

Badania litologiczne osadów z otworów wiertniczych *Mapy geologicznej Polski 1 : 200 000*

Krystyna Kenig*

Autorka miała okazję i możliwość uczestniczyć w opracowaniach litologiczno-petrograficznych dla *Mapy geologicznej Polski (MGP) 1 : 200 000* niemalże od samego początku. W pewnym sensie historia badań litologicznych wykonywanych dla tej mapy, jest historią Pracowni Badań Czwartorzędu ówczesnego Zakładu Zdjęć Geologicznych Niżu kierowanego wówczas przez prof. J. E. Mojskiego, a i też historią tych badań w Państwowym Instytucie Geologicznym. Z jego też inspiracji zostały zapoczątkowane podstawowe badania litologiczne, które to badania przekształciły się wkrótce w badania obowiązujące przy wykonywaniu poszczególnych arkuszy *MGP*. Od początku badaniami tymi kierował, w utworzonej do tego celu Pracowni Badań Czwartorzędu Jan Rzechowski wraz z prawie niezmiennym w swym podstawowym składzie zespołem pracowników merytorycznych — B. Gronkowską i K. Kenig.

Początkowo, w późnych latach 60. badania takie traktowano jako badania podstawowych profili czwartorzędu, czego wynikiem były opracowania naukowe wykonywane jedynie w PIG przez zespół Pracowni Badań Czwartorzędu Zakładu Zdjęć Geologicznych Niżu. W związku z zwiększającą się ilością materiału badawczego, uzyskiwanego z licznych profili wiertniczych, wykonywanych dla *MGP*, do jej kolejnych arkuszy i utrzymania terminowości wykonania, konieczne było włączenie w te prace innych jednostek organizacyjno-badawczych takich jak: Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu. Współpracuje ono nadal z PIG, lecz w zmienionej nazwie, jako Proxima.

Dokładne przeanalizowanie dotychczas wykonanych opracowań pozwoliło mi na podanie konkretnych informacji ilościowych-statystycznych.

A więc zbadane pod względem litologiczno-petrograficznym osady pochodzą z ok. 111 rdzeniowanych profili wiertniczych, wykonanych systemem obrotowym. Dla ścisłości trzeba przypomnieć, że rozważane są tu tylko te profile, z osadów których były wykonane badania litologiczne. Niektóre z tych profili nie były projektowane specjalnie dla *MGP*, lecz miały charakter otworów badawczych. Ze względu na ważkość wyników dla czwartorzędu, zostały także uwzględnione w zestawieniu. Wszystkie te profile dokumentują różne osady kenozoiczne Niżu Polskiego. Długość profili wynosi w sumie ponad 17 629,6 m, z czego osadów czwartorzędowych jest aż 14 890,5 m. Można pokusić się o obliczenie średniej miąższości czwartorzędu uzyskanej w poszczególnym profilu, co wyniesie 135,0 m — nie jest to miarodajne, jak to wynika ze statystyki, ze średnich wartości. Tab. 1 podaje natomiast rzeczywiste głębokości profili i miąższości osadów czwartorzędowych. Największe miąższości czwartorzędu zanotowano w profilu Krzemianka (280,0 m, ark. Suwałki) oraz Pomorowo (260,0 m, ark. Lidzbark Warmiński). Nie tylko jednak tak znaczne miąższości są związane z częścią północnej Polski, również

w rejonie arkusza Mława są znane profile osiągające niewiele mniejszą głębokość, np. profil Kijewice (259,7 m), czy Rydzyń (252,0 m). Śledząc natomiast miąższości czwartorzędu z profili położonych w kierunku z północy ku południowi widać zmniejszające się miąższości czwartorzędu, aż do najmniejszych wartości 22–30 m, w profilach położonych na arkuszu Łuków. Trzeba tu wspomnieć, że nieliczne tylko profile nie przebiły osadów czwartorzędowych. Analiza miąższości osadów czwartorzędowych ze wszystkich profili jasno ukazuje odzwierciedlenie stylu budowy geologicznej czwartorzędu i ukształtowanie jego podłoża. Trzeba zaznaczyć, że niektóre głębokości profili należy traktować orientacyjnie. Mogą one nie być całkiem dokładne, ponieważ obliczenia pochodziły prawdopodobnie z dostępnych publikacji, nie było bowiem możliwości dotarcia do pierwotnych materiałów archiwalnych.

