

SUROWCE OKRUCHOWE NA POJEZIERZU SUWALSKIM

UKD 553.626.003.1:552.517:551.322(438.15 Pojezierze Suwalskie)

Pracom geologiczno-poszukiwawczym i rozpoznawczym złóż surowców mineralnych stawia się zwykle trzy zadania: 1) znalezienie złóż, 2) przebadanie ich jakości, 3) ustalenie zasobów. Poszukiwania projektuje się i prowadzi w oparciu o materiały geologiczne z badań podstawowych. Dla obszaru północno-wschodniej Polski są one niewystarczające i nie pozwalają jednoznacznie programować badań szczegółowych. Słabe rozpoznanie budowy geologicznej tego regionu jest m.in. wynikiem stosunkowo małej liczby wierceń. Ponadto rozmieszczenie tych wierceń jest nierównomierne. Większe skupienia otworów występują na obszarze miast powiatowych, poza którymi odosobnione wiercenia hydrogeologiczne posiadają lokalizację na terenie wiosek. Wiercenia rzadko osiągają spąg osadów czwartorzędowych. Dla wymienionego obszaru zebrano około 850 profili otworów wiertniczych. Wskazują one na istnienie na N od Suwałk dużych wcięć erozyjnych w powierzchni przedczwartorzędowej. Spąg czwartorzędu występuje na głębokości od +25 m npm w Suwałkach do -53 m npm w Przerośli. Z urozmaiconą morfologią podłoża wiążą się duże wahania miąższości osadów czwartorzędowych, które w skrajnych rozpoznanych wartościach wynoszą: Suwałki — ok. 150 m, Przerośl — 267 m.

Na rozpatrywany terenie badania geologiczne prowadzili S. Wołosowicz (22, 23, 24), S. Pietkiewicz (18), E. Rühle (19), C. Pachucki (15, 16, 17), R. Galon (7, 8), A. Ber, S. Maksiak (4, 5) i A. Ber (1, 2, 3). Z prac powyższych autorów, a także z materiałów kartograficznych, szczególnie archiwalnych map geologicznych, wykonanych dla Przeglądowej mapy geologicznej Polski (ryc. 1), można wyciągnąć ogólne wnioski o możliwości występowania złóż surowców mineralnych na powierzchni lub pod niewielkim nadkładem.

Szczegółowe prace geologiczno-surowcowe, związane z rozpoznaniem złóż surowców okruchowych, były prowadzone na terenie Pojezierza Suwalskiego w latach 1949—1969, dając w efekcie udokumentowanie zasobów i rozpoznanie jakości kruszywa w rejonie doliny Czarnej Hańczy na odcinku od jeziora Hańcza do Suwałk oraz na W, E i SE od Suwałk (ryc. 2).

W niniejszym artykule przedstawiono część wyników badań dotyczących analizy warunków występowania i jakościowej charakterystyki surowców okruchowych NE Polski, prowadzonych jako planowy temat w Instytucie Geologii Podstawowej Wydziału Geologii UW.

ANALIZA PROFILI OTWORÓW WIERTNICZYCH

Dostępne profile otworów wiertniczych poddano analizie pod kątem występowania serii okruchowych leżących na powierzchni lub pod niewielkim nadkładem. Z badań podstawowych wynika, iż serie osadów grubookruchowych o znacznej miąższości są na omawianym terenie związane z formami czołowo morenowymi i ich bezpośrednim przedpołem. Należy zaznaczyć, że w profilach wierceń rzadziej mamy do czynienia z osadami form czołowo morenowych, gdyż jako formy morfologicznie dodatnie i zwykle niezabudowane, są rzadko rozpoznane wierceniami hydrogeologicznymi. Częściej w profilach wierceń obserwuje się materiał moreny dennej lub materiał przedpoła czołowo morenowego, który jest w mniejszym lub większym stopniu wysegregowany przez wody płynące.

Zmienność przestrzenna utworów czwartorzędowych nie pozwala z samej interpretacji wierceń wysuwać prognoz surowcowych. Do tego jest niezbędna znajomość wszystkich odsłoneń terenowych w powiązaniu z ich

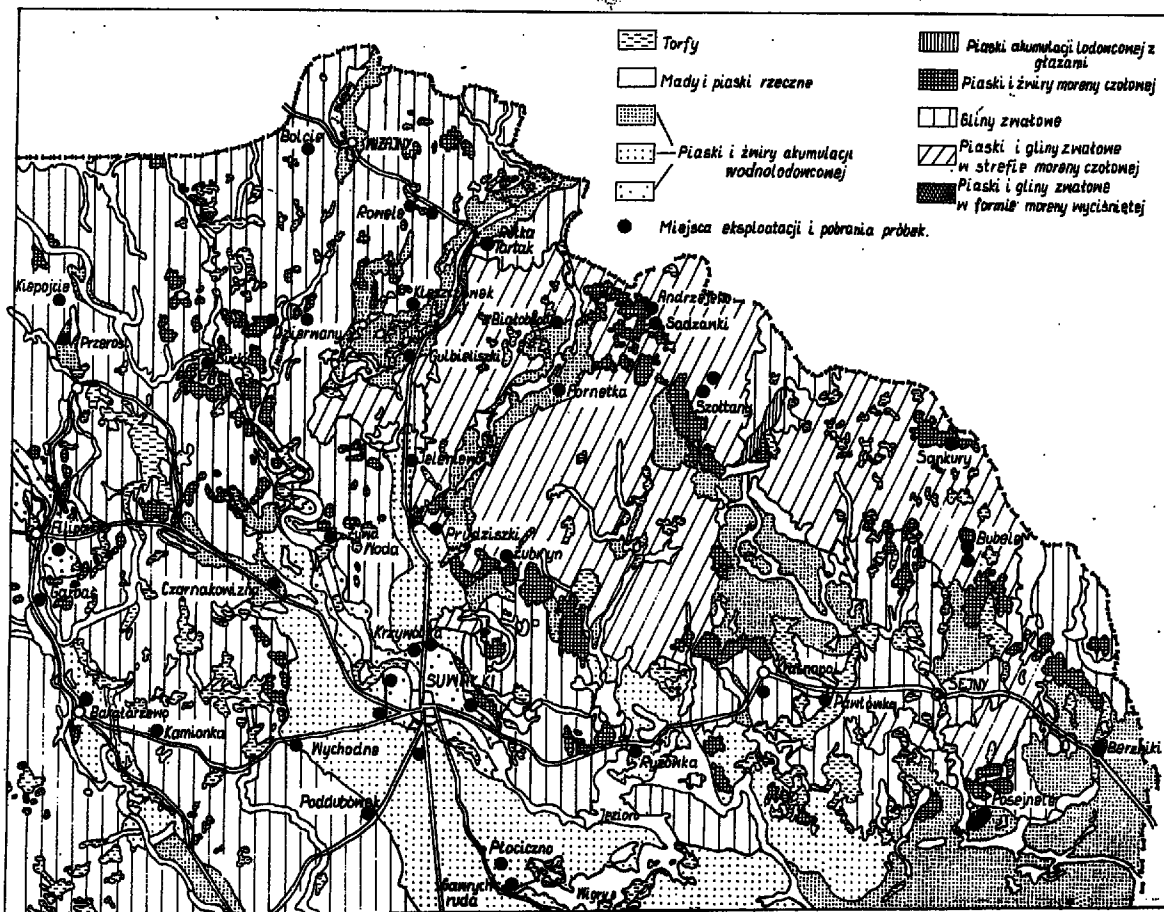
sytuacją hipsometryczną. Analizując profile wierceń trzeba mieć na względzie, iż są one sporządzane przez osoby o różnych kwalifikacjach i nie zawsze przedstawiają prawidłową proporcję utworów piaszczysto-żwirowych w seriach osadów okruchowych z powodu subiektywizmu takiej oceny. Również czynniki techniczne, jak np. obsypywanie materiału ze ścian otworu, mogą być przyczyną nieprawidłowego opisu jakości przewiercanej warstwy.

W niniejszym artykule pragnę omówić zagadnienie kruszyw naturalnych jedynie w rejonie Wiżajn i Suwałk.

