

Janusz KOTLARCZYK<sup>1</sup>

## WĘGIEL WE FLISZU KARPACKIM — KILKA SPOSTRZEŻEŃ SEDYMENTOLOGICZNYCH

(10 fig.)

### *Occurrence of coal in the Carpathian flysch — some sedimentological observations*

(10 Figs.)

**Treść:** W zależności od wielkości frakcji, egzotyki węgla karbońskiego spotyka się w różnych genetycznie utworach fliszu karpackiego. Obserwacje sedymentologiczne pozwoliły rozstrzygnąć, iż nieduże soczewki węgla spotykane w warstwach różnego wieku powstały z allochtonicznych szczątków roślinnych i są współczesne osadom fliszowym. Spotykane w niektórych warstewkach spory karbońskie pochodzą z rozproszonej w skałach fliszowych najdrobniejszej frakcji klastów węgla karbońskiego (pyłu i ilu).

#### WSTĘP

We fliszu karpackim występują obok łatwo rozpoznawalnego uwęglonego detrytusu roślinnego niewielkie warstewki — soczewki węgla błyszczącego o dyskusyjnej genezie oraz okruchy węgla kamiennego we frakcjach rozmaitej wielkości. Dwie ostatnie formy występowania węgla dawały niejednokrotnie asumpt do prowadzenia robót górniczych (por. np. Hohenegger 1861, Kropaczek 1917). Poszukiwania te nie przyniosły wprawdzie odkrycia „pokładów” węgla, ale miały przynajmniej ten skutek, że pozwoliły na prawidłowe określenie pochodzenia obu typów węgla. Istotne znaczenie miała tu ekspertyza geologów szwajcarskich (Schmidt et al. 1903), dotycząca „węgla birczańskiego”, której podstawowe tezy upowszechniła publikacja Wiśniowskiego (1908). Autorzy ci wyjaśnili, że okruchy węgla, niekiedy obtoczone, występujące w brekcjach osadowych bądź łupkach marglistych, mają chemizm i cechy technologiczne węgla karbońskiego, są więc egzotykami na wtórnym złożu, węgiel warstewek zaś reprezentuje własności właściwe węglom brunatnym, należy zatem do typu węgla „autochtonicznych”, tj. powstałych w basenie fliszowym z przyniesionej materii roślinnej.

<sup>1</sup> Instytut Geologii i Surowców Mineralnych Akademii Górniczo-Hutniczej al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków.

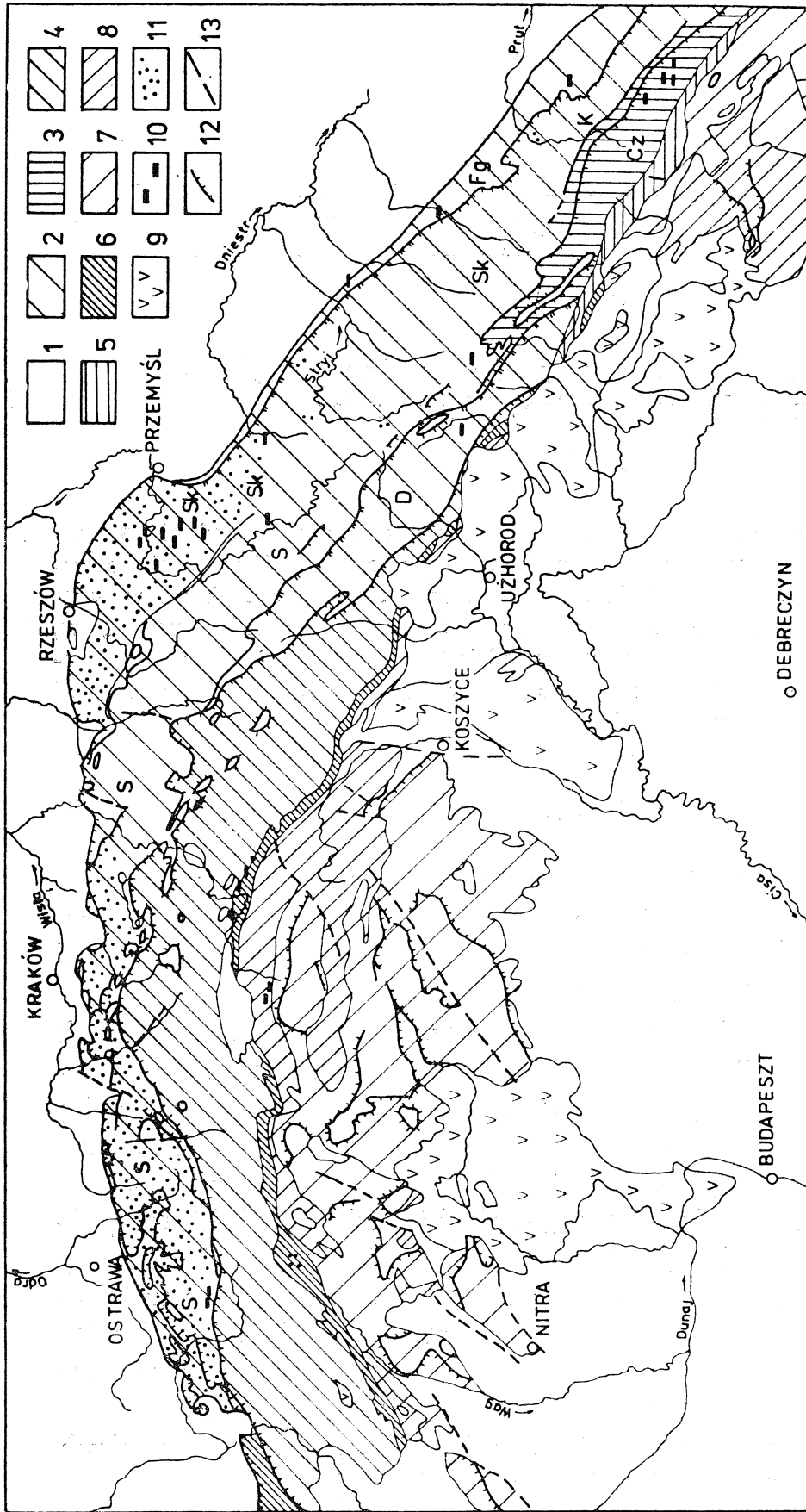


Fig. 1. Rozmieszczenie warstewek węgla i obszarów z częstym występowaniem egzotyków węglowych w północnych Karpatach fliszowych (granice ważniejszych jednostek wg Książkiewicza 1972, uproszczone). 1 — neogen; 2 — grupa menilitowa; Fg — strefa fałdów głębokich; Sk — płaszczowina skolska; S — płaszczowina sileska; D — fałdy dukielskie; 3 — płaszczowina czarnohorska (Cz) z łuską Kostrzyca (K); 4 — płaszczowina magurska; 5 — strefa rachowska; 6 — pieniński pas skałkowy; 7 — płaszczowiny Karpat wewnętrznych; 8 — pokrywa fliszowa Karpat wewnętrznych (m. in. flisz podhalański); 9 — trzeciorzędowe i czwartorzędowe skały wulkaniczne; 10 — warstewki węgla; 11 — częste występowanie egzotyków węgla; 12 — główne nasunięcia; 13 — ważniejsze uskoki

Fig. 1. Localization of coal layers and areas with frequent occurrence of coal exotics in Northern Flysch Carpathians (main units according to Książkiewicz 1972, symplified). 1 — Neogene; 2 — Menilite group; Fg — deep folds zone; Sk — Skole nappe; S — Silesian nappes; D — Dukla folds; 3 — Carnohora nappe (Cz) with Kostrzyca scale (K); 4 — Magura nappe; 5 — Rachov zone; 6 — Pieniny Klippen Belt; 7 — Internal Carpathian nappes; 8 — Flysch cover of Internal Carpathians; 9 — Tertiary and Quaternary volcanic rocks; 10 — coal layers; 11 — frequent occurrence of coal exotics; 12 — main overthrusts; 13 — main faults

Pogląd ten, odnośnie do egzotyków nie uległ zmianie do dziś (z uzupełnieniem, że niektóre egzotyki mogą pochodzić z formacji młodszych od karbonu), natomiast w stosunku do warstewek podniesiono niedawno możliwość utworzenia ich w drodze sedymentacji karbońskiego pyłu (a właściwie frakcji ilu) węglowego (Birkenmajer, Turnau 1962, Birkenmajer, 1977), przyniesionego do basenu za pośrednictwem prądów zawieszinowych. Obie te hipotezy zostaną przedyskutowane w dalszym ciągu pracy.