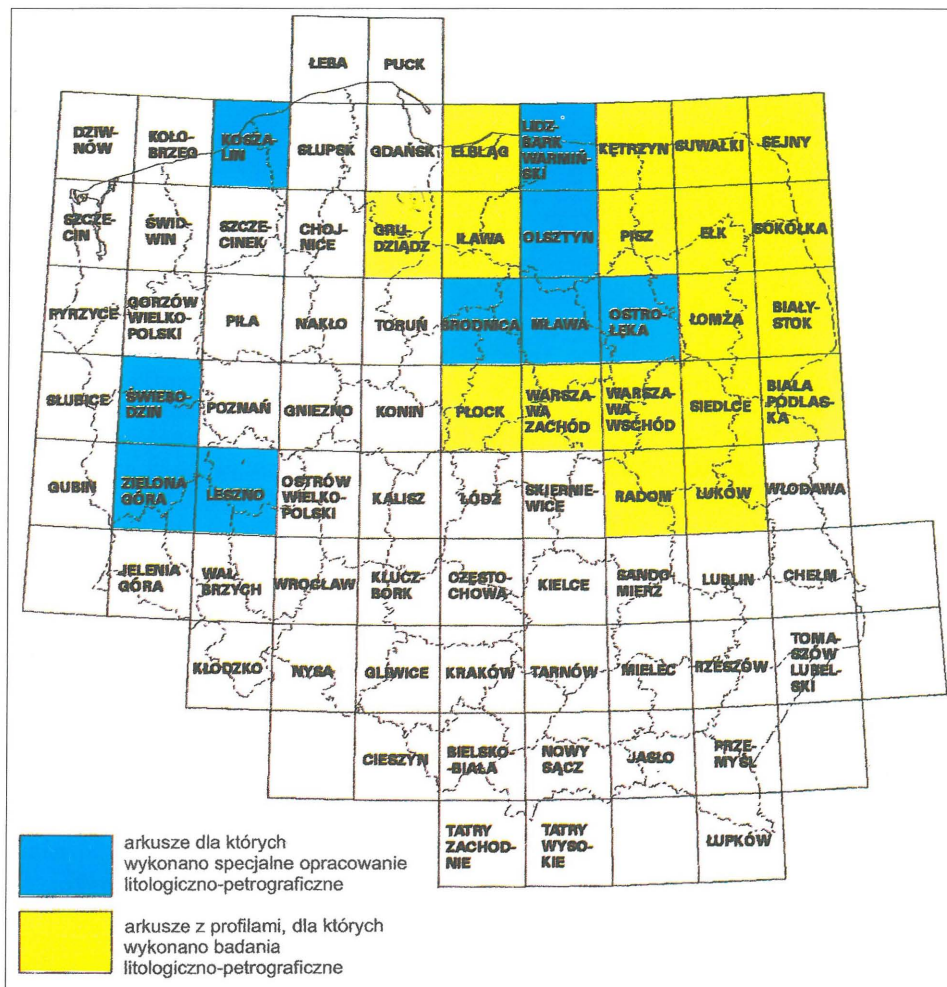
Wszystkie profile znajdują się na obszarze 27 arkuszy *MGP*, co przedstawione jest na mapce (ryc. 1). Widoczne jest nierównomierne rozmieszczenie tych arkuszy na obszarze Niżu Polskiego. Wynikało to w pewnym sensie jakby z rejonizacji, i terenów zainteresowań ośrodka warszawskiego (PIG). Rozwiercane były obszary o słabo rozpoznanej pokrywie kenozoicznej — w stosunku do reszty niżu.

Można również zauważyć jakby dostosowanie się do głębszej budowy geologicznej Polski, a mianowicie część, ogólnie biorąc NE, za wałem kujawskim, czyli na E od tej struktury ma znacznie lepszą dokumentację, niż na W od niej. Ma to określone konsekwencje w ustalaniu litostratigrafii plejstocenu całej Polski do dnia dzisiejszego, jak można się było przekonać się na ostatniej — IV. Konferencji *Stratigraficznej w Kamieńcu* (wrzesień 1997).

W początkowym okresie były wykonywane opracowania naukowe na podstawie wyników wszechstronnych kompleksowych analiz litologicznych. Opracowania te dotyczyły zazwyczaj większych regionów Niżu Polskiego, a nie poszczególnych arkuszy mapy (Gronkowska, 1972; Gronkowska i in., 1968; Kenig, 1972; Kenig, 1977; Rzechowski, 1971; Rzechowski, i in., 1966; Rzechowski i in., 1975; Rzechowski & Sobczuk, 1978). Następnie zaczęto wykonywać tzw. opracowania specjalne już do konkretnych arkuszy *MGP*, nazywane wtedy badaniami granulometryczno-petrograficznymi osadów kenozoicznych (Czerwonka, 1974, 1975; Kwapińska, 1974; Marek, 1976; Rabek i in., 1972; Sajdak, 1973), co odbywało się na zlecenie PIG w ówczesnym Przedsiębiorstwie Geologicznym we Wrocławiu. Z wykonywanymi na potrzeby innych arkuszy *Mapy Geologicznej Polski* wynikami z opracowań naukowych łącznie stanowi to 14 arkuszy.

Wyniki badań litologicznych z pozostałych arkuszy, jak również te przedstawione powyżej, posłużyły do wykonania w następnych latach wielu opracowań naukowych, których plonem były prace doktorskie, bardzo liczne referaty i publikacje; stanowiły też podstawę wielu sesji, sympozjów krajowych i międzynarodowych, w tym różnych komisji INQUA, a zwłaszcza Komisji Genezy i Litologii Osadów Czwartorzędowych.

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa



Ryc. 1. Mapa arkuszy *Mapy geologicznej Polski* w skali 1 : 200 000

Metodyka badawcza i zakres badań

W początkowym okresie poszukiwań najefektywniejszych metod i ich wdrażania, dokładnie były badane głównie poziomy glin morenowych (m.in. Gronkowska, Rzechowski & Kenig, 1968; Kenig, 1972; Kenig, 1977) jako przewodnich poziomów glacialnych w stratygrafii plejstocenu. Stopniowo, w miarę możliwości ekonomiczno-badawczych przystępowano do badań serii międzymorenowych, znajdując w nich ważne cechy diagnostyczne (np. serii rzecznych, czy kompleksów ilastych) pomocne w rozpoznaniu osadów plejstocenu Niziny Polskiej. Dlatego zdarzało się, że wyniki badań różnych osadów, występujących w jednym profilu wiertniczym znajdują się w osobnych opracowaniach naukowych.