Osady czwartorzędowe w rejonie Wiżajn zostały rozpoznane kilkoma odosobnionymi wierceniami hydrogeologicznymi oraz szczegółowymi wierceniami hydrogeologicznym rejonu Smolnik (Hydrogeo, 1970). W Wiżajnach i Rutce Tartak osady okruchowe występują od powierzchni: w Wiżajnach reprezentowane są przez 8 m miąższości warstwę zaglinioną pospółki, leżącej na znacznie grubszym kompleksie glin zwałowych, w Rutce Tartak od powierzchni występuje 2 m piasku, a następnie 2 m żwiru. Są to osady wodnolodowcowe, pod którymi leżą mułki ilaste o miąższości 26 m, związane z doliną Szeszupy. W profilu wiercenia Kleszczówek występuje od powierzchni 12 m warstwa piasku średnioziarnistego ze żwirem, a następnie do głębokości 17 m piasku drobnoziarnistego, pylastego zalegająca na glinie zwałowej. Według A. Bera (4) osady klastyczne wodnolodowcowe występują w tym rejonie niewielkimi izolowanymi płatami.

W rejonie Smolnik wykonano kilkadziesiąt wierceń, z których większość stanowią wiercenia płytkie kilku i kilkunastometrowe. Kilka głębszych wierceń osiągnęło głębokość 70—80 m. W profilach tych otworów obserwuje się dużą zmienność w występowaniu na przemian: bruku morenowego, żwirów, piasków i glin. Osady morenowe (w krawędzi wytopiska Szeszupy) charakteryzują się dużą zmiennością w rozmieszczeniu przestrzennym osadów i znacznym udziałem glin. W północnej krawędzi jez. Jaczno, na SW od wsi Smolniki, w profilach wierceń występują znacznej miąższości serie osadów okruchowych często gładowo-żwirowych. Wykorzystanie tych osadów jest możliwe po dokładnym rozpoznaniu budowy występujących tu moren.

W rejonie Suwałk zostało odwierconych 56 otworów, w większości usytuowanych na terenie Suwałk. Z analizy profili tych wierceń wynika, że niezmiernie interesujący ze względu na występowanie kruszywa jest obszar zandru suwalskiego. Wiercenia w miejscowości Klejwy, Krasnopol, Stary Folwark zawierają w swych profilach osady okruchowe, ale występują one tu pod nadkładem 7 do 12 m glin zwałowych i nie przedstawiają wartości przemysłowej. Rejon Suwałk od miejscowości Żubryn na N po Płociczno i Gawrychrudę na S został rozpoznany 28 wierceniami. We wszystkich wierceniach tego rejonu występują od powierzchni osady okruchowe, które w większości są gruboziarniste. W wierceniu Żubryn nad 33 m warstwą żwiru z gładami leży 4 m gliny zwałowej z gładami, ku S miąższość tego nadkładu maleje i w wielu wierceniach z rejonu Suwałk już nie występuje. W większości wierceń mamy wtedy od powierzchni piaski ze żwirami i otoczkami, pospółki i żwiry, których miąższość dochodzi do 46 m. Średnio miąższość górnej serii okruchowej (do pierwszych wkładek gliny) wynosi około 28 m. Są to osady wodnolodowcowe w różnym stopniu wysegregowane. Kamieniste i grubożwirowe osady moren czołowych, występujące na N od Suwałk, dostarczyły materiał wynoszący na przedpołe powodując akumulację zandru suwalskiego.



Ryc. 1. Szkic geologiczny Pojezierza Suwalskiego na podstawie Przeglądowej mapy geologicznej (wg C. Pachuckiego, 1948).

Fig. 1. Geological sketch of Suwałki lake district (after C. Pachucki, 1948).

CECHY GENETYCZNE I JAKOŚĆ SUROWCÓW OKRUCHOWYCH

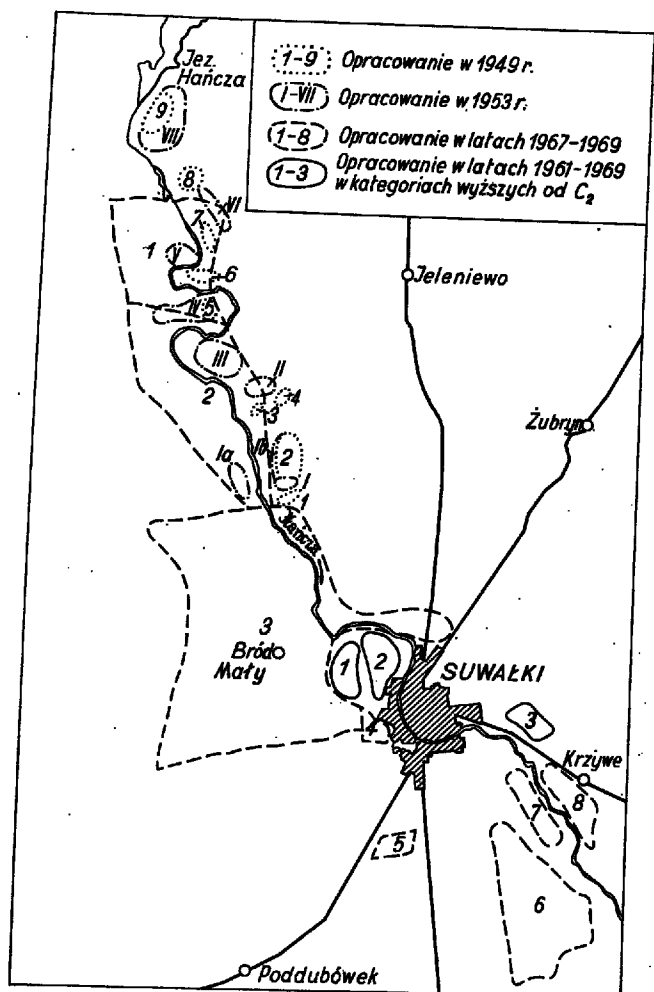
Akumulacja osadów okruchowych związana jest z różnymi formami morfologicznymi, w których powstaniu główną rolę odegrał lodowiec i woda. Generalizując zagadnienie genetyczne wyróżniono tu osady morenowe i osady wodnolodowcowe. Inne osady żwirowo-piaszczyste, np. pochodzenia rzeczno-sensu stricto nie mają na tym obszarze znaczenia.

Badania jakości surowców okruchowych przeprowadzono dla próbek pobranych z punktów eksploatacyjnych czynnych obecnie jak również ze ścian starych wyrobisk. Pobrane próbki bruzdowe mieszano i pomniejszano w terenie, w celu zyskania jednorodnego składu w kilkukilogramowych próbkach przeznaczonych do badań laboratoryjnych. Dobór próbek przy dużej zmienności budowy geologicznej rozpatrywanych form i na ich podstawie ocena jakościowa regionu to zagadnienie dość skomplikowane. Przy dużym odstąpieniu terenu wyrobiskami, jak to ma miejsce np. w rejonie Suwałk, istnieje możliwość pobrania większej ilości próbek, a ich uśrednienie da obraz zbliżony do rzeczywistości. Jeśli natomiast teren jest słabo odstąpiony (sporadyczne wyrobiska) wówczas pobrane próbki nie charakteryzują większego przestrzennego skupienia osadów okruchowych. Mając powyższe na względzie należy stwierdzić, że trudność w określeniu stanu rzeczywistego odnosi się szczególnie do niektórych parametrów, takich jak uziarnienie i zawartość pyłów. Inne natomiast, jak np. skład petrograficzny, mogą być zbliżone do rzeczywistych dla większego regionu.

UZIARNIENIE

Podstawowym parametrem jakościowym, charakteryzującym surowce okruchowe i ich przydatność, jest skład ziarnowy. Cecha ta jest ściśle związana z genezą osadu, jak również zależy od położenia regionalnego, na co składa się dynamika procesów akumulacyjnych działających z odmienną intensywnością w różnych jednostkach regionalnych. Szereg badaczy podkreśla, że osady morenowe (zarówno moren czołowych, jak również stref czołowo-morenowych i osady okruchowe obszarów moren pagórkowatych akumulowanych na zapleczu głównych wałów morenowych) zależnie od regionu i poziomu stratygraficznego różnią się uziarnieniem: C. Pachucki (15), B. Krygowski (13), M.D. Domostawska-Baraniecka (6), H. Ruszczyńska (20), A. Karczewski (10), J. Kondracki i S. Pietkiewicz (12), A. Ber (1, 3), J. Rzechowski (21).