O skali rozpatrywanego tu zjawiska występowania egzotyków węgla we fliszu świadczą „niezliczone” wzmianki różnych autorów, jakie pojawiły się w literaturze karpackiej na przestrzeni minionego stulecia. Syntetyzując te informacje, można stwierdzić, że szczególnie częste występowanie egzotyków węgla związane jest z brzeżnymi rynnami basenu karpackiego (skolską we wschodniej części polskich Karpat, podśląską i śląską w zachodniej; fig. 1) a zwłaszcza z tymi ich częściami, które znajdowały się w zasięgu oddziaływania falez zbudowanych z wychodni karbonu produktywnego Zagłębia Ostrawsko-Górnośląskiego ewentualnie jego przedłużenia w stronę południową, bądź podkarpackiego: birczańsko-sanockiego (Bukowy 1957, Kotlarczyk, Śliwowa 1963). Turnau (1970) uważa, iż egzotyki węgla pochodzą z jednego zagłębia prekarpackiego, które rozciągało się od południka górnej Odry po południk górnego Sannu i było abraowane również w części południowej na wypiętrzonych kordyliery śląskiej. Egzotyki występują w różnych piętrach kredy i trzeciorzędu: w jednostce skolskiej, najwięcej spotyka się ich w utworach najwyższego mastrychtu (warstwy inoceramowe vel ropianieckie) i paleocenu (iły babickie) oraz oligocenu (piaskowce kliwskie z warstw menilitowych), w jednostkach śląskich zaś w utworach dolnej kredy (warstwy grodziskie, chlebowickie, dolne lgockie i górne cieszyńskie) oraz mastrychtu — paleocenu (warstwy z Szydłowca, palkowickie, zlepieńce ze Straż). W przypadku warstewek węgla nie można wskazać na prawidłowości tego rodzaju.

W dotychczasowej literaturze przedmiotu poświęcano uwagę stratygrafii poziomów „węglonośnych”, zespołom sporowym egzotyków bądź szczątkom roślinnym towarzyszącym warstewkom węgla a także własnościom fizycznym, składowi chemicznemu i petrografii badanych węgli (Schmidt et al. 1903, Bukowy 1957, Kopystiański et al. 1959, Kotlarczyk, Śliwowa 1963, Turnau 1970: — egzotyki; Kuźniar 1910, Horwitz, Doktorowicz-Hrebnicki 1932, Roth 1962a, b, Bąkowski 1967, Frankiewicz 1974, Gabiniet et al. 1977 — warstewki). Sporadycznie pojawiają się opisy zjawisk sedymentacyjnych zaobserwowanych w utworach zawierających egzotyki lub warstewki węgla (Bukowy 1957, Dżułyński, Ślącza 1958). Niniejsza praca została pomyślana jako ilustracja różnych form występowania węgla w utworach fliszowych, w nawiązaniu

do różnych mechanizmów transportu i sedymentacji oraz genezy materiału węglowego.

Autor pragnie podziękować Dr E. Turnau i Mgr M. Linczowskiej za określenie zawartości preparatów sporowych, a Dr B. Kwiecińskiej za przeglądnięcie preparatów mikroskopowych.

## EGZOTYKI WĘGLOWE WE FLISZU

### Głazy, gładziki i żwir węglowy

Węgiel w tych frakcjach może być transportowany w basenie sedymentacyjnym na drodze: 1 — przenoszenia w spływach mułowych i piaszczystych po dnie basenu; 2 — unoszenia przez prądy zawiesinowe; 3 — toczenia prądami dennymi. Należy przy tym podkreślić, że najgrubsza frakcja (rzędu 1 m średnicy i wagi 1,2 tony — por. Schmidt et al. 1903), była stwierdzona dotychczas jedynie w warstwach o typie spływów. Wiąże się to zapewne z faktem, że wymienione w punktach 2 i 3 prądy nie wykazują dostatecznej mocy do przenoszenia na dalekie odległości dużych brył skalnych.

Przykładem spływów mułowych (żwirowców ilastych) są paleoceńskie ily lub warstwy babickie (Bukowy 1956). Ilasto-piaszczysty, nie rozfrakcjonowany materiał tych „iłów” spływając od brzegów w kierunku największego spadku basenu może transportować w sobie lub na sobie znaczną ilość rozmaitych okruchów skalnych, pochodzących z delt rzecznych lub klifu. Jednocześnie spływ taki posiada zdolność erozji dna morskiego, na skutek czego dostają się do spływającego materiału fragmenty wyrwane z podłoża (por. Crowell 1957).

Duże nagromadzenie najgrubszych okruchów węgla występuje również w niższym — mastrychckim poziomie spływów, tj. w okruchowcu osuwiskowym z Makówki (Kotlarczyk 1978), szczególnie w rejonie Birczy. Pewne pojęcie o charakterze występowania ułamków węgla w warstwie tego spływu mułowego daje przekrój chodnika poszukiwawczego, sporządzony przez J. Wydrę (fig. 2) a także fragment odsłonięcia powierzchniowego tych utworów w Woli Korzenieckiej (fig. 3). W tym ostatnim przypadku egzotyki węgla, margli oraz okruchy piaskowców „pływają” jak gdyby na niosącym je spływie mułowym. Zaznacza się, aczkolwiek słabo, lineacja dłuższych osi egzotyków wzdłuż kierunku N—S. Okruchy węgla rozrzucone są rzadko i mają na ogół niewielkie wymiary, niekiedy tylko osiągają 30 cm długości.

O mechanizmie transportu omawianych spływów mułowych można nieco więcej wnioskować z załączonej projekcji osi egzotyków we frakcji od 20 do 70 mm (fig. 4). Pomiarów dokonano w innej odkrywce w Woli Korzenieckiej. Ponieważ warstwa z egzotykami była stromo nachylona ( $80^\circ$ ), wszystkie pomiary nachylenia osi zredukowano do pier-

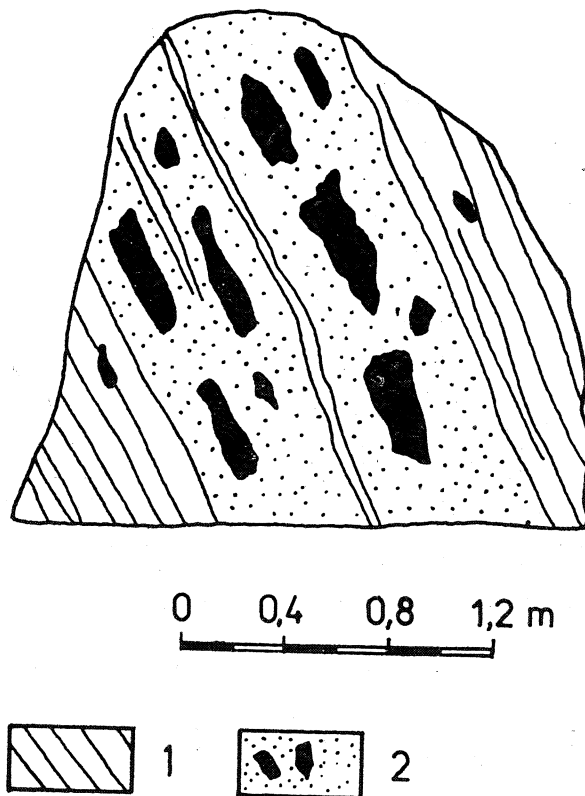


Fig. 2. Profil przodka chodnika górniczego w Woli Korzenieckiej wg Wydry (in Wiśniowski 1908). 1 — „margiel wapnisty twardy”; 2 — zlepieniec marglowaty z okruchami węgla (spływ mułowcowy)

Fig. 2. Profile of the mine face at Wola Korzeniecka according to Wydra (in Wiśniowski, 1908). 1 — „hard calcareous marl”; 2 — marly conglomerate with coal fragments (mudflow)

wotnej płaszczyzny sedimentacji, a na siatce Szmidta (dolna półkula) naniesiono projekcję osi „A” i „C”, które są skierowane na N, SE i SW. Odpowiada to pochyleniu największych płaszczyzn przekrojów otoczków zarówno na N, jak i w stronę południową (mniej więcej po połowie). Interesujący jest fakt stopniowego wzrastania kąta nachylenia płaszczyzny otoczków od  $0^\circ$  do przeszło  $80^\circ$  i to w obu wymienionych poprzednio kierunkach. Rozkład osi długich otoczków jest zgodny z obrazem uzyskanym w modelowych badaniach Lindsaya (1968) nad orientacją wydłużonych klastów przy założeniu laminarnego ruchu spływu mułowego. Z diagramu wynika, że transport materiału odbywał się w płaszczyźnie N — S. Zaskakujące natomiast jest ułożenie osi krótkich, które zgodnie z wspomnianym modelem winny mieć rozkład w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny lineacji osi długich, a więc w naszym przypadku w kierunku W — E a nie N — S jak na diagramie. Otrzymany rozkład sugeruje raczej rotację otoczków w ostatniej fazie transportu. Rotacja zachodziła w płaszczyźnie ruchu osadu i w warunkach turbulentnego charakteru prądu. Pociąga to za sobą możliwość przyjęcia, iż spływ uległ „zamrożeniu” jeszcze przed jego przejściem w fazę ruchu laminarnego (a więc wbrew poglądom np. Lindsaya,

