



**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY**

**MARZENA MAŁEK, KRZYSZTOF BUCZEK**

Główny koordynator Szczegółowej mapy geologicznej Polski — A. BER  
Koordynator regionu Wyżyny Lubelskiej i Małopolski — M. ŻARSKI

# **OBJAŚNIENIA DO SZCZEGÓŁOWEJ MAPY GEOLOGICZNEJ POLSKI**

1 : 50 000

**Arkusz Łuków (602)**  
(z 2 tab. i 7 tabl.)



Ministerstwo Środowiska



Wykonano na zamówienie Ministra Środowiska  
za środki finansowe wypłacone przez  
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej

WARSZAWA 2008

Autorzy: Marzena MAŁEK, Krzysztof BUCZEK  
Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL SA, Zakład w Lublinie  
ul. Budowlana 26, 20-469 Lublin

Redakcja merytoryczna: Kamila JANUS

Akceptował do udostępniania  
Dyrektor Państwowego Instytutu Geologicznego  
doc. dr hab. Jerzy NAWROCKI

ISBN 978-83-7538-408-6

© Copyright by Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2008

Przygotowanie wersji cyfrowej: Stanisław OLCZAK, Jacek STRĄK

## SPIS TREŚCI

I. Wstęp . . . . .	5
II. Ukształtowanie powierzchni terenu . . . . .	11
III. Budowa geologiczna . . . . .	13
A. Stratygrafia. . . . .	13
1. Kreda . . . . .	14
a. Kreda górna . . . . .	14
Mastrycht . . . . .	14
Mastrycht górny . . . . .	14
2. Paleogen . . . . .	15
a. Paleocen. . . . .	15
Paleocen dolny . . . . .	15
b. Eocen . . . . .	16
Eocen górny . . . . .	16
c. Oligocen. . . . .	16
Oligocen dolny. . . . .	16
3. Neogen . . . . .	18
a. Miocen . . . . .	18
Miocen środkowy . . . . .	18
Miocen górny . . . . .	20
4. Czwartorzęd . . . . .	21
a. Plejstocen . . . . .	22
Plejstocen dolny . . . . .	22
Interglacjał augustowski . . . . .	25
Zlodowacenia południowopolskie. . . . .	27
Zlodowacenie Nidy . . . . .	27

Stadiał dolny . . . . .	27
Stadiał górny . . . . .	28
Interglacjał małopolski . . . . .	30
Zlodowacenie Sanu 1 . . . . .	32
Stadiał dolny . . . . .	32
Interstadiał . . . . .	38
Stadiał górny . . . . .	38
Interglacjał ferdynandowski . . . . .	41
Zlodowacenie Sanu 2 . . . . .	45
Interglacjał wielki . . . . .	54
Interglacjał mazowiecki . . . . .	54
Zlodowacenia środkowopolskie . . . . .	58
Zlodowacenie Odry . . . . .	59
Zlodowacenie Warty . . . . .	66
Interglacjał eemski . . . . .	68
Zlodowacenia północnopolskie . . . . .	69
Zlodowacenie Wisły . . . . .	69
b. Czwartorzęd nierozdzielony . . . . .	70
c. Holocen . . . . .	71
B. Tektonika i rzeźba podłoża czwartorzędu . . . . .	72
C. Rozwój budowy geologicznej . . . . .	74
IV. Podsumowanie . . . . .	79
Literatura . . . . .	81

## SPIS TABLIC

Tablica I — Szkic geomorfologiczny w skali 1:100 000

Tablica II — Przekrój geologiczny C–D

Tablica III — Przekrój geologiczny E–F

Tablica IV — Profil geologiczny utworów starszych od czwartorzędu

Tablica V — Szkic geologiczny odkryty w skali 1:100 000

Tablica VI — Zestawienie profili otworów badawczych dla SMGP (kartograficznych)

Tablica VII — Profile geologiczne stanowisk interglacjału wielkiego (mazowieckiego)

## I. WSTĘP

Obszar objęty arkuszem Łuków (602) Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, położony w środkowej części Niziny Południowopodlaskiej, ograniczają współrzędne: 51°50' i 52°00' szerokości geograficznej północnej oraz 22°15' i 22°30' długości geograficznej wschodniej. Administracyjnie znajduje się on w północno-zachodniej części województwa lubelskiego. Większość badanego terenu leży w powiecie łukowskim (gminy: Łuków, Stanin, Wojcieszków i Trzebieszów), tylko południowo-wschodnia część w powiecie radzyńskim (gmina Ulan-Majorat).

Obszar opracowania ma charakter rolniczy — podstawą są dobre gleby brunatne i płowe (rozwinięte na glinach środkowej i południowej części terenu arkusza). Mniejszą powierzchnię zajmują słabo urodzajne gleby bielcowe i pseudobielcowe powstałe na piaskach (północna część badanego obszaru). Rozległe łąki (na wschód i zachód od Łukowa) sprzyjają rozwojowi hodowli bydła. Liczne są tutaj także tuczarnie trzody chlewnej i fermy drobiu.

Największe skupisko ludności i zarazem jedyne miasto na tym terenie to położony centralnie, liczący prawie 40 000 mieszkańców, Łuków. Jest on siedzibą starostwa powiatowego oraz lokalnym ośrodkiem handlowo-usługowo-przemysłowym. Rozwinięty jest tutaj przemysł spożywczy: kilka zakładów mięsnych, w tym największy „Łukmet”, duże zakłady zbożowo-młynarskie, mleczarnie, liczne piekarnie. Ponadto tradycje ma tu przemysł obuwniczy (obecnie działa kilka małych zakładów na bazie dawnej fabryki obuwia „Łukbut”), odzieżowy oraz materiałów budowlanych i stolarki okiennej.