Obok frakcji pylastych i drobnopiaszczystych występują żwiry i glazy. Często spotykane są porwaki glin, stanowiące w osadach okruchowych miejscowe nieregularne prze-warstwienia, gniazda lub soczewki. Rzadziej występują skupienia gliny o charakterze toczenców. Materiał morenowy przedstawia zwałowisko bez uporządkowania i segregacji. Utwory morenowe charakteryzują się dużą zawartością pyłów, na które składają się minerały ilaste i pelliit wapienny. Występują one w postaci: a) oblepiająca ziarna żwirów, b) toczenców ilastych o granulacji żwirowej lub piaszczystej, c) regularnych wkładek poziomych glin lub łków rozdzielających serie osadów okruchowych, d) nieregularnych skupień gliniastych w postaci warstewek, soczewek i gniazd typu porwaków.



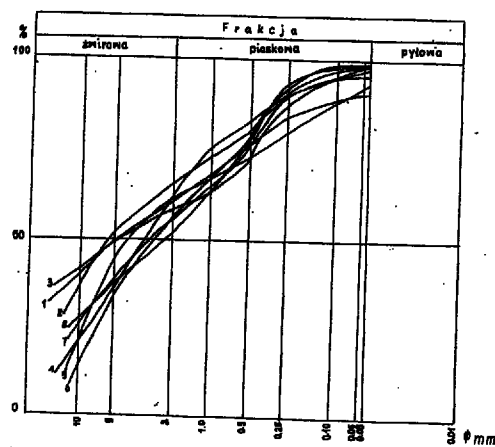
Ryc. 2. Schemat lokalizacji szczegółowych prac geologicznych.

Fig. 2. Localization scheme of detailed geological surveys.

Brak prawidłowości w przestrzennym ułożeniu materiału morenowego na większych obszarach utrudnia planowanie badań rozpoznawczych dla tych form. Należy podkreślić, że pagórki moren czołowych rzadko buduje wyłącznie materiał zwałowy. Obok typowego bezładnie rozmieszczonego w przestrzeni materiału zwałowego występują partie osadów przemytych, warstwowanych o ułożeniu na przemian warstw drobno i gruboziarnistych. Warstwy te dość często wykazują strome zapadanie wynikające z podparcia lądolodem w czasie akumulacji. Moreny mogą być ścięte w stropie serią osadów okruchowych złożonych bezładnie lub przykryte zmiennej miąższości warstwą glin zwałowych. W stropowej partii osadu mogą występować głazy o średnicy do kilkudziesięciu centymetrów, które np. w morenach położonych w pobliżu doliny Czarnej Hańczy tworzą głazowiska.

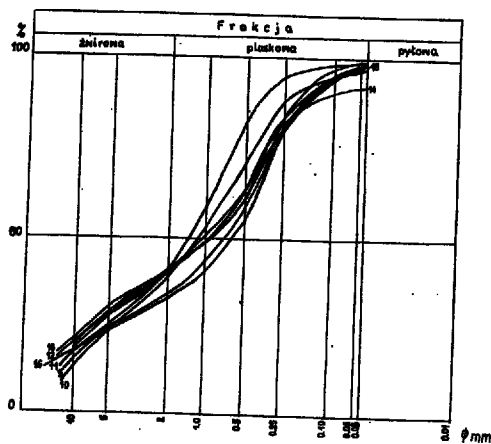
Stosunki udziału materiału zwałowego do materiału wodnolodowcowego są zmienne dla różnych moren. W każdym pojedynczym przypadku budowa wewnętrzna i udział w niej osadów okruchowych ma charakter indywidualny.

Osady wodnolodowcowe, złożone w wyniku transportu i akumulacji wód odpływających z topniejących lodowców, mają własności struktury i tekstury różne od utworów morenowych. Budują one pola zandrowe, ozy, kemy i drumliny. Największe znaczenie ze względu na rozmieszczenie przestrzenne mają zandry.



Ryc. 3. Krzywe kumulacyjne osadów okruchowych w strefie moreny czołowej (numery krzywych według tab. I).

Fig. 3. Cumulative curves for aggregates coarse deposits from end-moraine zones (curve numbers after Table I).



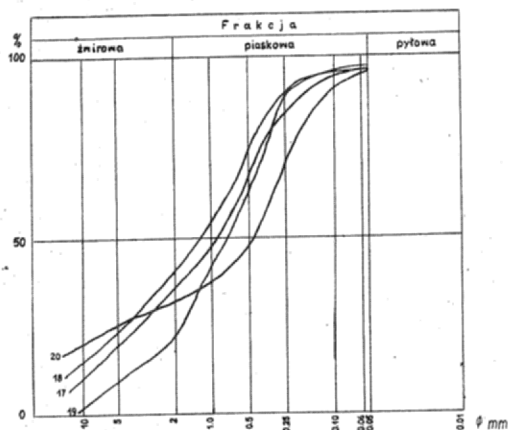
Ryc. 4. Krzywe kumulacyjne osadów częściowo przemytych.

Fig. 4. Cumulative curves for deposits partly washed out.

Uziarnienie osadów zandrowych zależy od osadów wyjściowych, siły fluwiodynamicznej i układu sieci rzek preglacialnych (11). Charakteryzują się one pewną regularnością wykształcenia wzdłuż potoków akumulujących, wyraźną i często bardzo dobrą segregacją materiału, warstwowaniem przekątnym lub horyzontalnym, zależnie od siły transportowej rzek (9). Ocena uziarnienia tych osadów jest łatwiejsza. Wyniki analizy pojedynczych próbek można ekstrapolować na większy rejon o tej samej genezie. Poszukiwanie grubszych kruszyw należy planować na bliskim przedpolu moren czołowych.

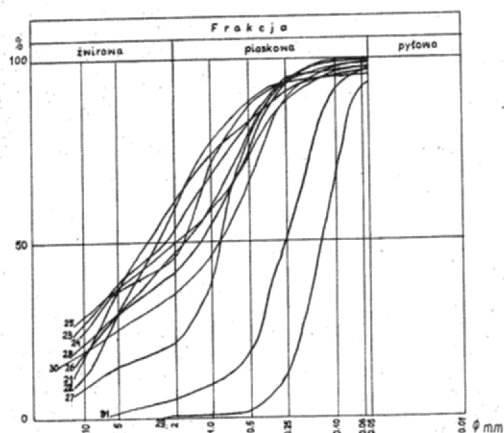
Główną cechą różniącą osady morenowe i zandrowe jest udział pyłów. W osadach morenowych, szczególnie w materiale zwałowym, gliny wpływają na znaczny udział procentowy pyłów, które w rzekach zandrowych unoszone przez wody w zawiesinie zostają odprowadzone na dalsze przedpole i często akumulowane są w obniżeniach terenu poza głównym przepływem rzeki. Miąższość osadów zandrowych jest zmienna i zależy od ukształtowania terenu oraz od procesów erozyjno-akumulacyjnych. Również struktura całej serii osadów nie jest jednakowa. Przy zmianie siły hydrodynamicznej strumienia, uwarunkowanej m.in. ilością wody, warunki transportu i akumulacji zmieniają się.

Z obserwacji i analizy próbek osadów okruchowych na Pojezierzu Suwalskim wynika, że zmienność występu-



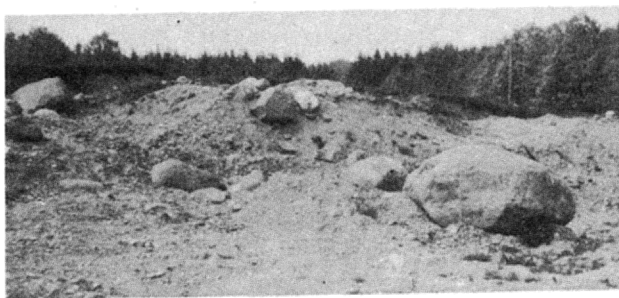
Ryc. 5. Zróżnicowany kształt krzywych kumulacyjnych zależnie od stopnia segregacji osadu.