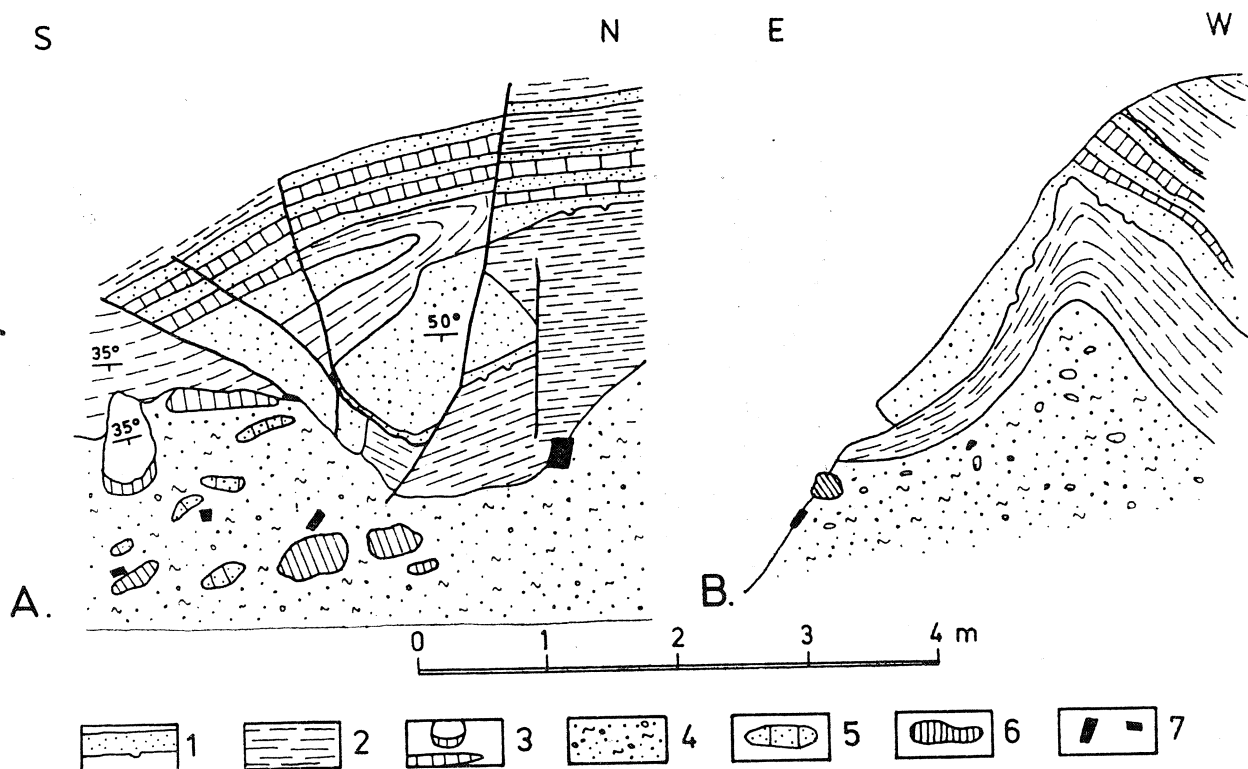


Fig. 3. Odślonienie warstw inoceramowych (ropianieckich) w głównym potoku we wsi Wola Korzeniecka koło Birczy. A — plan; B — przekrój. 1 — piaskowce o typie spływów piaszczystych; 2 — łupki twarde, margliste, stalowoczarne; 3 — margle bakulitowe; 4 — żwirowiec ilasty (spływ mułowy); 5 — otoczaki bardzo twardych piaskowców popielatych; 6 — porwaki i otoczaki margli (egzotyki?); 7 — okruchy węgla

Fig. 3. Outcrop of Inoceramian Beds (Ropianka Beds) at Wola Korzeniecka near Bircza. A — map; B — cross section; 1 — sandflow bed; 2 — hard, black marly shales; 3 — Baculites Marls; 4 — pebbly mudstone (mudflow); 5 — pebbles of hard, grey sandstones; 6 — clasts and pebbles of marls (exotic?); 7 — coal detritus

1968 i in.). Warto nadmienić, że egzotyki węgla, stanowiące około 7% badanej frakcji, zachowują się identycznie jak pozostałe typy litologiczne, mimo znacznych różnic w gęstości pozornej między nimi (ok. 1,4 g/cm<sup>3</sup> dla węgla wobec ok. 2,3—2,7 g/cm<sup>3</sup> dla innych skał).

Podobny typ spływów mułowych z węglem spotyka się jeszcze w warstwach menilitowych i w poziomie diatomitów z Leszczawki (dolny miocen, Kotlarczyk 1966). Różnica polega na większym udziale frakcji piaszczystej w masie podstawowej, spajającej fragmenty skał. Można tu obserwować właściwie ciągłe przejścia do typowych spływów piaszczystych, tworzących piaskowce kliwskie (kwarcarenity). Okruchy węgla w tych ostatnich nie są zbyt częste. Pojawiają się tu natomiast fragmenty obtoczone, które można nazwać otoczkami węgla. Mają one za sobą niewątpliwie etap transportu rzeczno, który poprzedził transport w basenie fliszowym.

Dobrym przykładem zachowania się żwiru węglowego w spływach piaszczystych (fluksoturbidytach) może służyć około dwumetrowa złożona ławica z warstw inoceramowych (fig. 5A). Odślania się ona w le-

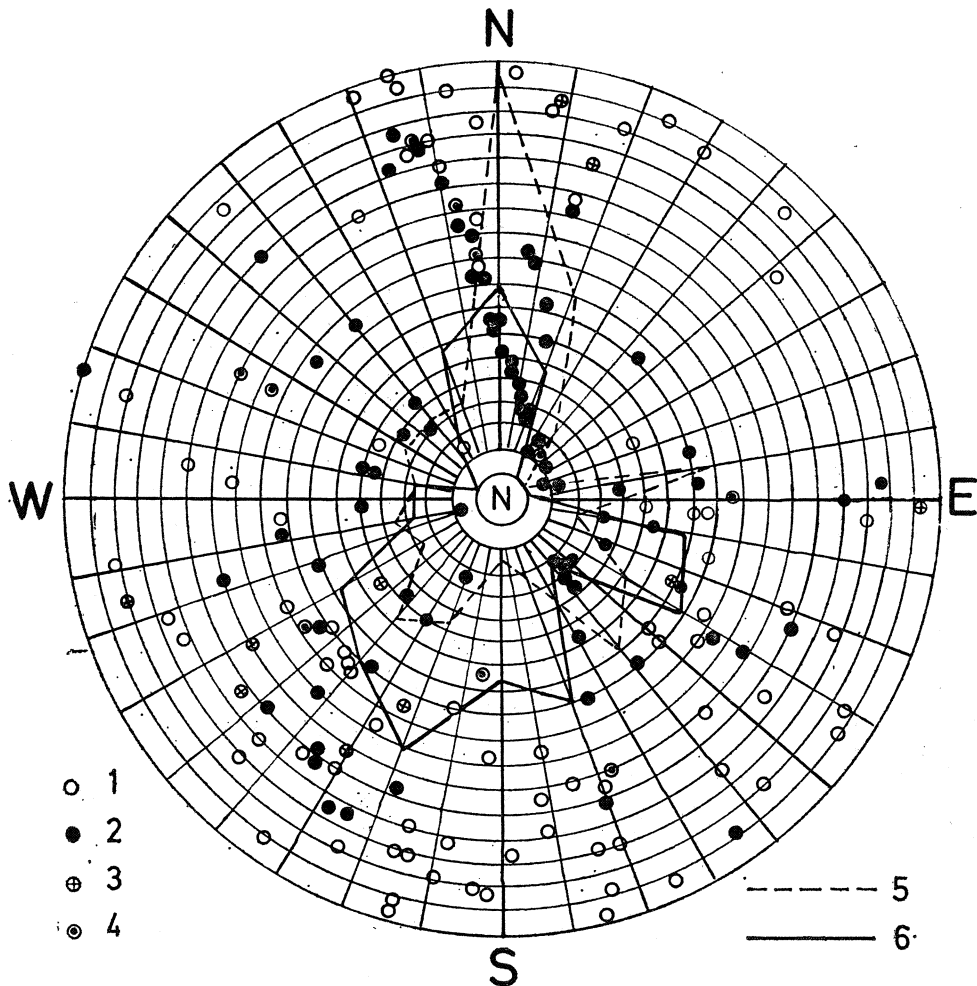
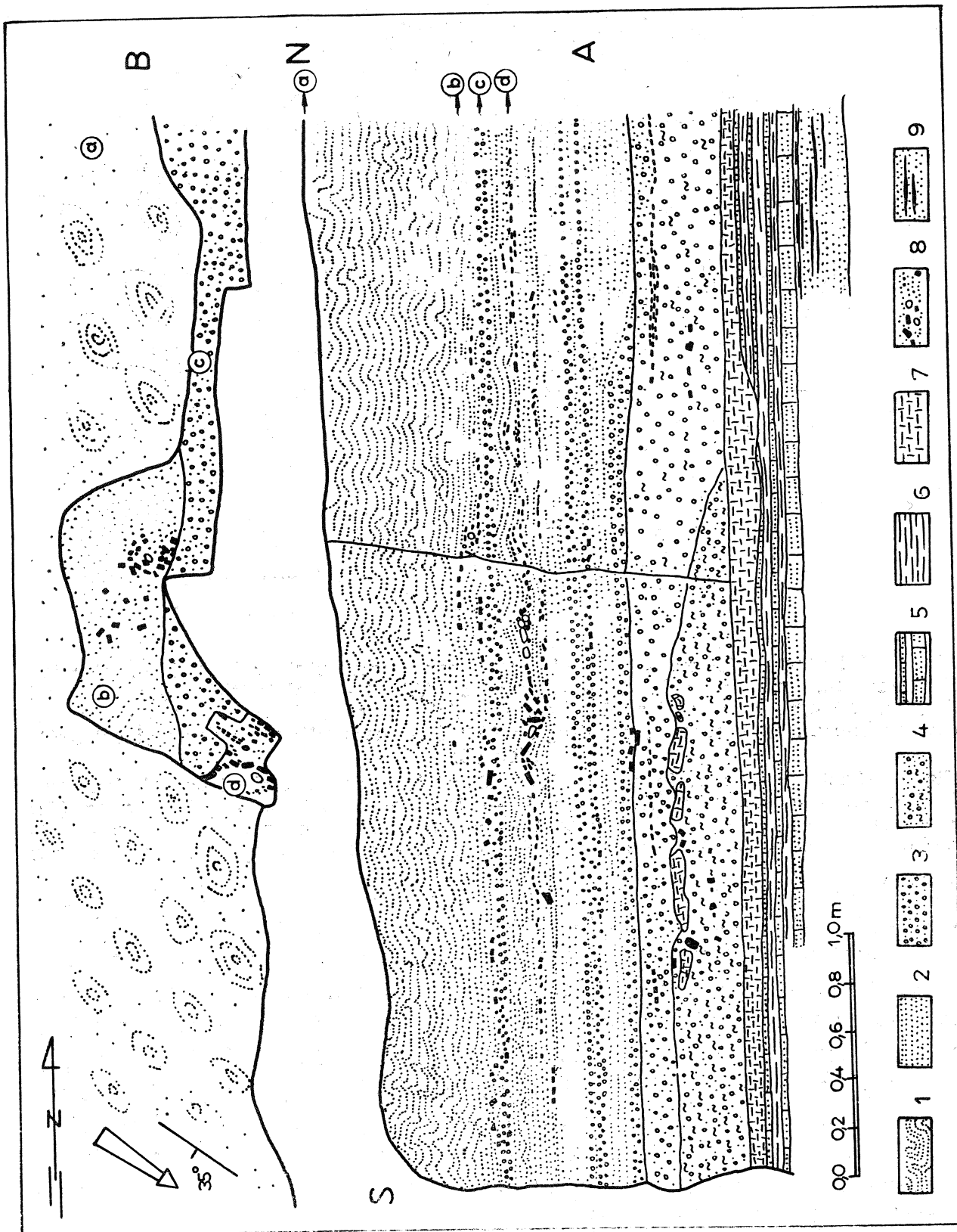


