

Ocena możliwości wykorzystania wybranych przedkenozoicznych kopalin ilastych z obszaru Polski do celów ochrony środowiska

Paweł Brański*



An estimate of possible use of selected pre-Cenozoic clays from Poland for environmental protection. Prz. Geol. 55: 467–474.

S u m m a r y . The paper presents the main results of the study of various Mesozoic (and Upper Carboniferous) clays from southern Poland and their capacities for pollution retention, water isolation and soil restoration. Laboratory testing was performed on 40 clay and claystone samples from 16 quarries in order to identify grain-size and mineral composition (XRD analyses), cation exchange capacity (CEC), filtration coefficient, pH reaction and contents of selected trace elements. The clay series were accumulated in various palaeoenvironmental and palaeoclimatic conditions. They have also had different burial histories. The main component of these rocks is illite and subordinately kaolinite. Smectite (beidellite) and chlorite are usually only accessory minerals. The permeability of the pre-Cenozoic clays is varied, but CEC is very low. The clay deposits are not particularly useful for environmental protection because of scarcity of smectite and due to diagenetic alterations. They are neither a natural sorbent (with the exception of some unexploited Carboniferous bentonitic clays), nor high-quality material for pollution retention. Some of the clays may be useful for water isolation and restoration of the near-surface layer in degraded areas.

Key words: pre-Cenozoic clays, southern Poland, mineral composition, physicochemical properties, environmental protection

Celem przeprowadzonych prac było zbadanie przydatności przedkenozoicznych kopalin ilastych w ochronie środowiska naturalnego, zwłaszcza do izolowania składowisk odpadów i hydroizolacji oraz rekultywacji terenów zdegradowanych i agromelioracji gleb lekkich zagrożonych marginalizacją. Niniejsza praca stanowi kontynuację regionalnych badań wskaźnikowych prowadzonych przez autora w latach 1990., obejmujących problematykę wykorzystania w ochronie środowiska ilastych kopalin trzeciorzędowych (Brański, 1994, 1995, 1998a) i czwartorzędowych (Brański, 1998b).

Kopaliny ilaste związane z wychodniami lub obszarami płytkiego występowania formacji starszych od kenozoiku, występują niemal wyłącznie w Polsce południowej, w regionach określanych tradycyjnie jako obszary: krakowsko-wieluński, obrzeżenia Gór Świętokrzyskich i Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (ryc. 1). Mają one raczej podrzędne znaczenie w ogólnopolskiej bazie zasobów surowców ilastych (Przeniosło, 2005), ale niektóre z nich są ważnymi surowcami w skali regionalnej. Dominującą rolę odgrywają obecnie iłowce i mułowce triasu górnego oraz jury dolnej i środkowej, a mniejszą iłolupki karbońskie i iłowce dolnego. Iłowce permu, triasu środkowego oraz mułowce kredy mają znaczenie zupełnie lokalne. Badania nie obejmowały karbońskich bentonitów i iłów bentonitowych, czyli tzw. bentonitów milowickich. Ich szczegółowa charakterystyka mineralogiczna i chemiczna oraz ocena właściwości fizyczno-chemicznych zostały przedstawione we wcześniejszych publikacjach (m.in. Ryszka, 1973; Kubisz & Środoń, 1973; Kłapyta, 1975), a złoża tych kopalin nie figurują obecnie w bilansie zasobów.

Metodyka prac

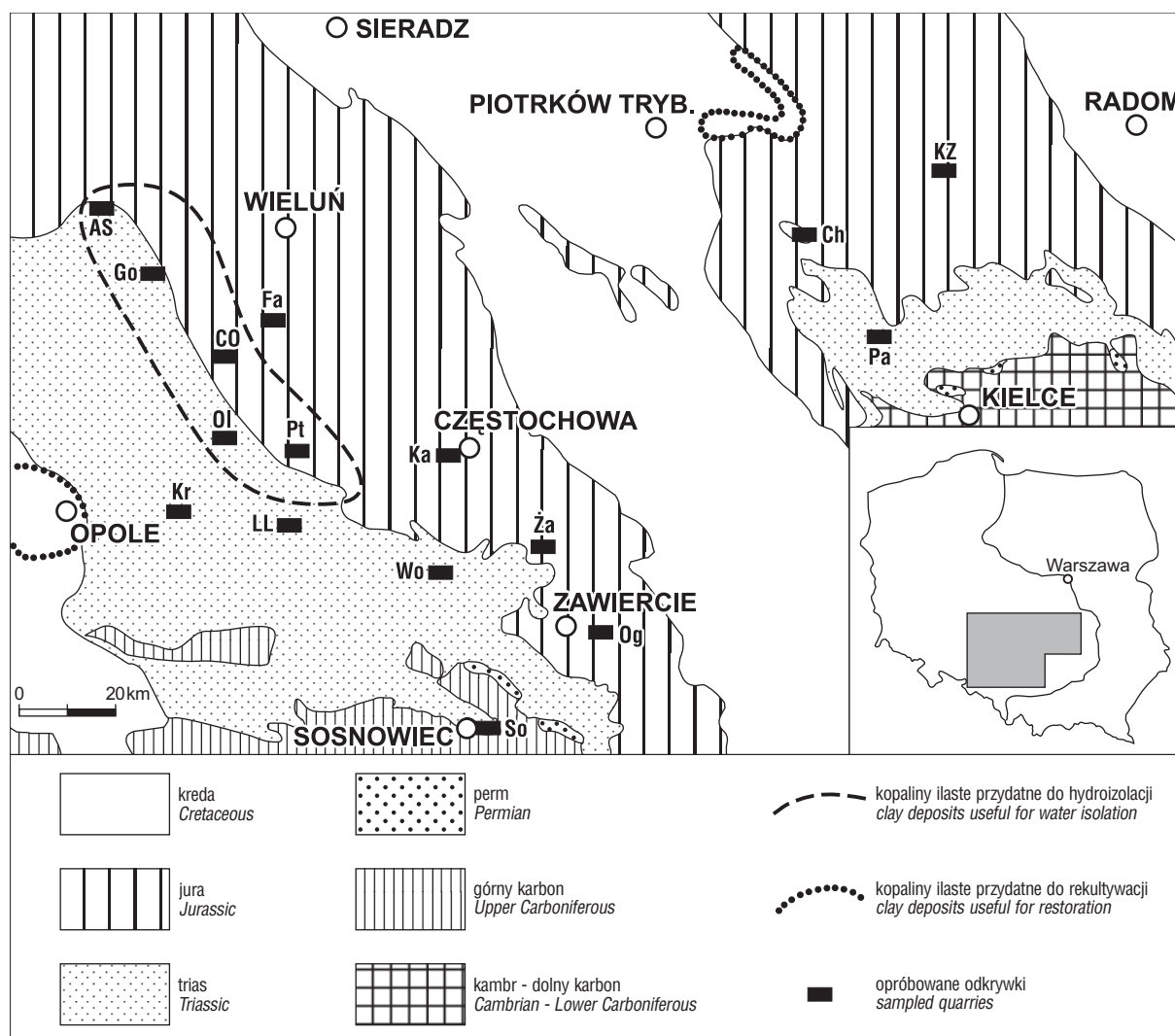
Zbadano łącznie 40 próbek przedkenozoicznych kopalin ilastych, pochodzących z 16 odkrywek (ryc. 1, tab. 1) i reprezentujących różne jednostki stratygraficzne — od namu-

