca następuje zasadnicza zmiana w rozwoju sedymentacji, bowiem osady cechsztynu powstały z przerobienia przez morze materiału lokalnego, natomiast osady pstrego piaskowca pochodzą z materiału przyniesionego przez rzeki z terenów odległych od Gór Świętokrzyskich. Elementem wskazującym według tych autorów na początek sedymentacji kontynentalnej — triasowej jest kwarc, który w postaci otoczków pojawia się w osadzie.

Tak przyjęta granica między cechsztynem a pstrym piaskowcem jest w zasadzie słuszna z tym jednak, że będzie stosowana na terenie wschodniej i centralnej części północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich, gdzie dolny trias i cechsztyń wykształcone są w postaci zlepieńców, oraz że nie będzie traktowana w sposób ścisły. Jak wykazały bowiem badania auto-

rów, kwarc pojawia się jeszcze w obrębie zlepieńców uważanych przez J. S a m s o n o w i c z a (1929) za cechsztyńskie (Czerwona Góra, Stryczowice). Zlepieńce te mają spoiwo węglanowe i są złożone z otoczków wapieni i dolomitów pochodzących ze zniszczenia tych osadów w bezpośrednim sąsiedztwie ich dzisiejszego występowania. Kwarc pojawia się początkowo rzadko, jednak ku górze ilość jego wzrasta, równocześnie maleje ilość otoczków skał węglanowych; zaś spoiwo wapienne ustępuje na rzecz ilastego, co w rezultacie doprowadza do powstania kwarcowo-kwarcytowych zlepieńców o spoiwie ilastym, charakterystycznych dla dolnego pstręgo piaskowca.

Z powyższego wynika, iż w przypadku postawienia granicy między cechsztynem a pstryym piaskowcem w momencie pojawienia się pierwszych kwarców, jak chciał to widzieć J. S a m s o n o w i c z, do triasu zaliczone zostałyby osady typowe dla cechsztynu. Natomiast w przypadku przesunięcia granicy ku górze i stawiania jej tam, gdzie osad pozbawiony jest już zupełnie cech cechsztyńskich, należałoby się liczyć z tym, iż najniższa część triasu została zaliczona do cechsztynu. Wydaje się więc nam, iż najwłaściwiej jest wydzielić warstwy przejściowe, do których zaliczone zostaną osady zawierające cechy zarówno cechsztynu, jak i pstręgo piaskowca. Z uwagi na stopniowy wzrost materiału egzotycznego właściwego dla dolnego triasu mogą być one zaliczone do pstręgo piaskowca, stanowiąc warstwę graniczną między cechsztynem a triasem.

W najbardziej zachodniej części Gór Świętokrzyskich w wierceniu Radoszyce 3 przejście do pstręgo piaskowca zawarte jest w obrębie ciągłej serii lagunowo morskich osadów wyrażonych mułowcami, piaskowcami, marglami i rzadziej dolomitami. W osadach tych występuje gips, anhydryt i glaukonit. Zgodnie z poglądami K. P a w ł o w s k i e j (1957) do triasu zaliczamy osady, które rozpoczyna seria 1,5 m zlepieńców złożonych z otoczków dolomitów. Ponieważ osady występujące powyżej tej serii mają jeszcze cechy zbliżone do niżej leżącego cechsztynu (glaukonit, gips, anhydryt, wkładki dolomitów) zlepieńce i wspomniane osady zaliczono do warstw przejściowych.

Górna granica pstręgo piaskowca wiąże się z zanikiem osadów pseudoolitowych typowych dla najwyższej części pstręgo piaskowca górnego (środkowego) na obszarze całych Gór Świętokrzyskich. Na osadach tych spoczywają na południowym obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich margle udokumentowane obecnością *Myophoria costata* Z e n k. (forma przewodnia dla retu), zaś na północnym ily i piaskowce, które od osadów pstręgo piaskowca różnią się tym, iż materiał do ich sedimentacji przynoszony był z obszarów położonych na północny wschód od Gór Świętokrzyskich, a nie, jak to miało miejsce w pstryym piaskowcu, z południa i południowego wschodu. (H. S e n k o w i c z o w a, A. Ś l a c z k a, 1962).

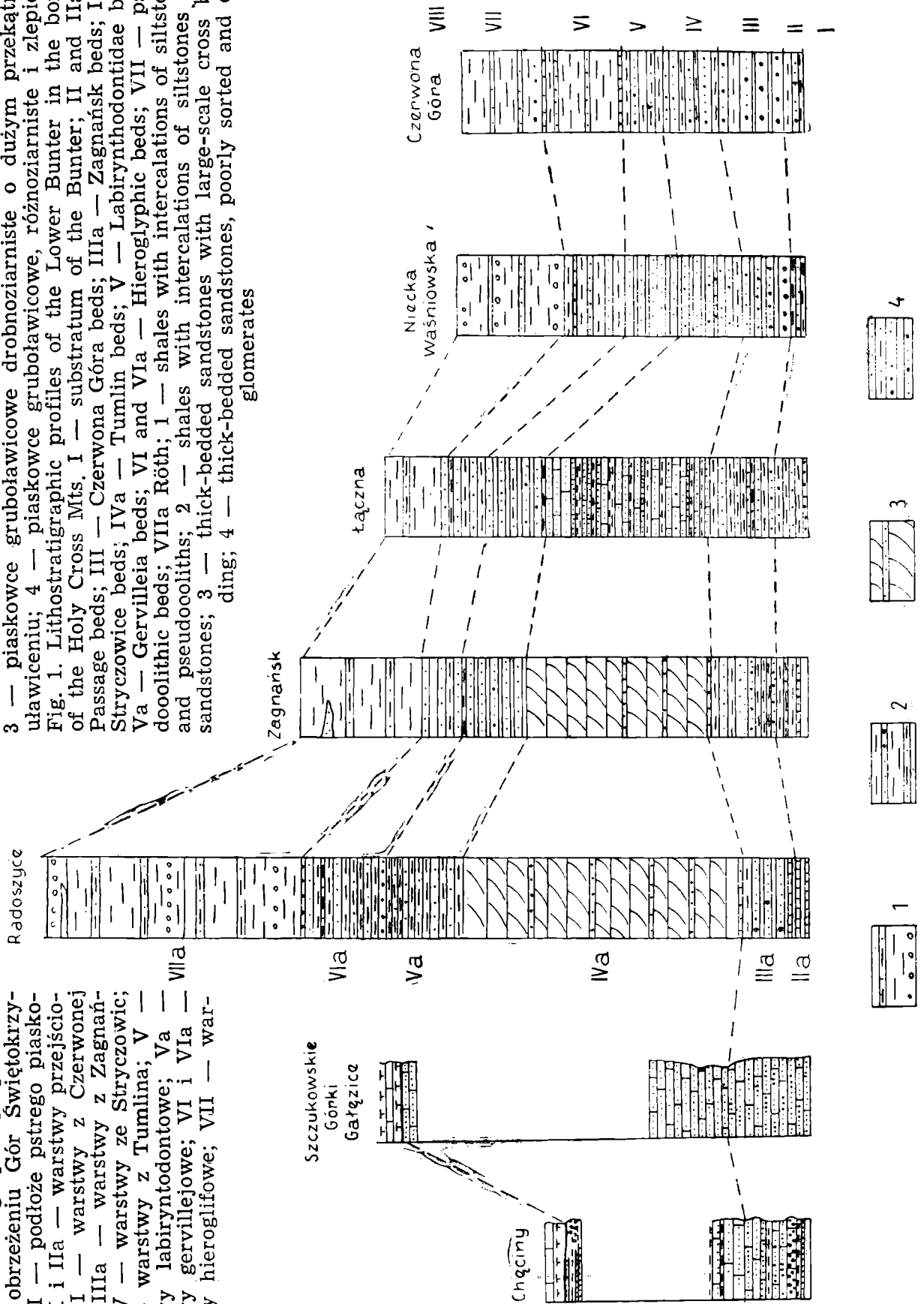
Podział pstręgo piaskowca z północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich na poszczególne poziomy oparliśmy na zmianach litologicznych osadu i tylko w jednym przypadku na faunie. Różnice w wykształceniu omawianej serii, jakie istnieją między zachodnią (obszar Radoszyce — Suchedniów) a wschodnią (obszar Suchedniów-Opatów) częścią północnego obrzeżenia powodują konieczność wprowadzenia dwóch podziałów stratygraficznych (tabela 2 a, b).

Piaskowiec pstry północnego obrzeżenia dzielimy na dwa piętra, dolne i górne (to ostatnie zaliczane dawniej do środkowego). W osadach pstręgo piaskowca na północnym obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich obserwuje się przejście horyzontalne od osadów lagunowo-morskich w czę-

Fig. 1. Kolumny litologiczno-stratigraficzne niższego pstręgo piaskowca na obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich. I — podłoże pstręgo piaskowca; II i IIa — warstwy przejściowe; III — warstwy z Czerwonej Góry; IIIa — warstwy z Zagnańska; IV — warstwy ze Stryczowic; IVa — warstwy z Tumlina; V — warstwy labiryntodontowe; Va — warstwy gervillejowe; VI i VIa — warstwy hieroglifyowe; VII — war-

stwy pseudooolitowe; VIIa — ret; 1 — łupki z wkładkami mułowców i pseudooolitami; 2 — łupki z wkładkami mułowców i piaskowców; 3 — piaskowce grubolawicowe drobnoziarniste o dużym przekątnym uławiceniu; 4 — piaskowce grubolawicowe, różnoziarniste i zlepione.

Fig. 1. Lithostratigraphic profiles of the Lower Bunter in the border of the Holy Cross Mts. I — substratum of the Bunter; II and IIa — Passage beds; III — Czerwona Góra beds; IIIa — Zagnańsk beds; IV — Stryczowice beds; IVa — Tumlin beds; V — Labirynthodontidae beds; Va — Gervilleia beds; VI and VIa — Hieroglyphic beds; VII — pseudoolithic beds; VIIa Röth; 1 — shales with intercalations of siltstones and pseudooliths; 2 — shales with intercalations of siltstones and sandstones; 3 — thick-bedded sandstones with large-scale cross bedding; 4 — thick-bedded sandstones, poorly sorted and conglomerates



WYKSZTAŁCENIE LITOLOGICZNE
PSTREGO PIASKOWCA NA „N” OBRZEŻENIU GÓR ŚWIĘTOKRZYSKICH

		ZACHODNIA CZĘŚĆ PŁNOCNEGO OBRZEŻENIA																	
		RADOSZYCE 3				OBSZAR ŁĄCZNA - SUCHEDNIÓW													
		Litologia	Flora i fauna	Struktury sediment.	Gt. kier. przekąt. warstw.	Litologia	Flora i fauna	Struktury sediment.	Gt. kier. przekąt. warstw.										
ŚRODKOWY / = GÓRNY /	warstwy pseudooolitowe	a	Mułowce psre, czerwone wiśniowe, piaskowce drobnoziarn. często przekątne warstwowane, pseudooolity, gips (320,65 m) ± HCl	Characeae sp. Equisetales Filicales Glossopteridae Haplophragmoides sp. Ammobaculites sp. Saccamina sp. Ostracode	-	-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		b	Mułowce i piaskowce gruboziarniste z otoczonymi żwirkami - kwarcu (0,75 m) 321,4 m	Estheria może iabirynthod.															
	warstwy hieroglifowe	a	Mułowce, iłowce wiśniowe z wkładkami piaskowców drobnoziarn. Wkładka piaskowca z otoczkami kwarcytu do 3 cm średnicy (90,75 m) + HCl	Characeae sp. Haplophragmoides Ostracoda, Estheria, kości kregowców, szczątki flory	hieroglify														
		b	Zlepience kwarcowo kwarcytowe, rzadkie wapienie, spoiwo piaskowcowe (8,85 m) 99,6 m																
	warstwy gerwillej.	a	Piaskowce czasem silnie mlikowe z fragmentami iłow. Wkładki iłow i mułowców czasem warstwowanie przekątne (99,3 m) + HCl	Haplophragmoides sp. Geruilleia murchisoni															
		b	Piaskowce gruboziarn. i żwirzaste z wkładkami drobnoziarn. i mułowców, czasem warstwowanie przekątne (34,6, 8 m) 40,1	Haplophragmoides sp. szczątki flory, szczątki kregowców															
		cykl III																	
	DOLNY	warstwy z Tumlina	a	Piaskowce czasem silnie mlikowe z fragmentami iłow. Wkładki iłow i mułowców czasem warstwowanie przekątne (99,3 m) + HCl	Haplophragmoides sp. Geruilleia murchisoni														
			b	Piaskowce czasem silnie mlikowe z fragmentami iłow. Wkładki iłow i mułowców czasem warstwowanie przekątne (99,3 m) + HCl	Haplophragmoides sp. Geruilleia murchisoni														
		warstwy z Zagnańska	a	Margle wiśniowe, piaskowce czasem wapniste, toczące ilaste, podługne wkładki mułowców, wkładki p-ców ze żwirkami 1 cm φ (18,4 m) + HCl	Haplophragmoides sp														
b			Piaskowce wiśniowe, czasem z drobnym żwirkiem kwarcu, toczące ilaste, mika, kryształowy dolomitu i gipsu. Czasem warstwowanie przekątne (44 m) 624 m	Haplophragmoides sp. szczątki flory, rzadkie fragm. kości kregowców.															
warstwy przejściowe	a	Piaskowce szare, czasem dolomityczne wiśniowe, wkładki iłowców i mułowców, w górze anhydryty, wkładki dolomitów (21,1 m) glaukonit + HCl	Haplophragmoides sp.																
	b	Piaskowce z otoczkami dolomitu, średnioziarn. wpryski gipsu (1,5 m) 22,6 m																	
Podłoże		cechsztyn				dewon				cechsztyn									