Fig. 4. Orientacja klastów w splywie mułowym (mastrycht) w Woli Korzenieckiej. Projekcja na dolną półkulę: 1 — osi długich (A); 2 — osi krótkich (C); 3 — osi długich (A) egzotyków węgla; 4 — osi krótkich (C) egzotyków węgla; 5 — częstość kierunków orientacji osi długich (A); 6 — częstość orientacji osi krótkich (C)

Fig. 4. Clast orientation in a mudflow (Maestrichtian) at Wola Korzeniecka. Projection on the lower hemisphere: 1 — long axes (A); 2 — short axes (C); 3 — long axes (A) of coal exotics; 4 — short axes (C) of coal exotics; 5 — direction frequency of long axes (A); 6 — direction frequency of short axes (C)

wym brzegu Sanu w Bartkówce koło Dynowa. Zarówno w żwirowcu, jak i w wyższym piaskowcu, laminowanym u dołu kilkakrotnie żwirkiem, widać smugi i soczewkowate skupienia okruchów węgla. Średnica otoczków osiąga 2 cm, okruchów węgla — 8 cm. Obecność tak dużych otoczków wewnątrz ławicy piaskowca sugeruje, że transport materiału odbywał się przy górnym reżimie przepływu, tzn. szybkie i silne prądy obracały na dnie materiał klastyczny. Skupienia węgla mają na ogół jednorodny skład, rzadko spotyka się w nich egzotyki innych skał. Również rzadko spotyka się domieszkę okruchów węgla w smugach żwiru kwarcowego i złożonego z innych skał. Świadczy to o dobrej segregacji gęstościowej frakcji żwirowej.

Na częściowo odsłoniętych powierzchniach warstwowania (fig. 5 B) można zaobserwować, że soczewkowatym skupieniom żwiru węglowego na przekroju poprzecznym odpowiadają wydłużone smugi nagromadzonych okruchów (powierzchnia d). Widoczne jest też wyraźne zoriento-





wanie dłuższych osi otoczków zgodnie z generalnym kierunkiem smug prądowych, tj. wzdłuż linii NW — SE, zjawisko to było wielokrotnie opisywane (por. np. Parkash, Middleton 1970), warto jednak zwrócić uwagę na szczegół podkreślony przez Książkiewicza (1961), iż ostre końce wydłużonych fragmentów zwracają się w stronę doprądową (fig. 6 B). Pomierzony azymut kierunku transportu materiału 110—120° zgadza się z kierunkami hieroglifów prądowych, występujących na cienkich ławicach piaskowców znajdujących się poniżej opisywanej grubej ławicy.

W warunkach tworzenia się ławic piaskowców o uziarnieniu frakcyjnym (sedymentacja ze suspensji) większe fragmenty węgla jako cięższe od ziarn piasku będą osadzać się w dolnej części warstwy. Jakkolwiek siła nośna prądów zawiesinowych może być bardzo znaczna, nie znaleziono dotychczas dowodów na przenoszenie tą drogą grubszego żwiru i gładów. Prądy zawiesinowe mogą przemieszczać okruchy węgla na większe odległości, niż to ma miejsce w przypadku spływów piaszczystych, a na pewno dalej od spływów mułowych typu żwirowców ilastych, które zapewne nie wędrują dalej niż 30—40 km.

Działalności prądów zawiesinowych skierowanych ku SE należy najprawdopodobniej zawdzięczać rozwleczenie drobniejszych frakcji węgla daleko poza opisane obszary falez z abradowanym górnym karbonem. Idzie tu o egzotyki węgla znalezione w senońskim fliszu koło Jaremcza nad Prutem (Kopystiański et al. 1959), czy w oligoceńskich warstwach polanickich Karpat pokuckich (Burow, Feduszczak 1956), tj. w odległości około 200 km od postulowanego zagłębia podkarpackiego.

### Piasek węglowy

Nie często można spotkać większe nagromadzenia piasku węglowego; rozproszony zaś w innym materiale uchodzi uwagi. Niekiedy, zwłaszcza w stropowych partiach piaskowców uziarnionych frakcyjnie, maskowany jest sporą domieszką zwęglonego detrytusu roślinnego. Najlepiej jest widoczny w piaskowcach laminowanych, gdzie gromadzi się

---

Fig. 5. Odsłonięcie warstw inoceramowych w Bartkówce koło Dynowa (mastrycht). A — przekrój; B — odkryte powierzchnie sedymentacyjne a, b, c, d; strzałka wskazuje kierunek transportu materiału; 1 — piaskowiec warstwowany konwolucyjnie; 2 — piaskowiec warstwowany poziomo; 3 — soczewki i smugi żwiru drobnoziarnistego; 4 — żwirowiec piaszczysty (spływ piaszczysto-żwirowy) z porwkami margli; 5 — piaskowce cienkoławicowe; 6 — łupki margliste; 7 — margle bakulitowe; 8 — okruchy węgla (czarne) i otoczki innych skał egzotycznych; 9 — warstwa piaskowca z soczewkami węgla

Fig. 5. Outcrop of Inoceramian Beds at Bartkówka near Dynów (Maestrichtian). A — profile; B — exposed sedimentary surfaces a, b, c, d, arrow points to the direction of transport; 1 — sandstones with convolute bedding; 2 — sandstones with horizontal bedding; 3 — gravel lenses and streaks; 4 — coarse-grained sandflow with marl fragments; 5 — thin-bedded sandstones; 6 — marly shales; 7 — Baculites Marls; 8 — coal fragments (black) and other exotics; 9 — sandstone with coal lenses

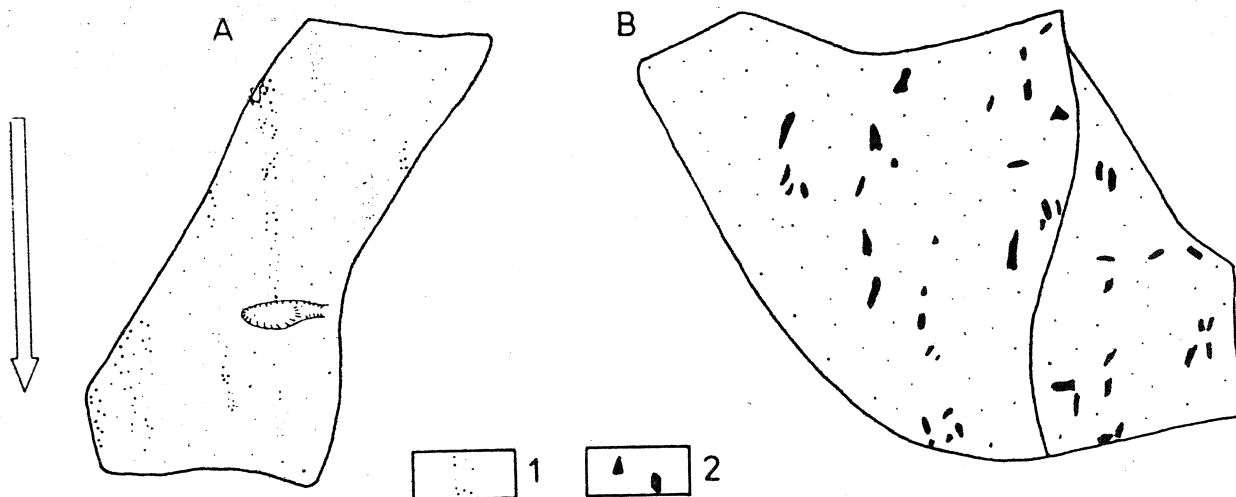


Fig. 6. Bartkówka, warstwy inoceramowe, śródławicowe powierzchnie sedimentacyjne; zorientowane ułożenie strug prądowych; 1 — piasku węglowego; 2 — fragmentów łupków