Do opracowań tych były wykonywane różne analizy litologiczne, w dużym zakresie, czasem wąsko specjalistyczne i pionierskie w owym czasie. Ostatecznie materiał badawczy stanowiły tysiące próbek i dziesiątki tysięcy analiz. Z tych uzyskanych wówczas doświadczeń zrodził się, obowiązujący następnie w opracowaniach specjalistycznych, zestaw analiz stanowiący ich podstawowy standard, dotyczący zarówno glin morenowych jak i innych osadów. Były to:

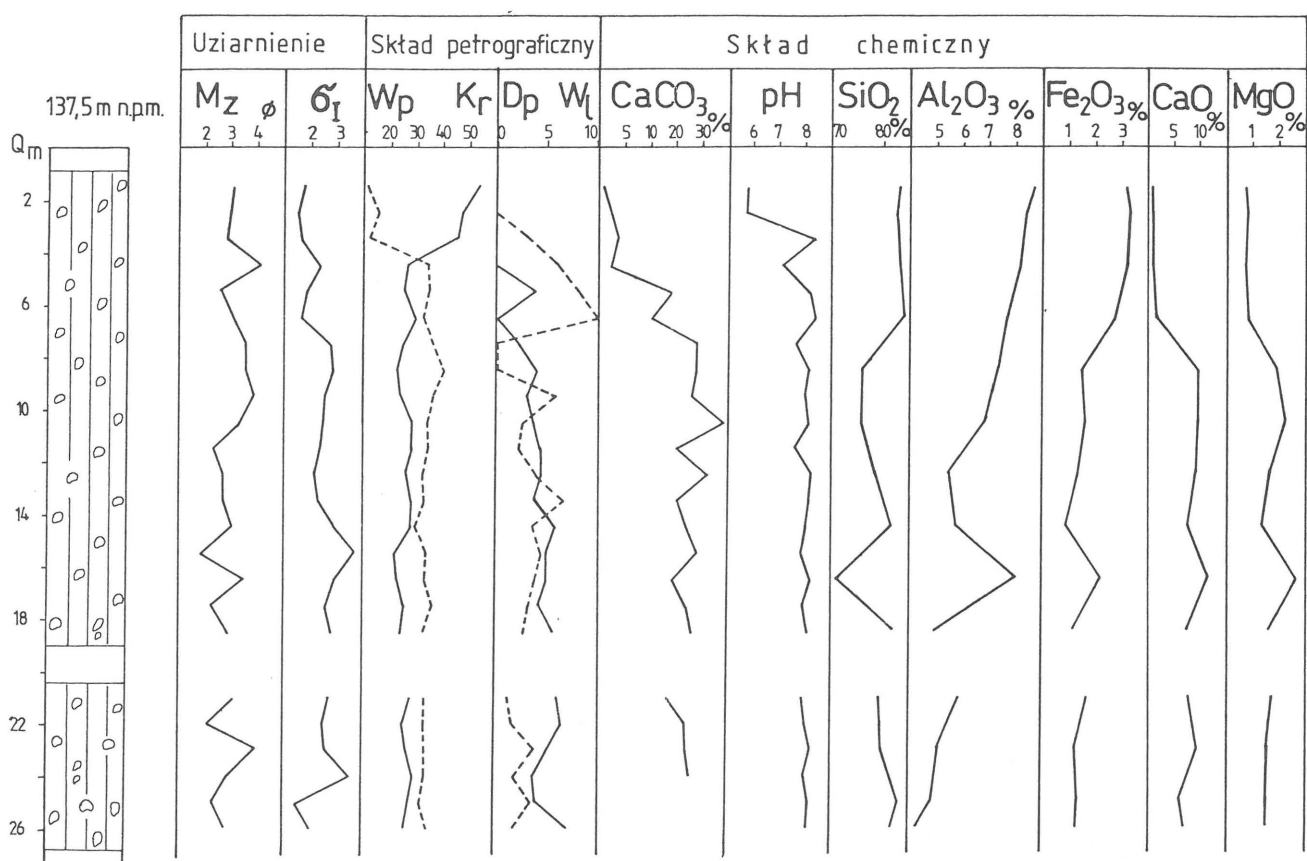
- analiza uziarnienia wykonywane metodą sitową i pipetową w modyfikacji S. Rząsy
- analiza składu petrograficznego żwirów frakcji 5–10 mm.

Na podstawie wydzielonych grup skał skandynawskich (północnych) obliczano następnie współczynniki petrograficzne. Służą one do przeprowadzenia korelacji litostratigraficznej poziomów glin morenowych, takich jak:

- analiza minerałów ciężkich frakcji 0,25–0,1 mm
- analiza obtoczenia ziaren kwarcu frakcji 1,0–0,5 mm
- analiza zawartości CaCO₃ badana we frakcji poniżej 0,1 mm, metodą objętościową.

Metody te są już dobrze znane i często opisywane w różnych opracowaniach. Dlatego będzie korzystniej zapoznać czytelnika z innymi metodami analiz wykonywanymi wówczas w opracowaniach podstawowych, które to analizy w latach następnych z różnych powodów zostały zaniechane. Niemal wszystkie te analizy były wykonywane przez zespół pracowni lub na zlecenie PIG w zakładach współpracujących.

Warto tu przypomnieć analizy skróconego składu chemicznego, wykonywane głównie dla glin morenowych i osadów ilastych. Wyróżniano m.in. SiO₂, Al₂O₃, związki żelaza dwu- i trójwartościowego oraz główne tlenki NaO, KO, MgO itd. (Kenig, 1972, 1977). Ogólnie można stwierdzić że największy udział w składzie chemicznym glin morenowych ma krzemionka osiągając 70–80%, następnie tlenek glinu w ilości 4–11%. Pozostałe tlenki osiągają znacznie mniejsze wartości. I tak Fe₂O₃ występuje w ilości do 3%, tlenki potasu i manganu osiągają wartości powyżej 1% (max. do 3%), a tlenki sodu i magnezu osiągają dziesiątne części procenta. Ilość tlenku wapnia wynosi najczęściej od



Ryc. 2. Spektrogram wybranych wyników z analiz glin morenowych otworu wiertniczego Konopki Leśne, z dobrze udokumentowanym profilem wietrzeniowym (wg Kenig, 1977)

5 do 10% i jego zmiany pokrywają się najczęściej z zawartością CaCO₃ stwierdzoną metodą objętościową. Jednak często są wcześniejszą w profilu (czytelną już w jego niższej części) zapowiedzią sfery odwapnienia, tak jak to widać na ryc. 2.