Rozwój budownictwa mieszkaniowego i drogowego spowodował intensywną eksploatację kruszywa naturalnego. Kilkanaście wyrobisk piasków i żwirów (w tym kilka kopalni) zlokalizowanych jest wzdłuż doliny Samicy na południe od Łukowa. Złoża surowców ilastych ceramiki budowlanej (czwartorzędowych glin i jurajskich iłów) „Łapiguz” i „Gołaszyn” nie są obecnie eksploatowane. W latach 70-ych zaniechano także eksploatacji torfów ze złóż w dolinach: Samicy, Bystrzycy i Krzny Południowej.

Miasto Łuków posiada korzystną lokalizację komunikacyjną — jest ważnym węzłem drogowym i kolejowym. Leży przy transeuropejskiej magistrali kolejowej Lizbona–Moskwa, od której

w Łukowie odgałęziają się linie kolejowe do Dębłina i Lublina oraz linia tranzytowa do Skierniewic. W węźle drogowym Łuków krzyżują się główne drogi krajowe numer 63 (Kryłowo–Sławatycze) i 76 (Łuków–Wilga) oraz drogi wojewódzkie numer: 806 (do Międzyrzecza Podlaskiego), 807 (do Maciejowic) i 808 (do Kocka).

Lasy (głównie bory sosnowe, miejscami sosnowo-jodłowe i lasy mieszane) zajmują około 20% powierzchni obszaru arkusza. Największy kompleks to położony w północno-zachodniej części terenu badań fragment Lasów Łukowskich. Znacznie mniejsze powierzchnie lasów zachowały się między Łukowem a Kolonią Karwowen oraz koło: Świdrów, Aleksandrowa i Sarnowa. Całość Lasów Łukowskich włączono do Łukowskiego Obszaru Chronionego Krajobrazu, a ich najcenniejsze fragmenty objęte są od 1933 r. ochroną w rezerwacie „Jata”. Na powierzchni 1116,9 ha (około 20% w granicach terenu opracowania) chroniony jest naturalny, wielogatunkowy las z dużym udziałem bądź dominacją jodły występującej poza północno-wschodnią granicą swojego zasięgu. Bagna i podmokłe łąki w dolinach Krzyny Północnej i Krzyny Południowej są ostoją dla chronionych gatunków fauny i flory.

W Gołaszynie (około 1 km na zachód od szosy Łuków–Siedlce) na powierzchni 8,0 ha utworzono w 1980 r. częściowy rezerwat geologiczny „Kra Jurajska”. Obejmuje on najcenniejszą część kry osadów jurajskich: miąższą (do około 23 m), położoną płytko (miejscami bezpośrednio pod glebą), a przede wszystkim wyjątkowo zasobną w skamieniałe okazy morskiej fauny.

Arkusz Łuków został opracowany w Przedsiębiorstwie Geologicznym „Polgeol” w Lublinie, na podstawie projektu badań geologicznych (Małek, Ładniak, 1995) zatwierdzonego przez Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa decyzją numer KOK/28/96 z dnia 30.05.1996 r. Zdjęcie geologiczne wykonano w latach 2003–2005, w oparciu o opis 1350 punktów dokumentacyjnych (o zagęszczeniu 3–6 punktów/km<sup>2</sup>). Odwiercono 1081 sond ręcznych o głębokości 2,0–4,2 m, 221 sond mechanicznych (WH) o głębokości 4,0–15,0 m (tab. 1) oraz opisano 32 odsłonięcia i 16 wkopów. Zebrano i przeanalizowano bogate archiwalne materiały: wiertnicze, geologiczne i geofizyczne. Na mapie geologicznej wykorzystano 55 profili wierceń archiwalnych (z ogólnej liczby 90). Spośród nich 42 to otwory studzienne, a pozostałe to badawcze wykonane w ramach badań geologicznych Grupy Niżu Polskiego (otw.: 12, 21, 25, 28, 29, 44, 48–50 i 52) bądź w trakcie poszukiwań węgla kamiennego (otw. 16 — zakończony w utworach kambru) i boksytów (otw. 13 i 56 — zakończone w utworach proterozoiku). Istotne znaczenie miały także profile licznych wierceń wykonanych w czasie prac poszukiwawczych za złożami surowców ilastych (w rejonie Łapiguza i Gołaszyna), kruszywa naturalnego (koło: Gręzówki, Świdrów, Malcanowa i Wólki Domaszewskiej) oraz kredy jeziornej (koło: Nurzyny, Sulejów, Gołąbków i Dminina). Cennych informacji na temat budowy geologicznej, m.in. zachodniej części miasta Łuków, dostarczyły badania geofizyczne przeprowadzone w 1970 r. w celu określenia rozprzestrzenienia kier jurajskich.