ru A (warstwy grodzieckie) po baton (częstochowskie iły rudonośne). W każdej odkrywce pobrano od 1 do 5 próbek, które następnie poddano badaniom laboratoryjnym. Zespół analityków z Centralnego Laboratorium Chemicznego PIG pod kierunkiem dr. inż. Piotra Paślawskiego przeprowadził: badania jakościowe i ilościowe składu mineralnego (dyfraktometria rentgenowska — XRD), analizę zawartości wybranych pierwiastków oraz badania odczynu pH. Zespół wykonawców z Zakładu Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej PIG pod kierunkiem dr. Zbigniewa Frankowskiego przeprowadził badania: składu ziarnowego, pojemności sorpcyjnej, pojemności wymiany kationów (CEC), całkowitej powierzchni właściwej, a także współczynnika filtracji (system pomiarowy *Trautwein* oraz porozymetr rtęciowy). Wyniki niniejszych analiz oraz archiwalne i publikowane wyniki wcześniejszych badań składu ziarnowego, chemicznego i mineralnego stanowiły podstawę charakterystyki mineralogicznej przedkenozoicznych kopalin ilastych oraz oceny możliwości ich wykorzystania w ochronie środowiska.

Krótką charakterystyka geologiczna

Obszar obrzeżenia Gór Świętokrzyskich obejmuje wał gielniowsko-świętokrzyski (stanowiący południowe przedłużenie wału śródpolskiego), a obszar krakowsko-wieluński — monoklinę śląsko-krakowską i wschodnią część monokliny przedśudeckiej. Przed inwersją rozciągała się tu osiowa strefa basenu polskiego wraz z jego południowym skłonem. Przez obszar świętokrzyski przebiegała oś południowego odcinka bruzdy śródpolskiej, a obszar krakowsko-wieluński stanowił brzeżny skłon basenu. Obszar GZW należy do jednostki zapadliska górnośląskiego, będącego pierwotnie basenem przedgórskim orogenu waryscydyów śląsko-morawskich. We wspomnianych jednostkach paleotektonicznych gromadziły się okresowo kilkudziesięcio- a nawet kilkusetmetrowe kompleksy ilaste, które w wyniku procesów inwersji, wydzwignięcia i erozji znalazły się blisko powierzchni (po okresach mniej lub bardziej głębokiego pogrzebienia).

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; pawel.branski@pgi.gov.pl



Ryc. 1. Lokalizacja opróbowanych odkrywek i główne wyniki badań na tle uproszczonej mapy geologicznej; symbole odkrywek jak w tabeli 1

Fig. 1. The location of sampled quarries and main conclusions of the study against a simplified geological map; symbols of quarries as in Table 1

Późny karbon to epoka stabilizacji globalnego poziomu morza. Na obszarze górnośląskim zachodziła wówczas progradacja płytszych facji i stopniowa regresja. Przeważał gorący i wilgotny klimat równikowy typu tropikalnego (np. Witzke, 1990). Od późnego wizeny po późny westfal zapadlisko górnośląskie rozwijało się jako basen przedgórski waryscydów morawsko-śląskich (Narkiewicz, 2002), natomiast warstwy grodzieckie (porębskie) powstawały w okresie spokoju tektonicznego, po pierwszej fazie kompresji orogenicznej, w czasie której SE obrzeżenie basenu uległo wypiętrzeniu, a w zapadlisku przedgórskim zachodziła intensywna subsydencja. Badane kopaliny ilaste warstw grodzieckich (występujące w złożu Sosnowiec) powstawały w marginalno-morskich warunkach paralicznych, w szybko zmieniających się środowiskach estuariowo-deltowo-bagiennych, a miejscami także aluwialno-limnicznych. Materiał terygeniczny był wówczas dostarczany głównie z obszarów położonych na południe i wschód od basenu (Unrug & Dembowski, 1971).

W triasie na obszarze Pangei zdecydowanie przeważał klimat gorący o długotrwałych porach suchych (Frakes, 1979; Selwood & Valdes, 2006). W takich warunkach powstawały grube kompleksy czerwonych mułowców i iłowców:

warstw hieroglifowych i pseudoolitowych środkowego pstręgo piaskowca i kompleksu podwęglanowego retu (olenek), warstw gipsowych dolnych i górnych (późny karnik) oraz większości warstw jarkowskich i zbąszyneckich (noryk). Wybitnie aridalne warunki były przerywane epizodami ochłodzenia i zwilgotnienia, głównie podczas powstawania szarych i pstrych utworów warstw piaskowca trzciniowego (środkowy karnik). Kopaliny ilaste triasu powstawały przede wszystkim w marginalnomorskich, przejściowych strefach o zmiennym zasoleniu lub w lądowych środowiskach aluwialno-limnicznych (np. Pieńkowski, 1988; Marek & Pajchłowa, 1997). Po okresie szybkiej subsydencji we wczesnym triasie pozostałe mułowce i iłowce osadzały się w warunkach zróżnicowanego (na ogół umiarkowanego) tempa pograżania podłoża. Odmienne są utwory retyku, wykształcone jako utwory mułowcowo-ilaste, miejscami piaszczyste, barwy szarej, które zachowały się tylko fragmentarycznie w wyniku silnej i szeroko rozprzestrzenionej erozji na przełomie triasu i jury. Zawartość węglonej flory wskazuje na zwilgotnienie klimatu.