Badania zawartości mikroelementów m.in. Th, Ga, Bo były pomocne natomiast przy rozpoznaniu środowisk sedymentacji, w tym przypadku morskich z rejonu Grudziądza, wykazujących paleozasolenie (Rzechowski & Sobczuk, 1981). Badania pomogły również określić obszary alimentacji (stanowiły je wychodne skał triasowych) kompleksu łańców czerwonych występujących w wielu profilach na Pojezierzu Mazurskim.

Analiza minerałów ilastych wykonana metodą derywatograficzną dawała natomiast charakterystykę środowiska osadów, a pośrednio stwarzała przesłanki starzenia się gliny morenowej. Na tej podstawie pojawiły się próby rozpoziomowania glin morenowych, głównie w aspekcie regionalnym jak i stratygraficznym (Stankowska, 1979). Okazało się wówczas, że nie ma różnic jakościowych w różnowiekowych poziomach glin morenowych. Obserwowana transformacja minerałów ilastych natomiast, jest wynikiem procesów wietrzeniowych. Najbardziej jednak czytelne w składzie minerałów ilastych są zmiany, zależne od regionalnego występowania, tj. rodzaju lokalnych skał podłoża podczwartorzędowego.

Również badania minerałów ilastych dotyczące pojemności sorpcyjnej w stosunku do kationów pozwoliło na określenie środowiska ich depozycji (Stankowska, 1979) oraz w pewnym zakresie zróżnicowało ich poziomy (Rzechowski in., 1975). Z analizy minerałów ilastych wynika, że ogólnie drobnofrakcyjne osady czwartorzędowe składają się z illitu. Drugim minerałem znaczącym jest kaolinit.

Podrzędne znaczenie osiąga montmorylonit i chloryt. Również ilaste utwory trzeciorzędowe są niemal monomineralne, zawierając 96% illitu.

Do analiz, które dobrze odzwierciedlają wahania warunków sedymentacji, a także późniejsze procesy postsedymentacyjne należy również analiza odczynu pH. Właśnie zarówno na takich jak i innych wynikach analiz można było stwierdzić i scharakteryzować dokładnie profil wietrzeniowy występujący w stropowej części górnej gliny morenowej w wierceniu Konopki Leśne (ryc. 2). Potwierdzony jest tam oprócz zubożenia w żwiry skał węglanowych, wzrostem zawartości frakcji ilastej w składzie uziarnienia, a także zmniejszeniem zawartości CaCO₃. Równocześnie zmiana odczynu środowiska z alkalicznego na kwasowy, przy zwiększeniu zawartości Al₂O₃ oraz żelaza trójwartościowego, przy zmniejszeniu udziału niektórych tlenków (MgO) dopełnia charakterystyki (Kenig, 1977). Jest to dobry przykład wszechstronnego, wieloaspektowego potwierdzenia zmian hipergenicnych, zaczynających zapisywać się w profilu pionowym osadu na różnej głębokości, w zależności od rozpatrywanej cechy. Fakt ten był stwierdzony przeze mnie wielokrotnie w badaniach sedymentogenezy osadów w poszczególnych profilach.

Wśród analiz mineralnych frakcji piaszczystych trzeba przypomnieć analizę mineralno-petrograficzną frakcji 1,0–0,5 mm wykonywaną zarówno z glin morenowych, jak i innych osadów, zwłaszcza piaszczystych.

Analiza składu mineralno-petrograficznego wykonana porównawczo w trzech frakcjach piaszczystych w zakresie 1,0–0,5, 0,5–0,25 i 0,25–0,1 mm wykazuje na przykładzie glin z wiercenia Kasparus (ark. Grudziądz) dominującą rolę kwarcu (Kenig, 1972). Ilość tego minerału wzrasta, co jest