Fig. 5. Differentiation in shape of cumulative curves in dependence on the degree of deposit segregation.



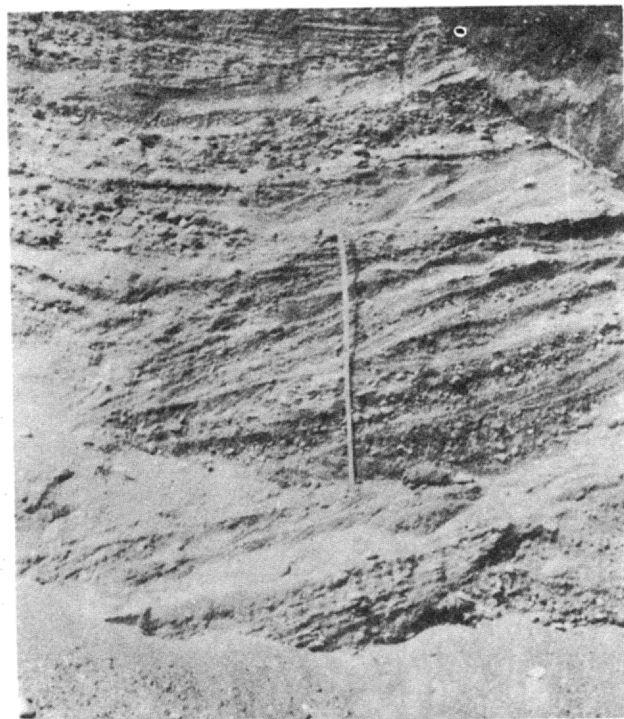
Ryc. 6. Krzywe kumulacyjne osadów: wodnolodowcowych — w rynnach jeleniowskiej i na zandrze suwalskim nr 21—27, w rynnach Rospudy nr 28 i 30; zastojowych nr 29 i 30.

Fig. 6. Cumulative curves for fluvio-glacial deposits from Jeleniów furrow lake and Suwałki sandur (no. 21—27) and from Rospudy furrow lake (no. 28 and 30), and for stagnant lake deposits (no. 29 and 30).



Ryc. 7. Północno-zachodnia krawędź jeziora Hańcza — osady morenowe.

Fig. 7. North-western margin of Hańcza lake—moraine deposits.



Ryc. 8. Żwirownia w Krzywólce — osady wodnolodowcowe.

Fig. 8. Fluvio-glacial deposits from gravel pit at Krzywólka.

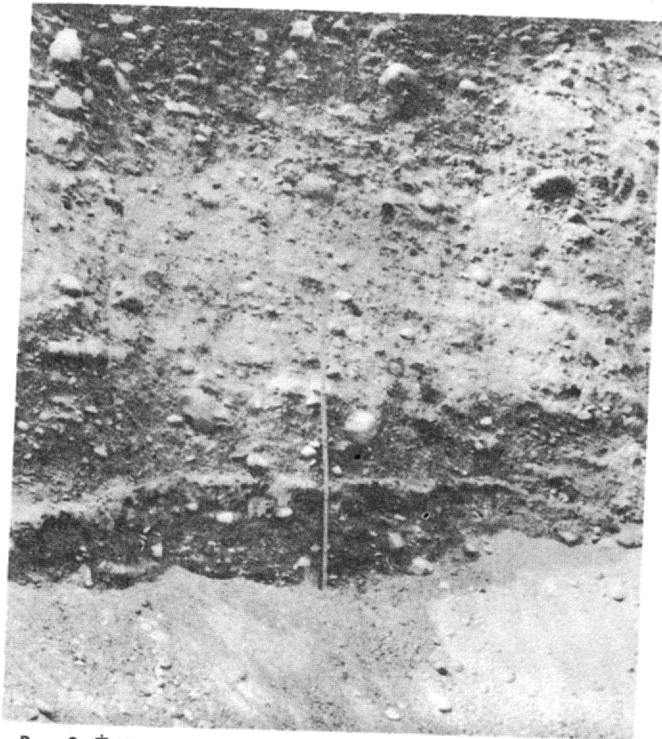
jąca w profilu pionowym i przestrzennym jednej formy akumulacyjnej wydaje się zacierać przy porównywaniu średnich próbek na większym obszarze. Krzywe kumulacyjne uziarnienia, przedstawione na ryc. 3—6, wykazują, że osady żwirowo-piaszczyste rejonu Suwałk są osadami dwóch typów.

Typ pierwszy — krzywe wypukłe lub płasko-wypukłe reprezentują osady morenowe bez segregacji wodnej (ryc. 3).

Typ drugi — krzywe wklęsło-płaskie, zbliżone kształtem do krzywych uziarnienia osadów rzecznych, reprezentują osady wodnolodowcowe, w różnym stopniu przemyte (ryc. 5 i 6). Zróżnicowanym pod względem segregacji wodnej osadom odpowiadają różne odchylenia krzywych. Krzywe przedstawione na ryc. 4 i częściowo 6, reprezentują osady, które w niewielkim stopniu zostały przemyte i noszą cechy osadów morenowych — odcinek wypukły dla frakcji żwirowych i cechy osadów przemytych — odcinek wklęsły dla frakcji piaszczystych.

Z rozkładu frakcji, zestawionego w tab. I wynika, że pominąwszy próbki z piaskowni w miejscowościach Bolcie i Ryżówka zawartość żwiru dla morenowych osadów żwirowo-piaszczystych (pozycja w tab. I od 1 do 8) waha się od 66,3% w Kiepojciach na NW do 52,6% w miejscowości Posejnele na SE omawianego terenu. Analogiczne wartości dla osadów wodnolodowcowych wahają się w dużych granicach w zależności od warunków transportu i są prawie zawsze niższe od wyjściowych osadów morenowych (ryc. 7). Wysokie wartości udziału żwiru charakteryzują osady wodnolodowcowe, transportowane rynną jeleniowską. Siła transportu wodnego była niewątpliwie duża, o czym świadczy wysoka zawartość żwiru w osadzie na drodze przepływu od Jeleniewa (61,2%), poprzez Krzywólkę (57,7% i ryc. 8, 9), Suwałki (53,7% i ryc. 10).

Z połączenia odpływu rynną jeleniowską, pradoliną Czarnej Hańczy i rynną Jemieliste-Osowa powstał stożek zandrowy, którego osady charakteryzują się dużym udziałem



Ryc. 9. Żwirownia w Krzywólce — wschodnia ściana odsłonięcia.

Fig. 9. Eastern wall of gravel pit at Krzywólka.



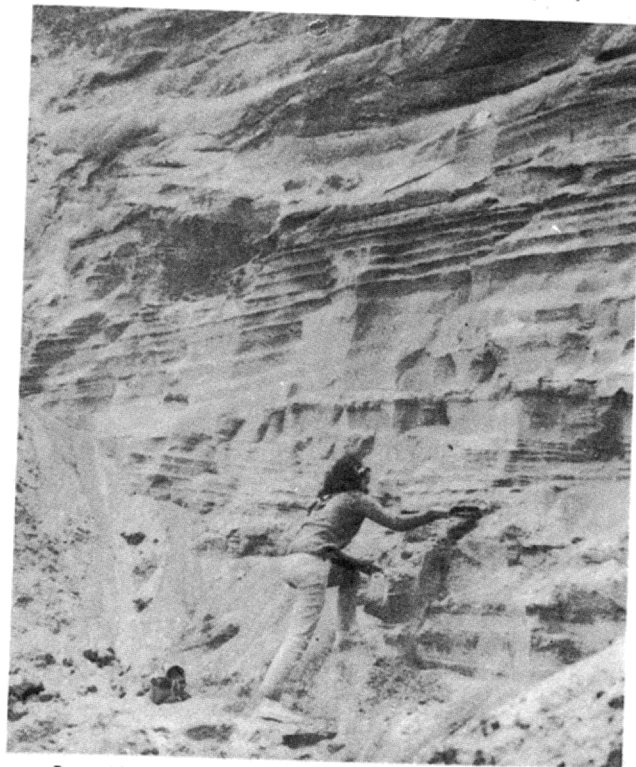
Ryc. 10. Żwirownia Suwałki — osady wodnolodowcowe.