WYKSZTAŁCENIE LITOLOGICZNE PSTREGO PIASKOWCA NA N OBRZEŻENIU GÓR ŚWIĘTOKRZYSKICH

		WSCHODNIA CZĘŚĆ PÓŁNOCNEGO OBRZEŻENIA																				
		OBSZAR ŚWIETOMAR - ŚWISLINA				OBSZAR SKALA - POKRZYWNICA - WIÓRY				DOLY OPACIE BUKOWE KALKÓW				STRYCZOWICE				CZERWONA GÓRA				
		Litologia	Flora i fauna	Struktury sedyment.	kierun. przekąt. warstw.	Litologia	Flora i fauna	Struktury sedyment.	kierun. przekąt. warstw.	Litologia	Flora i fauna	Struktury sedyment.	kierun. przekąt. warstw.	Litologia	Flora i fauna	Struktury sedyment.	kierun. przekąt. warstw.	Litologia	Flora i fauna	Struktury sedyment.	kierun. przekąt. warstw.	
SRODKOWY GÓRNY	warstwy pseudoolitowe	cykl V	Ity wiśniowe z wkładkami piaskowców pyłkowych, drobnoziarnistych, czasem o spoiwie wapniстым, liczna mika, wkładki pseudoolitów.	zwąglona flora Spirorbis zim-mermani, koscikregowców, fuski ryb Rhizocorallum jenense		piaskowce SW i W pseudoolitowy SE		Itowce zielonawo-wiśniowe i tępki, wkładki jasnych wapniстых piaskowców		hieroglify	W	Ity wiśniowe ze smugami zielonawymi nieco margliste, piaskowce ceglaste, pseudoolitowy					Ity z wkładkami pseudoolitów					
			± HCl									± HCl	± 100				± 100					
	warstwy hieroglifowe	cykl IV	Ity z wkładkami piaskowców			NW			Ity czekoladowe, piaskowce ilaste z miką.	ślady pełzania i zerowania robaków	hieroglify i nieorganiczne ripple-marki prądowe	W	Ity wiśniowe z wkładkami piaskowców wiśniowych i żółtych drobno i gruboziarnistych.			E	Ity i tępki z wkładkami piaskowców			ślady pełzania i zerowania	SE	
			Piaskowce żwirzaste z kwarcami i kwarcytami			S SW																± 100
DOLNY	warstwy ze Stryczewic	cykl III b	Piaskowce wiśniowe z białymi glinkami, próżnie po tępkach wkładki żwirwców, ity wiśniowe.	labiryntodonty		SE S		Piaskowce z drobnymi przejściami do zlepieńców, przewarstwienia itów i tępok.	labiryntodonty ślady ty pełzania i zerowania robaków	ripple-marki falowe	SE	Piaskowce wiśniowe różnoziarniste i drobnoziarniste, czasem z drobnym żwirkiem fragm tępoków.	labiryntodonty	hieroglify prądowe, wleczeniowe erozyjne	NW W SE S	Piaskowce różnoziarniste z wkładkami zlepieńcowatymi, wkładki itów.	labiryntodonty			hieroglify prądowe, wleczeniowe	NE SW W SE	
			± HCl					± HCl				± HCl	± 50				± HCl					
	warstwy z Czerwonej Góry	cykl II	Piaskowce jasne, żółtawo-białe, z przejściami do drobnego żwirwca, wkładki wiśniowych itów i piaskowców mufawcowych			NW		Zlepienie i piaskowce z dużymi przewarstwieniami itów.	ślady pełzania i zerowania robaków	hieroglify prądowe i wleczeniowe	NW W S SE		Piaskowce jasne, żółtawe, różnowawe, z poziomymi żwirowymi i wkładkami itów.	ślady pełzania i zerowania	hieroglify prądowe, wleczeniowe	N SE S SW	± 70m					S SE E
warstwy z Czerwonej Góry	cykl I	Piaskowce i piaskowce zlepieńcowate z przejściami do zlepieńców, z wkładkami tępok. Miejscami dom. nują piaskowce i mufawce, natomiast piaskowce żwirzaste występują podrzędnie		hieroglify	SE W SW		Zlepienie i piaskowce	kanaliki po robakach		ripple-marki prądowe, ślady rozmoczenia i wysychania	S SE E	Zlepienie z dużą ilością kwarcytów. Średnica ołoczków do 2cm φ. Wkładki itów.				± 80m	Zlepienie kwarcytowo-kwarcowe z przejściami do tworzących cienkie wkładki piaskowców.				ripple-marki hieroglify wleczeniowe	E SE S
	warstwy przejściowe		Zlepienie i piaskowce (gdą w podłożu cechsztyń lub wiśniowe tępki w wyższej części ze zlepieńcami (w miejscach gdzie trzas sedymentował na dewonie).									Piaskowce mufawcowe wiśniowe w dole z fragmentami dewonu (Dolny Opacie)	hieroglify organiczne	ripple-marki ślady rozmoczenia i wysychania	S SE	± 25m	Piaskowce drobno i średnioziarniste z wkładkami zlepieńców, niekiedy ostrokrawędzistych, cienkie wkładki itów tępokowych			hieroglify organiczne	SE	ślady pełzania i zerowania kanaliki po robakach
																± HCl						± 25
Podłoże		dewon		cechsztyń				cechsztyń				dewon		cechsztyń								

ści zachodniej do lądowych w części wschodniej. W związku z tym przyjmujemy, że w części zachodniej do dolnego pstrego piaskowca należą osady wykazujące jeszcze cechy morskie zbliżone wskutek tego swoim wykształceniem do cechsztynu. Natomiast w części wschodniej, gdzie nastąpiło wcześniejsze spłylenie zbiornika cechsztyńskiego, dolnemu pstremu piaskowcowi odpowiadają osady lądowe. Do górnego (środkowego) pstrego piaskowca zaliczamy na całym obszarze północnego obrzeżenia zarówno osady kontynentalne, jak i płytkich lagun i delt, a nawet może częściowo utwory wydym nadbrzeżnych, rozdzielone poziomem zawierającym morską faunę, reprezentowaną przez małża *Gervilleia murchisoni* Geinitz. We wschodniej części północnego obrzeżenia, gdzie małż ten nie dotarł, poziom z morską fauną przypuszczalnie zastąpiony został przez węglanowe piaskowce z licznymi szczątkami labiryntodontów.

Podział pstrego piaskowca na poszczególne warstwy przeprowadzono na podstawie makroskopowych cech litologicznych skały, jej chemizmu, struktury i zawartych w niej szczątków organicznych. Wykształcenie litologiczne tych warstw oraz ich cechy faunistyczne, florystyczne, struktury sedymentacyjne i kierunki przekątnych warstwowań oraz węglanowość ilustruje tabela 2 a, b.

Obok podziału pstrego piaskowca przeprowadzonego na podstawie różnych cech makroskopowych skały, zastosowano również podział uzależniony od naprzemianległego zalegania osadów grubo- i drobnoklastycznych. Podział ten przeprowadzono dla pstrego piaskowca zachodniej części północnego obrzeżenia, gdzie dysponowano ciągłymi profilami omawianych osadów otrzymanymi w wierceniach.

Na podstawie wiercenia w Radoszycach stwierdziliśmy, iż każdą serię o drobnej frakcji poprzedzają osady o ziarnie grubszym, niekiedy nawet zlepieńcowate. Na tabeli 2 a ilustrującej wykształcenie litologiczne pstrego piaskowca widać, iż w obrębie każdej wydzielonej warstwy dolna jej część jest złożona ze zlepieńców lub piaskowców gruboziarnistych, czasem mogą być to nawet wkładki piaskowców ze żwirkiem w obrębie piaskowców o drobniejszym ziarnie. Na podstawie zmian w grubości ziarna wydzieliliśmy w osadach pstrego piaskowca zachodniej części północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich 5 cykli, z których każdy obejmuje zespół osadów grubo- i drobnoziarnistych. W ten sposób każdy cykl jest dwudzielny i dzieli się na część dolną — gruboziarnistą (a) i część górną — drobnoziarnistą (b). Podobny podział zastosował dla osadów pstrego piaskowca W. Hoppe (1959), który opracował cykliczne zmiany tych osadów na obszarze Turynii.

W Górach Świętokrzyskich cykliczność oparta na zmianach w strukturze skały jest dobrze widoczna w części zachodniej północnego obrzeżenia, dalej ku wschodowi jednak, gdzie jest przewaga skał gruboklastycznych, zwłaszcza w dolnej części profilu trudno jest dziś jeszcze przeprowadzić taki podział.

Podział na cykle jest próbą ujednoczenia stratygrafii pstrego piaskowca dla całego północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. W przyszłości może on ułatwić paralelizację tych utworów z analogicznymi, znanymi z Niemiec.

W nawiązaniu do badań węglanowości osadów pstrego piaskowca należy zaznaczyć, iż we wszystkich cyklach obserwuje się, iż dolna część „a” jest bezwapienna, natomiast część „b” jest węglanowa. Wyjątek stanowi tu cykl IV odpowiadający warstwowi hieroglifowemu, gdzie nie stwierdzono obecności CaCO_3 . W części wschodniej północnego obrzeże-

nia w górnym (środkowym) pstrym piaskowcu partie węglanowe rozmieszczone są tak samo w profilu pionowym jak w części zachodniej. W dolnym natomiast, w części wschodniej tego obrzeżenia, stwierdzono obecność węglanów jedynie w warstwach przejściowych. Szerokie występowanie węglanu wapnia w określonych poziomach ułatwia przeprowadzenie podziału stratygraficznego i paralelizację poszczególnych profili z różnych punktów północnego obrzeżenia.

W utworach pstręgo piaskowca północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich znajdują się nieliczne szczątki flory i fauny (tabela 2 a, b). W dolnym pstrym piaskowcu znane jest dotychczas jedynie występowanie otwornicy *Haplophragmoides* sp. znalezionej w zachodniej części obrzeżenia. Życie organiczne było jednak w dolnym pstrym piaskowcu znacznie bardziej rozwinięte niż wskazują na to dziś znajdujące się szczątki organiczne. W opisywanych utworach spotyka się bardzo często rurki robaków oraz ślady pełzania lub żerowania organizmów, których szczątki nie zachowały się do dziś. Znaczna różnorodność tych biohieroglifów świadczy o istnieniu przynajmniej kilku rodzajów organizmów.

Niższa część pstręgo piaskowca (środkowego) górnego zawiera obok *Haplophragmoides* sp. nieoznaczalne szczątki flory oraz nieliczne biohieroglify. W wyższej części górnego pstręgo piaskowca flora i fauna są liczniejsze (tabela 2 a), niestety nie mają one znaczenia stratygraficznego. Wyjątek stanowi wśród nich *Gervilleia purchisoni* — forma morska mająca szerokie rozprzestrzenienie na obszarze środkowo-europejskiego zbiornika dolnego triasu. Charakteryzuje ona środkową część górnego (środkowego) pstręgo piaskowca wyróżnioną przez nas jako warstwy z *Gervilleia purchisoni*. Makrofauna i makroflora są rzadko spotykane w osadach pstręgo piaskowca i dlatego raczej nie dostarczą podstaw do stratygrafii. Natomiast badania nad mikroflorą i mikrofauną nie były dotychczas przeprowadzane systematycznie i stąd powierzchowna jedynie znajomość tych organizmów. Być może więc, iż wśród nich znajdują się formy, które pozwolą na szczegółowsze opracowanie podziału stratygraficznego opartego dziś jeszcze prawie wyłącznie na litologii omawianych osadów.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA LITOLOGICZNA

Zlepieńce (Tabl. XXX fig. 3).