W jurze dolnej, podczas postępującego rozpadu Pangei, na obszarze środkowej Europy przeważał klimat ciepły i wilgotny, na ogół bez wyraźnych sezonowych zmian wil-

Tab. 1. Odkrywki opróbowane w latach 2003–2004. WKW — Wyzyna Krakowsko-Wieluńska, OGŚ — obrzeżenie Gór Świętokrzyskich, GZW — Górnośląskie Zagłębie Węglowe, GO — surowce ogniotrwale, GC — surowce ceramiczne (kamionkowe), IB — surowce ceramiki budowlanej, IC — surowce uzupełniające do produkcji cementu
 Table 1. The quarries sampled in 2003–2004. WKW — Cracow-Wieluń Upland, OGŚ — Holy Cross Mts. margin, GZW — Upper Silesian Coal Basin, GO — refractory raw materials, GC — stoneware raw materials, IB — raw materials for building ceramics, IC — supplementary raw materials for cement production

Chronostratygrafia <i>Chronostratigraphy</i>			Litostratygrafia <i>Lithostratigraphy</i>	Odkrywka (ilość próbek) <i>Quarry</i> (number of samples)	Symbol <i>Symbol</i>	Obszar <i>Area</i>	Surowce <i>Raw materials</i>
JURA <i>JURASSIC</i>	ŚRODKOWA <i>MIDDLE</i>	Bajos-Baton <i>Bajocian-Bathonian</i>	Częstochowskie iły rudonośne <i>Częstochowa</i> <i>Ore-bearing Clays</i>	OGRODZIENIEC (2)	Og	WKW	IB
				ŻARKI (2)	Ża		
				KAWODRZA (2)	Ka		
				FAUSTIANKA (2)	Fa		
DOLNA <i>LOWER</i>	Toars <i>Toarcian</i>	Formacja ciechocińska <i>Ciechocinek For-</i> <i>mation</i>	CZERWONE OSIEDLE (5)	CO	OGŚ	GO GC	
	Hetang <i>Hettangian</i>	Przysuska formacja rudonośna <i>Przysucha</i> <i>Ore-bearing</i> <i>Formation</i>	KRYZMANÓWKA – ZAPNIÓW (3)	KZ			
TRIAS <i>TRIASSIC</i>	GÓRNY <i>UPPER</i>	Noryk <i>Norian</i>	Warstwy zbąszyńskie grn. <i>Upper Zbąszynek</i> <i>Beds</i>	ALBERTÓW-SŁUPIA (1)	AS	WKW	IB
				PATOKA (3)	Pt		
				GOŁKOWICE (1)	Go		
				OLESNO (1)	Ol		
				CHEŁSTY (3)	Ch	OGŚ	IB (GC)
		Warstwy zbąszyńskie dln. <i>Lower Zbąszynek</i> <i>Beds</i>	WOŹNIKI ŚLĄSKIE (2)	Wo	WKW	IB	
Warstwy jarkowskie <i>Jarkowo Beds</i>	KRASIEJÓW (3)	Kr	IC				
Karnik <i>Carnian</i>	Warstwy piaskowca trzciniowego <i>Reed Sandstone</i> <i>Beds</i>	LIPIE ŚLĄSKIE- LISOWICE (3)	LL	OGŚ	IB (GC)		
DOLNY <i>LOWER</i>	Olenek <i>Olenekian</i>	Warstwy hieroglifowe <i>Hieroglyphic</i> <i>Beds</i>	PAŁĘGI (3)			Pa	
KARBON <i>CARBONIFEROUS</i>	GÓRNY <i>UPPER</i>	Namur <i>Namurian</i>	Warstwy grodzieckie <i>Grodziec Beds</i>	SOSNOWIEC (4)	So	GZW	IB

gotności (np. Hallam, 1985; Chandler i in., 1992; Selwood & Valdes, 2006). W takich warunkach paleoklimatycznych powstawały m.in. kopaliny ilaste przysuskiej formacji rudonośnej (Brański, 2005). Na przełomie pliensbachu i toarsu, kiedy następowała sedimentacja formacji ciechocińskiej, zaszła istotna zmiana klimatu. Po okresie ochłodzenia w późnym pliensbachu, we wczesnym toarsie postępowo szybkie ocieplenie (Rosales i in., 2004). Jakkolwiek od początku jury zaznacza się generalnie wzrost eustatyczny (po skrajnie niskim położeniu poziomu oceanu światowego w schyłku retyku), to przebieg krzywych krótkookresowych zmian poziomu morza jest bardzo urozmaicony (m.in. Haq i in., 1987; Hesselbo & Jenkyns, 1998; Pieńkowski, 2004). We wczesnej jurze zaznaczyła się bardzo duża zmienność paleośrodowisk sedimentacji, a kopaliny

ilaste powstawały w warunkach lądowych i marginalno-morskich (brakiczno-morskich). Na początku hetangu nastąpiło zdecydowane, krótkotrwałe przyspieszenie subsydencji i raptowny wzrost tempa akumulacji osadów formacji zagajskiej na świętokrzyskim odcinku bruzdy śródpolskiej (Brański, 2004, 2006), w wyniku transtensyjnego zdarzenia tektonicznego (Hakenberg & Świdrowska, 1998; Poprawa, 1997) na przełomie triasu i jury. Przysuska formacja rudonośna powstawała już w warunkach słabnącej subsydencji i umiarkowanego tempa akumulacji. Osady formacji ciechocińskiej gromadziły się w dość powolnym tempie i w warunkach małej subsydencji. W jurze środkowej, podczas tworzenia się częstochowskich iłów rudonośnych, przypuszczalnie dominował klimat umiarkowany chłodny. Częstochowskie iły rudonośne są osadami morskimi, które

były akumulowane głównie w niedotlenionej strefie szelfu silikoklastycznego, a powstawały od późnego bajosu po baton (Matyja & Wierzbowski, 2000) w warunkach niewielkiej subsyduencji i umiarkowanego tempa akumulacji.

Utwory kredy są bardzo zróżnicowane litofacjalnie, a iłowce i mułowce stanowią tylko podrzędny element profilu litologicznego. Cechą charakterystyczną okresu kredowego były częste zmiany paleoklimatu, polegające zarówno na fluktuacjach wilgotności, jak też przemiennym zaznaczaniu się faz ciepłych i chłodnych (np. Price i in., 1998). Morskie mułki kredowe gromadziły się głównie w strefie głębszego szelfu epikontynentalnego.

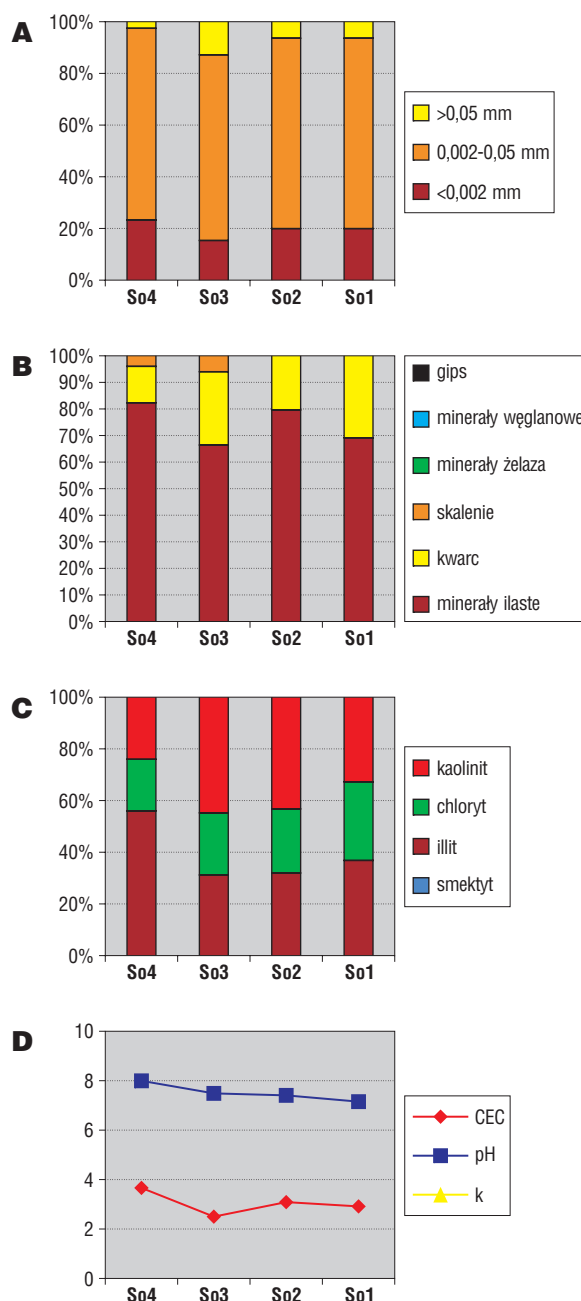
Skład mineralny i wybrane właściwości fizyczno-chemiczne