Wykaz wybranych punktów dokumentacyjnych

Numer punktu		Rodzaj punktu* (według słownika)	Lokalizacja (miejscowość)	Rzędna (m n.p.m.)	Głębokość (m)	Uwagi
na mapie geologicznej	w notatniku terenowym i na mapie dokumentacyjnej					
1	2	3	4	5	6	7
1	N-260	sm	Kolonia Gręzówka	164,7	10,5	badania palinologiczne (dokumentacja osadów interglacjału mazowieckiego)
2	N-270	sm	Celiny	157,5	15,0	przekrój geologiczny A–B
3	N-269	sm	Celiny	154,5	15,0	przekrój geologiczny A–B
4	N-268	sm	Celiny	156,0	15,0	badania palinologiczne (dokumentacja osadów interglacjału mazowieckiego), przekrój geologiczny A–B
5	N-267	sm	Kolonia Nurzyna	154,3	15,0	przekrój geologiczny A–B
6	N-263	sm	Role	158,3	8,0	badania palinologiczne (dokumentacja osadów interglacjału mazowieckiego), przekrój geologiczny A–B
7	N-266	sm	Role	157,3	15,0	przekrój geologiczny A–B
8	N-276	sm	Ławki	164,6	8,0	badania palinologiczne
9	N-279	sm	Myśkowa Górka	164,8	4,5	
10	S-133	so	Kolonia Gołaszyn	166,0	27,7	dokumentacja kry jurajskiej (znaleziska fauny kopalnej), przekrój geologiczny C–D
11	S-125	so	Kolonia Gołaszyn	167,1	12,5	dokumentacja kry jurajskiej, przekrój geologiczny C–D
12	S-127	so	Kolonia Gołaszyn	168,7	6,0	dokumentacja zasięgu występowania kry jurajskiej, przekrój geologiczny C–D
13	S-116	so	Kolonia Gołaszyn	167,1	18,0	dokumentacja zasięgu występowania kry jurajskiej, przekrój geologiczny C–D
14	S-124	so	Kolonia Gołaszyn	166,6	19,5	dokumentacja kry jurajskiej, przekrój geologiczny C–D
15	S-121	so	Kolonia Gołaszyn	165,9	20,0	dokumentacja kry jurajskiej (znaleziska fauny kopalnej), przekrój geologiczny C–D
16	N-285	sm	Łuków	165,5	15,0	
17	N-286	sm	Łuków	164,9	15,0	przekrój geologiczny A–B
18	N-288	sm	Suleje	159,0	15,0	przekrój geologiczny A–B
19	N-289	sm	Suleje	159,7	15,0	przekrój geologiczny A–B
20	N-290	sm	Kolonia Suleje I	165,0	15,0	przekrój geologiczny A–B
21	N-293	sm	Szaniawy-Matysy	159,5	8,0	przekrój geologiczny E–F
22	N-294	sm	Dębowica	160,4	5,0	przekrój geologiczny E–F
23	N-301	sm	Orodzień	165,6	6,0	badania palinologiczne (dokumentacja osadów interglacjału mazowieckiego)
24	N-342	sm	Łuków (Łapiguz)	167,0	15,0	przekrój geologiczny A–B
25	N-319	sm	Szaniawy-Matysy	161,0	8,0	przekrój geologiczny E–F
26	N-323	sm	Józefów (Kolonia Zamek)	161,3	11,0	badania palinologiczne (dokumentacja osadów interglacjału mazowieckiego)
27	N-335	sm	Sięciaszka II (Druga)	162,3	15,0	badania palinologiczne (dokumentacja osadów interglacjału mazowieckiego)
28	N-341	sm	Ryżki	165,3	15,0	przekrój geologiczny A–B
29	N-340	sm	Ryżki	161,9	15,0	badania palinologiczne (dokumentacja osadów interglacjału mazowieckiego), przekrój geologiczny A–B

1	2	3	4	5	6	7
30	N-339	sm	Ryżki	161,8	15,0	przekrój geologiczny A-B
31	N-338	sm	Łuków (Łapiguz)	162,0	15,0	przekrój geologiczny A-B
32	N-347	sm	Świdry	158,5	10,0	badania palinologiczne (dokumentacja osadów interglacjału mazowieckiego)
33	N-351	sm	Krężnica	159,5	15,0	przekrój geologiczny E-F
34	N-352	sm	Aleksandrów	158,0	7,0	przekrój geologiczny E-F
35	N-353	sm	Aleksandrów	157,2	10,0	przekrój geologiczny E-F
36	N-354	sm	Kolonia Łazy II	156,5	6,0	przekrój geologiczny E-F
37	N-369	sm	Jeleniec	155,1	15,0	przekrój geologiczny A-B
38	N-370	sm	Kierzków	162,6	15,0	przekrój geologiczny A-B
39	N-373	sm	Kolonia Kierzków	162,3	15,0	przekrój geologiczny A-B
40	N-372	sm	Czerśl-Poddębie	159,8	7,0	badania palinologiczne (dokumentacja osadów interglacjału mazowieckiego), przekrój geologiczny A-B
41	N-374	sm	Czerśl-Poddębie	164,7	15,0	przekrój geologiczny A-B
42	N-379	sm	Świdry (Kolonia Świdry)	157,4	6,0	badania palinologiczne (dokumentacja osadów interglacjału mazowieckiego)
43	N-383	sm	Jadwisin	164,2	15,0	
44	N-385	sm	Jadwisin	162,4	15,0	
45	N-386	sm	Gołębki	159,5	9,0	badania palinologiczne (dokumentacja osadów interglacjału mazowieckiego)
46	N-397	sm	Gołębki	158,5	15,0	przekrój geologiczny E-F
47	N-387	sm	Dminin-Blekicie	158,0	15,0	przekrój geologiczny E-F
48	N-400	sm	Nowa Gąska	158,3	15,0	przekrój geologiczny A-B
49	N-402	sm	Kolonia Sarnów	160,3	15,0	przekrój geologiczny A-B
50	N-406	sm	Stajki	161,0	15,0	przekrój geologiczny A-B
51	N-419	sm	Sarnów	157,1	10,0	badania palinologiczne (dokumentacja osadów interglacjału mazowieckiego)
52	N-418	sm	Świderki	159,5	7,0	badania palinologiczne (dokumentacja osadów interglacjału mazowieckiego)
53	N-423	sm	Szczygły Górne	162,1	12,0	badania palinologiczne (dokumentacja osadów interglacjału mazowieckiego)
54	N-433	sm	Kolonia Domaszewska (Domaszki)	157,1	13,5	badania palinologiczne (dokumentacja osadów interglacjału mazowieckiego)
55	N-437	sm	Domaszewnica	152,0	15,0	badania palinologiczne (dokumentacja osadów interglacjału mazowieckiego)

\*sm — sonda mechaniczna, so — sonda surowcowa

W roku 2003, zgodnie z zatwierdzonym projektem, firma „Szat-Kor” z Krosna wykonała cztery pełnordzeniowe otwory badawcze (kartograficzne) zakończone w utworach neogenu: Sarnów-1 (otw. 58 — głębokość 69,5 m) i Łapiguz-2 (otw. 22 — głębokość 82,0 m); oraz paleogenu: Łuków-3 (otw. 11 — głębokość 89,5 m) i Celiny-4 (otw. 3 — głębokość 83,2 m). W celu przewiercenia i zbadania osadów interglacjału ferdynandowskiego wykonano dodatkowy otwór Łuków-3a (otw. 43) zakończony w utworach czwartorzędu na głębokości 40,0 m.