Fig. 10. Fluvioglacial deposits from gravel pit at Suwałki.



Ryc. 11. Piaskownia Bolcie — osady zastoiskowe.

Fig. 11. Stagnant lake deposits from sand pit at Bolcie.



Ryc. 12. Piaskownia Ryzówka — osady zastoiskowe.

Fig. 12. Stagnant lake deposits from sand pit at Ryzówka

łem żwiru: Wychodne — 55,1%, Poddubówek — 42,8%, Płociczno — 49,6% i bardziej na S Gawrychruda — 21,0%.

Punkt piaskowy dla osadów okrucowych w analizowanych odsłonięciach waha się odpowiednio do zawartości żwiru i pyłu od około 34% w osadach morenowych do około 80% w osadach wodnolodowcowych, odprowadzonych dalej od źródła, które stanowią moreny, jak ma to miejsce w rejonie Gawrychrudy. W przypadku małej dynamiki wód osadzał się materiał drobnoziarnisty, czego przykładem są profile piaskowni Bolcie (ryc. 11) i Ryzówka (ryc. 12). Z punktu widzenia surowcowego osady większości omawianych odsłonięć spełniają wymogi kryteriów bilansowości (1966), które określają dla złóż pospółki graniczną wartość punktu piaskowego w wysokości 70%.

Zawartość pyłów, określona zgodnie z normą PN-66/B-06714, jest wyższa w osadach morenowych, dochodząc maksymalnie do około 10% w żwirowni Rowele, gdzie szczególnie w spągowej partii odsłoniętych osadów widać znaczny udział gliny, współwystępującej z materiałem okrucowym (ryc. 13). Większe zawartości pyłów, około 5%, występują w żwirowni Prudziszki i Berżniki. Ponadto osady w żwirowni Sadzawki (ryc. 14) wykazują niewielką segregację i mają charakter osadów słabo przemytych. Współwystępujące warstwy pylasto-piaszczyste i znaczne ilości wtórnych wtrąceń „marglistych” dają około 7,5% pyłów w średniej próbce. Podobny charakter wykazują osady w żwirowni w miejscowościach Fornetka (ryc. 15). Występują tam, szczególnie w spągu odsłonięcia, porwaki ilasto-piaszczyste i gliniaste, a ponadto domieszki „margla”, dając średnio około 5% pyłu. Osady wodnolodowcowe są lepiej przemyte, pyłu zawierają średnio w granicach od 0,9 do 3,1% i spełniają kryteria bilansowości dla złóż pospółki (6%).

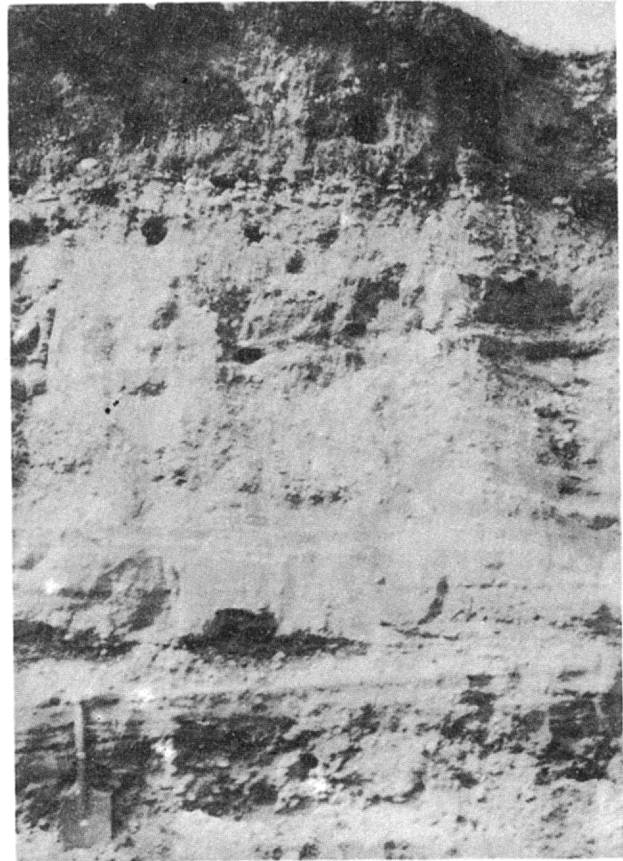
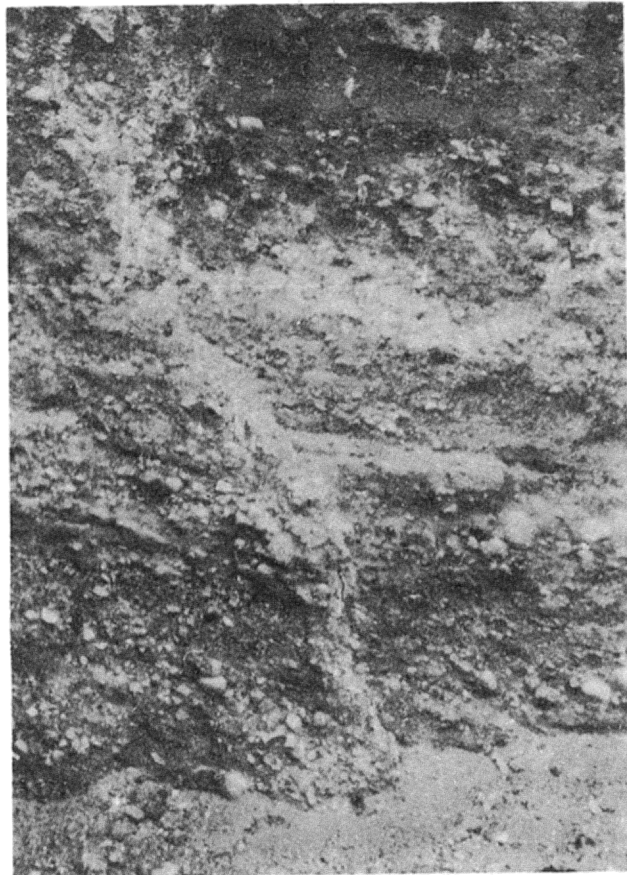
SKŁAD PETROGRAFICZNY

Drugim podstawowym parametrem, określającym przydatność kruszywa dla przemysłu materiałów budowlanych, jest skład petrograficzny a we frakcji piaszczystej skład



Ryc. 13. Żwirownia Roweles — osady morenowe (żwir tkwiący w glinie).

Fig. 13. Moraine deposits (gravel embedded in till) from gravel pit at Roweles.



Ryc. 15. Żwirownia Fornetka — osady częściowo akumulowane przez wodę; w spągu odsłonięcia porwaki ilasto-piaszczyste i gliniaste.

Fig. 15. Gravel pit at Fornetka. Deposits partly accumulated by waters; note clay-sandy and till erratics at the base of the profile.

mineralny. W zależności od rodzaju okruchów skalnych, wchodzących w skład kruszywa, występują cechy ściśle z nimi związane, takie jak: wytrzymałość mechaniczna, nasiąkliwość, morfologia i kształt ziarn.

Do analizy petrograficznej brano ziarna w obrębie frakcji 5–10, 2–5, 1–2 i 0,25–0,5 mm po przesianiu 1 kg uśrednionej próbki. W wielu przypadkach w grupie średnic 5–10 mm ilość ziarn była zbyt mała, aby analizy można było uznać za miarodajne. Dlatego ze względu na większą frekwencję frakcja o średnicy 2–5 mm występująca prawie we wszystkich próbkach w dostatecznej ilości i dająca wyniki do porównań na większym obszarze została uznana za podstawową.

Dla obszaru Pojezierza Suwalskiego skład petrograficzny osadów okruchowych jest mało urozmaicony i w znacznym stopniu odpowiada materiałowi wyjściowemu przyniesionemu przez lądolód głównie z obszarów: Wysp Alandzkich, Upplandu, południowo-zachodniej Finlandii i innych (14), a także zawiera domieszki wapieni marglistych i margli kredowych, pobranych przez lądolód na terenie Niziny Pruskiej.