Najważniejsze wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono graficznie na ryc. 2, 3 i 4. Uziarnienie badanych kopalni jest bardzo zmienne. Udział frakcji iłowej jest szczególnie mały w próbkach ze złóż Sosnowiec, Pałęgi i Chełsty, a niewiele większy w kopalinie z Lipia Śląskiego–Lisowic, Krasiejowa i większości odkrywek odsłaniających utwory jury środkowej. Jednocześnie zaznacza się tam wysoka zawartość ziaren frakcji grubszych (ryc. 2A, 3A, 4A).

Zawartość minerałów ilastych jest również zmienna (ryc. 2B, 3B, 4B). Największą (powyżej 75%) stwierdzono w próbkach iłowców wyższego noryku ze złóż Chełsty i Patoka oraz iłowców ogniotrwałych hetangu z Kryznanówki (Zapniowa). Przewarstwienia kopalni bardzo bogatych w minerały ilaste pojawiają się także w starszych formacjach, reprezentujących karbon górny (Sosnowiec: So2, So4) i trias dolny (Pałęgi: Pa3). W większości badanych utworów zawartość minerałów ilastych jest znacznie wyższa od wynikającej z ich składu ziarnowego. Jest to spowodowane tym, że frakcje grubsze są na ogół reprezentowane przez okrychy iłowców. Ma to niewątpliwie związek z ich silnym zdiagenezowaniem oraz procesami agregatywnymi (Kozydra & Wyrwicki, 1977; Szamałek, 1983; Wyrwicki & Szamałek, 1986). Obok minerałów ilastych głównym składnikiem badanych próbek jest kwarc, którego udział zmienia się w dość szerokim przedziale 15–55%, a w większości badanych próbek towarzyszą mu skalenie. Badane kopaliny karbonu górnego, triasu dolnego, częściowo triasu górnego (wyższy noryk) oraz jury dolnej są praktycznie bezwapienne. Górnotriasowe kopaliny karniku oraz niższego noryku są przeważnie wapieniste i zawierają 10–15% minerałów węglanowych. Wapieniste są również iłowce i mułowce kredowe (Kozydra & Wyrwicki, 1975; Wyrwicki, 1988), a ił rudonośne jury środkowej są przeważnie słabowapieniste. W próbkach kopalni doggeru oznaczono też gips — w ilości do około 2%. Zawartość minerałów żelaza w zbadanych próbkach kopalni przedkenozoicznych waha się od 0 do około 8% i są one reprezentowane głównie przez hematyt i getyt. Tylko w iłowcach jury dolnej ze złoża Czerwone Osiedle oraz iłowcach najwyższego triasu z Gołkowic stwierdzono syderyt w ilości 4–8%.

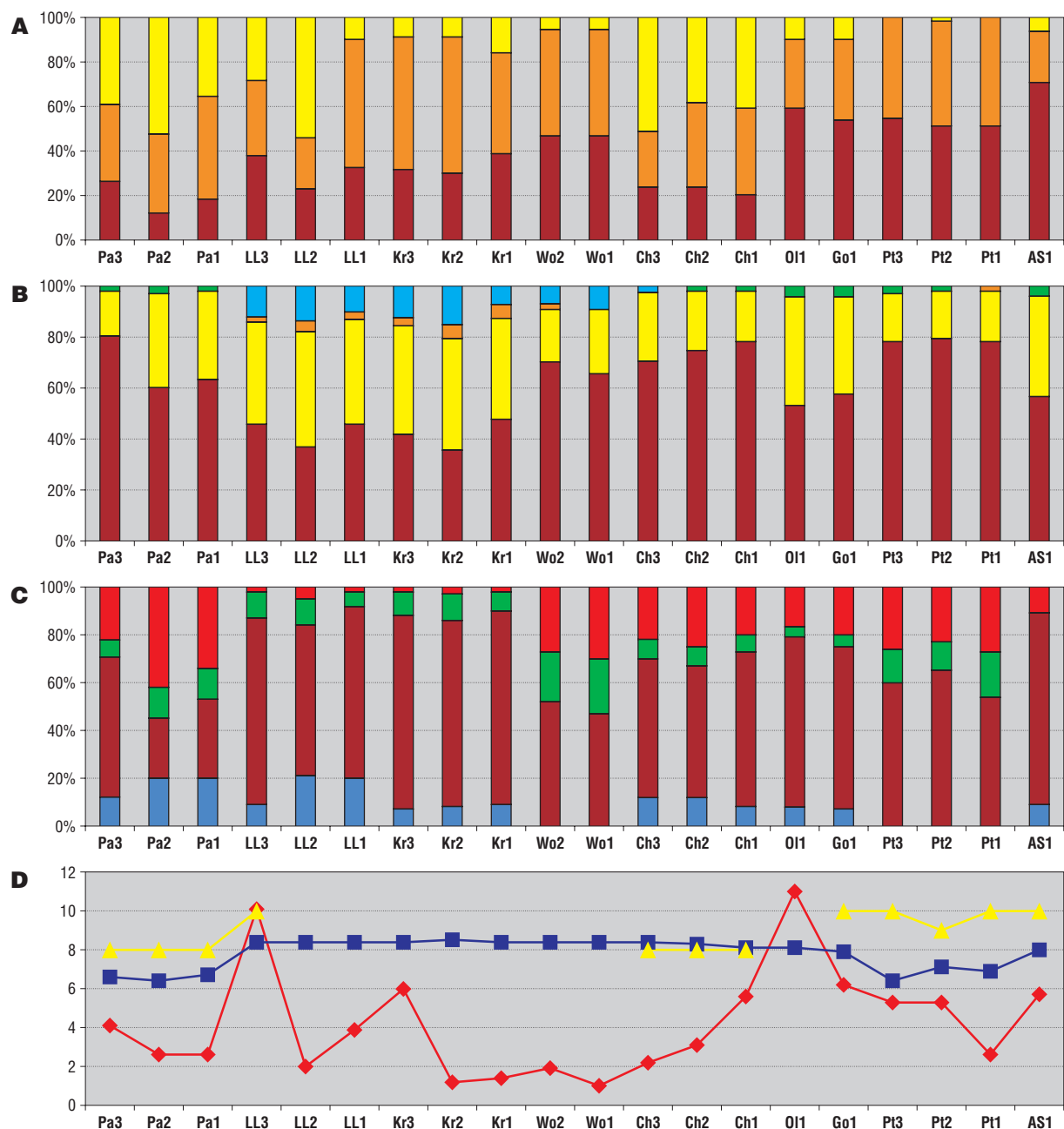
Z punktu widzenia możliwości wykorzystania kopalni ilastych w większości dziedzin ochrony środowiska, największe znaczenie ma skład minerałów ilastych, a zwłaszcza zawartość smektytów w postaci montmorillonitu lub beidelitu. W zdecydowanej większości kopalni przedkenozoicznych dominującym minerałem jest illit, którego udział