Badania geofizyczne (geoelektryczne) na potrzeby arkusza Łuków przeprowadził „Geoserwis” z Warszawy (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004). Wykonano trzy ciągi sondowań o łącznej długości 32,7 km i 164 punktach pomiarowych (dwa wzdłuż linii głównego przekroju geologicznego A–B, z wyłączeniem zabudowy miasta Łuków, i jeden wzdłuż linii dodatkowego przekroju geologicznego E–F). Wyniki badań geofizycznych pozwoliły na dokładniejszą interpretację morfologii i głębokości zalegania stropu osadów starszych od czwartorzędowych (neogenu, paleogenu i kredy). W nieco mniejszym stopniu znalazły zastosowanie przy rozpoziomowaniu osadów czwartorzędowych, choć miejscami stanowiły główne źródło informacji o budowie geologicznej (niewielka liczba otworów wzdłuż linii przekroju E–F).

Standardowe badania litologiczno-petrograficzne na 155 próbkach osadów pobranych z rdzeni wiertniczych wykonano w laboratoriach Przedsiębiorstwa Geologicznego „Polgeol” w Łodzi i Warszawie (Przybylska, 2005). Opracowanie specjalistyczne z zakresu litologii i petrografii osadów czwartorzędowych opiniowała K. Kenig z Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie.

W celu określenia pozycji stratygraficznej osadów organogenicznych wykonano, w Zakładzie Geografii Fizycznej i Paleogeografii UMCS w Lublinie, ekspertyzy palinologiczne 101 próbek pobranych z otworów kartograficznych oraz wierceń wykonanych sondą mechaniczną w 17 miejscowościach (Pidek, 2004, 2005). Badania palinologiczne utworów neogeńskich i paleogeńskich (12 próbek), rozpoznanych w profilach czterech wierceń kartograficznych, wykonano w Instytucie Nauk Geologicznych Polskiej Akademii Nauk w Krakowie (Gedl, 2004).

Na 12 próbkach osadów czwartorzędowych pochodzących z otworów kartograficznych oznaczono wiek bezwzględny metodą termoluminescencyjną (TL) (Kusiak, 2004). Próbki reprezentowały m.in. jeziorne serie interglacjalne oraz osady zastoiskowe i rzeczno-peryglacjalne od zlodowacenia Sanu 1 do interglacjału mazowieckiego (włącznie), a otrzymane wyniki oscylują w granicach od  $521 \pm 130$  do  $1060 \pm 392$  ka BP. Są więc w większości zawyżone (trzy wyniki uznano za całkowicie błędne).

Poza projektem, dla 87 próbek pobranych z otworu Łuków-3 (otw. 11) i 51 próbek z otworu Celin-4 (otw. 3), wykonano analizę obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziarn kwarcu frakcji piaskowej o średnicy 0,8–1,0 mm (Woronko, Bujak, 2005). Te dodatkowe badania pozwoliły dokładniej scharakteryzować środowisko, w jakim akumulowane były omawiane osady.

Pierwsze prace z zakresu geologii czwartorzędu, omawiające badany obszar, znajdują się w opracowaniach ogólnych i regionalnych dotyczących Podlasia, Mazowsza i terenów sąsiednich. Najstarsze z nich pochodzą z początku XX w. i dotyczą morfologii i paleogeografii czwartorzędu (Samsonowicz, 1922; Sawicki, 1922; Wołosowicz, 1922; Lencewicz, 1927; Zaborski, 1927; Chelińska, Zaborski, 1924) oraz budowy podłoża podczwartorzędowego (Lewiński, Samsonowicz, 1918; Zierhoffer, 1925). Bezpośrednio na obszarze arkusza Łuków prace geologiczne zapoczątkowano w związku z odkryciem i badaniem kry jurajskiej (Krištafovič, 1896; Rychłowski, 1905; Lewiński, Samsonowicz, 1918; Łuniewski, Świdziński, 1929).

Pierwsze ujęcie kartograficzne omawianego obszaru przedstawiono na arkuszu Radom Przegładowej mapy geologicznej Polski w skali 1:300 000 (Rühle, 1947, 1955a). Wiercenia badawcze wykonane w południowej części niecki mazowieckiej, przez Grupę Niziu Polskiego w latach 1949–1952 (Wydział Geologii Regionalnej Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie), dostarczyły wielu ważnych informacji dotyczących osadów czwartorzędowych oraz ich podłoża (Rühle, 1954, 1955b, 1968, 1969, 1970). Dziesięć spośród tych wierceń zlokalizowanych jest na obszarze arkusza Łuków (otw.: 12, 21, 25, 28, 29, 44, 48–50 i 52). Interpretacja stratygraficzna przewierconych osadów, zaproponowana przez Rühlego (1969, 1970), w znacznej części nie odpowiada wymogom Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, dlatego została zmodyfikowana.