Tab. 1. Wykaz profili wiertniczych z wykonanymi badaniami litologicznymi na arkuszach <i>Mapy geologicznej Polski w skali 1 : 200 000</i>				
Arkusz MGP	Profil wiertniczy	Głębokość w m	Miąszość czwartorzędu w m	Podstawowe opracowanie litologiczno-petrograficzne
Elbląg	Nadbrzeże	194,0	171,7	Rzechowski & Sobczuk, 1978
	Krasny Las	260,0	234,0	
	Dawidy	231,0	184,0	
Lidzbark Warmiński	Bogatyńskie	215,2	172,7	Marek, 1976; Rzechowski & Sobczuk, 1978
	Orsy	290,4	251,1	
	Piele	260,0	191,1	
	Pomorowo	268,0	260,2	
	Spurlawki	183,0	147,4	
	Smolanka	221,0	184,5	
Kętrzyn	Bezławecki Dwór	284,0	127,0	Rzechowski, 1971 Kenig, 1972; Rzechowski, Gronkowska & Kenig & Sobczuk, 1975
	Sztynort	200,0	195,0	
	Węgorzewo III	213,0	208,0	
	Kozłak	198,0	196,0	
Suwałki	Hańcza	270,0	252,0	Gronkowska, Rzechowski & Kenig, 1968
	Szurpiły	291,5	281,0	
	Krzemianka 11	277,0	280,0	
	Kolkiejmy*	140	140	
Sejny	Krasnopol	1154,1	143,1	j.w.
Grudziądz	Bukowiny	206,0	117,0	Kenig, 1972; Gronkowska, 1972
	Kasparus	156,0	145,0	
	Mała Słońca	38,0	38,0	
Iława	Nowiny	180,5	135,2	Rzechowski, Sobczuk, 1978
	Wielki Dwór	257,0	225,0	
Olsztyn	Jonkowo	268,2	171,7	Marek, 1976; Rzechowski & Sobczuk, 1978
	Bartąg	234,0	70,0	
	Nidzica	220,0	190,9	
	Wilimy	267,5	162,2	
Pisz	Występ	218,5	218,5	Gronkowska, Rzechowski & Kenig, 1968; Rzechowski, 1971
	Jeleń	150,0	136,5	
	Góra	294,0	281,0	
Elk	Romejki	140,0	133,0	Rzechowski Gronkowska & Kenig, 1968; Sobczuk, 1975
	Mońki	18,0	218,0	
	Grabowo	154,0	148,0	
	Karczminska	128,0	126,9	
	Wydminy	180,0	173,5	
Sokółka	Mikaszówka	112,0	145,0	Gronkowska, Rzechowski & Kenig, 1968;
	Bieniewce	167,0	160,0	
	Kol. Bachnacka	207,0	207,0	
Brodnica	Kawki	151,0	71,0	Niewiarowski i in., 1976
	Klonowo	270,0	248,7	
	Górzno	245,0	198,4	
	Borzymin	230,0	83,6	
Mława	Rydziń	264,8	252,8	Czerwonka, 1975;
	Opaleniec	270,0	190,0	
	Kijewice	277,4	259,7	Gronkowska, Rzechowski & Kenig, 1968
	Mława	>235,0	201,0	
	Kozłowo	159,0	159,0	
	Grzybowo	146,0	146,0	
Ostrołęka	Szczepankowo	140,0	133,9	Czerwonka, 1975
	Przyjmy	200,0	192,8	
	Olszewka	120,0	112,5	
	Dobrołęka	180,0	172,1	
	Boruty	150,0	144,5	
	Zalesie	130,0	118,2	
	Zwierzyniec	284,5	214,8	
Łomża	Mężenin	235,0	220,0	Kenig 1977
	Nowa Wieś	229,0	111,0	
	Wólka Pietkowska	197,0	175,0	
	Kotowo	165,0	141,0	
	Konopki Leśne	176,0	176,0	
	Mystki-Rzym	167,0	167,0	
Białystok	Kruszyniany I	157,0	155,0	Gronkowska, Rzechowski & Kenig, 1968; Rzechowski, 1982
	Kruszyniany II	178,0	172,0	
	Kruszyniany III	222,0	218,0	
	Klewinowo	26,0	26,0	
Płock	Strupczewo	51,0	38,0	Gronkowska, Rzechowski & Kenig, 1968
	Piaski	84,0	84,0	
	Jadwigów	60,0	45,0	
	Łęczycza	290,0	285,0	

Arkusze MGP	Profil wiertniczy	Głębokość w m	Miąższość czwartorzędu w m	Podstawowe opracowanie litologiczno-petrograficzne
Warszawa W	Trębki	69,0	69,0	j.w. Rzechowski, 1971
	Świercze	95,0	94,0	
	Popielżyn	103,0	103,0	
	Debły	121,0	121,0	
	Brzozówka	98,0	96,0	
Warszawa E	Dębe Małe	111,0	90,0	j.w.
	Stojadła	143,0	162,0	
Siedlce	Tchórzowa	154,0	153,0	j.w.
	Czarnkówka	97,0	94,0	
	Śledzianów	140,0	140,0	
	Bużyska	73,0	53,0	
Biała Podlaska	Zabuże	182,0	84,0	Kenig, 1977
	Wygoda-Sokole	200,0	128,0	
	Szeszyły	120,0	120,0	
Radom	Dobiesz	111,0	111,0	Grankowska, Rzechowski & Kenig 1968;
	Obręb			
	Jakubowizna	150,0	150,0	
	Piekut	53,0	43,0	
	Hornigi	58,0	50,0	
	Gościewicz	69,0	54,0	
	Borowie	120,0	120,0	
	Pionki	10,0	10,0	
Podwinek	23,0	27,0		
Łuków	Serokomla III	60,0	51,0	j.w. Rzechowski, Grankowska, Leszkiewicz-Biedowa 1966; Rzechowski, 1971
	Kolonia Bronisławów a	60,0	22,0	
	Kolonia Bronisławów b	102,0	100,0	
	Ferdynandów A	112,0	110,0	
	Ferdynandów B	100,0	98,0	
	Ferdynandów C	100,0	100,0	
	Lusza 7	36,0	30,0	
	Lusza 8	97,0	92,0	
	Serniki A	65,0	60,0	
	Serniki B	118,0	115,0	
Koszalin	Pieńkowo	100,0	61,41	[W:] Butrymowicz i in., 1975
	Karnieszewice	172,0	62,5	
	Rekowo	104,0	93,9	
	Kłos	90,0	76,5	
Świebodzin	Sarni Las	155,0	42,0	Czerwonka, 1974
	Gorzyń	187,0	73,0	
	Łągów	181,0	181,0	
Zielona Góra	Żagań	160,0	138,0	Kwapińska, 1974
	Przemków	195,0	121,0	
Leszno	Górzno	208,0	64,0	Sajdak, 1973
	Krzepietów	36,0	36,0	
	Krzekotów	85,0	75,0	