Jak podano wyżej (str. 319), występują one głównie w najniższej części pstręgo piaskowca, tworząc kilkunastometrowe serie prawie całkowicie pozbawione wkładek łupkowych.

Charakterystyczną cechą tych zlepieńców jest prosty skład mineralogiczny. Wyjątek stanowią zlepieńce występujące na przejściu z cechsztynu do pstręgo piaskowca. Np. skład zlepieńców w Czerwonej Górze przedstawia się następująco:

	Cechsztyń	warstwy przejściowe			warstwy z Czerwonej Góry
kwarcyty	40%	72%	68%	84%	76 — 54%
wapienie	48	8	12	10	— —
dolomity	8	15	10	4	— —
piaskowce	4	5	10	1	10 — 29
kwarcy	—	—	—	1	14 — 17

Podrzednym składnikiem są fragmenty łupków. Otoczaki osiągają wielkość rzędu 20 cm (w części wschodniej). W kierunku NW zaznacza się regionalne zmniejszanie się ich wielkości. Otoczaki kwarcytów wykazują podobieństwo do kwarcytów dolnodewońskich i kambryjskich Gór Świętokrzyskich. Są one na ogół dobrze obtoczone. Wyjątek stanowią prawie całkowicie nie obtoczone fragmenty kwarcytów z warstw przejściowych. Jeszcze lepszy stopień obtoczenia wykazują otoczaki kwarcu, na ogół są one mniejsze niż poprzednie. Duża ilość kwarców posiada otoczki hematytowe.

W Chałupkach na południowym obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich występują w zlepieńcach duże otoczaki chalcedonów oraz jak podaje J. Czarnocki (1927) jaspisy, fyllity, białe i czerwone kwarcy oraz piaskowce. Zarówno wielkość egzotyków jak i piaskowców, które zdaniem J. Czarnockiego są wieku dolnodewońskiego i pochodzą z Gór Świętokrzyskich, dochodzi do 10—15 cm.

Spoiwo zlepieńców z Dołów Opacich składa się¹ z:

kwarc	47,0—92,0%
kwarcyty i kwarc żyłowy	34,7— 6,0%
skały kryptokrystaliczne	7,3— 0
fragmenty skał ilastych	5,5— 0
kaolin i limonit	2,3—17,6%
tlenki żelaza	2,4— 8,0%

Ziarna kwarcu wykazują na ogół faliste lub mozaikowe znikanie światła, spotykane są wrostki turmalinu i minerałów femicznych. Powierzchnia ziarn pokryta jest często otoczkami żelazistymi. Minerale ciężkie reprezentowane są przez cyrkon, turmalin i podrzednie epidot. Sporadycznie występuje baryt i biotyt (Wióry). W zlepieńcach z warstw przejściowych w spoiwie występuje domieszka węgla wapnia.

Zlepieńce charakteryzuje budowa masywna pozbawiona na ogół struktur, niekiedy jednak otoczaki wykazują tendencje do ułożenia dachówkowatego oraz występuje gradacja ziarn. Niektóre typy zlepieńców, szczególnie drobniej ziarniste, są warstwowane przekątnie, ponadto wewnątrz ławic zlepieńców występują nieduże soczewki drobnoziarnistych piaskowców, przekątnie warstwowane. Często zlepieńce przechodzą ku gorze w laminowane przekątnie piaskowce.

Dolna granica zlepieńców jest prawie zawsze ostra, często osad wypełnia rozmycia w leżącej niżej ławicy, również i górna granica jest wyraźna. Grubość poszczególnych ławic osiąga 20 m (Stryczowice), zmniejsza się ona w kierunku NW.

P i a s k o w c e

Skały należące do tej grupy odznaczają się znacznie drobniejszym ziarnem (do 1 mm) oraz na ogół mniejszą miąższością. Tylko w piaskowcach tumlińskich spotyka się ławice o miąższości kilkudziesięciometrowej.

Skład mineralny na skutek, jak się wydaje, długiego transportu oraz monotonii materiału wyjściowego (mogły to być głównie piaskowce i zlepieńce, które przeszły już przez kilka cykli sedymentacyjnych) jest przeważnie mało zróżnicowany:

kwarc	87,0—61,0%
kwarcyty	5,5— 1,0%

¹ Dane petrograficzne oparte są w głównej mierze na niepublikowanych pracach J. Idrian oraz Z. Biskupskiej.

minerały ilaste	33,0— 8,2%
kaolin	1,0— 0 %
skaleń	0,1— 0 %

(Dane te odnoszą się do piaskowców z Wiór).

Ziarna są na ogół słabo obtoczone, niemniej jednak spotyka się warstewki dobrze wysortowanych i obtoczonych ziarn.

Minerały ciężkie stanowią podrzędny składnik piaskowców, wynoszący jedynie 0,02%. Najbardziej pospolity jest turmalin (53,7%), cyrkon (38,8%), rutył (6,3%), tlenki żelaza (2,5%). Sporadycznie występuje biotyt, muskowit i chloryt. Spoiwo jest głównie krzemionkowe często z limonitem lub hematytem, spoiwo wapienste odgrywa jedynie podrzędną rolę. Sporadycznie w spoiwie występuje baryt oraz gips i anhydryt. W piaskowcach tumlińskich według W. Pawlicy (1920) występują minerały ciężkie odznaczające się wysokim stopniem obtoczenia. Opisane są tutaj apatyty z wrostkami ilmenitu, magnetytu oraz cyrkonu, cyrkony, rutyle i turmaliny. Rzadkie są amfibole zwyczajne i hipersteny, natomiast liczne są amfibole bazaltowe. Ziarna granatu przepełnione są pyłem grafitowym, ponadto występuje zoizyt.

W piaskowcach występują małe fragmenty (ok. 2 cm) czerwonych iłów wyrwane z podłoża przez prąd osadzający piaskowiec.

Na północnym obrzeżeniu w piaskowcach spotyka się kawałki kości należące, jak się przyjmuje, do labiryntodontów. Sporadycznie (np. wschodnia część Czerwonej Góry) występuje detrytus roślinny. Charakterystyczną cechą piaskowców jest warstwowanie przekątne zwykle na małą lub średnią skalę (medium and small scale crossbedding wg McKee i Weira 1953), wyjątek stanowią piaskowce tumlińskie, gdzie długość poszczególnych lamin przekracza 20 m. Górna i dolna powierzchnia ławic jest zwykle ostro odgraniczona, niekiedy z licznymi śladami działalności organizmów. Na górnej występują często ślady z wysychania oraz ripple-marki, na dolnej odlewy śladów działalności prądów.

Poza piaskowcami wyróżnić należy jeszcze mułowce, niekiedy wapienste z blaszkami muskowitu. Są one laminowane równolegle, przekątnie, często o warstwowaniu złożonym. Górna i niekiedy dolna powierzchnia jest nieostra i obserwuje się wtedy przejście do łupków.

Jest rzeczą oczywistą, że pomiędzy poszczególnymi grupami nie ma ostrych granic i występują przejścia.

STRUKTURY PIERWOTNE

W rozdziale tym przedstawione zostaną pokrótce struktury występujące w piaskowcach, a związane z ich sedymentacją.

Warstwowanie przekątne jest najbardziej charakterystyczną cechą piaskowców oraz niektórych mułowców z pstrego piaskowca. Występują tutaj wszystkie trzy typy warstwowania przekątnego opisane przez McKee i Weira (1953). We wszystkich tych typach, laminy przekątnego warstwowania w przekroju poprzecznym do kierunku prądu są wklęsłe, a zakończenie lamin, widoczne na górnej, ewentualnie dolnej powierzchni, są stroną wypukłą zwrócone pod prąd. Odnosi się to zarówno do lamin w przekroju podłużnym o typie terenoidalnym, jak i tangencjalnym, istnieją tylko różnice w stopniu wklęsłości.

Jak się wydaje, laminowanie przekątne wklęsłe powstaje, gdy prąd

osadzający ławicę piaskowcową niesie dużą ilość zawiesiny, natomiast formy wypukłe powstają na górnej powierzchni ławic, przez łagodne prądy, w czasie przesypywania złożonego już materiału. Sporadycznie tylko występują ławice składające się z jednego zespołu lamin, na ogół stromych (do 30°), często zakończonych laminowaniem przekątnym o bardzo małej skali i z dużą ilością miki na powierzchniach lamin. W przeważającej jednak części poszczególne ławice piaskowców składają się z całego szeregu wyklinowujących się (wedge-shape wg M c K e e i W e i r a, 1953) zespołów laminowanych przekątnie. Dopiero w osadach retu dominującym typem stają się formy rynnowe (trough-shape).

Przeważającym typem jest warstwowanie średniej wielkości. Wyjątek stanowią przede wszystkim piaskowce tumlińskie, gdzie długość poszczególnych lamin przekraczać może kilkanaście metrów. Laminety są na ogół równoległe, różniące się bądź zawartością żelaza (różnice w kolorze), bądź też wielkością ziarn, sporadycznie na laminach występują drobne rozmycia oraz zsuwiska. W przeważającej ilości wypadków wodne pochodzenie przekątnego warstwowania nie ulega wątpliwości, wskazuje na to przede wszystkim grubość ziarna, obecność otoczków oraz występowanie ripple-marków falowych.

Niejasna jest natomiast geneza piaskowców tumlińskich, mogą one stanowić rodzaj utworu deltowego w pograżającym się zbiorniku wodnym, wskazywałoby na to występowanie (co prawda sporadyczne) śladów pełzania robaków, a w wierceniach Radoszyce otwornic lagunowych. Ponadto ponad nimi występują niewątpliwe utwory morskie lub lagunowe (warstwy z *Gervilleia purchisoni*). Z drugiej strony niektóre dane wskazują, że piaskowce te, o wielkim przekątnym laminowaniu, tworzyły wydmy nadbrzeżne, a wkładki z mikrofauną lagunową są jedynie oddźwiękiem czasowych ingresji morskich. Wskazywałoby na to prawie całkowity brak wkładek łupkowych, obecność cienkich pozawijanych warstewek łupkowych, otoczków o szlifie wiatrowym, ponadto występowanie U-kształtnych rozmyć, wykazujących podobieństwo do kanałów rozciętych przez strumienie (M c K e e 1957). Występuje również problematyczne krzyżowe uwarstwienie (mogą to być zachowane laminety doprądowe).

Wyjaśnienie genezy piaskowców tumlińskich jest o tyle trudne, że jak na razie nie ma prawie żadnych kryteriów pozwalających odróżnić ławice warstwowane przekątnie pochodzenia eolicznego oraz wodnego (P e t t i j o h n, 1957). Np. W r i g h t (1956) jako jedno z kryteriów uważa jednolitość kierunków i przewagę lamin o nachyleniu $15-25^\circ$. Poza tym powołuje się na prace S h o t o n a (1937) i R e i c h a (1938), stwierdzając, że opisywane przez niego piaskowce Chuska są podobne do eolicznych osadów opisanych przez tych autorów. W wymienionych pracach brak jest jednak istotnych kryteriów i pochodzenie eoliczne nie jest całkowicie udokumentowane. Podobnie jest i w pracy K i e r s c h a (1950).

O s a d y o s u w i s k o w e — sporadyczne i na ogół małe — związane są przede wszystkim z mułowcami. Ładny przykład osuwiska obserwować można we wsi Czerwona Góra.

Ż y ł y p i a s k o w c o w e. Sporadycznie występują małe dajki piaskowcowe wybiegające prostopadle z piaskowców mułowcowych, długość ich dochodzi do 10 cm (Chęciny — przekop). Ponadto pewne struktury przypominające ślady wysychania (przede wszystkim nieregularne) mogą reprezentować żyły piaskowcowe.

Rozmycia. Wyróżnić tutaj można dwa rodzaje. Pierwszy, są to dość głębokie (do 1,5 m) rozmycia występujące wewnątrz gruboławicowych piaskowców przekątnie warstwowanych. Są one na ogół płaskodenne, o stromych ścianach (do 80°), niekiedy wąskie (tabl. XXX, fig. 2). Wypełnione bądź piaskowcem jednorodnym, bądź laminowanym. Jak już wyżej wspomniano, są one podobne do kanałów rozmywanych przez strumienie (M c K e e, 1957).