Fig. 6. Inoceramian Beds at Bartkówka, interbed sedimentary surfaces. Arrangement along stream lines; 1 — of coal sand; 2 — of shale fragments

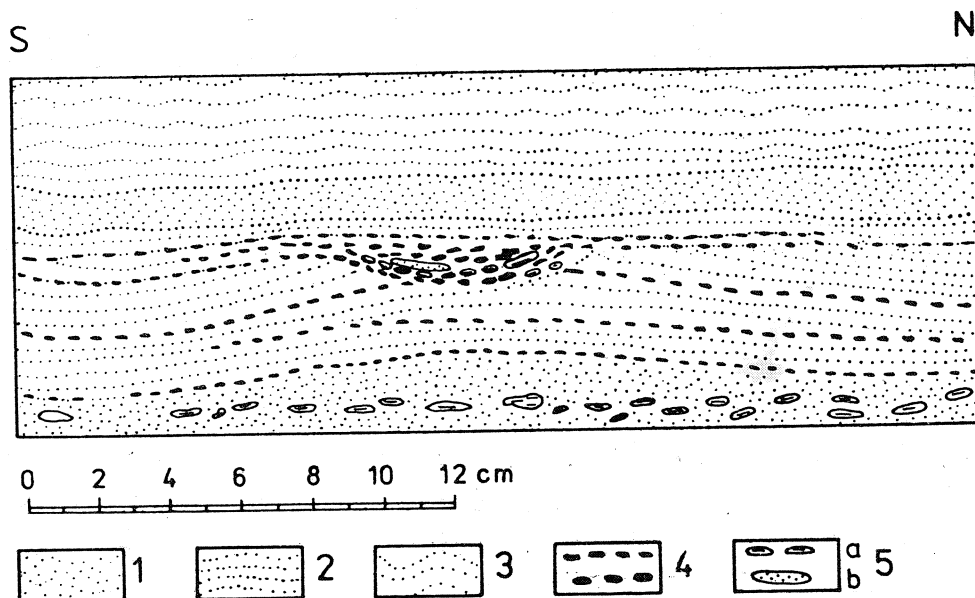


Fig. 7. Bartkówka, cienkoławicowy piaskowiec drobnoziarnisty z warstw inoceramowych, przekrój prostopadły do kierunku transportu materiału. 1 — piaskowiec o strukturze nieuporządkowanej; 2 — piaskowiec warstwowany poziomo; 3 — piaskowiec warstwowany konwolucyjnie; 4 — gruboziarnisty piasek węglowy; 5 — grubsze okruchy (żwirki) łupków (a) i piaskowców (b)

Fig. 7. Inoceramian Beds at Bartkówka, thin-bedded, fine-grained sandstone with coal layers, section normal to the direction of transport. 1 — sandstones with disordered structure; 2 — horizontal bedded sandstones; 3 — sandstones with convolute bedding; 4 — coarse-grained coal sand; 5 — coarse fragments of shales (a) and sandstones (b)

w mniejszej lub większej ilości na niektórych powierzchniach sedimentacyjnych. W przypadkach rozmyć śródwarstwowych, piasek i drobny żwirki węglowy wypełnia płaskie koryta erozyjne (fig. 7). Na niektórych odkrytych powierzchniach sedimentacyjnych widać smugowe skupienie piasku węglowego wzdłuż linii równoległych do kierunku prądu

transportującego materiał (fig. 6 A), przy mniej więcej tej samej odległości między nimi. Powstawanie ich można wiązać ze śrubowym charakterem płynięcia strug wody (Allen 1964). Na przekrojach poprzecznych do smug zaobserwowano soczewkowate skupienia piasku węglowego. Identyczne formy występowania węgla obserwowano we frakcji żwirowej. Nic w tym dziwnego, gdyż wszystkie omówione frakcje były transportowane i sedymentowały w warunkach górnego reżimu przepływu. W piaskowcach warstwowych konwolutnie zaobserwowano skupienia piasku węglowego na przegubach lamin wydętych ku górze. Mogłoby to świadczyć za hipotezą powstania tego typu warstwowania w wyniku ssącego działania wirów i strug prądowych (Dżułyński, Smith 1963, Dżułyński, Walton 1965).

### Pył węglowy

Należy oczekiwać, że do basenu fliszowego dostawała się również najdrobniejsza frakcja (pyłu i ilu) węgla powstała w czasie niszczenia pokładów węgla karbońskiego na okalającym lądzie. Birkenmajer i Turneau (1962) przyjmują również wpływ wietrzenia na powstanie tej frakcji. Zgodnie z mechanizmem transportu i sedymentacji prądów zawieszinowych szczególnie wzbogacone w te cząstki węgla będą warstewki lub laminy ilaste w warstwach mułowców i piaskowców. Teoretycznie ta frakcja węgla może utworzyć samodzielne laminy a nawet warstewki w warunkach sedymentacji grawitacyjnej materiału zawieszinowego, jak to postulują wspomniani autorzy, ale materiał ten, jako najlżejszy występowałby w członie ilastym rytmu turbidytowego, a nie piaskowcowym. co się właśnie obserwuje, i powstałe w ten sposób warstewki musiałyby mieć duży zasięg. Występowanie warstewek w piaskowcach powstałych w warunkach działania szybkich prądów (np. por. fig. 9) stwarza ponadto trudny problem wyjaśnienia uchronienia się ich „in statu nascendi” przed erozją, w warstwach tych brak jest zresztą grubszych lamin ilastych, które ze względu na większą kohezję winny się łatwiej zachować. Niezależnie od tych zastrzeżeń natury sedymentologicznej trudno znaleźć przyczyny i odtworzyć proces wtórnej żelifikacji pyłu węglowego, który musiałby się składać tylko z cząsteczek wityryny. Dyskusja ta prowadzi do wniosku, że omawiana frakcja węgla, aczkolwiek obecna w skałach fliszowych, nie stanowi jednak tworzywa opisywanych warstewek węgla.

### Warstewki węgla

Warstewki węgla błyszczącego, występujące we fliszowych i niefliszowych utworach Karpat mają niewielkie rozmiary (zwykle od kilku do kilkudziesięciu cm), nieznaczną grubość (najczęściej rzędu kilku mm, rzadko kilku cm) i soczewkowatą bądź nieregularną postać. W przewa-

dze zbudowane są one z jednorodnej zżelifikowanej do wityrytu substancji organicznej. Nigdzie nie zaobserwowano detrytycznej budowy warstewek. Pod względem częstości ich występowania uprzywilejowane są osady oligocenu (16 stanowisk), głównie warstwy menilitowe, oraz senonu (7 stanowisk), głównie warstwy ropianieckie; rzadziej spotyka się je w osadach turonu (dolna część warstw ropianieckich) i niższych ogniw kredy (warstwy jałowieckie, szypockie oraz jury (aalen fliszowy).

Występowanie detrytusu roślinnego we fliszu narzuca nawiązanie genezy warstewek do procesu uwęglenia skupień substancji roślinnej. Tezę tę udowadnia się z górą 70 lat, dostarczając argumentów różnorodnej natury.

Schmidt et al. (1903) wykazali w drodze analitycznej przynależność badanych przez siebie warstewek do grupy węgla brunatnych „autochtonicznych” (pozostałość koksowania w węglu z Leszczawy D. — 33,1%, ze Szczawnicy — 46,5%, wobec średniej dla węgla kamiennych ok. 67%). Horwitz i Doktorowicz-Hrebnicki (1932) dostarczyli podobnych danych uzupełnionych obserwacjami mikroskopowymi a dotyczących innych warstewek ze Szczawnicy i okolicy, określając je jako węgle ligno-celulozowe. W dwóch przypadkach badane węgle miały własności chemiczne typu węgla kamiennych, ale też nie można wykluczyć, że analizowano egzotyki karbońskie. Chodzi tu o stanowisko w Białej Wodzie I, reprezentowane przez okruch leżący luzem w potoku oraz o stanowisko Szczawnica — Zabanica IIIc, w odniesieniu do którego brak informacji o formie występowania, natomiast petrograficznie węgiel ten przypominał karbońskie węgle kamienne (sporowe).

Ostatnio Gabinić i Ripun (1977), a także w: Gabinić i in. (1977) podali analogiczne dane dotyczące dziesięciu stanowisk z warstewkami węgla humusowego w Karpatach radzieckich (fig. 1). W wyniku zbadania ich własności fizycznych i chemicznych autorzy doszli do wniosku, iż powstały one „in situ” z przyniesionej materii roślinnej, która przeszła proces uwęglenia w etapie początkowej (warstewki trzeciorzędowe i górnokredowe) bądź później katagenezy (warstewki dolnokredowe).