w składzie minerałów ilastych waha się od kilkunastu do około 80% (ryc. 2C, 3C, 4C). Bardzo zmienna jest zawartość kaolinitu, który może występować w postaci akcesorycznych domieszek (Lipie Śląskie, Krasiejów) albo stanowić nawet 70–80% składu minerałów ilastych (iły ogniotrwałe ze złoża Kryznanówka w Zapniowie). W badanych próbkach smektyty są niestety tylko składnikami podrzędnymi lub wręcz akcesorycznymi. Reprezentuje je beidelit, wchodzący w skład minerałów mieszanopakietowych illit/smektyt, a w niektórych przypadkach (Pałęgi, Chełsty) także smektyt/chloryt. Stosunkowo największą domieszkę



Ryc. 2. Wyniki analiz karbońskich kopalni ilastych w południowej Polsce: **A** — skład ziarnowy, **B** — skład mineralny, **C** — skład minerałów ilastych, **D** — wybrane właściwości fizyczno-chemiczne: pojemność wymiany kationów, odczyn pH

Fig. 2. The results of investigations of Carboniferous clays from southern Poland: **A** — grain-size composition, **B** — general mineral composition, **C** — clay minerals composition, **D** — selected physicochemical properties: cation exchange capacity, pH reaction



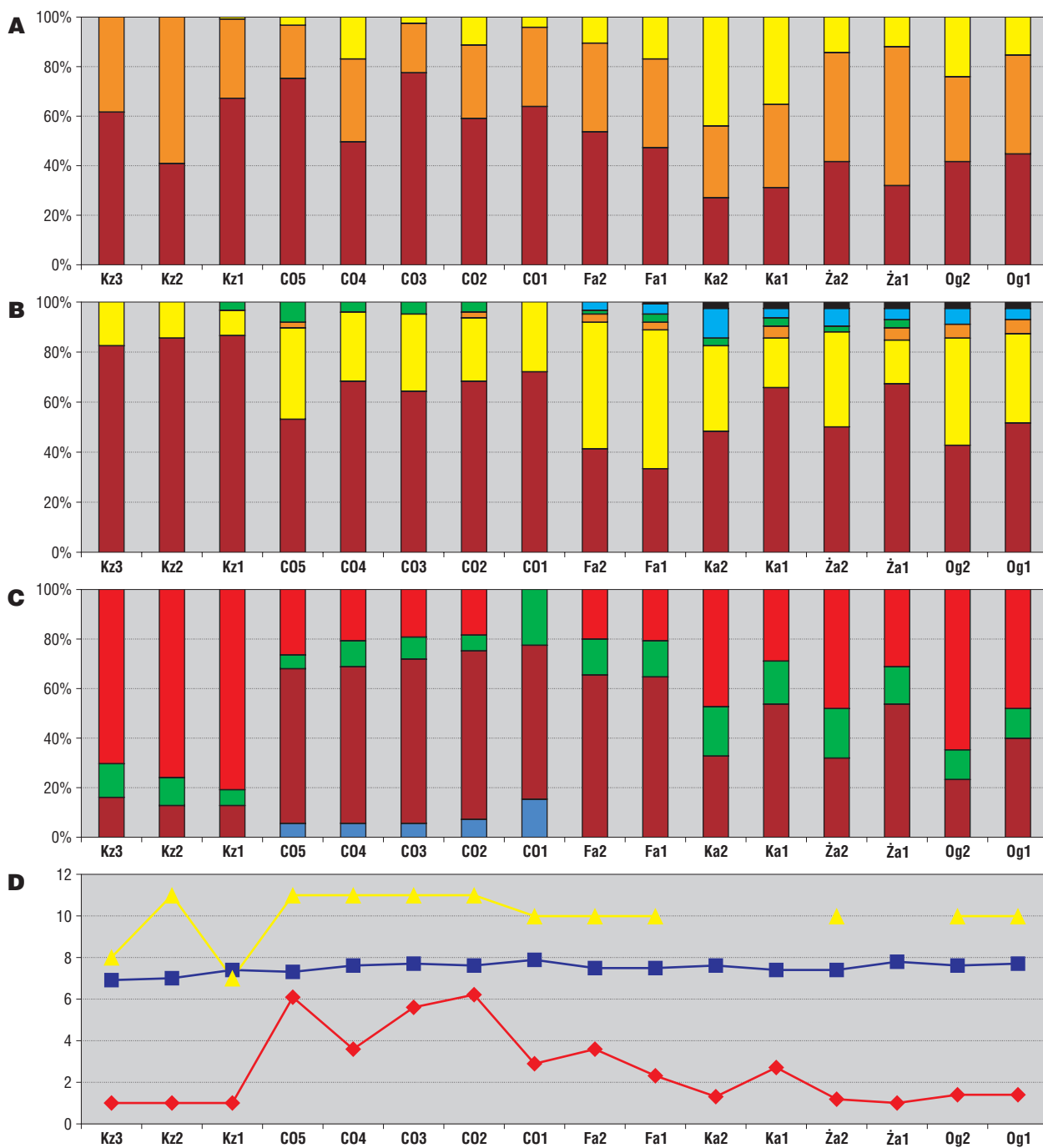
Ryc. 3. Wyniki analiz triasowych kopalin ilastych w południowej Polsce: **A** — skład ziarnowy, **B** — skład mineralny, **C** — skład minerałów ilastych, **D** — wybrane właściwości fizyczno-chemiczne: pojemność wymiany kationów, odczyn pH, współczynnik filtracji

Fig. 3. The results of investigations of Triassic clays from southern Poland: **A** — grain-size composition, **B** — general mineral composition, **C** — clay minerals composition, **D** — selected physicochemical properties: cation exchange capacity, pH reaction and filtration coefficient

beidelitu stwierdzono w silnie zdiagenezowanych iłowcach z Pałęgów oraz wapienistych mułowcach z Lipia Śląskiego. Udział chlorytu waha się od znikomych domieszek do ponad 20%. Bardziej szczegółowa analiza składu minerałów ilastych będzie przedmiotem odrębnej publikacji.