Dalszy rozwój badań geologicznych nastąpił w latach 60-ych i 70-ych ubiegłego wieku, w związku z opracowaniem arkusza Łuków Mapy geologicznej Polski w skali 1:200 000 (Mojski, 1971, 1972a, b). Zagadnieniami stratygrafii czwartorzędu na obszarach przyległych zajmowali się m.in.: Mojski (1969), Rühle (1970), Nowak (1969), Ruszczyńska-Szenajch (1976), Baraniecka i inni (1978) oraz Lindner, Maruszczak i Wojtanowicz (1985). Osady preglacjału były przedmiotem badań m.in.: Kosmowskiej-Ceranowicz (1966), Baranieckiej (1975, 1991) i Makowskiej (1976). Stratygrafię podłoża czwartorzędu (neogenu i paleogenu) przedstawili m.in.: Odrzywolska-Bieńkowa i inni (1979), Piwoczek i Ziemińska-Tworzydło (1995), Ważyńska z zespołem (1998) oraz Peryt i Piwoczek z zespołem (2004); w tym dla południowego Mazowsza: Baraniecka (1995) i Słodkowska (2004). Stratygrafię mikropaleontologiczną kredy górnej wiercenia w Łukowie opracowała Witwicka (1961). Kluczowe znaczenie dla stratygrafii osadów czwartorzędowych miało udokumentowanie stanowisk interglacjalnych w: Łukowie (Sobolewska, 1969), Ferdynandowie (m.in.: Janczyk-Kopikowa, 1975, 1991; Rzechowski, 1996), Zdanach (Pidek, 2000, 2003; Małek, 2004a, b), Wylezinie (Rühle, 1968; Krupiński i in., 2004), Kosiorkach (Krupiński, 1993; Żarski, 2007a, b), Staninie, Aleksandrówce i Kolonii Guzówce (Pidek, 2002; Małek, Buczek, 2005a, b) oraz w kilkunastu innych miejscach na Równinie Łukowskiej (Małek, Pidek, 2007) i Wysoczyźnie Żelechowskiej (m.in.: Kupryjanowicz i in., 2003; Żarski i in., 2005).

Problemem kry jurajskiej w Łukowie zajmowali się m.in.: Jahn (1950), Morawski (1954, 1955), Kosmulska (1973), Krasowski i Wrona (1984), Mizerski (1981, 1983, 1989), Mizerski i Szamałek (1985) oraz Gałązka (2003).

Syntetyczny obraz stratygrafii plejstocenu tej części Podlasia i Mazowsza przedstawili: Mojski z zespołem (1972c), Mojski (1984), Baraniecka i inni (1978), Nitychoruk (1995), Krupiński (1996, 2000), Żarski (2002) i Lindner (2005); w tym zlodowacenia Warty: Marks (2004), Harasimiuk, Szwajgier i Terpiłowski (2004) oraz Wojtanowicz (2004) i Żarski (2004). Petrografią glin zwałowych tej części Polski zajmowali się m.in.: Gronkowska, Kenig i Rzechowski (1968) oraz Lisicki (2003a,

b); a badaniami cech strukturalnych (obtoczenie i zmatowienie kwarcu) osadów czwartorzędowych: Mycielska-Dowgiałło i Woronko (1998).

Najnowsze prace geologiczno-stratygraficzne, wykonane w bezpośrednim sąsiedztwie obszaru arkusza Łuków, związane są z realizacją Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000 — arkusze: Skórzec (Wodyk, 2004a, b), Siedlce Południe (Małek, 2004a, b), Stoczek Łukowski (Baraniecka, Gadomska, 2001, 2003), Okrzeja (Żarski, 2007a, b) Adamów (Żarski, 2007c), Kąkolewnica (Szymański, Buła, 1999a, b), Krzesk (Brzezina, 2000a, b), Stanin (Małek, Buczek, 2005a, b) i Radzyń Podlaski (Buła, Małek, 2001a, b).

## II. UKSZTAŁTOWANIE POWIERZCHNI TERENU

Według regionalizacji fizycznogeograficznej Kondrackiego (2002) cały obszar objęty arkuszem Łuków należy do mezoregionu Równiny Łukowskiej, jednostki położonej w środkowej części Niziny Południowopodlaskiej.

W granicach terenu badań najwyżej położone miejsce (około 177 m n.p.m.) to szczyt jednej z wydm, rozwiniętej na równinie wodnolodowcowej na zachód od Grzędówki. Na południu obszaru arkusza, koło Zofiboru, w miejscu ujścia rzeki Samicy do Bystrzycy, powierzchnia terenu położona jest najniżej — 149,5 m n.p.m. Deniwelacje wynoszą najczęściej około 3–5 m, tylko w zachodniej części obszaru badań miejscami dochodzą do około 10 m.

Południową i środkową część obszaru arkusza stanowi wysoczyzna morenowa p ł a s k a (wysokości względne do 2 m, nachylenie do 2°). Rozcinają ją liczne, na ogół wąskie d o l i n k i, w większości suche lub okresowo prowadzące wodę, o długości do kilku kilometrów (tabl. I). Dość wyrównana, przykryta płaszczem osadów zwietrzelinowo-eolicznych, powierzchnia wysoczyzny kształtuje się najczęściej na wysokości około 157–164 m n.p.m. Najwyżej położona jest w części środkowo-zachodniej obszaru arkusza (w okolicach Dąbia i Sięciaszki I) — na wysokości około 165–169 m n.p.m. Obniża się w kierunku wschodnim (do około 157–158 m n.p.m. koło Celin i Kolonii Karwowa) oraz południowym (do około 160–162 m n.p.m. koło Sarnowa i Wólki Domaszewskiej oraz około 156–158 m n.p.m. w rejonie Sętek i Kolonii Stoku). W kierunku równin wodnolodowcowych i dolin: Bystrzycy, Samicy, Krzny Południowej i Stanówki, wysoczyzna opada łagodnymi d ł u g i m i s t o k a m i. Na nisko położonych, przydolinnych fragmentach wysoczyzny, koło: Kolonii Domaszewskiej, Kolonii-Domaszewnicy, Kępek, Turzych Rogów, Szaniaw-Matysów i Łazów, występują cienkie (miąższość do 1,4–1,7 m) pokrywy utworów wodnolodowcowych.