Do najbardziej ważkich, bezpośrednich dowodów na omawianą tu genezę warstewek węgla będą oczywiście należeć dokumenty paleontologiczne, np. typu odcisków tkanki roślinnej w osadzie przylegającym do warstewki itp.

Zanim fakty tego rodzaju zostały zaobserwowane we fliszu, zebrano je w karpackich utworach niefliszowych, i to zaledwie kilka lat po przedstawieniu wspomnianych już pierwszych danych analitycznych. Mowa tu o pracy Kuźniara (1910), dotyczącej fauny i flory znalezionej w wapieniach eoceńskich podścielających flisz podhalański w Zakopanem (fig. 1). Autor ten zauważył, że cienkie warstewki i żyłki czarnego węgla błyszczącego, dochodzące niekiedy grubości 1—4 cm i występujące w kilku poziomach (w gruboziarnistych wapieniach, cienkołupkowych wapieniach bitumicznych oraz łupkach ilastych) pochodzą bądź z nagromadzeń detrytusu roślinnego, bądź z uwęglenia kory łodyg i gałęzi (maksymalna dłu-

gość znalezionych szczątków do 30 cm, średnica — do 10 cm) oraz skorup dużych owoców („mięsista część wewnętrzna tych ostatnich została wypełniona osadem i tworzy jądra kamienne”). Dowodami na miejscowe pochodzenie warstewek węgla były: zachowany w płaszczyznach sedimentacyjnych naturalny kształt fragmentów roślin oraz szczegóły anatomiczne zachowane w odciskach.

Warstewki węgla błyszczącego opisali z warstw zakopiańskich w Zakopanem Gołąb (1959), Bąkowski (1967) i Frankiewicz (1974). Warstewki węgla od kilkunastu mm do 3 cm grubości występują tu w dwóch poziomach. W górnym horyzoncie (poziom łupków piaszczystych) zaobserwowano wyraźny związek 2—4 mm warstewek węgla z odciskami owoców, owocostanów i liści palm (J. Frankiewicz op. cit.). Znaczący dla naszych rozważań jest fakt, iż te warstewki węgla mają niewielkie rozmiary (do 20 cm długości i 4 cm szerokości) kształty nie geometryczne i występują w dolnych częściach warstw piaskowców, w łupkach brak ich zupełnie (Z. Bąkowski op. cit.).

Można tu jeszcze wspomnieć o rozgałęzionej (z „apofizami”) „soczewce” węgla, opisaniej przez Dzużyńskiego i Ślączkę (1958) z warstw krośnień-

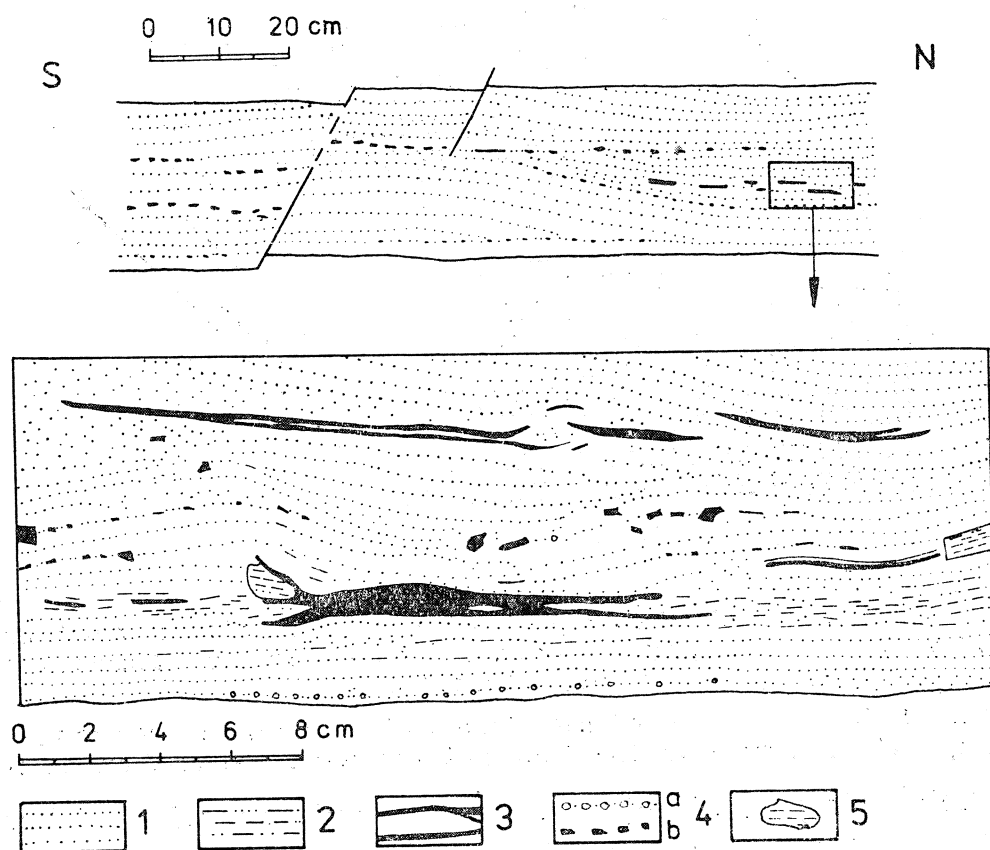


Fig. 8. Bartkówka, cienkoławicowy piaskowiec drobnoziarnisty z warstewkami węgla, warstwy inoceramowe, przekrój prostopadły do kierunku transportu materiału. 1 — piaskowiec drobnoziarnisty warstwowany równoległe; 2 — piaskowiec zailony; 3 — warstewki węgla błyszczącego; 4 — gruboziarnisty piasek i żwirek kwarcowy (a), węglowy (b); 5 — okruchy łupków ilastych

Fig. 8. Thin-bedded, fine grained sandstone with coal layers, Inoceraman Beds at Bartkówka, section normal to the direction of transport. 1 — fine-grained, horizontal bedded sandstone; 2 — clayey sandstone; 3 — layers of lustrous coal; 4 — coarse-grained sand and gravel, a — quartz, b — coal; 5 — shales fragments

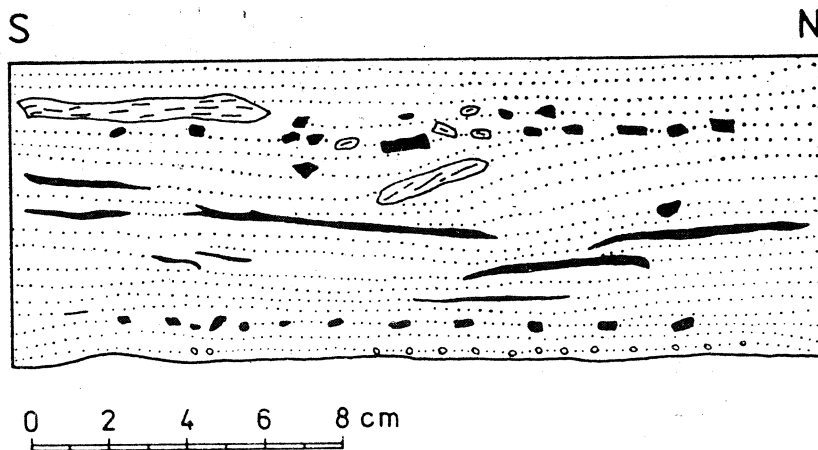


Fig. 9. Bartkówka, cienkoławicowy piaskowiec drobnoziarnisty z warstewkami węgla, warstwy inoceramowe, przekrój prostopadły do kierunku transportu. Objaśnienia patrz fig. 8

Fig. 9. Thin bedded, fine-grained sandstone with coal layers, Inoceramian Beds at Bartkówka, section normal to transport direction. Explanation as for Fig. 8

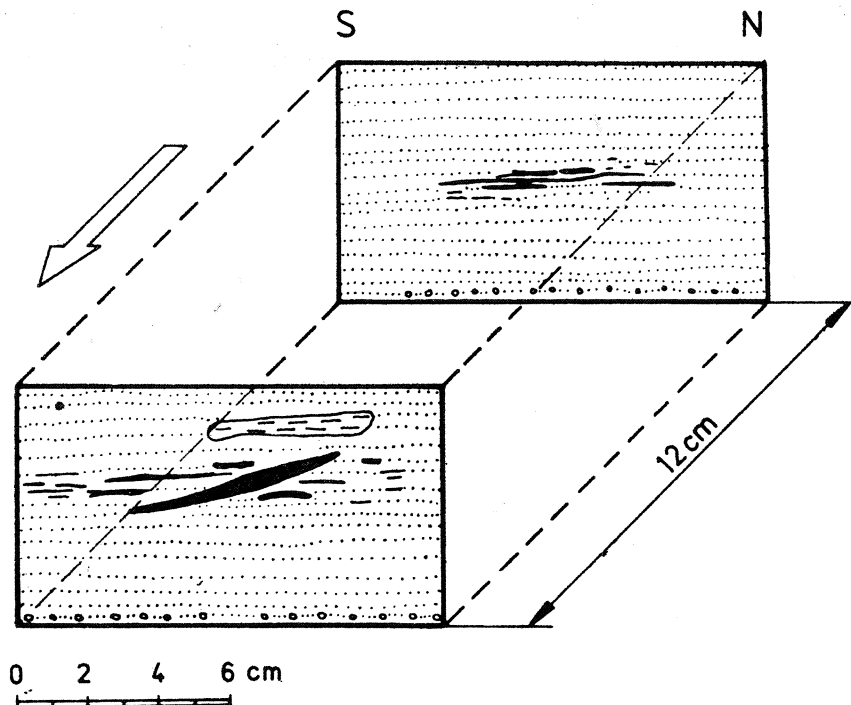


Fig. 10. Bartkówka, cienkoławicowy piaskowiec drobnoziarnisty z warstewkami węgla, warstwy inoceramowe, przekrój prostopadły do kierunku transportu. Objaśnienia patrz fig. 8

Fig. 10. Thin-bedded, fine grained sandstone with coal layers, Inoceramian beds at Bartkówka, section normal to the transport direction. Explanation as for Fig 8

skich okolic Krosna, której pochodzenie autorzy wiążą z kompaktacją i uwęglaniem korzeniowej części pnia drzewnego. Najprawdopodobniej wzmianki Zubera (1918) o znajdujących, również w warstwach krośnieńskich, uwęglonych pniach i gałęziach drzew dotyczą podobnych nieregularnych tworów, nie pisze on bowiem nigdzie o warstewkach węgla. Dane te świadczą o tym, że w osadach fliszowych zachodził proces uwęglania większych szczątków roślinnych, natomiast trudno je wykorzystać bezpośrednio jako dowody roślinnej genezy warstewek.