oczywiste, w miarę zmniejszania się frakcji. I tak we frakcji 1,0–0,5 mm ilość kwarcu wynosi od powyżej 30 do ok. 50% i stopniowo wzrasta poprzez wartość powyżej 50% (0,5–0,25 mm), aby osiągnąć 70–80% w najdrobniejszej frakcji. Wzrost udziału kwarcu odbywa się poprzez wyeliminowanie pozostałych składników, na skutek mniejszej ich odporności na działanie czynników fizykochemicznych. W związku z tym pozostaje zmniejszona ilość wapieni paleozoicznych oraz lokalnych, jak również agregatów wapnisto-ilasnych. Mniejsze różnice dają się zauważyć w występowaniu skał i minerałów ciemnych, których ilość waha się ok. 1%. W dwu poziomach wspomnianego profilu nie zaznaczają się różnice w występowaniu poszczególnych grup mineralnych. Ogólnie można stwierdzić, że skład mineralno-petrograficzny frakcji piaszczystej 1,0–0,5 mm z glin morenowych jest dość jednolity w swych ogólnych zarysach. Zmienny jedynie może być udział zespołów mineralnych świadczących o procesach diagenetycznych (m.in. w górnej glinie w Konopkach Leśnych) oraz zawartość materiału lokalnego. Taki trend zwiększania udziału ziaren kwarcu wraz ze zmniejszaniem się frakcji obserwuje się również w innych osadach plejstoceniowych. Analiza ta nie obowiązująca od dawna w

standardzie jest, moim zdaniem, niezwykle przydatna i należy żałować, że została zaniechana. W wielu przypadkach, gdy zawiodą inne kryteria (analizy), pozwala bowiem na stwierdzenie genezy, facji a nawet wieku osadów. To ostatnie dotyczy osadów z pogranicza trzeciorzęd–preglacjał–plejstocen.

Do metod mineralnych należy także metoda barwienia skaleni oraz metoda fizjografii ziaren kwarcu (Kenig, 1972, 1977; Rzechowski, Grankowska & Leszkiewicz-Biedowa, 1966; Rzechowski, i in., 1975). Pierwsza z nich polegała na zastosowaniu barwienia skaleni w dwu preparatach frakcji 0,1–0,25 mm, pochodzących z jednej próbki według metody przystosowanej przez Rzechowskiego (1966). Różnica między ilością zabarwionych wszystkich skaleni, a skaleniami potasowymi wskazuje na ilość skaleni sodowo-wapniowych. Obliczony stosunek zawartości skaleni potasowych do plagioklazów był interpretowany jako wskaźnik procesów diagenetycznych zachodzących w glinie morenowej. Jednak ze względu na niedokładności metody, wynikające ze stosowania odczynnika barwiącego jakim był wówczas jedynie dostępny azotynokobaltan sodu, zaniechano tej metody. Lepsze wyniki w późniejszych latach autorka uzyskiwała

przy zastosowaniu rozidionatu potasu. Mimo to stopień uciążliwości analizy, a mianowicie konieczność wytrawiania próbek w kwasie fluorowodorowym, przy efektach możliwych do osiągnięcia, zniechęcały do jej stosowania.

Metoda określania fizjografii ziaren kwarcu stosowana przez krótki okres czasu w wielu opracowaniach ma jedynie historyczne znaczenie. Dla przybliżenia wiadomości o niej, warto przypomnieć, że wykonuje się ją we frakcji 0,5–0,25 mm, w preparatach glicerynowych, pod lupą binokularną, w świetle odbitym, na białym lub czarnym tle. Wśród wyróżnionych siedmiu typów ziaren kwarcu w badanych glinach morenowych dominującą rolę odgrywają ziarna przezroczyste z wrostkami, spękane oraz półprzezroczyste. W zbadanych profilach zaznaczają się między tymi typami pewne różnice w zawartości procentowej, jednak największe różnice występują w osadach piaszczystych na granicy trzeciorzęd—plejstocen. Mianowicie w piaskach trzeciorzędowych znacznie zwiększa się udział ziaren kwarcu opalizującego i zabarwionego. Ze względu jednak na niezbyt konsekwentne stosowanie poszczególnych wydzieleni oraz pracochłonność analizy, metoda ta dość szybko uległa zaniechaniu.

Nie bez znaczenia jest także przypomnienie tu różnych możliwości interpretacji uzyskiwanych wyników oraz przedstawieniu ich w ujęciu statystycznym i to zwłaszcza w początkowym okresie w epoce przed ogólnym dostępem do komputeryzacji. Odbywało się to w zakresie stosowania prostych metod statystycznych, przy czym początkowo było to rękodzieło, a następnie przy pomocy pisanych specjalnie na potrzeby litologii programów obliczeniowych. Dotyczyło to głównie wyników uziarnienia jak również składu petrograficznego żwirów. Z tych to podstaw zrodził się w następnych latach program BDK Petrolit funkcjonujący do chwili obecnej.

Pomocnym sposobem w interpretacji wyników uziarnienia, zwłaszcza przy dużej ilości analiz, np. z poszczególnych rejonów, jest określanie szeregów rozdzielczych. Na podstawie analizy typu krzywej uziarnienia każdej próbki można przedstawić typy szeregów rozdzielczych krzywej uziarnienia. Typ uwarunkowany jest położeniem dominanty, podtyp zaś zależy od drugiej kulminacji na krzywej rozsiewu. Można tu dla przykładu wskazać najczęściej niemal występujący typ (IV) z dominantą we frakcji 0,1–0,05 mm i z drugą kulminacją we frakcji drobnoziarnistej. Charakteryzuje on gliny morenowe międzyrzeczca Bugu i Narwi (Kenig, 1977). Metodę tę stosował wcześniej także Rzechowski (1971) opisując gliny z rejonu Widawki.