Drugim rodzajem są rozmycia podłoża powstałe przed osadzeniem się ławicy detrytycznej. Są one płytkie (do kilkudziesięciu cm), szerokie i wydłużone w kierunku prądu (tabl. XXX, fig. 3). W niektórych przypadkach rozmycia wyprzedzają znacznie depozycję piaskowców, jak o tym świadczy występowanie na powierzchni kanałów rozmyciowych niewątpliwie predepozycyjnych tropów (tabl. XXXI, fig. 4).

Struktury na powierzchniach ławic

1. Ślady pochodzenia organicznego

Niekiedy piaskowce na powierzchniach uławiczenia posiadają liczne ślady pochodzenia organicznego. Są to zarówno ślady pre- jak i postdepozycyjne.

Predepozycyjne są reprezentowane przez tropy (tabl. XXXI, fig. 4, tabl. XXXII, fig. 4) przypuszczalnie stawonogów i być może przez część śladów pełzania.

Natomiast ślady postdepozycyjne są liczniejsze, są to przede wszystkim ślady żerowania i pełzania robaków (tabl. XXXII, fig. 1 i 3), delikatne pierzaste ślady oraz ślady podobne do żerowisk *Spirophyton* (tabl. XXXII, fig. 1). Ponadto spotykane są (bardzo sporadycznie) tropy gadów (Wióry).

2. Ślady pochodzenia nieorganicznego.

Ślady opływania (tabl. XXXI, fig. 3). Występują one względnie często na dolnych powierzchniach piaskowców, głównie z północnego obrzeżenia. Zwykle występują grupowo. Powstają one w pierwszym okresie działania prądu, kiedy szybkość jego była zbyt mała, aby usunąć leżący przedmiot. Nie zawsze tworzone są one przez ten sam prąd, który osadzał materiał detrytyczny. Na przykład w Wielborowicach ślady opływania na jednej z ławic piaskowcowych wskazują prawie przeciwny kierunek niż warstwowanie przekątne tej ławicy.

Turboglify występują całkiem sporadycznie.

Licznie natomiast, szczególnie w środkowym pstrym piaskowcu północnego obrzeżenia, są reprezentowane ślady utworzone przez stałe fragmenty niesione przez prąd. Są to różnego rodzaju ślady uderzenia (tabl. XXXIII, fig. 4) (brush marks, prod marks, chevron marks) oraz wleczenia po dnie. (tabl. XXXI, fig. 1).

Na dolnych powierzchniach niektórych piaskowców obserwuje się długie, wąskie nierówności o niewielkich rozmiarach, przypominające ślady rozplływania (tabl. XXXI, fig. 2).

Ripplemarki (tabl. XXXIII, fig. 1, 2, 3, tabl. XXXII, fig. 5). Na górnych powierzchniach niektórych piaskowców zarówno cienko- jak i gruboławicowych obserwuje się ripplemarki. Pręgi linijne spotyka się również i wewnątrz ławic piaskowcowych. Na omawianym obszarze występują ripplemarki (pręgi linijne) symetryczne jak i niesymetryczne, z ostrym, ewentualnie spłaszczonym grzbiecikiem oraz niekiedy z dodatkowym, drugorzędym grzbiecikiem. Są też pręgi linijne posiadające ścięte częściowo grzbieciki i dodatkowe małe wzgórki (Doły Opacie).

Ścięcie to wskazywałoby na obniżenie poziomu wody i erodowanie wytworzonych uprzednio ripplemarków. Liczba wskaźnikowa (index) wynosi między 5 a 4, długość 4—9 cm, a amplituda 0,4—1,3 cm.

Sporadycznie występują ripplemarki interferencyjne (tabl. XXXII, fig. 5). Pręgi linijne na omawianym obszarze są przeważnie związane z piaskowcami laminowanymi przekątnie, większa część wzgórków, nawet niektórych symetrycznych, wykazuje w przekroju poprzecznym laminowanie przekątne, sugerujące pochodzenie prądowe. Natomiast symetryczne pręgi rozwinięte w piaskowcach cienkoławicowych, laminowanych równolegle są, jak należy przypuszczać, wynikiem działalności fal (okolice Łącznej, Doły Opacie).

Ripplemarki występują zwykle grupowo na dłuższym odcinku profilu (np. Doły Opacie czy dolna część warstw gerwilejowych zachodniej części północnego obrzeżenia).

Niekiedy w zagłębieniach pomiędzy grzbiecikami obserwuje się zmianę barwy czerwonej na zieloną, redukcja ta jest spowodowana przypuszczalnie przez drobny detrytus organiczny nagromadzony w tych zagłębieniach (podobne nagromadzenia detrytusu obserwuje się współcześnie).

Ślady wysychania (tabl. XXXII fig. 5, tabl. XXXIII fig. 1, 2, 5) — rozwinięte typowo, są względnie częste w osadach pstrego piaskowca. Stowarzyszone są niekiedy z ripplemarkami. Ślady te występują zarówno na dolnych, jak i górnych powierzchniach ławic piaskowcowych. W tym ostatnim przypadku tworzą się one wtedy, gdy spękania przechodzą w poprzek całej ławicy ilastej i piasek był wciskany, tworząc rodzaj żył piaskowcowych.

Niemniej jednak część tzw. śladów wysychania, szczególnie asymetrycznych i nieregularnych może być typowymi żyłami piaskowcowymi.

W przypadku, gdy warstewka iltu jest bardzo cienka, dochodzi w razie wysychania nie tylko do spękania, ale do zwijania się poszczególnych fragmentów i tworzenia się niekiedy form zbliżonych swoim wyglądem do kości (kamieniołomy w Zagnańsku) (tabl. XXXII, fig. 6). Podobne formy opisane zostały przez McKee z delty rzeki Colorado (1939).

KIERUNKI TRANSPORTU I OBSZARY ŹRÓDŁOWE DLA OSADÓW PSTREGO PIASKOWCA

Złączone mapy (fig. 2 i 3) przedstawiają kierunki transportu w dolnym i środkowym pstrym piaskowcu, natomiast dla retu obraz jest bardziej schematyczny.

Pomiary kierunków oparte są głównie na przekątnym warstwowaniu i łukowych pręgach przyrostowych [rib-and-furrow structures (Stokes 1947)] na górnych, a niekiedy i dolnych powierzchniach piaskowców. Dodatkowo również oparto się na pomiarach śladów działalności prądów zachowanych na powierzchniach ławic. Konieczne jest jednak krytyczne do nich podejście, gdyż w kilku przypadkach stwierdzono całkowitą niezgodność pomiędzy kierunkiem mierzonym na podstawie przekątnego warstwowania a kierunkiem, który wskazywałyby ripplemarki prądowe czy też ślady opływania. Dla badanego obszaru wykonano ok. 1 500 pomiarów. Zagęszczenie ich jest jednak niejednakowe, gdyż zależne jest od ilości i jakości odsłoneń. Celem dokładniejszego sprecyzowania przeciętnego kierunku wykonywano na jednej ławicy kilka pomiarów.

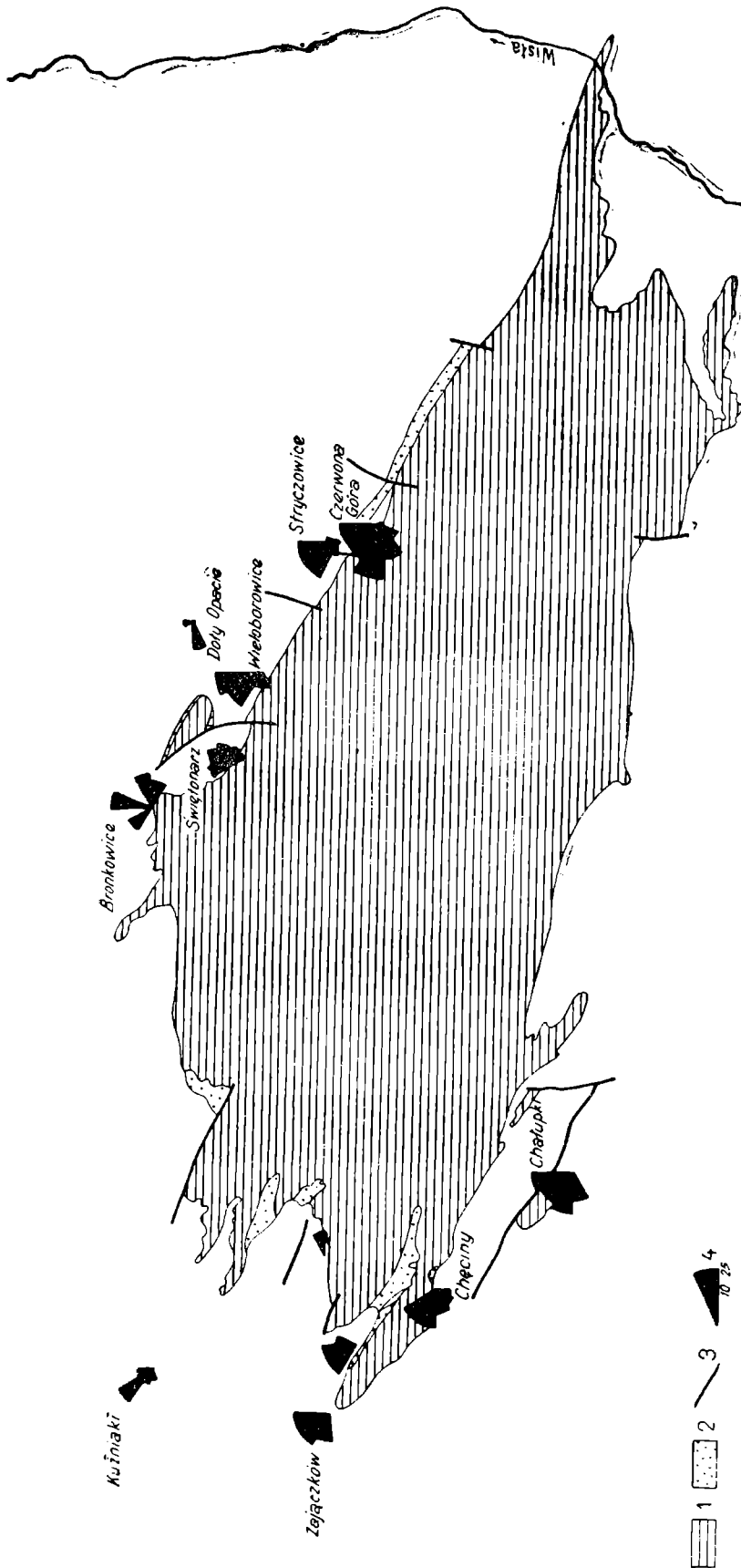


Fig. 2. Rozkład kierunków transportu materiału w dolnym pstrym piaskowcu. 1 — masyw paleozoiczny Gór Świętokrzyskich; 2 — cechsztyń; 3 — linie uskoków; 4 — diagramy kierunków przekątnego warstwowania

Fig. 2. Directions of transport of detrital material in the Lower Bunter. 1 — Paleozoic massif of the Holy Cross Mts; 2 — Zechstein; 3 — faults; 4 — diagrams of cross-bedding directions