Trzecią wreszcie grupę dowodów na karpackie pochodzenie węgla stanowią obserwacje sedymentologiczne. Horwitz i Doktorowicz-Hrebnicki (op. cit.) opisali ze Szczawnicy — Huliny 8 cm warstewkę węgla (najprawdopodobniej tę samą, którą analizowali Schmidt et al., op. cit.) w piaskowcu, która na przestrzeni 1—2 m rozszepiała się na szereg cienkich warstewek, tworzących pakiet o grubości 45 cm; wyżej i niżej występowały gruboławicowe piaskowce. Powstania takiej formy nie można wytłumaczyć na drodze grawitacyjnej sedymentacji pyłu węglowego.

Do tego samego wniosku prowadzi fakt zaobserwowania przez Dzułyńskiego i Ślączkę (op. cit.) cienkich warstewek węgla i soczewek w utworach osuwisk podmorskich (w Sieniawie), a przez autora w mułowcach spływowowych (np. w Bachowie).

Bardziej szczegółowe obserwacje soczewek węgla w piaskowcach laminowanych (fig. 8—10) dostarczyły interesujących faktów: po pierwsze — piaskowce powstały w fazie miecenia, na co wskazuje domieszka żwirku, obecność większych fragmentów łupków ilastych i niewielka zawartość frakcji ilastej; po drugie — przekroje soczewek mają kształty na ogół nieregularne, z często zaznaczającym się rozszepianiem ich na końcach; niekiedy materiał klastyczny wnika wzdłuż tych rozwarstwień głęboko w miąższ soczewki, tworząc jak gdyby „jądro kamienne”, czasem spotyka się w tych miejscach okruchy skał wyraźnie przeciwstawiające się kompaktacji tej części warstewki (fig. 8); po trzecie — soczewki często spoczywają na nachylonych powierzchniach warstwowania a nie wypełniają nieckowatych zagłębień (fig. 8—9) po czwarte — warstewki węgla niekiedy się ze sobą krzyżują (fig. 10). Żadnej z opisanych form nie można wyjaśnić procesem sedymentacji pyłu węglowego.

Wszystkie przedstawione wyżej obserwacje można zinterpretować przyjmując powstanie warstewek na drodze uwęglenia substancji roślinnej (kłębów alg lub fragmentów roślin wyższych) przemieszczanej po dnie silnymi prądami bądź ruchami masowymi i zagrzebanej w równocześnie transportowanym osadzie, co uchroniło ją od natychmiastowego rozkładu. „Jądra kamienne” można wytłumaczyć wypełnianiem osadem pustych przestrzeni łądyg lub owoców, a bardziej rozwarte rozszepienia wpływem większej kompaktacji materii roślinnej warstewki niż wnikających w nią klinów osadu. Równie łatwo można objaśnić krzyżowanie się soczewek mając na względzie tworzenie się „stosów” z transportowanych fragmentów roślin.

Zaobserwowane fakty sedymentologiczne stoją w zgodzie z danymi petrograficznymi, własnościami fizycznymi węgla a wreszcie z zaobserwowanym (choć w innych stanowiskach) związkiem warstewek z odciskami roślin.

Węgiel warstewek występujących we fliszu karpackim należy zatem traktować jako allochtoniczny i współczesny zawierającym go osadom. We wszystkich przypadkach (z wyjątkiem stanowisk opisanych przez

W. Kuźniara) materiał roślinny został przyniesiony z ładu lub strefy litoralnej w głębokie części basenu. W rozmieszczeniu geograficznym można zaobserwować kilka skupisk znalezisk (por. fig. 1). Być może jest to w jakimś stopniu związane nie tylko z bliskością ładów czy kordylier, ale i z aktualnym rozkładem prądów roznoszących materiał roślinny w basenie (nie można jednak wykluczyć, że jest to rezultat nierównomiernego stanu rozpoznania). Za udziałem skupień alg w powstawaniu niektórych warstewek może świadczyć brak odcisków struktury anatomicznej na skałach otaczających oraz nabłonków w przemacerowanym materiale.

Jedyny wymagający wytłumaczenia problem to obecność spor karbońskich w niektórych preparatach. Wydaje się, że nie mogą one jednak stanowić dowodu na powstanie warstewek z miążu węglowego, jak to sugerowali Birkenmajer i Turnau (op. cit.) w odniesieniu do niektórych warstewek z aalenu fliszowego Pienin (Czorsztyn). Opisywane przez tych autorów wkładki węgla mają się znajdować w górnej części piaskowców uziarnionych frakcjonalnie i zawierają spory należące do 11 taksonów roślin znanych z okresu namur B — westfal B.

Również w materiale zebranych przez autora stwierdzone zostały spory m. in. karbońskie, choć trzeba dodać, że nie są to przypadki częste. I tak w soczewce (z warstw istebniańskich) z Tylovic koło Rožnova (zebranej na wspólnej wycieczce z prof. Z. Rothem) znaleziono źle zachowane spory, najprawdopodobniej górnokredowe, w Bachowie (warstwy menilitowe) — zarodniki grzybów i spory niekarbońskie, zaś w preparatach z Bartkówki (warstwy ropianieckie) i Połanek (warstwy menilitowe) nieliczne spory karbońskie (*Cirratriradites* sp., *Lycospora* sp., *Reticulatisporites reticulatus* Ibr, *Crassispora Kosankei* (Potonié et Kremp) Bhardwaj i in.).

Obecność spor tego samego wieku co zawierający je osad jest oczywista, natomiast pojawienie się spor karbońskich w preparatach można łatwo wyjaśnić biorąc pod uwagę występowanie w bezpośredniej bliskości warstewek okruchów węgla karbońskiego (por. fig. 8—9). Sugerują one bowiem obecność również frakcji pyłu i resedymentowanych spor, rozproszonych w skale, bądź też przyklejonych do szczątków roślinnych podczas transportu i w fazie zagrzebywania ich w osadzie. Trzeba przy tym podkreślić, że zaobserwowane ubogie spektra sporowe warstewek nie zawierają najbardziej charakterystycznych dla westfalu zespołów taksonów, jakie obecne są w egzotykach, lecz pojedyncze i przypadkowe gatunki.

Tego typu wyjaśnienie narzuca się i w przypadku stanowiska w Czorsztynie.

Dokonany w tym rozdziale przegląd, niepełny zresztą, warstewek-soczewek węgla błyszczącego w Karpatach świadczy, iż proces tworzenia się węgla humusowych w basenie karpackim nie należał wprawdzie



do znaczących, niemniej jednak nie można go zaniedbać przy charakterystyce sedymentologicznej fliszu karpackiego.