Wybrane właściwości fizyczno-chemiczne badanych kopalin przedstawiono na rycinach 2D, 3D, 4D. Analizowane próbki cechuje bardzo mała zdolność do wymiany jonowej, co wyrażają wyniki analiz CEC, mieszczące się w przedziale 1–7 mval/100 g. Pojedyncze próbki reprezentujące ilaste utwory piaskowca trzciniowego (LL3) i warstw

zbaşyneckich (OI1) wykazują nieco większe możliwości jonowwymienne. Zdaniem autora, ma to przynajmniej dwie przyczyny. Pierwszą z nich jest niewątpliwie niekorzystny skład minerałów ilastych, czyli mała (a nawet znikoma) zawartość smektytów. Drugą przyczyną jest prawdopodobnie długotrwałe pogrzebanie osadów i modyfikacja pierwotnego ułożenia minerałów oraz cech fizycznych w wyniku procesów kompaktacji (np. Chamley, 1989). Badane próbki skał ilastych wykazują bardzo zróżnicowaną przepuszczalność. Część próbek (zwłaszcza reprezentujących karnik i wczesny noryk) ma teksturę brekcji i



Ryc. 4. Wyniki analiz jurajskich kopalin ilastych w południowej Polsce: **A** — skład ziarnowy, **B** — skład mineralny, **C** — skład minerałów ilastych, **D** — wybrane właściwości fizyczno-chemiczne: pojemność wymiany kationów, odczyn pH, współczynnik filtracji

Fig. 4. The results of investigations of Triassic clays from southern Poland: **A** — grain-size composition, **B** — general mineral composition, **C** — clay minerals composition, **D** — selected physicochemical properties: cation exchange capacity, pH reaction and filtration coefficient

podczas wietrzenia ulega dezintegracji na niewielkie grudki. Z kolei próbki z obszaru świętokrzyskiego (bruzda śródpolska) i zapadliska górnośląskiego cechuje bardzo wysoka zwięzłość, uniemożliwiająca badania w systemie *Trautwein*. Jednak wśród kopalin pochodzących z obszaru krakowsko-wieluńskiego stwierdzono też utwory praktycznie nieprzepuszczalne (współczynnik filtracji rzędu 10^{-10} – 10^{-11} m/s). Zdecydowana większość analizowanych mułowców i iłowców wykazuje odczyn słabo alkaliczny lub alkaliczny, a znacznie rzadziej stwierdzano odczyn słabo kwaśny.

Przeanalizowano też zawartość niektórych metali (Ba, Sr, Zn, Pb, Cr, Cu i Ni) oraz udział tlenków Fe, Ti i Mn (tab. 2). Wyniki skonfrontowano z typowym zakresem ich zawartości w skałach ilastych oraz ilościami dopuszczalnymi w glebach użytkowanych rolniczo (Kabata-Pendias & Pendias, 1993). Zwraca uwagę wysoka zawartość strontu i baru w niektórych odmianach mułowców kajpru ze złoża Lipie Śląskie, w których pojawia się również koncentracja ołowiu. W kopalinach jury dolnej oraz w niektórych odmianach kopalin górnego karbonu i dolnego triasu zaznacza się podwyższona zawartość chromu (ponad 100 ppm).

Tab. 2. Zawartość wybranych pierwiastków śladowych oraz tlenków Fe, Mn i Ti w badanych kopalinach ilastych
 Table 2. The contents of selected trace elements and Fe-, Mn- and Ti-oxides in the analyzed clays

Składniki Components	KARBON CARBONIFEROUS	TRIAS TRIASSIC			JURA JURASSIC		
	Namur Namurian	Olenek Olenekian	Karnik Carnian	Noryk Norian	Hetang Hettangian	Toars Toarcian	Bajos-Baton Bajocian- Bathonian
Próbki Samples	4	3	3	14	3	5	8
Ba [ppm]	317–533	312–447	264–1524	178–398	348–520	279–360	180–302
Cr [ppm]	66–113	83–126	50–56	25–100	123–140	109–140	69–102
Cu [ppm]	15–38	18–21	14–25	12–37	32–64	31–37	15–23
Ni [ppm]	32–61	48–60	22–29	18–78	22–30	48–52	29–55
Pb [ppm]	12–21	14–19	4–73	10–26	16–23	15–26	13–24
Sr [ppm]	33–68	75–105	419–1329	30–204	156–220	78–92	122–201
Zn [ppm]	40–111	105–118	44–74	39–92	23–37	70–93	28–85
Fe ₂ O ₃ [%]	2,63–7,13	6,30–7,43	3,05–5,09	1,59–12,19	1,12–5,90	7,28–10,87	3,12–5,08
MnO ₂ [%]	0,023–0,100	0,055–0,081	0,049–0,069	0,021–0,163	0,007–0,010	0,065–0,144	0,024–0,044
TiO ₂ [%]	1,01–1,24	0,83–0,98	0,62–0,70	0,67–1,04	1,33–1,57	1,01–1,21	0,69–1,03

Ocena przydatności kopalin do celów ochrony środowiska

Ogólnie rzecz biorąc przydatność utworów ilastych do celów ochrony środowiska jest pochodną ich uziarnienia, składu mineralnego oraz struktury i ułożenia cząstek ilastych. Ma to odzwierciedlenie w we właściwościach fizycznych i fizyczno-chemicznych kopaliny (plastyczność, przepuszczalność, wilgotność naturalna, pojemność sorpcyjna, właściwości jonowwymienne i katalityczne) oraz wpływa na możliwość ich modyfikacji. W pewnym uproszczeniu można powiedzieć, że im większy w kopalinie udział frakcji iłowej i minerałów ilastych ogółem, a w składzie minerałów ilastych wyższa zawartość montmorillonitu lub beidelitu, tym lepszy stanowi ona surowiec i tym szersze są możliwości jej stosowania (np. Kozłowski, 1990; Brański, 1994, 1998a; Kościówko & Wyrwicki, 1996; Wysokiński, 1998). Zjawiskiem korzystnym jest też jak najmniejsze naruszenie jej struktury w wyniku oddziaływania podwyższonej temperatury i ciśnienia. Szczególne znaczenie z punktu widzenia stosowania kopalin ilastych w różnych dziedzinach ochrony środowiska ma ich pojemność sorpcyjna i zdolność do wymiany jonowej. Bardzo dobre lub dobre właściwości sorpcyjne i jonowwymienne mają podstawowe znaczenie i są wyznacznikiem przydatności do wykorzystania jako sorbenty naturalne, surowce do konstruowania barier izolujących składowiska odpadów aktywnych, a także do odtwarzania gleb na terenach zdegradowanych i agromelioracji gleb zmarginalizowanych. Właściwości te mają natomiast mniejsze znaczenie w hydroizolacji, czyli ekranowaniu wód mało zanieczyszczonych.