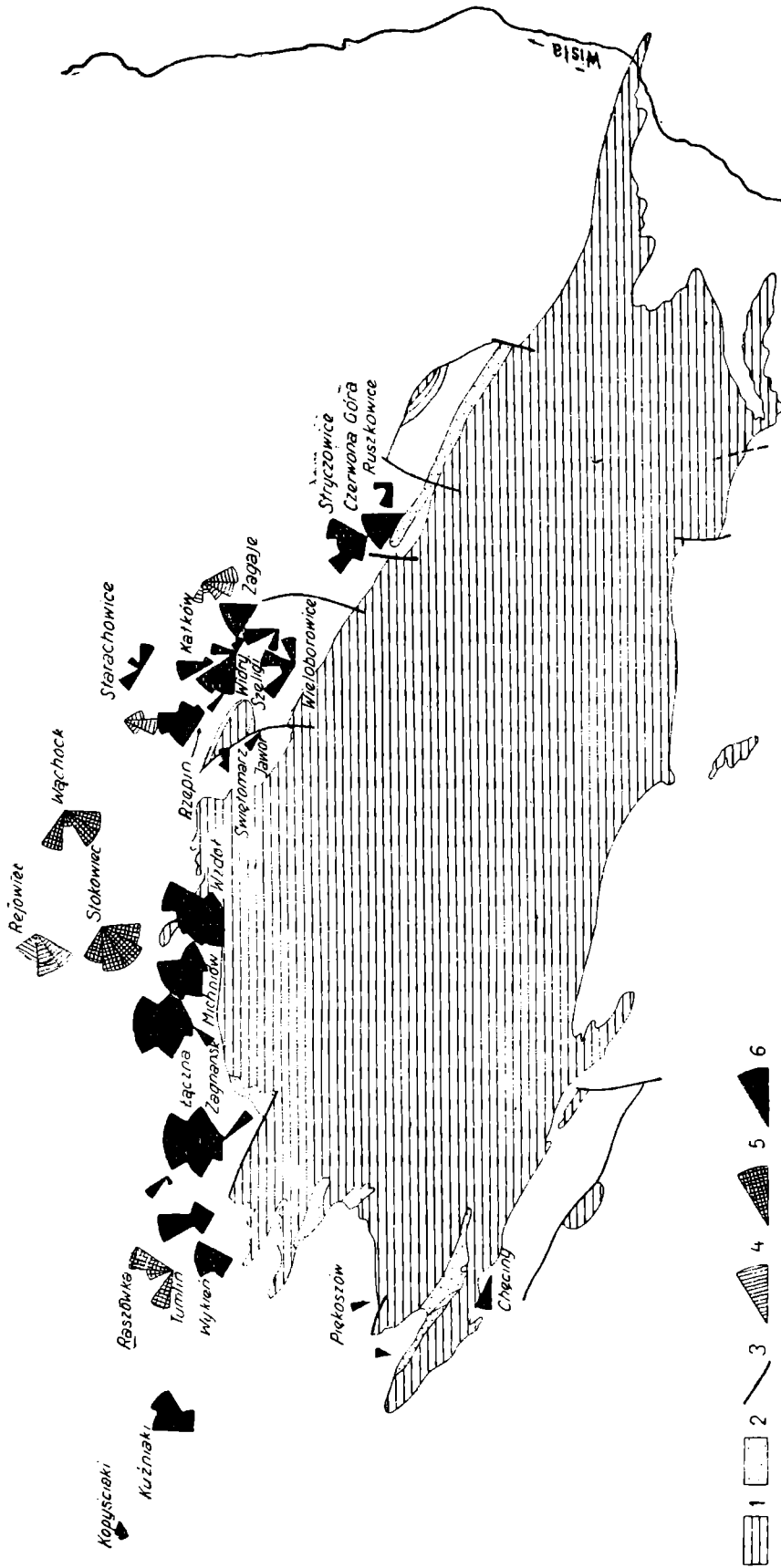


Fig. 3. Rozkład kierunków transportu materiału w środkowym (górnym) psirym piaskowcu i recie. 1 — masyw paleozoiczny Gór Świętokrzyskich; 2 — cechsztyń; 3 — linie uskoków; 4 — diagramy kierunków przekątnego warstwowania w osadach środkowego pstrego piaskowca; 5 — w piaskowcach z hematytami; 6 — w pozostałych piaskowcach retu

Fig. 3. Directions of transport of detrital material in the Middle Bunter and in the Róth. 1 — Paleozoic massif of the Holy Cross Mts; 2 — Zechstein; 3 — faults; 4 — diagrams of cross-bedding directions in the Middle Bunter; 5 — diagrams of cross-bedding directions in the sandstones with hematite pebbles; 6 — diagrams of current bedding directions in the remaining sandstones of the Róth

Rozkład kierunków prądów w dolnym pstrym piaskowcu sugeruje, że materiał klastyczny do tych osadów pochodził głównie z obszaru położonego na południowy wschód od Wisły, będącego przypuszczalnie przedłużeniem masywu Dobrudży (zakryty obecnie przez młodsze osady fig. 4). Wpływ paleozoicznego masywu Gór Świętokrzyskich był, jako obszaru źródłowego, tylko podrzędny (uległ on gwałtownej erozji w czasie sedimentacji cechsztynu, zaznacza się jedynie pojawieniem się lub zwiększeniem się węglowanowości osadów wokół ostańców paleozoicznych — Doły Opacie, Pawłów), wskazuje na to przede wszystkim brak w klastycznych osadach pstrego piaskowca wapieni i dolomitów, grających ważną rolę wśród skał paleozoicznych, a kwarcyty są silnie obtoczone, wskazując na długi transport. Występują natomiast fragmenty egzotyczne jak kwarcze żyłowe, fyllity, sporadycznie skalenie czy biotyty.

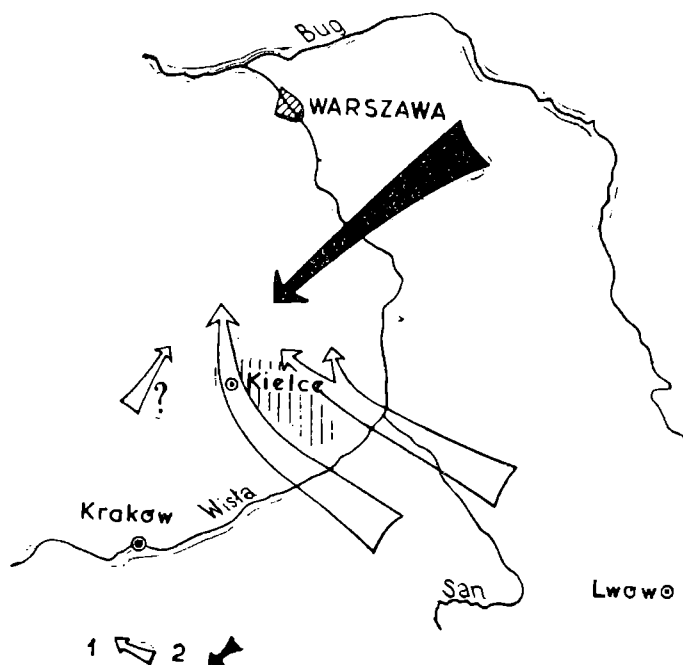


Fig. 4. Schematyczny obraz rozmieszczenia obszarów źródłowych dla pstrego piaskowca na obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich. 1 — kierunki transportu materiału dla osadów niższego pstrego piaskowca; 2 — dla osadów retu

Fig. 4. Schematic map of the position of the source areas of detrital material for the Bunter of the border zone of the Holy Cross Mts. 1 — directions of transport of detrital material in the Lower (and Middle) Bunter; 2 — ditto in the Röh

Petrograficzny skład opisywanego materiału wskazuje, że obszar źródłowy zbudowany był w głównej mierze ze skał osadowych (kwarcytów i piaskowców). Otoczaki kwarcu (niektóre z nich są pochodzenia żyłowego) występujące w osadach pstrego piaskowca są obtoczone lepiej niż pozostałe fragmenty. Sugeruje to, że bądź przeszły dłuższy transport, bądź pochodzą z niszczenia starszych skał osadowych i przeszły już więcej cykli sedimentacyjnych.

Występowanie mało odpornych minerałów, takich jak skalenie czy biotyty pozwala przypuszczać, że rozmywane były ponadto jakieś skały metamorficzne (wskazuje na to ponadto obecność fyllitów w obrzeżeniu południowym).

Na ogół stałe kierunki prądów, w poszczególnych profilach niższego pstrego piaskowca (fig. 2), świadczą o stałości założeń morfologicznych

mających wpływ na kierunek prądów. Odnosi się to głównie do dolnego pstręgo piaskowca. Natomiast w środkowym pstrym piaskowcu obraz się komplikuje, szczególnie w części zachodniej (fig. 3). Pojawia się duży rozrzut kierunków. Jest to, jak się wydaje, spowodowane między innymi przez daleko posuniętą penepłenizację terenu oraz w czasie ingresji morskiej, w poziomie warstw gerwillejowych, występowaniem lokalnych prądów w zbiorniku wodnym.

Aktywność omawianego obszaru źródłowego zmniejsza się pod koniec dolnego pstręgo piaskowca i w czasie środkowego dostarcza ono tylko materiału drobnego.

W części zachodniej na przełomie dolnego i środkowego pstręgo piaskowca miejscami pojawiają się kierunki (Perzowa Góra) sugerujące utworzenie się odrębnego obszaru źródłowego, leżącego na południe lub nawet południowy zachód od Gór Świętokrzyskich (fig. 4). Na przełomie środkowego pstręgo piaskowca i retu zaznacza się na północnym obrzeżeniu dość generalna zmiana kierunków, mianowicie piaskowce retu wykazują ogólnie kierunek transportu z północnego wschodu (fig. 3), pojawiają się ponadto otoczaki hematytu. Materiał dla osadów retu tej części obrzeżenia Gór Świętokrzyskich pochodził prawdopodobnie z platformy wschodnioeuropejskiej (H. S e n k o w i c z o w a i A. Ś l ą c z k a, 1962) lub z obszarów leżących na północny wschód (fig. 4). W obszarach zachodnich jednak (Raszówka) obserwuje się w tych osadach kierunki z południa, ponieważ jednak występują tam także piaskowce hematytowe, więc należy sądzić, że występuje tutaj skręt kierunków, względnie piaskowce przesypane były przez prądy lokalne. Sprawa ta nie jest jednak wyświetlona dostatecznie i wymaga jeszcze dalszych szczegółowych badań.

Oprócz opisanych powyżej generalnych zmian kierunków obserwuje się w niektórych profilach lokalne zmiany zachodzące w czasie (w profilu pionowym). Na przykład w profilu Wieloborowice-Skała w najniższej części pstręgo piaskowca obserwuje się kierunki około 170° z S, w odpowiednikach warstw stryczowickich $90-80^\circ$ z E, ku górze skręcają ponownie i wynoszą $120-180^\circ$ z SE względnie S. W odpowiednikach warstw labiryntodontowych wynoszą $10-25^\circ$ z S, a hieroglifowych $90-110^\circ$ z W.

Podobnie jest również i w profilu Bronkowic, gdzie odsłonięta jest wyższa część środkowego pstręgo piaskowca. W dolnej części profilu obserwuje się kierunki $120-80-60^\circ$ z W, ku górze kierunek zmienia się kolejno na $20, 10$ i 5° z S. W najwyższej części profilu kierunki mają wartość $130-140^\circ$ z SE, a w leżącym niedaleko recie kierunki z NE i N. Zmiany te należy prawdopodobnie wiązać z lokalnymi zmianami w ukształtowaniu terenu.

ŚRODOWISKO SEDYMENTACYJNE

Osady pstręgo piaskowca na obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich reprezentują głównie (jak to już przyjmował J. S a m s o n o w i c z 1929) sedymenty rzeczne i subkontynentalne powstałe na obrzeżeniu wyniesionych obszarów źródłowych, mniejszą rolę natomiast odgrywają osady reprezentujące warunki lagunowe czy płytkich zbiorników morskich. Zaliczenie niektórych osadów do poszczególnych typów nie zawsze jest jednak pewne, gdyż zarówno osady rzeczne, jak i lagunowe zazębiają

się ze sobą w mniejszym lub większym stopniu. W czasie cechsztynu obszar zajmowany obecnie przez osady pstrego piaskowca uległ silnemu zerodowaniu i sedymentacja dolnego triasu rozpoczęła się na obszarze o słabo zaznaczonej rzeźbie. Obszar ten tworzył rodzaj równi zalewowej, na którą donoszony był materiał z wyniesionych obszarów źródłowych w czasie okresowych gwałtownych opadów powodujących powstawanie krótkotrwałych rzek i powodzi. Świadczą o tym ostre dolne powierzchnie zlepieńców, często ze śladami rozmyć, występowanie zlepieńców, oraz obecność fragmentów łupków wyrwanych z podłoża. O krótkotrwałości tych rzek świadczą liczne ślady wysychania.

Na peryferiach tej strefy szybkiej, rzecznej sedymentacji, w spokojnych zbiornikach wodnych powstawały osady ilaste i mułowcowe.

Ten wolno zapadający się basen pochylony był w kierunku zachodnim i przechodził w płytkie laguny. Wskazuje na to obecność otwornic lagunowych w rejonie Radoszyc.

Okresowo obszar tych lagun się powiększał i morze ingredowało ku wschodowi, osady jego reprezentowane są przez często wapniste, laminowane mułowce z licznymi ripplemarkami.