Ryc. 14. Żwirownia Sadzawki — osady morenowe bardzo słabo sortowane (wtórne wytrącenia „margliste”).

Fig. 14. Very poorly sorted moraine deposits from gravel pit at Sadzawki; note secondary „marly” precipitations.

UZIARNIENIE OSADÓW ŻWIROWO-PIASZCZYSTYCH POJEZIERZA SUWALSKIEGO (W % wag.)

Tabela I

L.p.	Miejsce pobrania próbki	średnica w mm												
		po- wyżej 10	5—10	2—5	ra- zem	1—2	0,5—1	0,25—0,5	0,12—0,25	ra- zem	0,06—0,12	po- niżej 0,06	ra- zem	pyły met. płu- kania
1	Rowele	39,6	10,0	10,8	60,4	6,7	9,5	7,6	4,3	28,1	1,9	—	1,9	9,6
2	Kiepojcie	36,6	15,0	14,7	66,3	6,5	7,7	9,6	5,0	28,8	1,0	—	1,0	3,9
3	Andrzejewo	41,1	8,0	9,1	58,2	5,2	9,2	15,3	8,5	38,2	1,7	0,1	1,8	1,8
4	Sankury	22,1	15,1	24,4	61,6	13,4	8,7	7,6	6,0	35,7	0,8	0,2	1,0	1,7
5	Prudziszki	20,3	26,0	15,3	61,6	5,2	5,3	8,2	9,4	28,1	4,1	0,9	5,0	5,3
6	Rutka-Tartak	15,6	20,1	20,5	56,2	10,8	11,6	14,2	5,5	42,1	0,3	—	0,3	1,4
7	Berżniki	27,4	12,6	16,0	56,0	9,1	10,6	14,5	4,7	38,9	0,4	—	0,4	4,7
8	Posejnele	28,2	10,6	13,8	52,6	11,0	14,2	15,7	4,5	45,4	0,6	0,3	0,9	1,1
9	Bučki	14,9	10,3	10,7	35,9	8,4	14,7	25,5	12,6	61,2	1,7	—	1,7	1,2
10	Garbaś	13,8	12,7	13,0	39,5	14,1	17,1	18,1	6,8	56,1	1,6	—	1,6	2,8
11	Kamionka	17,5	8,3	15,1	40,9	17,5	24,4	13,0	2,6	57,5	0,1	—	0,1	1,5
12	Krasnopol	20,2	8,8	10,6	39,6	9,4	12,3	22,6	11,0	55,3	2,4	—	2,4	2,7
13	Pawłówka	21,4	10,5	9,8	41,7	7,6	13,6	19,8	13,0	54,0	1,8	0,3	2,1	2,2
14	Sadzawki	19,1	8,9	13,2	41,2	8,9	13,5	18,9	8,2	49,5	1,6	0,2	1,8	7,5
15	Szołtany	19,5	10,3	11,6	41,4	7,0	12,4	22,9	12,6	54,9	1,1	0,1	1,2	2,5
16	Żubryn	17,5	6,9	9,2	33,6	8,0	15,1	25,4	12,9	61,4	2,5	0,1	2,6	2,4
17	Przerośl	10,3	10,8	16,0	37,1	11,2	18,3	19,2	9,3	68,0	2,3	0,4	2,7	2,2
18	Kleszczówek	16,4	8,7	16,0	41,1	13,3	17,9	17,7	6,6	55,5	1,3	—	1,3	2,1
19	Gubieliszki	2,4	7,3	13,1	22,8	21,2	19,7	26,4	7,5	74,8	1,3	—	1,3	1,1
20	Fornetka	20,7	6,1	6,5	33,3	4,7	9,5	22,9	20,6	57,7	4,3	0,7	5,0	4,0
21	Jeleniewo	17,9	20,0	23,3	61,2	13,4	9,1	8,0	4,6	35,1	1,4	—	1,4	2,3
22	Krzywólka	11,0	19,5	27,2	57,7	19,8	12,0	4,8	2,0	38,6	0,6	—	0,6	3,1
23	Suwałki	28,0	11,4	14,3	53,7	14,8	14,7	11,9	2,8	44,2	0,3	—	0,3	1,8
24	Wychodne	24,9	11,8	18,4	55,1	16,4	15,5	6,7	3,6	42,2	0,7	0,1	0,8	1,9
25	Płociczno	28,2	9,0	12,4	49,6	8,2	13,8	17,1	7,9	47,0	0,9	—	0,9	2,5
26	Poddubówek	19,8	11,8	11,2	42,8	11,4	20,4	20,2	4,0	56,0	0,3	—	0,3	0,9
27	Gawrychruda	8,0	6,4	6,5	20,9	17,0	39,6	17,3	3,4	77,3	0,4	—	0,4	1,4
28	Bakałarzewo	21,8	9,9	15,4	47,1	11,2	18,8	18,7	3,2	51,9	0,1	—	0,1	0,9
29	Ryżówka	—	—	0,2	0,2	0,2	0,5	11,2	55,0	66,9	26,6	0,7	27,3	5,6
30	Filipów	19,2	7,2	9,5	35,9	9,6	19,3	24,7	8,3	61,9	0,8	—	0,8	1,4
31	Bolcie	—	2,0	3,0	5,0	3,7	9,2	34,0	39,2	86,1	5,3	0,7	6,0	2,9

Głównym składnikiem osadów są wapienie, a następnie skały krystaliczne. Stosunki procentowe tych dwóch składników wahają się dla różnych próbek i różnych frakcji, co przykładowo dla 6 punktów eksploatacji przedstawiono w tab. II. Ponadto we frakcji żwirowej dają się wyróżnić okruchy skał zwietrzałych lub słabo zwięzłych, do których należą: w grupie skał krystalicznych — gnejsy i rozsypliwie łupki krystaliczne, granity i granitognejsy dwumikowe; w grupie skał węglanowych — wapienie margliste i margle kredowe (czasem kreda piszcząca) oraz pojedyncze czerwone margle dewońskie; w grupie piaskowców obok piaskowców kwarcytowych występują mało zwięzłe piaskowce o lepszemu ilasto-marglistym (dewońskie lub młodsze, być może trzeciorzędowe). Wymienione okruchy skalne w poszczególnych grupach petrograficznych dają w sumie zmienne wartości procentowe ziarn, których wytrzymałość jest niższa od okruchów niezwięzniętych granitów i wapieni sylurskich. Nie wszystkie z nich mieszczą się w grupie skał słabych i zwietrzałych. Badania megaskopowe pozwalają na wyodrębnienie w próbce ziarn zwietrzałych w granicach od ilości śladowych do kilku procent.

W tab. II do grupy „inne” zaliczono zależnie od frakcji: pojedyncze kwarcyty, krzemienie, czerty, płaskury żelaziste a we frakcji najdrobniejszej: biotyt, glaukonit, okruchy mułowców, wtórnie wytraconych węglanów i inne. Okruchy skalne są w większości dość dobrze ogładzone,

szczególnie powierzchnie wapieni, a ich kształt jest nieregularny — często spłaszczony. Cecha ta wpływa dodatnio na urabialność i szczelność betonu. Ziarna płaskie i wydłużone występują rzadko w niewielkiej ilości.

Badanie składu mineralnego w grupach piaszczystych: 0,25—0,5 i 1—2 mm miało na celu określenie zmienności składników tej frakcji osadu, aby można było wnioskować o łącznym wykorzystaniu lub nieprzydatności piasków, które w znacznych ilościach często około 50% pozostają na hałdach w procesie technologicznym otrzymywania kruszyw o uziarnieniu żwirowym. Znaczna domieszka we frakcji grubopiaszczystej okruchów skał węglanowych dyskwalifikuje piasek z osadów morenowych i częściowo przemytych dla produkcji betonów komórkowych i cegły wapienno-piaskowej, gdyż wymagania normatywne ustalają zawartość krzemionki nie niższą niż 90%. Nienormowany jest natomiast skład mineralny piasków używanych do betonów. W referacie przedstawionym na Wydziale Geologii UW w 1972 r. M. Arnould z Wyższej Szkoły Górniczej w Paryżu podkreślił jak bardzo istotną sprawą jest skład mineralno-petrograficzny kruszyw używanych do betonów. Wskazał na badania, z których wynika, że między cementem portlandzkim a skałami węglanowymi w wyniku podobieństwa sieci krystalograficznej kalcytu i portlandytu oraz częściowego rozpuszczania powierzchni otoczków węglanowych powstają bardzo silne wiązania o dużych wytrzymałościach.