Z przeprowadzonych badań wynika, że tylko nieliczne odmiany kopalin przedkenozoicznych (i o ograniczonym zasięgu występowania) mogą być uważane za dobre surowce w niektórych dziedzinach ochrony środowiska. Przyczynami takiego stanu rzeczy są przede wszystkim: bardzo małe zdolności jonowwymienne (CEC w granicach 1–11 mval/100 g), przeważnie nie najlepsza lub wręcz

słaba plastyczność, agregatyżacja oraz obecność ziaren i okruchów nierozmakalnych lub trudno rozmakalnych w wodzie. Z wyżej wymienionych powodów wśród przedkenozoicznych kopalin ilastych brakuje sorbentów naturalnych oraz godnych polecenia surowców do izolowania składowisk odpadów aktywnych. To spostrzeżenie nie dotyczy karbońskich bentonitów i iłów bentonitowych, które nie były przedmiotem niniejszych badań.

Przepuszczalność badanych kopalin jest zróżnicowana, ale od okolic Wielunia po rejon Lublińca (ryc. 1) występują dobrej jakości surowce hydroizolacyjne. Można do nich zaliczyć iłowce triasu górnego z wyższej części warstw zbąszyneckich oraz iłowce jury dolnej (zwłaszcza reprezentujące tzw. warstwy wieluńskie, czyli dolną część formacji ciechocińskiej). Wspomniane kopaliny (występujące m.in. w złożach: Gołkowice, Patoka, Albertów-Słupia, Czerwone Osiedle) są praktycznie nieprzepuszczalne, bezwapienne i zazwyczaj nie zawierają koncentracji składników mogących sprzyjać powstawaniu uprzywilejowanych dróg filtracji. Praktycznie nieprzepuszczalne iłowce pojawiają się także wśród częstochowskich iłów rudonośnych, ale ich właściwości bywają bardzo zmienne w obrębie złoża i często występują tam składniki szkodliwe (minerały węglanowe i gips).

Analizowane kopaliny nie są też na ogół wysokiej jakości surowcami do celów nowoczesnej rekultywacji i agromelioracji. Należy jednak w tym aspekcie zwrócić uwagę na ilaste utwory kredowe (obecnie nie eksploatowane), badane w latach ubiegłych (Kozydra & Wyrwicki, 1977; Wyrwicki, 1988). Są to słabo zdiagenezowane mułowce i mułki, zazwyczaj typu beidelitowego, zawierające przeważnie ponad 15% minerałów węglanowych oraz znaczne domieszki substancji organicznej. Dzięki wymienionym właściwościom kopaliny te mogą być wykorzystywane jako substraty glebowe, chociaż ich wadą może być znaczna zawartość pirytu. Na ryc. 1 zaznaczono obszary płytkiego występowania mułków walanżynu i hotterywu z rejonu Tomaszowa Mazowieckiego oraz turopolia okolic Opola.

Podsumowanie

Przedkenozoiczne kopaliny ilaste należy uznać za stosunkowo mało przydatne dla celów ochrony środowiska, zwłaszcza w porównaniu z kopaliniami neogenu (por. Brański, 1994, 1995, 1998a). Wykorzystane mogą być tylko niektóre ich odmiany i to w ograniczonym zakresie. Przyczyna tego stanu rzeczy leży przede wszystkim w niekorzystnych proporcjach ilościowych poszczególnych minerałów ilastych oraz znacznym stopniu zdiagenezowania kopaliny. Wynikiem tego są słabe właściwości jonowwymienne, obniżona plastyczność i występowanie okruchów zlitfikowanych ilowców. Badane kopaliny przedkenozoiczne powstawały na ogół w warunkach paleoklimatycznych i paleogeograficznych niesprzyjających występowaniu dużej zawartości smektytów. Ich pogrzebanie nie było na ogół na tyle głębokie, by doprowadzić do zasadniczych zmian w składzie minerałów ilastych, ale było wystarczające, by spowodować niekorzystną reorganizację struktury i ułożenia cząstek ilastych.

Poza karbońskimi utworami bentonitowymi wśród przedkenozoicznych ilowców i mułowców nie ma kopaliny, które można by było wykorzystywać jako sorbenty naturalne. Nie stanowią też one dobrego surowca do izolowania składników odpadów aktywnych, głównie ze względu na bardzo małe zdolności jonowwymienne, a w niektórych przypadkach także dużą zawartość węgla wapnia, szczątków organicznych lub gipsu. Jednocześnie niektóre ilowce z obszaru krakowsko-wieluńskiego (przeważnie reprezentujące wyższe warstwy zbąszyńskie górnego triasu i lokalnie formację ciechocińską jury dolnej) wykazują cechy skał praktycznie nieprzepuszczalnych i mogą stanowić dobry materiał do ogólnej hydroizolacji. Wyniki badań potwierdziły też dobre właściwości hydroizolacyjne ilów hetangu ze złoża Kryznanówka w Zapniowie. Ze względu na podrzędną zawartość smektytów i małe zdolności jonowwymienne (a także udział nierozkładalnych okruchów i miejscami podwyższoną zawartość pierwiastków śladowych), badane kopaliny nie są dobrej jakości surowcami do odtwarzania i użyźniania gleb na obszarach zdegradowanych lub zmarginalizowanych. Natomiast wyniki wcześniejszych badań wapnistych mułków kredowych z okolic Tomaszowa Mazowieckiego i Opola (obecnie nieeksploatowanych) sugerują ich ewentualną przydatność w tej dziedzinie.

Badania, których najważniejsze wyniki zaprezentowano w niniejszej publikacji, były finansowane ze środków NFOŚiGW (temat nr 2.72.0000.00.0), a także ze środków KBN na działalność statutową Państwowego Instytutu Geologicznego (temat nr 6.72.0000.00.0). Tematami kierował autor artykułu.

Literatura

BRAŃSKI P. 1994 — Możliwości wykorzystania ilów serii poznańskiej w ochronie środowiska. *Prz. Geol.*, 42: 446–449.
 BRAŃSKI P. 1995 — Perspektywy wykorzystania ilów mioceńskich zapadliska przedkarpackiego w ochronie środowiska. *Prz. Geol.*, 43: 493–496.
 BRAŃSKI P. 1998a — Badania trzeciorzędowych ilów o podwyższonej zawartości smektytów (montmorillonitu). [W:] S. Kozłowski (red.), *Ochrona litosfery*. Państw. Inst. Geol.: 197–200.
 BRAŃSKI P. 1998b — Analiza przydatności ilastych utworów czwartorzędowych w ochronie środowiska przyrodniczego. *CAG Państw. Inst. Geol.*
 BRAŃSKI P. 2004 — Formacja zagajska w regionie świętokrzyskim — zapis zdarzenia tektonicznego na przełomie triasu i jury. *Tomy Jurajskie*, 2: 161–162.
 BRAŃSKI P. 2005 — Wpływ warunków paleogeograficznych i paleoklimatycznych na skład mineralny ilów dolnojurajskich z południowej części basenu polskiego (zarys problemu). *Tomy Jurajskie*, 3: 127–128.
 BRAŃSKI P. 2006 — Lower Hettangian in the Holy Cross Mountains region — an example of tectonically-controlled sedimentation in the epicontinental basin of Poland. *Volumina Jurassica*, 4: 80–81.
 CHAMLEY H. 1989 — *Clay sedimentology*. Springer-Verlag, Berlin.