Na północ od doliny Krzny Północnej (koło: Sulejów, Wólki Świątkowej, Zagórza i Grzędówki) oraz na południe od Krzny Południowej (koło Sięciaszki I i Aleksandrowa) wysoczyznę morenową

urozmaicają silnie zdenudowane m o r e n y c z o ł o w e a k u m u l a c y j n e . Są to pojedyncze pagórki (podrzędnie niewielkie ich grupy) o kształtach wydłużonych generalnie równoleżnikowo i długości najczęściej do 0,5–0,8 km, tylko koło Sulejów i Sięciaszki I do 1,5 km. Wysokości względne dochodzą przeważnie do 2,5–3,5 m, sporadycznie do około 5 m. Ich kulminacje sięgają do około 171–173 m n.p.m. (koło Sięciaszki I i Gręźówki) oraz około 161–164 m n.p.m. (koło Aleksandrowa i Sulejów).

Na wysoczyźnie bądź w jej sąsiedztwie zachowały się z a g ł ę b i e n i a p o w s t a ł e p o m a r t w y m l o d z i e i liczne niewielkie obniżenia wytopiskowe. Mają najczęściej średnicę do 0,6–0,8 km. Takie formy stwierdzono m.in. koło: Szaniaw-Matysów, Aleksandrowa, Rzymów-Lasu, Ostrówka, Rzymów-Rzymków i Świdrów. Większe zagłębienia wytopiskowe (o średnicy 1,5–2,5 km) występują koło: Turzych Rogów, Dąbia i Gręźówki. Mają charakter z a g ł ę b i eń k oń c o w y c h ( w y t o p i s k o w y c h ) . Są to płytkie obniżenia o na ogół płaskich, niekiedy podmokłych dnach położonych około 2–3 m poniżej powierzchni otaczającego terenu (na wysokości około 157–163 m n.p.m.). W obrębie niecek wytopiskowych rzek Krzna Południowa i Bystrzyca uformowały szerokie odcinki swoich dolin, z fragmentami tarasów akumulacyjnych nadzalewowych i szerokimi równinami zalewowymi.

W północnej i wschodniej (od Gręźówki, przez okolice Wólki Zagórnej i Łukowa, do rejonu Turzych Rogów i Aleksandrowa) części terenu badań zachowały się rozległe r ó w n i n y s a n d r o w e i w o d n o l o d o w c o w e w o g ó l n o ś c i . Tworzą je piaszczyste i piaszczysto-żwirowe osady powstałe w czasie recesji lądolodu zlodowacenia Warty. Powierzchnia sandru obniża się w kierunku południowo-wschodnim (od około 177 m n.p.m. w rejonie Gręźówki do około 160 m n.p.m. koło Celin i Aleksandrowa). Mniejsze płyty osadów wodnolodowcowych znajdują się w okolicach: Czerśli, Świdrów, Jeleńca i Kolonii Domaszewskiej, oraz wzdłuż dolin: Bystrzycy, Samicy, Krzny Południowej i Krzny Północnej, które były ważnymi szlakami odpływu wód z topniejącego lądolodu zlodowacenia Warty.

W krajobrazie okolic: Dąbia, Gręźówki, Wólki Zagórnej, Klimek, Zapowiednika, Turzych Rogów, Kolonii Łazów II i Świdrów, a także wzdłuż doliny Bystrzycy zaznaczają się w y d m y . Są to najczęściej podłużne ciągi o kierunku WNW–ESE (długości przeważnie do około 1 km, jedynie w rejonie Wólki Zagórnej i Dąbia do około 2–2,5 km), a koło Gręźówki i Klimek występują wydmy paraboliczne. Najwyższe z nich osiągają wysokość do około 6 m (Łysa Góra koło Gręźówki, wydmy koło Klimek), większość ma około 3–4 m wysokości względnej. Wydmom towarzyszą miejscami rozległe (np. między Gręźówką a Klimkami i wokół Zapowiednika) r ó w n i n y p i a s k ó w p r z e w i a n y c h .

D n a d o l i n r z e c z n y c h rozcinają omawiany obszar w trzech kierunkach: zbliżonym do równoleżnikowego (doliny Krzny Północnej i Krzny Południowej), na linii NW–SE (doliny Bystrzycy i Stanówki) oraz prawie południkowym (dolina Samicy). Układ sieci rzecznej nawiązuje do szlaków odpływu wód roztopowych z okresu deglacjacji zlodowacenia Warty oraz do systemu obniżzeń

wytopiskowych. Ich szerokość jest na ogół niewielka, wynosi 0,1–0,3 km, tylko dolina Bystrzycy (poniżej ujścia Wilkojadki) ma szerokość 0,5–0,8 km, a dolina Krzny Południowej (poniżej Łukowa) osiąga miejscami do 1,2–1,4 km. W dolinach: Bystrzycy, dolnej Samicy, Krzny Południowej i Krzny Północnej poniżej Wólki Świątkowej występuje **t a r a s a k u m u l a c y j n y n a d z a l e w o w y**. Jego powierzchnia wznosi się od 1,5 do 5,0 m n.p. rzek, a szerokość dochodzi, miejscami w dolinach Krzny Południowej i Bystrzycy, do 0,5 km (najczęściej wynosi 0,1–0,2 km).

Formy utworzone przez roślinność na obszarze arkusza Łuków reprezentowane są przez **r ó w n i n y t o r f o w e**. Występują one głównie w dolinach rzek (największe w dolinach Krzny Południowej i Bystrzycy) oraz w rozległym wytopisku między Dąbiem i Józefowem a Sięciaszką II.

Formy antropogeniczne to zespoły **s t a w ó w** w dolinie Bystrzycy (w Jeleńcu, Sarnowie i Zofiborze) oraz zalew rekreacyjny w dolinie Krzny Południowej (w Zimnej Wodzie). Wzdłuż doliny Samicy znajduje się kilkanaście dużych **p i a s k o w n i - ż w i r o w n i i p i a s k o w n i**, w których prowadzi się eksploatację kruszywa naturalnego. Po zakończeniu wydobywania zamieniane są na stawy bądź kąpieliska. Niezrekultywowane, zalane wodą są także wyrobiska dawnej kopalni iłów jurajskich „Łapiguz”.