SKŁAD MINERALNO-PETROGRAFICZNY (W % ILOŚCIOWYCH)

L.p.	Miejsce pobrania próbki	średnica w mm	skały krystaliczne	skały węglanowe	piaskowce	kwarc	skalanie	inne
1	Rutka-Tartak	5 —10	24,5	55,7	16,8	1,5	—	1,5
		2 — 5	29,9	36,8	21,2	10,1	1,8	0,2
		1 — 2	25,0	26,8	12,3	30,6	4,6	0,7
		0,25— 0,5	1,7	7,1	0,8	85,5	2,7	2,2
2	Kleszczówek	5 —10	26,6	61,5	7,7	3,5	0,7	—
		2 — 5	27,6	46,6	13,3	9,7	2,3	0,5
		1 — 2	24,5	27,5	9,0	34,9	3,6	0,5
		0,25— 0,5	5,7	6,9	—	81,8	3,1	2,5
3	Jeleniewo*	5 —10	29,3	56,9	11,1	0,9	—	1,8
		2 — 5	35,4	44,5	13,1	4,8	2,2	—
		1 — 2	33,8	28,6	10,3	23,8	3,3	0,2
		0,25— 0,5	10,6	4,3	—	32,0	0,6	52,5
4	Krzywólka	5 —10	40,3	44,9	12,1	1,5	0,3	0,9
		2 — 5	39,6	37,6	8,9	11,4	1,8	0,7
		1 — 2	29,3	26,0	6,2	32,1	5,7	0,7
		0,25— 0,5	5,3	10,0	1,4	75,6	2,6	5,1
5	Suwałki	5 —10	36,2	57,2	4,7	1,1	0,4	0,4
		2 — 5	41,5	36,3	5,5	10,4	5,3	1,0
		1 — 2	30,3	23,2	5,0	35,0	5,1	1,4
		0,25— 0,5	3,1	8,4	0,7	82,4	1,1	4,3
6	Filipów	5 —10	24,5	58,5	17,0	—	—	—
		2 — 5	32,5	37,0	14,9	11,5	3,6	0,5
		1 — 2	25,2	26,3	8,7	35,8	3,8	0,2
		0,25— 0,5	3,0	8,4	2,3	84,0	1,5	0,8

* We frakcji o średnicy 0,25—0,5 mm występują bardzo liczne nieregularne okruchy wytrąconych wtórnie węglanów oraz bardzo liczny biotyt powstały z rozdrobnienia zwietrzałych skał krystalicznych stanowiących tu około 10% próbki.

Inne własności kruszyw, występujących na Pojezierzu Suwalskim, a przede wszystkim obecność domieszek składników szkodliwych takich, jak: siarczków i siarczanów, zanieczyszczeń organicznych i zanieczyszczeń obcych przedstawiają się bardzo korzystnie. Badania prowadzone w tym zakresie (zwłaszcza przy opracowaniach szczegółowych) wykazały brak wymienionych składników lub występowanie siarczanów i zanieczyszczeń organicznych w ilościach śladowych, nie wpływających na obniżenie jakości kruszyw dla produkcji betonów.

UWAGI KOŃCOWE

Analiza istniejących materiałów geologicznych i badania terenowe pozwalają stwierdzić, że na obszarze Pojezierza Suwalskiego w wyniku młodych procesów glacialnych zostały zakumulowane w strefie przypowierzchniowej znaczne ilości osadów okruchowych o charakterze kamienisto-żwirowo-piaszczystym. Wchodzą one głównie w skład pagórków morenowych i obszarów zandrowych. Wielkość nagromadzenia tych osadów kwalifikuje Pojezierze Suwalskie jako zagłębienie surowców okruchowych.

Na N od Żywej Wody—Prudzišek—Krasnopola osady żwirowo-piaszczyste budują pagórki morenowe, których szczegółowe rozpoznanie jest trudne, ze względu na urozmaiconą budowę (współwystępowanie z glinami). Obszar zandrowy, jako główny obszar predysponowany do szczegółowego rozpoznania, rozciąga się od Zagórza (około 1,5 km na N od Suwałk), poprzez Krzywólkę wchodzi w dolinę Czarnej Hańcy, gdzie zaznacza się na wysokości około dwudziestu kilku metrów nad poziomem wspól-

czesniej rzeki. Następnie rozszerza się ku E w kierunku jezior Okmin i Ożewo i łączy się z odpływem zandrowym Jemieliste—Osowa, o kierunku prawie równoleżnikowym. Efektem akumulacji zandrowej jest obszar rozciągający się od wymienionych miejscowości po Kuków Folwark (około 22 m osadów okruchowych), Trzciane, Wychodne, Zielone Kamedulskie (23 m osadów okruchowych), Poddubówek, Płociczno, Gawrychrudę do jez. Wigry a od E biegnie doliną Czarnej Hańcy przez Sobolewo, Krzywe, Dąbrówkę Młynek (krawędzią wysoczyzny morenowej) do Zagórza. Powierzchnia ograniczona wymienionymi miejscowościami wynosi około 100 km² łącznie z obszarem, na którym leżą Suwałki, zlokalizowane na jednym z meandrów Czarnej Hańcy. Ku S osad drobnieje przechodząc następnie w piaszczysty zandr augustowski. Prowadzone dotychczas badania szczegółowe, w większości w kat. C₂, objęły około 40 km² obszaru zandru. Głębokość rozpoznania złóż w poszczególnych opracowaniach jest zmienna i wynosi maksymalnie około 12—15 m od powierzchni na zandrze i do 21,3 m w opracowaniu obszaru na NE od Suwałk, przylegającego do strefy wysoczyzny morenowej, który to obszar posiada bardziej złożoną budowę.

Analiza wierceń hydrogeologicznych wykazuje, że miąższość osadów okruchowych na omawianym obszarze rzadko wynosi 8—10—13 m, natomiast częściej jest rzędu 18—22 i więcej, jednak mogą występować przewarstwienia utworów piaszczystych. Z tego powodu należałoby przy okazji szczegółowych badań odwiercać pojedyncze otwory w celu jednoznacznego stwierdzenia spagu złoża. Poziom wód gruntowych występuje na zmiennej głębokości, zależnie od dokumentowanego rejonu i często spagowe partie

złóż są zawodnione. W takich przypadkach ograniczanie rozpoznania wglębnego, wskutek trudności w zakwalifikowaniu badanego obszaru do sztucznych wydzielen, stosownie do kryteriów bilansowości dla złóż „suchych i częściowo nawodnionych” lub „podwodnych” wydaje się nieuzasadnione.

Konieczność rozpoznania pełnej miąższości osadów okruchowych wynika z nakazu ochrony zasobów złóż, ochrony gruntów uprawnych i ochrony środowiska człowieka. Pozostawienie niewykorzystanych spągowych partii surowca zmniejsza zasobność rejonu, gdyż wydaje się nieuzasadnione i gospodarczo niecelowe rozpoznawanie i wykorzystywanie złóża partiami. Stosowanie wewnętrznego zwałowania nadkładu i odpadów produkcyjnych praktycznie eliminuje niewykorzystane partie surowca.