CHANDLER M.A., RIND D. & RUEDY R. 1992 — Pangean climate during the Early Jurassic: GCM simulations and the sedimentary record of palaeoclimate. *Geol. Soc. America Bull.*, 104: 543–559.
 FRAKES L.A. 1979 — *Climates throughout Geologic Time*. Elsevier, Amsterdam.
 HAKENBERG M. & ŚWIDROWSKA J. 1998 — Rozwój południowo-wschodniego segmentu bruzdy polskiej i jego związek ze strefami uskoków ograniczających (od permu do późnej jury). *Prz. Geol.*, 46: 503–508.
 HALLAM A. 1985 — A review of Mesozoic climates. *J. Geol. Soc.*, 142: 433–445.
 HAQ B.U., HARDENBOL J. & VAIL P.R. 1987 — Chronology of fluctuating sea level since the Triassic. *Science*, 235: 1156–1167.
 HESSELBO S.P. & JENKYN H.C. 1998 — British Lower Jurassic Sequence Stratigraphy. [W:] De Graciansky P.C., Hardenbol J., Jacquini T. & Vail P.R. (red.) — *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*. Soc. Econ. Paleont. Miner. Sp. Publ., 60: 561–581.
 KABATA-PENDIAS A. & PENDIAS H. 1993 — *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN.
 KŁAPYTA Z. 1975 — Bentonity i ily bentonitowe Polski. *Pr. Miner. Komis. Nauk. Miner. PAN Oddział w Krakowie*, 43: 6–108.
 KOŚCÍÓWKO H. & WYRWICKI R. (red.) 1996 — *Metodyka badań kopaliny ilastych*. Państw. Inst. Geol.
 KOZŁOWSKI S. 1990 — Problematyka krajowych sorbentów mineralnych. [W:] S. Kozłowski (red.), *Wykorzystanie surowców skalnych w ochronie środowiska*. SGGW-AR: 66–70.
 KOZYDRA Z. & WYRWICKI R. 1975 — Iły kredowe z Wąwala i Komprachcic i ich przydatność dla ceramiki budowlanej. *Prz. Geol.*, 23: 68–71.
 KOZYDRA Z. & WYRWICKI R. 1977 — Wstępne wyniki badań ilów górnotriasowych jako surowców ceramicznych. *Biul. Inst. Geol.*, 299: 149–192.
 KUBISZ J. & ŚRODOŃ J. 1973 — Studium mineralogiczno-petrograficzne skał poziomu bentonitowego z niecki bytomskiej. *Pr. Miner. PAN Oddział w Krakowie*, 31.
 MAREK S. & PAJCHŁOWA M. (red.) 1997 — Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 153.
 MATYJA B.A. & WIERZBOWSKI A. 2000 — Ammonites and stratigraphy of the uppermost Bajocian and Lower Bathonian between Częstochowa and Wieluń, Central Poland. *Acta Geol. Pol.*, 50: 191–209.
 NARKIEWICZ M. 2002 — Przedpole orogenu wartyjskiego w południowej Polsce — etapy tektonicznego rozwoju basenów w dewonie i karbonie. *Prz. Geol.*, 50: 1216.
 PIENKOWSKI G. 1988 — Analiza facjalna najwyższego triasu i liasu Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej oraz perspektywy występowania surowców ilastych. *Prz. Geol.*, 36: 449–456.
 PIENKOWSKI G. 2004 — The epicontinental Lower Jurassic of Poland. *Polish Geological Institute Special Papers*, 12: 1–154.
 POPRAWA P. 1997 — Late Permian to Tertiary dynamics of the Polish Trough. *EUROPROBE TESZ - Meeting, Potsdam, Terra Nostra*, 97: 104–109.
 PRICE G.D., VALDES P.J. & SELLWOOD B.W. 1998 — A comparison of GCM simulated Cretaceous “greenhouse” and “icehouse” climates: implications for the sedimentary record. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 142: 123–138.
 PRZENIOSŁO S. (red.) 2005 — Bilans zasobów kopaliny i wód podziemnych w Polsce, wg stanu na 31.XII.2004 roku. *Państw. Inst. Geol.*
 ROSALES I., ROBLES S. & QUESADA S. 2004 — Elemental and oxygen isotope composition of Early Jurassic belemnites: salinity vs. temperature signals. *J. Sediment. Res.*, 74: 342–354.
 RYSZKA J. 1973 — Krystalochemiczne własności minerałów ilastych z karbonu produktywnego Górnoląskiego Zagłębia Węglowego. *Kwart. Geol.*, 17: 410–422.
 SELLWOOD B.W. & VALDES P.J. 2006 — Mesozoic climates: General circulation models and rock record. *Sediment. Geol.*, 190: 269–287.
 SZAMAŁEK K. 1983 — Charakterystyka mineralogiczna dolnotriasowych surowców ilastych ze Skoków (Góry Świętokrzyskie). *Kwart. Geol.*, 27: 69–84.
 UNRUG R. & DEMBOWSKI Z. 1971 — Rozwój diastroficzno-sedymen-tacyjny basenu Morawsko-Śląskiego. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 61: 119–168.
 WITZKE B.J. 1990 — Palaeoclimatic constraints for Paleozoic palaeolatitudes of Laurentia and Euramerica. [W:] McKerrow W.S. & Scotese C.R. (red.), *Paleozoic Paleogeography and Biogeography*. *Geol. Soc. (London) Memoirs*, 12: 57–73.
 WYRWICKI R. 1988 — Litologia i właściwości ceramiczne zasierczonych skał ilastych neokomu z Olszewic (niecka tomaszowska). *Kwart. Geol.*, 32: 405–422.
 WYRWICKI R. & SZAMAŁEK K. 1986 — Litologia i własności surowców baranowskich glin kamionkowych. *Kwart. Geol.*, 30: 533–557.
 WYSOKIŃSKI L. 1998 — Budowa, modernizacja i rekultywacja składowisk odpadów komunalnych. [W:] *Materiały VIII Międzynarodowej Konferencji „Budowa bezpiecznych składowisk odpadów”*, Wisła, 25–27 luty 1998: 113–144.

Praca wpłynęła do redakcji 20.12.2006 r.
 Akceptowano do druku 21.05.2007 r.