Zagadnieniem jeszcze nie rozwiązany jest sprawa klimatu panującego w czasie niższego pstrego piaskowca na omawianym obszarze. Dotychczasowe dane sugerują, że osady te powstały w wyniku istnienia klimatu półsuchego z obfitymi okresowymi opadami. Przeciwno klimatowi pustynnemu świadczy brak pól pustynnych, brak rozwiniętych na większą skalę osadów pustynnych, obecność niekiedy licznych śladów życia organicznego, występowanie (aczkolwiek sporadyczne) detrytusu roślinnego, sąsiedztwo dużych zbiorników wodnych (Radoszyce). Występujący w przewodzie czerwony kolor skał nie stanowi dowodu na warunki panujące w czasie akumulacji omawianych osadów, ale na warunki panujące w obszarze źródłowym, gdyż, jak się obecnie przyjmuje (van Houten, 1948; Krynine, 1938), w większości wypadków barwa czerwona pochodzi z obszarów źródłowych. Jak wynika z rozważań obu wspomnianych autorów, optymalne warunki dla tworzenia się barwy czerwonej występują w klimacie gorącym i wilgotnym i taki klimat istniał przypuszczalnie w obszarze źródłowym.

W czasach obecnych mniej niż 5% gleb czerwonych tworzy się w obszarach suchych, najczęstsze są natomiast tam kolory szare.

Najlepsze warunki natomiast do zachowania barwy czerwonej istnieją w klimacie półsuchym, lub ciepłym o umiarkowanych opadach (Krynine, 1938, Twenhofel, 1939, van Houten, 1948). Ten ostatni porównuje osady serii Newark i dolnego Siwaliku do osadów subtropikalnej sawanny. Biorąc to wszystko pod uwagę można przyjąć z dużą dozą prawdopodobieństwa, że w czasie osadzania się niższego pstrego piaskowca na omawianym obszarze istniał klimat z występującymi naprzemianlegle okresami gwałtownych opadów i okresami suchymi.

Instytut Geologiczny, Warszawa

Karpacka Stacja Terenowa Instytutu Geologicznego, Kraków

WYKAZ LITERATURY
REFERENCES

- Czarnocki J. (1923), Cechsztyń w Górach Świętokrzyskich. *Spraw. PIG* t. 2.
- Czarnocki J. (1927), Sprawozdanie z badań dokonanych w 1926 r. w związku z ogólnym poglądem na budowę mas mezozoicznych regionu checińskiego. *Posiedz. nauk. PIG* 17.
- Czarnocki J. (1931), Sprawozdanie z badań wykonanych w pn. — zachodniej części Gór Świętokrzyskich, między Radoszycami i Łączną pod Suchedniowem. *Posiedz. nauk. PIG* 29.
- Dembowska J. (1957), Trias w pracy zbior. Wyniki wiercenia Radoszyce 3. *Biul. Inst. Geol.* 124.
- Hoppe W. (1959), Zyklische Gliederung des unteren und mittleren Buntsandstein in Thüringen. *Ber. Geol. Gesel. DDR.* 4.
- Houten F. B. van (1948), Origin of red-banded early Cenozoic deposits in Rocky Mountain region. *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.* 32.
- Kiersch G. A. (1950), Small-scale structures and other features of Navajo sandstones. *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.* 34.
- Krynine P. D. (1938), Problems of Western red-bed sedimentation. *Proc. Geol. Soc. America* 1937.
- McKee E. D. (1939), Some types of bedding in the Colorado river delta. *Jour. of Geology.* 47.
- McKee E. D. (1957), Flume experiments on the production of stratification and cross-stratification. *Jour. Sed. Petrology* 27.
- McKee E. D., Weir G. W. (1953), Terminology for stratification and cross-stratification. *Bull. Geol. Soc. America* 64a.
- Pawlica W. (1920), Ilaste rudy żelazne Starachowic. *Spraw. PIG* 1.
- Pawłowska K. (1957), Cechsztyń w pracy zbior.: Wyniki wiercenia Radoszyce 3. *Biul. Inst. Geol.* 124.
- Pettijohn F. J. (1957), *Sedimentary rocks.* Harper and Broth. New York.
- Samsonowicz J. (1929), Cechsztyń, trias i lias na północnym zboczu Łysogór. *Spraw. PIG.* 5.
- Senkowiczowa H., Ślaczka A. (1962), O wieku piaskowców z Wąchocka *Kwart. Geol.*
- Shotton F. W. (1937), Lower bunter sandstones of Worcestershire and Shropshire. *Geol. Mag.* 34.
- Stokes W. L. (1947), Primary lineation in fluvial sandstones a criterion of current direction. *Jour. of Geology* 55.
- Twenhofel W. H. (1939), *Principles of sedimentation.* McGraw-Hill Book Comp. New York.
- Wright H. E. (1956), Origin of the Chuska sandstone, Arizona — New Mexico. *Bull. Geol. Soc. America* 67.

SUMMARY

Abstract. The authors present the preliminary results of studies of the stratigraphy of the Bunter on the northern border of the Holy Cross Mts, based chiefly upon lithologic development. An attempt was made to divide the Bunter series of the western part of the area studied into sedimentary cycles. Lithology and petrology of the detrital rocks, sedimentary structures and organic markings are discussed. Investigations of the directional structures in detrital rocks carried out in the whole border zone of the Holy Cross Mts led to the conclusion that the

clastic material of the Bunter series was carried from the south east, while that of the Röth from the north-east. The character of the sedimentary environment is also discussed.

INTRODUCTION

Hitherto published studies of the stratigraphy of the Bunter in the border zone of the Holy Cross MMts are not numerous. The most important papers dealing with this problem are those by *S a m s o n o w i c z* (1929), who described the eastern part of the northern border of the Holy Cross Mts, by *J. C z a r n o c k i* (1927, 1931) dealing with the western part of that area, and by *D e m b o w s k a* (1957) who described the Bunter in the bore-hole Radoszyce. All these stratigraphic divisions are based upon the lithologic development of the Bunter series.

THE CONTACT OF THE BUNTER AND THE ZECHSTEIN

The Bunter is lying either concordantly on the Zechstein or lies in transgression over the Zechstein and the Devonian.

Because of lack of paleontological dating, the boundary between the Zechstein and the Bunter is placed arbitrarily in the described area, as these two series have a similar lithology and the transition between them is gradual. According to *S a m s o n o w i c z* (1929) and *C z a r n o c k i* (1923) rapid changes of the sedimentary environment took place on the Zechstein Triassic boundary. The Zechstein sediments were formed of local material reworked by the sea, while the detrital material of the Bunter series was brought by rivers from areas lying outside the Holy Cross Mts. The appearance of quartz pebbles in the conglomerates was considered by the authors quoted above as the mark of the beginning of the Triassic sedimentation. The present writers stated however, that quartz pebbles are present also within conglomerates considered until now as belonging to the Zechstein. Therefore, the age of the conglomerates cannot be inferred on account of the presence of quartz pebbles. Thus, the authors are distinguishing the „Passage beds” characterised by the presence of features typical for both the Zechstein and the Bunter series. The non-existence of a sharp boundary between the Zechstein and the Bunter series is also proved by the profile of the bore-hole Radoszyce.

STRATIGRAPHY

The authors divide the Bunter on the northern border of the Holy Cross Mts into two substages: the Lower Bunter and the Upper (Middle) Bunter; the Röth is assigned to the Middle Triassic. The division into units of lower rank is based upon megascopic lithologic features of the rocks, sedimentary structures and fossils. The stratigraphic division of the Bunter in the investigated area is presented in Table 2.

Differences in lithologic development of the Bunter between the eastern and the western part of the northern border of the Holy Cross Mts make necessary the introduction of two lithostratigraphic divisions. In the western part five sedimentary cycles were distinguished on account of the presence of alternating coarse- and fine-grained detrital rocks, following the *H o p p e*'s (1959) division of the Bunter in Thuringen.

GENERAL LITHOLOGIC CHARACTERISTICS

Conglomerates — form beds about a dozen metres thick, almost devoid of shaly intercalations. Generally the beds are structureless, but sometimes imbrication of pebbles, cross bedding (especially in the fine-grained conglomerates), and graded bedding is present. In the last case the conglomerates are passing into sandstones. The soles of the conglomerate beds are usually erosional (Plate XXX Fig. 3).

Simple petrographic composition is a characteristic feature of these conglomerates. The pebbles ranging up to 20 cm in diameter are generally well rounded, especially the quartz ones. Exceptionally some conglomerates of the Passage beds are composed of angular rock fragments.

Sandstones — occur generally in beds several dozen cm thick, with the exception of the sandstones of the Tumlin beds, in which the thickness of beds reaches several dozen metres. Medium- and small-scale cross bedding (McKee and Weir, 1953) is ubiquitous in the sandstones. In the sandstones of the Tumlin beds the cross bedding is of the large-scale type, and the length of the foreset laminae exceeds 20 metres.

Both the upper and lower surfaces of sandstone beds are sharp. Often numerous organic markings, flute casts, ripples and dessication cracks are present on the surfaces of beds.

The mineral composition of the sandstones is simple. This is due probably to long distance of transport and possibly also to the monotonous character of the source material. The grains are poorly rounded and only in the uppermost part of the Tumlin beds the grains are rounded and well sorted. The cement of the sandstones is chiefly siliceous, often with admixtures of limonite and hematite. Calcareous cement occur in small quantities. Barite, gypsum, and anhydrite are present occasionally in the cement.

Laminated siltstones are forming a subordinate constituent of the Bunter series. Cross-laminated detrital limestones (pseudoolites) occur occasionally in the uppermost part of the Bunter series.

PRIMARY SEDIMENTARY STRUCTURES OF THE SANDSTONES

Cross bedding is represented by all the three types described by McKee and Weir (1953). In all these types the cross laminae seen in a section perpendicular to the current direction are concave, while the ends of the cross laminae seen on the bedding planes are turned with their convex side upcurrent. The authors are inclined to the view that concave cross-bedding is formed by currents carrying much material in suspension, while the convex type of cross bedding is formed by currents rolling the material along the bottom.

In most cases the fluvial origin of the cross-bedded sandstones is beyond doubt. Only in the case of the sandstones of the Tumlin beds the origin is not clear, as the large-scale cross bedding of these sandstones can result either from fluvial or from eolian deposition.

Small subaqueous slumps are rare in the described series.

Table 2

LITHOLOGY OF THE BUNTER ON THE NORTHERN BORDER OF THE HOLY CROSS MTS.

		WESTERN PART OF THE NORTHERN BORDER									
		RADOSZYCE 3				ŁĄCZNA-SUCHEDNIÓW AREA					
		Lithology	Flora and fauna	sediment. structures	princip. direct. of cross bedd.	Lithology	Flora and fauna	sediment. structures	princip. direct. of cross bedd.		
MIDDLE / = UPPER / BUNTER	Pseudoolithic beds	b	Siltstones, variegated, red, often cross bedded, pseudooliths, gypsum (320,65) ± HCl	Characeae sp. Equisetales Filicales, Glossopteridae, Haplophragmoides sp. Ammobaculites sp. Saccamina sp. Ostracoda.			Sandstones and clayey shales, clay, detrital marly limestones (pseudooliths)				
		a	Siltstones and coarse-grained sandstones with rounded quartz pebbles (0,75 m) 321,4 m	Estheria Lamellibranchs Labyrinthodontis			± HCl ?± 100 m				
	Hieroglyphic beds	b	Siltstones and shales dark-red, intercalations of fine-grained sandst. and pebbly sandst. with quartzite pebbles up to 3 cm in diameter. + HCl 90,75 m	Characeae sp. Haplophragmoides sp. Ostracoda. Estheria plant detritus, bones of Vertebrates	sole markings		Clays, red-with intercalations of sandstones	Voltzia, Pleuro-mea sternbergi, Arenicoloides luniformis, Spirorbis zimmermani, Estheria alberti, Gyrolepis sp. Tracks feeding burrows.	ripples crescent casts, mud cracks	NW?	
		a	Conglomerates composed of quartz and quartzite pebbles. Rare limestones. Sandy matrix 99,6 m				?± 60 m				
	Gervillec beds	b	Micaceous sandstones with lumps of shales intercalations of clays and siltstones + HCl 99,3 m	Haplophragmoides sp.			Sandstones, platy, dark-red and pink, fine-grained, pebbly, cross-bedded + HCl ?80 m	Estheria cf. minuta Gervillec, murchisoni fish bones and scales, worm tubes.	ripples, mud cracks flute casts	SW S SE	
		a	Sandstones, coarse-grained, pebbly, intercalations of fine-grained sandstones and siltstones. Some cross-bedding (34,6,8 m) 404,1 m	Haplophragmoides sp. plant detritus bones of Vertebrates			Sandstones, light-coloured coarse-grained, intercalations of conglomerates and fine-grained sandstones, cross-bedded ± 230 m	organic markings	flute casts current ripples wave ripples mud cracks washouts	S SW SE N NW	
	LOWER BUNTER	Zagnajsk beds	b	Marls dark-red, sandst. occasionally, calcareous clay balls. Intercalations of siltstones. Pebbly sandstones with quartz pebb. up to 1 cm in diameter.	Haplophragmoides sp.			Sandstones, fine-grained, clayey, thick-bedded, red, containing mica and kaolinite. Some cross-bedding. + HCl 50 m.			
			a	Sandstones, dark-red occasionally with quartz pebbles clay balls, mica dolomite and gypsum crystals. Some cross bedding (44 m) 624 m	Haplophragmoides sp. plant detritus bones of Vertebrates			Sandstones coarse-grained, dark-red, quartz gravels, intercalations of fine-grained sandstones siltstones and claystones. Mica, kaoline ± 30 m			
		Passage beds	b	Sandstones grey, occasionally dolomitic, dark-red intercalations of claystones and siltstones. Anhydrites in the upper part. Intercalations of dolomites. Glaukonite (21,1 m) ± HCl	Haplophragmoides sp.			Sandstones, medium and fine-grained claystones, siltstones. Abundant mica. ± HCl 20-30 m			
			a	Sandstones with dolomite pebbles, medium-grained. Gypsum (1,5 m) 22,6 m				Sandstones, and clays with quartz and quartzite pebbles. Occasionally shales at the base. 1,5-14 m			
Basement		Zechstein				Devonian				Zechstein	

LITHOLOGY OF THE BUNTER ON THE NORTHERN BORDER OF THE HOLY CROSS MTS.