Obszar arkusza Łuków znajduje się w granicach dorzeczy: Bugu (część północna i środkowo-wschodnia, odwadniana przez Krznię Południową i Krznię Północną) i Wieprza (część południowa i środkowo-zachodnia, odwadniana przez Bystrzycę z Wilkojadką, Samicą i Stanówką). Pomimo położenia w strefie wododziałowej nie stwierdzono na omawianym terenie źródeł. Samica, Stanówka i Krzna Północna biorą początek z torfowisk i zabagnionych obszarów źródliskowych zlokalizowanych najczęściej w zagłębieniach bezodpływowych. Największe rzeki: Krzna Południowa i Bystrzyca, charakteryzują się spadkami odpowiednio: 1,2 i 1,4‰. Koryta wszystkich rzek zostały uregulowane. Dna dolin rzecznych wypełnione są namułami i torfami. W zdecydowanej większości zostały zmeliorowane — pocięte gęstą siecią rowów i kanałów. W miarę naturalny charakter rzeki meandrującej, ze starorzeczami, zachowała Bystrzyca, poniżej mostu w Świderkach.

### **III. BUDOWA GEOLOGICZNA**

#### **A. STRATYGRAFIA**

Stratygrafia osadów kenozoicznych, występujących na obszarze objętym arkuszem Łuków, jest rezultatem szczegółowego zdjęcia geologicznego, wykonanych specjalnie na potrzeby mapy wierceń kartograficznych (Celiny-4 — otw. 3, Łuków-3 — otw. 11, Łapiguz-2 — otw. 22, Łuków-3a — otw. 43 i Sarnów-1 — otw. 58) oraz sond mechanicznych i ręcznych. Wykorzystano także profile otworów archiwalnych (badawczych, hydrogeologicznych i surowcowych), przeprowadzając dla nich analizę poziomów litostratygraficznych wzdłuż linii trzech przekrojów geologicznych: A–B, C–D (**tabl. II**) i E–F (**tabl. III**).

Opracowanie stratygraficzne dotyczy przede wszystkim utworów czwartorzędowych, w mniejszym zakresie osadów ich podłoża: neogeńskiego, paleogeńskiego i górnokredowego. Profil geologiczny utworów starszych od czwartorzędu przedstawiono, w sposób uproszczony, na [tablicy IV](#). Wykonano go na podstawie głębokich wierceń poszukiwawczych: Łuków IG-5 (otw. 16) i Łuków IG-3 (otw. 56), zakończonych odpowiednio w utworach: kambriu (na głębokości 1400,0 m) i proterozoiku (na głębokości 1285,0 m). Omawiany profil uzupełniono informacjami dotyczącymi neogenu i paleogenu, pochodzącymi z archiwalnych wierceń hydrogeologicznych (otw.: 1, 5, 26 i 35) i badawczego (otw. 16).

Najstarsze skały nawiercone na tym obszarze to neoproterozoiczne diabazy (głębokość stropu 1255,2 m — otw. 56). Na nich leżą iłowcowo-mułowcowo-piaskowcowe serie z pokładami węgla kamiennego, o łącznej miąższości 354,4 m, reprezentujące karbon od wizenu (karbon dolny) do westfalu (karbon górny) włącznie (otw. 56). W zachodniej części terenu badań najstarsze nawiercone skały to kambryjskie piaskowce (głębokość stropu 1309,2 m — otw. 16), na których leżą dolomity, wapienie i iłowce ordowiku i syluru o zbliżonej miąższości (odpowiednio: 48,6 i 49,8 m). Na nich zachowały się iłowcowo-mułowcowe, podrzędnie piaskowcowe osady karbonu, z pokładami węgla kamiennego, o zredukowanej miąższości (173,1 m) i profilu — stwierdzono tylko utwory namuru i westfalu (otw. 16). Utwory permu dolnego (czerwony spagowiec) to głównie piaskowce i zlepieńce, a permu górnego (cechsztyn) — iłowce, piaskowce i mułowce, podrzędnie wapienie (łącznie 46,9–61,7 m). Piaskowce przeławiczone iłowcami i mułowcami, o miąższości 42,9–111,2 m, należą do pstrego piaskowca. Jurę reprezentuje dość miąższy (250,9 m — otw. 16) i jednorodny kompleks wapieni oolitowych i pelitycznych, zaliczonych do oksfordu (jura górna), z cienką (18,7 m — otw. 16) warstwą piaskowców, mułowców i iłowców batonu i keloweju (jura środkowa) w spągu. Na skałach jury górnej niezgodnie zalegają utwory kredy (od albu do mastrychtu) o łącznej miąższości od 437,5 m (otw. 56) w Gołąbkach do 442,2 m (otw. 16) w Dąbiu. Są to morskie osady węglanowe (głównie wapienie i margle, w stropie kreda pisząca), jedynie alb reprezentowany jest przez prawie 10,0-metrowej miąższości warstwę piasków glaukonitowych i margli piaszczystych z glaukonitem i konkrecjami fosforytów.

## **1. Kreda**

### **a. Kreda górna**

#### **Mastrycht**

##### **Mastrycht górny**

Na obszarze arkusza Łuków sedymentację kredy górnej kończą utwory mastrychtu górnego, których dokładna miąższość (84,7 m) jest znana tylko z jednego profilu (otw. 29 — północna część Łukowa) (Witwicka, 1961). W pozostałych trzech głębokich otworach poszukiwawczych (otw.: 13, 16 i 56) przewiercono cały zachowany w tym rejonie profil osadów kredy (od albu do mastrychtu włącznie), ale nie

wykonano dokładnych badań paleontologicznych. Wiadomo jedynie, że utwory mastrychtu mają w tym rejonie miąższość od około 125 (otw. 29 — nie przewiercono) do 143,0 m (otw. 16). Poza wyżej wymienionymi profilami utwory stropu mastrychtu górnego nawiercono w pięciu otworach studziennych na terenie Łukowa (otw.: 26, 30, 31, 35 i 42).