Zmniejszanie w ten sposób zasobności obszaru prowadzi do powiększania terenów rozpoznania, a w następnej kolejności eksploatacji. Konsekwencją tego są duże zmiany środowiska przez powiększenie terenów zdewastowanych działalnością górnictw. Do zmian tych dotychczas na omawianym terenie nie przywiązywano większego znaczenia. Przykład zdewastowanego terenu stanowią obszary poeksploatacyjne w Żywej Wodzie oraz już obecnie w rejonie Suwałk. W przypadku dalszego intensywnego rozwoju zagłębia kruszyw naturalnych w tym rejonie przy nieprzestrzeganiu zasad racjonalnej eksploatacji i gospodarki surowcowej oraz zagospodarowania terenów poeksploatacyjnych zniszczenie powierzchni może przybrać formę katastrofalną. Wobec dużej atrakcyjności tych obszarów dla turystyki konieczne jest wyznaczenie rejonów predysponowanych dla rozwoju kopalnictwa kruszyw i związanego z nim przemysłu oraz ustalenie stref chronionego krajobrazu. Sprawy te powinny znaleźć rozwiązanie zanim nastąpi intensyfikacja eksploatacji.

LITERATURA

- Ber A. — Strefa marginalna fazy pomorskiej zlodowacenia północnopolskiego na Pojezierzu Suwalskim. Kwart. geol., 1966, nr 4.
- Ber A. — Perspektywy poszukiwań czwartorzędowych surowców mineralnych na Pojezierzu Suwalskim. Surowce Mineralne, 1969, t. 2.
- Ber A. — Pojezierze Suwalskie. Geomorfologia Polski, 1972, t. 2.
- Ber A., Maksiak S. — Z badań geologicznych i geomorfologicznych na Pojezierzu Suwalskim. Kwart. geol., 1964, nr 4.
- Ber A., Maksiak S. — Formy marginalne i formy martwego lodu w Zagłębiu Szeszuły na Pojezierzu Suwalskim. Biul. Inst. Geol. 1969, nr 220.
- Domostowska-Baraniecka M. D. — Przebieg sedymentacji i kształtowania kutnowskich moren czołowych w okolicy Sławęcina. Prace o plejstocenie Polski Środkowej, 1961.

SUMMARY

Geological setting and granulometric-petrographical characteristics of Suwałki lake district aggregate deposits are discussed on the basis of field and laboratory studies, corehole material analysis, and documentary materials. These deposits are of remarkable importance for building industry. The samples studied were taken from active and abandoned gravel and sand pits (Fig. 1). Two main genetic types of aggregates were distinguished: (1) aggregates of glacial deposition, primarily related to front-moraine zones, and (2) aggregates of fluvioglacial deposition, forming vast sandar plains. The latter are characterized by markedly wider distribution and more regular

- Galon R. — Z zagadnień geomorfologii czwartorzędu Nizu Polskiego. Prz. geogr., 1953, z. 2.
- Galon R. — Zagadnienie ostatniego zlodowacenia w Polsce. Kosmos, ser. B, 1957, z. 3.
- Jewtuchowicz S. — Struktura sandru. Łódzkie Tow. Nauk. Wyd. III, 1955, nr 40.
- Karczewski A. — Morfologia, struktura i tekstura moreny dennej na obszarze Polski Zachodniej. Pozn. Tow. Przyj. Nauk., Pr. Komis. geogr.-geol., 1963, z. 2.
- Klimek K. — Współczesne procesy fluwialne i rzeźba Równiny Skeidararsandúr (Islandia). Pr. Geogr. Inst. Geogr. PAN., 1972, nr 94.
- Kondracki J., Pietkiewicz S. — Czwartorzęd północno-wschodniej Polski. Czwartorzęd Polski, 1967.
- Krygowski B. — Z badań granulometrycznych nad utworami plejstoceniowymi w Polsce Zachodniej. Biul. Inst. Geol. 1956, nr 100.
- Nunberg J. — Próba zastosowania metod statystycznych do badań zespołu głazów fennoskandynawskich występujących w utworach glacialnych NE Polski. Stud. geol. pol. 1971, t. XXXVII.
- Pachucki C. — O przebiegu moren czołowych ostatniego zlodowacenia NE Polski i terenów sąsiednich. Biul. Inst. Geol. 1952, nr 65.
- Pachucki C. — Moreny czołowe ostatniego zlodowacenia na obszarze Peribalticum. Roczn. Pol. Tow. Geol., 1961, z. 2-4.
- Pachucki C. — Uwagi o geomorfologii doliny Czarnej Hańczy. Kwart. geol., 1962, nr 1.
- Pietkiewicz S. — Pojezierze Suwalszczyzny Zachodniej (zarys morfologii lodowcowej). Prz. geogr., 1928, nr 8.
- Rühle E. — Jezioro Hańcza na Pojezierzu Suwalskim. Wiad. Służby geogr., 1932, nr 4.
- Ruszczyńska H. — Struktura moren czołowych koło wsi Kobylniki na N od Wyszogrodu. Biul. geol. Wyd. geol. UW, 1961, t. 1, cz. 1.
- Rzechowski J. — Granulometryczno-petrograficzne własności glin zwałowych w dorzeczu środkowej Widawki. Biul. Inst. Geol. 1971, nr 254.
- Wółtosowicz S. — Morena denna tzw. transgresji wigierskiej i jej znaczenie w budowie dywulium Pojezierza Suwalskiego. Spraw. Państw. Inst. Geol., 1926, t. III, nr 3-4.
- Wółtosowicz S. — Sprawozdanie z badań geologicznych wykonanych w r. 1926 na arkuszu mapy Suwałki, Kalwaria w skali 1:100 000. Posiedz. nauk. Państw. Inst. Geol. 1927, nr 18.
- Wółtosowicz S. — Utwory dywulialne i morfologia Pojezierza Suwalskiego. Ibidem, 1928, nr 21.

РЕЗЮМЕ

На основании полевых и камеральных работ, анализа буровых данных и фондовых материалов составлена характеристика условий распространения и гранулометрического и петрографического состава отложений Сувалковского поозерья. Эти отложения играют важную роль в качестве природного строительного сырья.

Образцы отбирались в действующих и выработанных песчаных и гравийных карьерах (фиг. 1). Определены два главных типа обломочных пород — отложения ледниковой аккумуляции, приуроченные, главным образом, к конечным моренам, и отложения водно-

structure, so they are of greater importance as prospective industrial deposits.

Grain-size distribution of gravel-sandy deposits of the Suwałki area is given in Figs. 3—6. Grain-size distribution curves of glacial and fluvioglacial deposits differ in shape. Curves of the latter deposits are generally concave, which is typical of well washed out deposits. Fluvioglacial aggregates contain only 0.9—3.1 per cent of silt fraction, in comparison with about 10 per cent found in moraine deposits. Petrographic studies showed little variation in composition of gravel and sand fractions (Table II).

Carbonate rock pebbles are the main components of gravels as their contribution usually equals c. 50 per cent. Pebbles of crystalline rocks, sandstones, quartz, and feldspar are other more important contributors here. The petrographic composition of gravels roughly corresponds to that materials of moraines, studied by J. Nunberg (14).

On the basis of the investigations it may be stated that coarse fluvioglacial deposits in Suwałki region make an interesting prospective resource basis on the area of about one hundred sq. km, which makes concentration of exploitation in this region possible.

ледниковой аккумуляции, слагающие обширные зандровые поля. Последние обладают самым большим промышленным значением благодаря выдержанному распространению на значительном пространстве.

Гранулометрический состав гравелисто-песчаных осадков района г. Сувалки представлен в виде кривых на рис. 3—6. Ледниковые отложения отличаются по форме кривых от водноледниковых, характеризующихся вогнутыми кривыми, свойственными хорошо промытым осадкам. В связи с этим отложения водноледникового происхождения содержат всего 0,9—3,1% пелитической фракции, в то время как в моренных отложениях содержание этой фракции достигает 10%. Петрографические наблюдения выявляют небольшое разнообразие состава гравийной и песчаной фракций (табл. II). Основным компонентом гравия, составляющим, как правило, 50% осадка, являются частицы карбонатных пород. Потом следуют, в порядке убывания: кристаллические породы, песчаники, кварц и полевые шпаты. Петрографический состав гравия совпадает приблизительно с составом исходного материала в моренных отложениях, исследованных Я. Нунберг (14).

Как показали проведенные исследования, крупнообломочные отложения водноледниковой аккумуляции в районе г. Сувалки могут составлять в будущем сырьевую базу площадью порядка 100 км², на которой может быть развита добыча этих полезных ископаемых.