		EASTERN PART OF THE NORTHERN BORDER																													
		ŚWIĘTOMARZ - ŚWIŚLINA - REGION						SKAŁY - POKRZYWNICA - WIORY - REGION						DOŁY OPACIE - BUKOWIE - KAŁKÓW - REGION						STRYCZOWICE - REGION						CZERWONA GÓRA REGION					
		Lithology		Flora and fauna		sediment structures		Lithology		Flora and fauna		sediment structures		Lithology		Flora and fauna		sediment structures		Lithology		Flora and fauna		sediment structures							
MIDDLE / =UPPER / BUNTER	Pseudoolithic beds cycle V	Clays, dark-red with intercalations of fine-grained platy calcareous sandstones. Abundant mica. Intercalations of pseudooliths ± HCl	carbonised plant detritus, Spirorbis zimmermani bones of Vertebrates fish scales Rhizocorallium jenense.		Sandstones SW and W pseudooliths SE	Claystones, variegated, with intercalations of light-coloured calcareous sandstones. ± HCl		hieroglyphs W				Clays, dark-red with green streaks, marly brick-red sandstones pseudooliths ± HCl ± 100m							Clays with intercalations of pseudooliths ± 100m												
	Hieroglyphic beds cycle IV	Clays with intercalations of sandstones. Pebbly sandstones with quartz and quartzite pebbles			NW S, SW	Clays, chocolate-brown, and sandstones, micaceous clayey.	tracks and feeding burrows	sole markings current ripples	W			Clays, dark-red with intercalations of dark-red and yellow sandstones fine and coarse-grained ± 100m			E	Clays and shales with intercalations of sandstones			Clays, shaly, dark-red with intercalations of sandstones ± 100m	organic markings			SE								
	Labirynthodontidae b. cycle III	dark-red sandstones white fire-clays, intercalations of gravels, dark-red clays.	Labirynthodonts		SE S	Sandstones alternating with clays and shales, some minor conglomerates ± HCl	Labirynthodonts tracks and feeding burrows	wave ripples	SE			Sandstones, dark-red occasionally with intercalations of fine-grained conglomerates, shale lumps ± 50m ± HCl	labirynthodonts	flute casts drag marks washouts	N W SE S	Sandstones, poorly sorted occasionally pebbly, intercalations of clays ± HCl	Labirynthodonts		N S SE	Sandstones, silty with intercalations of clays and shales. Some intercalations of fine-grained gravels ± HCl		flute casts drag marks	NE SW W SE								
	Stryczowice beds cycle II	Sandstones, yellowish-white fine-grained conglomerates intercalations of dark-red clays and silty sandstones.			NW	Conglomerates and sandstones alternating with clays	tracks and feeding burrows	flute casts drag marks	NW W SW S SE			Sandstones, dark-red fine-grained with intercalations of gravels ± 50m				Sandstones and conglomerates ± 70m	tracks and feeding burrows	flute casts drag marks	N SE S SW	Sandstones, light-coloured, yellowish, pink, with intercalations of gravels and clays	plant detritus tracks worm tubes	flute casts, crescent casts, drag marks	S SE E								
LOWER BUNTER	Czerwona Góra beds cycle II	Sandstones, occasionally pebbly, and conglomerates. Intercalations of shales. Locally sandstones and siltstones are prevailing		hieroglyphs SE W SW	Conglomerates and sandstones	worm tubes	current ripples washouts mud cracks	S SE E			Conglomerates with numerous quartzite pebbles up to 2 cm in diameter. Intercalations of clays ± 80m				Conglomerates composed of quartz and quartzite pebbles. Thin intercalations of sandstones ± 80m			S SE SW	Conglomerates composed of quartz and quartzite pebbles, with thin intercalations of poorly sorted sandstones. Intercalations of clays in the upper part ± 80m		ripple-marks drag marks	E SE S									
	Passage beds cycle I	Conglomerates and sandstones lying over the Zechstein, or dark-red shales with conglomerates in the upper part lying over the Devonian									Sandstones, dark-red, silty, with fragments of Devonian rocks at (Doły Opacie)	organic markings	ripple marks washouts mud cracks	S SE	Sandstones, medium- and fine-grained with intercalations of conglomerates sometimes composed of poorly rounded pebbles. Thin intercalations of shaly clays	organic markings		SE	Sandstones, fine- and medium-grained with intercalations of clays, shales, and conglomerates	tracks feeding burrows worm tubes	mud cracks ripple marks	S SE E									
Basement		Devonian		Zechstein		Zechstein						Devonian		Zechstein		Zechstein															

STRUCTURES PRESENT ON THE SURFACES OF BEDS

Pre-depositional organic markings are represented by rare tracks of Vertebrates (at Wióry), tracks ascribed tentatively to Arthropods (Plate XXXII Fig. 5), and probably by a part of trails of crawling organisms.

Post-depositional organic markings are more numerous. They are represented chiefly by trails and burrows of worms (Plate XXXII Fig. 2, 3, 4), by structures resembling the *Spirophyton* grazing trails (Plate XXXII Fig. 1), and by traces of *Rhizocoralium jenense*. The latter occur in pseudoolite beds.

NON-ORGANIC MARKINGS

Crescent casts (Plate XXXI Fig. 3) generally are occurring in groups. They were not always produced by the current which deposited the detrital material, as sometimes they indicate current directions almost opposite to that witnessed by cross bedding in the same bed.

Flute casts (Plate XXXI Fig. 4) are rare. Instead, various tool markings (brush marks, prod marks, chevron marks, drag marks) are common, especially in the Upper (Middle) Bunter (Plate XXXI Fig. 1, Plate XXXIII Fig. 4).

Two types of washouts are present in the described series. The first type is represented by narrow and deep (up to 1,5 m) outwash channels with steep slopes and a flat bottom, filled by a homogenous or laminated sandstone (Plate XXX Fig. 2). They are resembling the channels produced by streams (McKee 1957). The channels belonging to the second type are broad and shallow (Plate XXX Fig. 3 and Plate XXXI Fig. 4).

Both current and oscillation ripples are present in the described series. The latter are especially common in the laminated sandstones of the *Gervilleia* beds, representing marine or lagoonal deposits. Some of the symmetrical ripples display the presence of internal cross lamination. The index for both the current and symmetrical ripples has the value of 5.

Sometimes the red colouration of the sandstones changes into green in the troughs separating the ripple crests. This is the effects of reduction produced by plant detritus accumulated in the troughs.

Dessication cracks (Plate XXXII Fig. 5, Plate XXXIII Fig. 1, 2) occur both on the lower and upper surfaces of sandstone beds. The latter are formed when the dessication cracks produced in the clay are reaching the underlying sandstone bed, and the sand pressed out from below forms incrustations of the cracks. The cracks are in many cases concordant with the structure of the surface of the underlying sandstone bed (Plate XXXIII Fig. 1, 2). Some of the apparent dessication cracks can be in reality sandstone dikes. Typical sandstone dikes up to 10 cm long are rare.

When the clay layer is very thin, it becomes sun-cracked, and the individual fragments are rolled up during rapid dessication (Plate XXXII Fig. 6).

DIRECTIONS OF TRANSPORT AND SOURCE AREAS FOR THE DETRITAL
MATERIAL OF THE BUNTER SERIES

The transport directions of the detrital material were reconstructed on account of measurements of dip directions of the foreset laminae and of the current directions indicated by the imprints of the arcuate bands of cross lamination (Schrägschichtungsbögen) (Fig. 2 and Fig. 3). The bulk of the detrital material came from the area situated south-east of the Holy Cross Mts, and forming probably the prolongation of the Dobrogea massif. The paleozoic massif of the Holy Cross Mts was insignificant as source area of clastic material.

The petrographic composition of the Bunter sandstones indicate that the source area was composed chiefly of sedimentary rocks (quartzites and sandstones). Occasional occurrence of feldspar and biotite suggests that some metamorphic rocks were also eroded.

The consistency of current directions in the Lower Bunter (Fig. 2) indicates the persistence of morphologic controls of the drainage pattern. The Upper (Middle) Bunter is marked by a much greater variability of current directions (fig. 3) caused by a more pronounced peneplenisation and by the existence of local currents in the lagoons formed by the marine ingression during the deposition of the Gervilleia beds. Transport directions occurring in the western part of the area studied on the Lower (Upper) Bunter boundary are suggesting the formation of another source area situated south or south-west of the Holy Cross Mts.

In the Röth transport direction of the clastic material are markedly changed. Generally, the detrital material of the Röth sandstones was carried from the north-east (Fig. 3) probably from the East-European Platform (Senkowitzowa and Ślaczka 1962).

Besides these general changes of current directions local variations probably due to local changes of morphology were observed in some profiles. E. g. in the profile Wieloborowice — Skała in the lowermost Bunter the transport directions are 350° from the south, in the equivalents of the Stryczowice beds 260° — 270° from the east, still higher in the profile 300° — 360° from the south-east, and higher in the Labirynthodontidae beds 10° — 25° from the south-west, while in the Hieroglyphic beds 90° — 110° from the west.

SEDIMENTARY ENVIRONMENT

The Bunter sandstones of the northern border of the Holy Cross Mts are representing chiefly fluvial sediments (Samsonowicz 1929). The described area formed a floodplain lying on the periphery of elevated source areas from which the detrital material was carried by streams during seasonal heavy rains. Beyond the zones of rapid fluvial accumulation sitstones and clays were deposited in quiet basins.

This slowly subsiding area was generally inclined towards the west, where shallow lagoons existed, as indicated by the presence of lagoonal foraminifers at Radoszyce. During the sedimentation of the Gervilleia beds the areas covered by lagoons increased as the results of an eastward ingression of the sea.

Climatic conditions existing during the sedimentation of the Bunter series are not clear. The prevailing red colouration of the rocks does

not imply any particular climate, as the red colouration is in most cases derived from the source area (Krynine 1938, van Houten 1948). The best conditions for the formation of red pigment are created in a warm and humid climate, while the best conditions for preservation of the red colouration derived from the source rocks exist in a semi-arid or in a warm and moderately humid climate (Twenhofel 1939, Krynine 1938, van Houten 1948). The lack of desert incrustations and dune deposits in the Bunter series, and the presence of abundant organic markings, some plant detritus, and the neighbourhood of large bodies of water (Radoszyce) are witnessing against an arid climate in the described area. The authors are therefore inclined to the view that the climatic conditions prevailing during the deposition of the Bunter series in the described area were characterised by alternating dry and rainy periods.