Natomiast wyniki analizy składu petrograficznego żwirów były opracowywane przy zastosowaniu prostych metod statystycznych. Poszczególne poziomy glin morenowych stanowiły odrębne zbiory statystyczne, dla których określano: wartość średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe, jako miarę dyspersji wyników, oraz współczynnik zmienności określający sposób rozłożenia materiału żwirowego w masie gliny. Na tym etapie badań także potwierdzone zostały liczbowo wcześniejsze spostrzeżenia (Rywocka-Kenig, 1968, 1969) o odwrotnie proporcjonalnej zależności występowania głównych grup skalnych tj. skał krystalicznych i wapieni paleozoicznych. Zależność ta zbadana przy pomocy współczynnika korelacji prostej jest stosunkowo silna i wynosi na ogół ok. 0,50, osiągając nawet 0,97 (Kenig, 1972, 1977). Zawsze jest to korelacja ujemna. Zależność ta była badana testem istotności na poziomie ufności 0,1 lub 0,2, wystarczającym w badaniach przyrodniczych. Graficznym uzupełnieniem zależności korelacyjnych były linie regresji obliczone dla poszczególnych par badanych skał. Natomiast

wyniki badania korelacji złożonej, pomiędzy wieloma wybranymi składnikami żwirów dostarczały danych o dużej zmienności liczbowej, raczej typu chaosu informacyjnego.

Na podstawie wszechstronnych wyników badań litologicznych, uzyskanych z wielu otworów badawczych Rzechowski (1974, 1977) podał niezwykle trafną i aktualną w swych ogólnych zarysach charakterystykę głównych litotypów glin morenowych: ich cechy litologiczne, a głównie petrograficzne, co pozwalało przeprowadzić korelację poziomów glin na obszarze zarówno wybranych regionów Niziu Polskiego, jak i między nimi. Były to następujące litotypy oznaczone symbolami:

N — gliny należące do najstarszego zlodowacenia,

P₁ — gliny należące do starszego stadia zlodowacenia południowopolskiego,

P₂^a i P₂^b — gliny należące do młodszych stadi zlodowacenia południowopolskiego,

P₃ — gliny należące do najmłodszych stadi zlodowacenia południowopolskiego.

Gliny reprezentujące zlodowacenia środkowopolskie miały odrębną charakterystykę i były oznaczone symbolem Ś (Ś₁, Ś₂, Ś₃).

Warto przypomnieć o dość powszechnie dających się identyfikować poziomach glin morenowych należących do stadi zlodowacenia południowopolskiego, przy czym litotyp P₂^a wyróżniał się charakterystycznym składem petrograficznym żwirów. Mianowicie przewaga skał krystalicznych nad wapieniami paleozoicznymi powodowała większe liczbowo wartości współczynnika K/W niż O/K, podczas gdy we wszystkich niemal innych poziomach glin następuje przewaga żwirów wapieni paleozoicznych nad żwirami skał krystalicznych i wtedy O/K > K/W.

Na marginesie szerokiego wachlarza prowadzonych analiz zasługują też na przypomnienie pierwsze doświadczenia autorki z początkowych badań mikroreżby powierzchni ziarn kwarcu za pomocą mikroskopu elektronowego. Początkowo badania takie były prowadzone w transmisyjnym mikroskopie (TEM), co wymagało kłopotliwej metody replik i stosowania niezbyt dużych powiększeń. W następnych latach dostępny stał się mikroskop skaningowy (SEM), przy zastosowaniu prostej preparatyki polegającej na napyłaniu w próżni ziarn złotem, w obecności elektrody węglowej. Badania prowadzono w PIG. Stosowanie tej właśnie metody pozwoliło na zrewidowanie poglądów na genezę zmatowienia ziarn kwarcu, a w konsekwencji na ich pochodzenie. W dalszej pracy pozwoliło to również na ocenę procesów diagenetycznych, zachodzących w różnowiekowych poziomach gliny morenowej (Kenig, 1977, 1985) m.in. w profilu Wólka Pietkowska z obszaru międzyrzeczca Bugu i Narwi.

Próby wykorzystania mikroskopii elektronowej do badań glin morenowych jako skały podjął też w tym czasie Rzechowski (Rzechowski & Sobczuk, 1978), lecz wyniki te nie doczekały się szerszej interpretacji.

W wielu otworach wiertniczych wykonanych na potrzeby MGP w skali 1 : 200 000 zostały stwierdzone osady organiczne, które po zbadaniu florystycznym wykazały przynależność do różnych okresów interglacjalnych. Fakt ten walenie przyczynił się do lepszego poznania plejstoenu, a zwłaszcza jego różnych jednostek wiekowych.

Wszystkie wyniki analiz są zebrane w opracowaniach końcowych w licznych tabelach. Oprócz takiej dokumentacji podstawowej, w opracowaniach merytorycznych wykonywanych w PIG, a następnie w innych ośrodkach stosowano również wiele różnych sposobów przedstawiania graficznego

wyników. Przeważnie były to spektrogramy wszystkich wyników z całych zbadanych profili. Ponieważ rozrzut wartości wyników wielu analiz jest bardzo szeroki, okazało się, że lepiej jest spektrogramy niektórych analiz przedstawiać w skali logorytmicznej. Najwięcej możliwości interpretacyjnych wynikało z przedstawienia graficznego wyników uziarnienia. Spektrogramy składu uziarnienia i wartości parametrów uziarnienia pomagały w wizualizacji zmian i łatwego określenia ich trendu w rozpatrywaniu całych profili. Prezentacja głównych przedziałów zawartości frakcji w projekcji trójkątnej natomiast pozwalała na wyróżnienie pól występowania osadów, np. glin o podobnym składzie ziarnowym. Dobrze też, charakteryzują osad pod względem genetyczno-facjalnym wykresy zależności par parametrów uziarnienia. Po wielu próbach różnych kombinacji tych par, okazało się, że najbardziej są przydatne wykresy zależności δ_1/M_z . Wspomniane już powyżej krzywe rozkładu uziarnienia, zwane też histogramami uziarnienia również pomagały scharakteryzować i skorelować poziomy glin morenowych w ujęciu regionalnym.