Maszynopis nadstawo VI 1978  
przyjęto do druku XII 1978

WYKAZ LITERATURY — REFERENCES

- Allen J. R. L. (1964), Primary current lineation in the lower Old Red Sandstone (Devonian), Anglo-Welsh Basin, *Sedimentology*, 3, pp. 89—108.
- Bąkowski Z. (1967), *Phoenix Szaferi* sp. nov. z górnego eocenu Podhala oraz zarys historii rodzaju *Phoenix* L., *Pr. Muzeum Ziemi*, 10, pp. 169—213.
- Birkenmajer K. (1977), Jurassic and Cretaceous Lithostratigraphic Units of the Pieniny Klippen Belt, Carpathians, Poland, *Studia geol. pol.*, 45, 158p.
- Birkenmajer K., Turnau E. (1962), Carboniferous Microspores as Secondary Deposit in the Aalenian Flysch of the Pieniny Klippen Belt (Carpathians), *Bull. Acad. Pol. Sci., Sér. Sci. geol. et geogr.*, 10, nr. 2, pp. 99—103.
- Bukowy S. (1956), Observations on the Sedimentation of the Babica Clays (Palaeocene) in the Middle Carpathians, *Bull. Acad. Pol. Sci., Cl. III*, 4, no. 9, pp. 631—635.
- Bukowy S. (1957), Węgiel kamienny w Karpatach Brzeźnych, *Prz. geol.*, 12, pp. 577—578.
- Burow W. S., Feduszczyk M. J. (1956), Znachidky ułamki wuhillja w poljanickich widkładach Pokuťskich Karpát. DAN URSR, 4.
- Crowell J. C. (1957), Origin of pebbly mudstones, *Bull. Geol. Soc. Am.* 68, pp. 993—1010.
- Dzuleński S., Smith A. J. (1963), Convolute lamination; its origin, preservation and directional significance, *J. Sedim. Petrol.*, 33, pp. 616—627.
- Dzuleński S., Ślaczka A. (1958), Sedymentacja i wskaźniki kierunkowe transportu w warstwach krośnieńskich, *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 28, pp. 205—260.
- Dzuleński S., Walton E. K. (1965), Sedimentary features of flysch and greywackes. *Developments in sedimentology*, 7, 274 p. Elsevier, Amsterdam.
- Frankiewicz J. (1974), Znaleźiska eocenijskiej flory we fliszu podhalańskim grzbietu gubałowskiego. *Spraw. Pos. Kom. Nauk. PAN, Oddz. w Krakowie*, 18/1, pp. 173—175.
- Gabiniet M. P., Kulczicki J. O., Matkowski O. I., Jasinska A. A. (1977), Geologia i poljeznyje iskopajemyje Ukrainskich Karpát, cz. II, 217 p. „Wyszczu Szkoła”, Lwow.
- Gabiniet M. P., Rypun M. B. (1977), Stiepień metamorfizmu uogolnoj organiki w mieł-paleogienowom flisze sowijskich Karpát. *Matier. XI Kongr. Karp.-Balk. Geolog. Assoc.*, pp. 298—299, „Naukowa Dumka”, Kijew.
- Golał J. (1959) Zarys stosunków geologicznych fliszu Zachodniego Podhala, *Biul. IG*, 149, pp. 225—239.
- Hohenegger L. (1861), Die geognostischen Verhältnisse der Nordkarpathen in Schlesien und den angrenzenden Theilen von Mähren und Galizien. Gotha.
- Horwitz L., Doktorowicz-Hrebnicki S. (1932), O węglu w Szczawnicy i okolicach, *Pos. Nauk. PIG*, 33, pp. 65—68.
- Kopystiański R. S., Iszczenko A. M., Bołdyrjewa T. O. (1957), Ułamki wuhillja w porodach karpatskogo fliszu, DAN URSR, 2, pp. 192—193.

- Kotlarczyk J. (1966), Poziom diatomitowy z warstw krośnieńskich na tle budowy geologicznej jednostki skolskiej w Karpatach Polskich, *Stud. geol. pol.*, 19, pp. 7—129.
- Kotlarczyk J. (1978), Stratygrafia formacji z Ropianki (fm), czyli warstw inoceramowych w jednostce skolskiej Karpat fliszowych. *Pr. geol. Kom. Nauk. Geol. PAN, Oddz. w Krakowie*, 108, pp. 5—82.
- Kotlarczyk J., Śliwowa M. (1963), Przyczynek do znajomości utworów karbonu produktywnego w podłożu wschodniej części Karpat Polskich. *Prz. geol.*, 6, pp. 268—272.
- Kropaczek B. (1917), Sprawozdanie z wycieczek geologicznych w okolicach Rzeszowa, *Spraw. Kom. Fizj. AU*, 51, pp. 100—105.
- Książkiewicz M. (1961), O niektórych sedymentacyjnych strukturach fliszu karpackiego, *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 31, pp. 23—46.
- Książkiewicz M. (1972), Budowa geologiczna Polski T. IV Tektonika, cz. 3, Karpaty, 228p. Wyd. Geol. Warszawa.
- Kuźniar W. (1910), Eocen Tatr i Podhala, *Spraw. Kom. Fizj. AU*, 44, pp. 26—76.
- Lindsay J. F. (1968), The Development of Clast Fabric in mudflows, *J. Sedim. Petrol.*, 38, no. 4, pp. 1242—1253.
- Parkash B., Middleton G. V. (1970), Down-current textural changes in Ordovician turbidite greywackes. *Sedimentology*, 14, pp. 259—293.
- Roth Z., red. (1962a), Vysvětlivky k přehledné Geologické Mapě ČSSR 1 : 200 000, Ostrava, pp. 5—292, Geofond, Praha.
- Roth Z., red. (1962b), Vysvětlivky k přehledné Geologické Mapě ČSSR 1 : 200 000, Olomouc, pp. 5—226, Geofond Praha.
- Schmidt C. Mühlberg M., Tobler A. (1903 ms.), Geologische Untersuchung des Gebietes der Kohlenschürfe bei Bircza, Maszynopis Bibl. Zesp. Prac. Geol. Zakł. Nauk Geol. PAN w Krakowie, nr rej. 717, pp. 20 + III, 1 tabl., 2 ryc., 1 mapa.
- Turnau E. (1970), Mikroflora i paleogeografia karbonu produktywnego w Polskiej części Karpat, *Biul. IG*. 235, pp. 163—244.
- Wiśniewski T. (1908), Atlas Geologiczny Galicji, zeszyt 21 (Dobromil). pp. 1—104 Wyd. Kom. Fizjogr. AU w Krakowie.
- Zuber R. (1918), Flisz i nafta, Lwów, pp. 381.

## SUMMARY

In the Carpathian Flysch, coal is present either as detritus of Carboniferous coal deposited together with other clastic material or as thin layers of lustrous coal. The latter is generally considered to derive as an effect of carbonisation of organic matter in flysch basin. Some authors (Birkenmajer, Turnau, 1962) suggested, on the basis of Carboniferous spores, that in the Aalen Flysch of the Pieniny Klippen Belt some coal layers are built of Carboniferous material, supplied to the basin by turbidity current.

## EXOTICS OF THE UPPER CARBONIFEROUS COAL

Coal as detrital material of all fractions was supplied to the flysch basin from cordilleras, and, above all, from the land bordering the basin to the north. Transport directions of material point to the two main

source areas: 1. Upper Silesia Coal Basin and its continuation to the south and 2. postulated coal basin being now under the Polish Eastern Carpathians (Bukowy, 1957, Kotlarczyk, Śliwowa, 1963). Turnau (1970) presumes that the two areas have formed one Precarpathian Coal Basin.

In the external troughs of the flysch basin adjoining to these areas, coal exotics in the coarsest fractions, supplied in all the possible ways of transport, are especially frequent (Fig. 1). Activity of turbidity currents is probably responsible for spreading the fine — grained fractions far from the source areas, e. g. coal exotics in the Ukrainian Carpathians (Kopystiański et al., 1959), about 200 km away from the hypothetical Precarpathian Coal Basin.

#### COAL BLOCKS, PEBBLES AND GRAVELS

The coarsest coal fragments (up to 80 cm in diameter, Bukowy 1957) are found exclusively in pebbly mudstones. Exotics in these mudstones are rarely scattered (Fig. 3) and coal fragments, despite of their less density, have the same orientation as other exotics (Fig. 4). Orientation of the long axes of clasts agrees with Lindsay's model for laminar flow, but orientation of short axes is different, pointing to the rotation of pebbles and „freezing” of mudflow during turbulent flow stage.

Coal fragments of the gravel fraction were also transported by sand flow (fluxoturbidities). In this case they are arranged mostly along stream lines and form minor bodies lense-like in the cross-section (Fig. 5). Lination of elongated clasts is parallel to the transport direction.

Coal gravels have might be transported by turbidity currents in suspension. In the graded-bedded sandstones coal fragments are associated with gravel fraction. Till now, no proves for transport of coal fragments coarser than several cm were found.

Coal sand is visible mostly in the laminated sandstones, where it is accumulated on some sedimentary surfaces and arranged along stream lines (Fig. 6) or it fills erosional furrows (Fig. 7).

Coal silt forms an admixture in the clay shales and siltstones, coloured them black (Bukowy, 1957). Theoretically this fraction may form individual laminae in the clay-members of turbidity rhythms (Birkenmajer, Turnau, 1962).

#### LAYERS OF LUSTROUS COAL

Discontinuous coal layers are several mm thick and several cm long, sometimes up to 30 cm thick and about 1 m long (Roth, 1962a). They are built of vitrinite. Others have physical properties characteristic for brown coal (Schmidt et al., 1903, Horwitz, Doktrowicz-Hrebnicki, 1932, Gabiniet et al., 1977). Origin of some layers is undoubtedly connected with carbonisation of plant matter in situ (imprints of cortex, branches,

fructifications etc, cf Kuźniar, 1910). Sedimentological (Fig. 8, 9, 10) and petrographic observations (lack of detrital structure) excluded their origin from coal silt.

Such facts as: 1. occurrence of layers in nongraded mudflow or in sandstones formed under the upper flow regime; 2. irregular shapes of lenses in cross-section with splitted off ends; 3. occurrence of lenses on inclined sedimentary surfaces; 4. crossing of some layers — may be interpreted as an effect of tractional transport of plant remnants together with clastic material.

Presence of few Carboniferous spores in some layers (Fig. 8) may be explained as a result of spore-sticking to the Cretaceous or Tertiary plant remnants during transportation. Occurrence of resedimented spores in sediments along with coarse grains and fragments of undoubtedly Carboniferous coal is quite understood. Presence of Carboniferous spores in some Aalen coal layers of the Pieniny Klippen Belt may be explained in this way.