Geological Survey of Poland, Warszawa

Geological Survey of Poland, Carpathian Branch, Kraków

OBJAŚNIENIA TABLIC — EXPLANATION OF PLATES

Tablica XXX — Plate XXX

Fig. 1 Ławica pseudoolitów warstwowana przekątnie. Michałów

Fig. 2. Warstwy tumlińskie. Widoczne głębokie rozmycie wypełnione piaskowcem jednorodnym. Tumlin

Fig. 3. Warstwy z Czerwonej Góry. Widoczne rozmycia. Stryczowice

Fig. 1. A cross-stratified pseudoolite bed. Michałów

Fig. 2. A deep washout filled with homogenous sandstone, Tumlin beds. Tumlin

Fig. 3. Washouts in the Czerwona Góra beds. Stryczowice

Tablica XXXI — Plate XXXI

Fig. 1. Ślady uderzenia i wleczenia. Dolna powierzchnia piaskowca z warstw labiryntodontowych. Wióry

Fig. 2. Ślady przypuszczalnie związane z działalnością prądu oraz odlewy śladów wysychania, na dolnej powierzchni piaskowca z warstw labiryntodontowych. Wióry

Fig. 3. Ślady opływania na dolnej powierzchni piaskowca z warstw hieroglifowych. Piechoty

Fig. 4. Odlew rozmycia w niżej leżącym łupku, widoczne odciski poszczególnych lamin otaczających łupków, ponadto na dnie rozmycia prawdopodobnie tropy Arthropoda oraz zdeformowane hieroglify prądowe. Dolna powierzchnia piaskowca stryczowickiego. Stryczowice.

Fig. 1. Drag marks and brush marks on the sole of a sandstone bed. Labirynthodontidae beds. Wióry

Fig. 2. Sole markings probably formed by currents and casts of dessication marks. Sandstone from the Labirynthodontidae beds at Wióry.

Fig. 3. Crescent casts on the sole of a sandstone bed, Hieroglyphic beds. Piechoty.

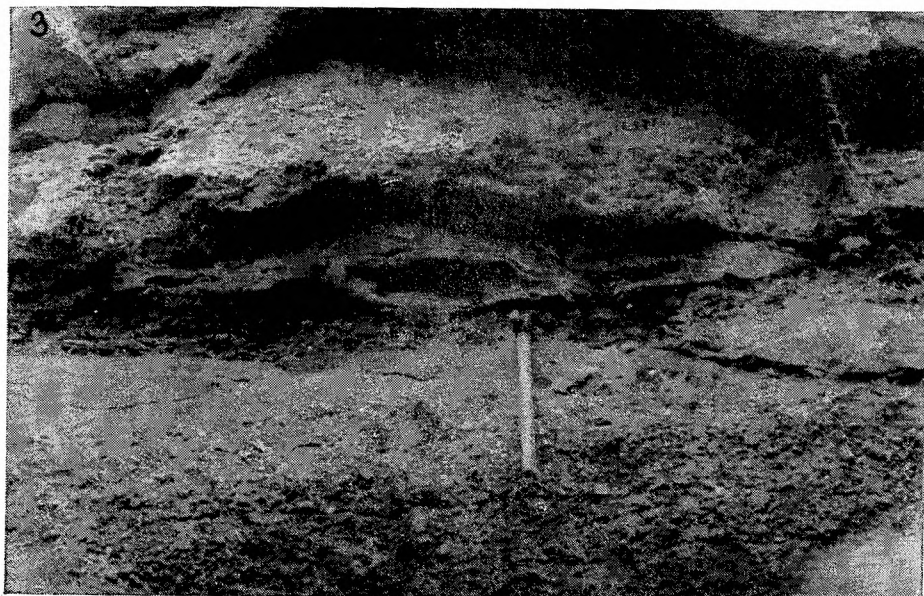
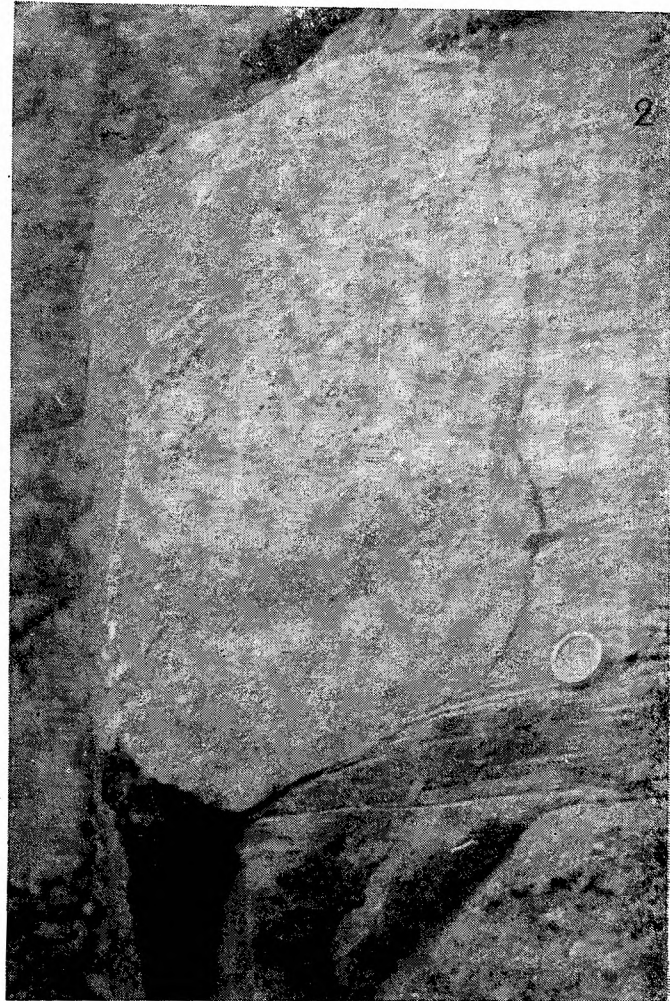
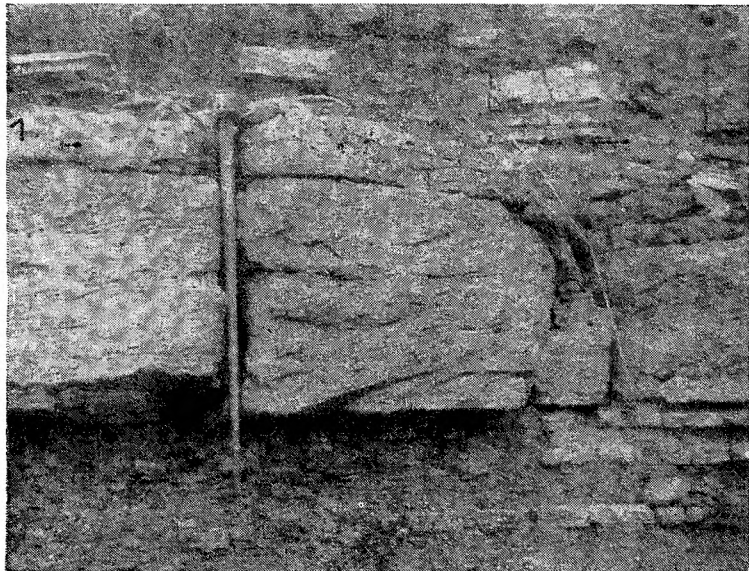
Fig. 4. Terraced large flute cast covered by probable Arthropoda tracks and deformed smaller flutes on the lower surface of a sandstone bed. Stryczowice beds. Stryczowice.

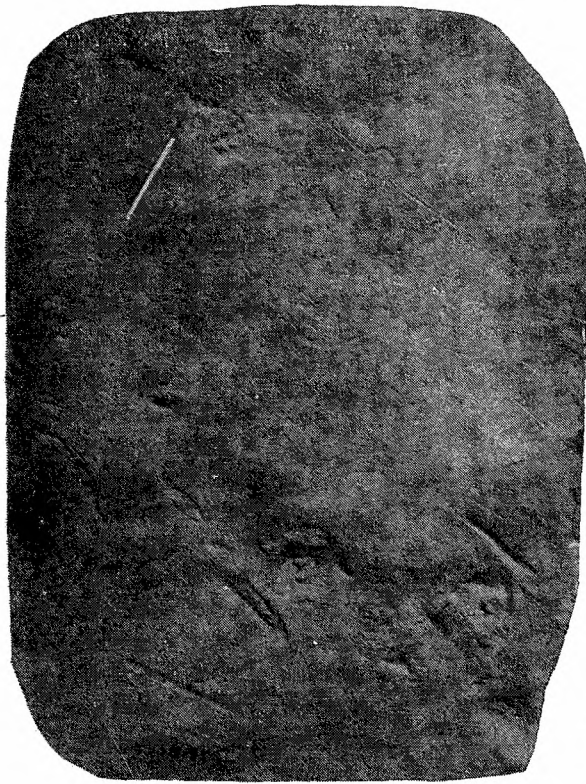
Tablica XXXII — Plate XXXII

- Fig. 1. Ślady żerowania na górnej powierzchni piaskowca podobne do żerowisk *Spirophyton*. Warstwy hieroglifowe. Zagnańsk.
- Fig. 2. Ślady pochodzenia organicznego? na dolnej powierzchni piaskowca hieroglifowego. Zagnańsk.
- Fig. 3. Ślady robaków na górnej powierzchni piaskowca z warstw hieroglifowych. Waśniów.
- Fig. 4. Ślady pochodzenia organicznego (tropy) oraz mechanicznego (ślady wleczenia) na dolnej powierzchni piaskowca stryczowickiego. Stryczowice.
- Fig. 5. Ripplemarki interferencyjne i ślady wysychania. Górna powierzchnia piaskowca labiryntodontowego. Wióry.
- Fig. 6. Odlew popękanej i pozawijanej, cienkiej warstewki łupku. Piaskowiec tumliński. Zagnańsk.
- Fig. 1. Feeding marks on an upper surface of sandstone bed, similar to the *Spirophyton* feeding marks. Hieroglyphic beds. Zagnańsk.
- Fig. 2. Probable organic mark on the sole of a sandstone from the Hieroglyphic beds. Zagnańsk.
- Fig. 3. Worm tracks on the upper surface of a sandstone bed. Hieroglyphic beds. Waśniów.
- Fig. 4. Tracks and drag casts on the sole of a sandstone bed. Stryczowice beds. Stryczowice.
- Fig. 5. Interference ripples and dessication cracks. Upper surface of a sandstone bed. Stryczowice beds. Stryczowice.
- Fig. 6. Cast of a cracked and rolled up thin clay layer.

Tablica XXXIII — Plate XXXIII

- Fig. 1. Ripplemarki prądowe. Górna powierzchnia piaskowca z warstw labiryntodontowych. Wióry.
- Fig. 2. Ripplemarki prądowe oraz ślady wysychania ułożone zgodnie z brzegami grzbiecików. Warstwy stryczowickie. Stryczowice.
- Fig. 3. Ripplemarki prądowe ze śladami żerowania po stronie zaprądowej. Wióry.
- Fig. 4. Ślady uderzeń. Piaskowiec hieroglifowy. Piechoty.
- Fig. 5. Ślady wysychania na dolnej powierzchni piaskowca labiryntodontowego. Wióry.
- Fig. 1. Current ripples on the top surface of a sandstone bed. Labirynthodontidae beds. Wióry.
- Fig. 2. Current ripples and dessication cracks arranged concordantly with the ripple ridges. Stryczowice beds. Stryczowice.
- Fig. 3. Current ripples and feeding marks (burrows) on the downcurrent side of ripples. Wióry.
- Fig. 4. Prod marks. Hieroglyphic beds. Piechoty.
- Fig. 5. Dessication cracks on the lower surface of a sandstone beds. Labirynthodontidae beds. Wióry.





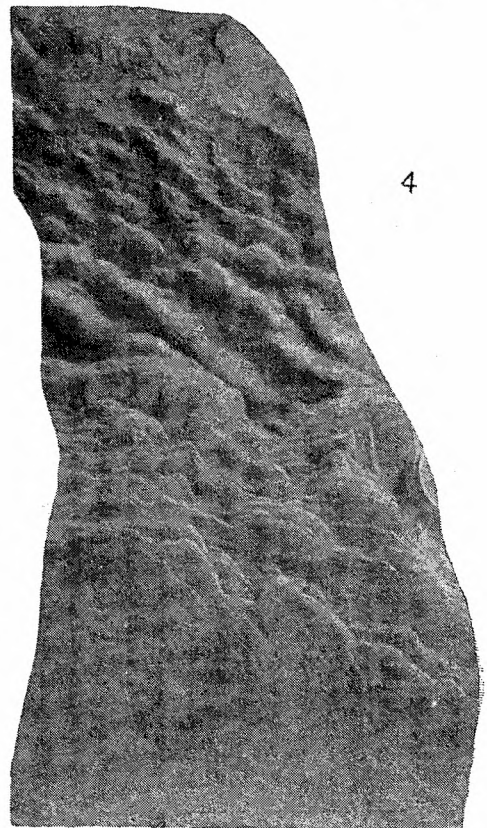
1



2



3



4