W składzie petrograficznym żwirów natomiast największą rolę uzyskały wykresy przedstawiające wzajemną zależność wartości współczynników petrograficznych. Były to w ustalonej kolejności wartości O/K, K/W oraz A/B. Odzwierciedlają one w dużym stopniu skład żwirów pochodzenia skandynawskiego, np. dominację skał krystalicznych przy $K/W > O/K$. Wykresy te o charakterystycznym kształcie, odmiennym (w zasadzie) w przypadku różnowiekowych poziomów, do dziś stanowią główne kryterium litostratygraficznego podziału glin morenowych.

Taki szeroki zakres badań litologicznych oraz doświadczenia naukowe i praktyczne uzyskane na ich podstawie, pozwoliły na wytworzenie rzetelnej bazy, będącej podstawą wytycznych do opracowań litologiczno-petrograficznych. Dotyczyło to zarówno pierwszych opracowań poszczególnych arkuszy edycji *MGP w skali 1 : 200 000*, jak i następnego przedsięwzięcia, jakim było wykonywanie *SMGP w skali 1 : 50 000*.

Zdobyte w tamtym czasie doświadczenia umożliwiły też merytoryczną dyskusję z geologami wykorzystującymi również wyniki badań litologicznych, nie tylko z państw ościennych m.in. A. Cepek, K. D. Meyer, A. Gaigalas, A. Raukas, A. Dreimamis, którzy wysoko oceniali wyniki naszych prac, w czasie kolejnych kontaktów.

Dziękuję J. Rzechowskiemu za udzielone mi informacje w czasie przygotowywania tego artykułu, jak również A. Bałuk, a także W. Gogołkowi za komputerowe wykonanie mapki.

L i t e r a t u r a

BUTRYMOWICZ N., MAKSIĄK S. & UNIEJEWSKA M. 1975 — Objaśnienia do mapy geologicznej Polski 1 : 200 000. Wyd. Geol.

CZERWONKA J. 1974 — Badania granulometryczno-petrograficzne osadów kenozoicznych, MGP 1 : 200 000, ark. Świebodzin, CAG, N-33-XXXIV/5/39.

CZERWONKA J. 1975 — Badania granulometryczno-petrograficzne osadów kenozoicznych, MGP 1 : 200 000, ark. Ostrołęka, CAG, N34-XXVIII.

CZERWONKA J. 1975 — Badania granulometryczno-petrograficzne osadów kenozoicznych, MGP 1 : 200 000, ark. Mława, CAG, N34-XXVII/3.

GRONKOWSKA B. 1972 — Sedymentologia osadów interglacjalnego eemskiego nad Dolną Wisłą, CAG, 4032/1145.

GRONKOWSKA B., RZECHOWSKI J. & KENIG K. 1968 — Petrografia glin zwałowych Podlasia i Mazowsza, CAG, 56/87.

KENIG K. 1972 — Gliny zwałowe zlodowacenia północnopolskiego, CAG, ON/459.

KENIG K. 1977 — Litologia glin zwałowych w profilach wiertniczych Międzyrzecza Dolnego Bugu i Narwi. CAG, 45/95.

KENIG K. 1985 — Prz. Geol., 33, 611–621.

KWAPIŃSKA M. 1974 — Badania granulometryczno-petrograficzne osadów kenozoicznych MGP 1 : 200 000 ark. Zielona Góra. CAG, M-33-IV/5.

MAREK B. 1976 — Badania granulometryczno-petrograficzne osadów kenozoicznych MGP 1 : 200 000 ark. Lidzbark Warmiński i Olsztyn. CAG, N34-XV/4; N-34-XXI/4.

NIEWIAROWSKI (red.) 1976 — Badania granulometryczno-petrograficzne osadów kenozoicznych MGP 1 : 200 000 ark. Brodnica. CAG, N34-XXVI/12.

RYWOCKA-KENIG K. 1968 — Kwart. Geol., 12: 437–438.

RYWOCKA-KENIG K. 1969 — Próba zastosowania statystyki matematycznej przy określaniu składu petrograficznego glin zwałowych. 13 Sesja Naukowa Litostratygraficzne badania czwartorzędu w Polsce Wschodniej i Środkowej: 1–3.

RZECHOWSKI J. 1966 — Prz. Geol., 14: 170.

RZECHOWSKI J. 1971a — Charakterystyka litofacjalna najważniejszych poziomów stratygraficznych mezoplejstocenu polskiego. CAG, ON/457.

RZECHOWSKI J. 1971b — Biul. Inst. Geol., 254: 111–155.

RZECHOWSKI J. 1974 — O litotypach glin zwałowych dolnego i środkowego plejstocenu na Niżu Polskim. UAM, Ser. Geogr., 10: 87–99.

RZECHOWSKI J. 1977 — Biul. Inst. Geol., 305: 31–43.

RZECHOWSKI J. 1982 — Ibidem, 343.

RZECHOWSKI J. 1982 — Geol. Pol., 5: 111–134.

RZECHOWSKI J., GRONKOWSKA B. & LESZKIEWICZ-BIEDOWA Z. 1966 — Charakterystyka petrograficzno-granulometryczna osadów plejstocenskich przekroju Ferdynandowa. CAG, 4234/96.

RZECHOWSKI J., GRONKOWSKA B., KENIG K. & SOB-CZUK B. 1975 — Litostratygrafia osadów glacialnych z profili wiertniczych na Pojezierzu Mazurskim. CAG, 75/539/9.

RZECHOWSKI J. & SOB-CZUK B. 1978 — Litologia osadów plejstocenskich w Zachodniej części Pojezierza Mazurskiego, CAG, 34/93.

RZECHOWSKI J. & SOB-CZUK B. 1981 — Litofacje glin morenowych na Niżu Polskim. CAG, ON/93.

SAJDAK B. 1973 — Badania granulometryczno-petrograficzne osadów kenozoicznych MGP 1 : 200 000 ark. Leszno. CAG, M-33-V/3.

STANKOWSKA A. 1979 — Ser. Geogr., UAM, 17: 1–244.