Szarobiałe margle z wkładkami kredy piszącej i opok, zaliczone do mastrychtu górnego, stanowią podłoże osadów paleogenu, a w rejonie Strzyżewa i Matysów prawdopodobnie występują bezpośrednio pod utworami czwartorzędowymi — na wysokości około 70–90 m n.p.m. (tabl. V). Odślaniają się w dnie i zboczach kopalnego obniżenia, które zostało udokumentowane na sąsiadującym od wschodu obszarze arkusza Kąkolewnica. Wyniki badań geofizycznych wykonanych na potrzeby arkusza Łuków, na linii Gołąbki–Aleksandrów–Turze Rogi–Kolonia Karwów (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004), wskazują, że wspomniane kopalne obniżenie zostało tu całkowicie wypełnione miąższą serią osadów paleogenu i neogenu (tabl. III). W żadnym spośród 95 profili odwierconych na obszarze opracowania nie stwierdzono bezpośredniego zalegania osadów czwartorzędowych na skałach kredowych.

Strop utworów mastrychtu górnego stwierdzono na wysokości od 14,5 (otw. 16 — Dąbie) i 26,5 (otw. 56 — Gołąbki) do 37,6–49,9 m n.p.m. w Dębownicy i Łukowie (otw.: 13, 26, 30, 31, 35 i 42).

W badaniach geofizycznych margle stropu mastrychtu zaznaczają się dość wyraźnie i wiązać je należy z ciągłym poziomem o niskich oporach (20–44  $\Omega$ m) (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004). We wschodniej części obszaru arkusza (wzdłuż linii przekroju geologicznego E–F — tabl. III) powierzchnia ta występuje na dość wyrównanej wysokości, około 50 m n.p.m., z obniżeniem w rejonie Turzych Rogów (do około 34 m n.p.m.) i Gołąbków (do około 25 m n.p.m.). Strop margli mastrychtu obniża się także od Łukowa (około 50 m n.p.m.) do Celin (około 25 m n.p.m.).

## 2. Paleogen

### a. Paleocen

#### Paleocen dolny

Morskie utwory paleocenu dolnego reprezentowane są przez zróżnicowane litologicznie osady, spośród których najczęściej występują: margle, iły wapniste, rumosze i zlepione skał wapiennych, miejscami z конкреcjami fosforytów. Podrzędnie spotykane są także gezy i opoki (otw. 16), piaskowce margliste (otw. 35) i gliniaste zwietrzliny kredowe (otw. 26). Utwory te zostały stwierdzone w ośmiu wierceniach archiwalnych zlokalizowanych na zachodnim i północno-wschodnim obrzeżu Łukowa (otw.: 21, 24, 26, 28, 29, 35, 42 i 44) oraz w jednym w Dąbiu (otw. 16). Cały profil osadów paleoceńskich przewiercono w pięciu z nich (otw.: 16, 26, 29, 35 i 42). Ich miąższość wynosi tam od 1,5 (otw. 42) do 21,8 (otw. 29) i 34,5 m (otw. 16). W archiwal-

nym profilu badawczym (otw. 29) wiek omawianych osadów określono na podstawie braku otwornic przewodnich dla mastrychtu (Witwicka, 1961). W pozostałych profilach archiwalnych utwory te nie były badane paleontologicznie. Ich strop położony jest na wysokości od 42,1 (otw. 26) do 63,5 m n.p.m. (otw. 35). Osady te przykryte są utworami eocenu górnego bądź bezpośrednio oligocenu dolnego. Na obszarze arkusza Łuków nie stanowią bezpośredniego podłoża czwartorzędu.

## b. E o c e n

### Eocen górny

Morskie osady eocenu przewiercono w pięciu archiwalnych otworach zlokalizowanych w zachodniej (otw.: 21, 26, 28 i 29) i północno-wschodniej (otw. 42) części Łukowa. Są to zielonoszare i ciemnoszare iły wapniste z krzemieniami i konkrecjami fosforytów oraz zielone mułki glaukonitowe o miąższości od 1,6 (otw. 29) do 5,0 m (otw. 26). Strop tych osadów występuje na wysokości od 47,1 (otw. 26) do 54,9 m n.p.m. (otw. 42). Na obszarze arkusza Łuków omawiane utwory nie były badane laboratoryjnie. Ich wiek przyjęto ze względu na podobieństwo litologiczne do udokumentowanych osadów górnoeoceńskich w profilach: Rudnik (ark. Kąkolwnica), Gołowierzchy (ark. Krzesk) oraz Branica Radzyńska, Antonina i Zgórkowa (ark. Radzyń Podlaski — Uberna, Odrzywolska-Bieńkowska, 1977). Na eoceński wiek tych osadów wskazywali również Rühle (1969) i Mojski (1971). Utwory eocenu górnego na badanym obszarze nie występują bezpośrednio w podłożu czwartorzędu (zachowały się pod osadami oligoceńskimi).

## c. O l i g o c e n

### Oligocen dolny

W 26 otworach zlokalizowanych na terenie Łukowa oraz w jego zachodnim i północno-wschodnim otoczeniu stwierdzono morskie osady oligoceńskie. W Łukowie (otw.: 21, 24, 26, 28–31, 35, 42 i 44) oraz Dąbiu (otw. 16) przewiercono cały ich profil o miąższości od 1,6 (otw. 29) do 27,1 m (otw. 30). Według badań geofizycznych ogólną miąższość piaszczysto-mułkowych osadów oligoceńskich (o oporach 21–100  $\Omega$ m, lokalnie do 157–175  $\Omega$ m) można oszacować na około 25–35 m, tylko we wschodniej części obszaru arkusza (wzdłuż linii przekroju geologicznego E–F — [tabl. III](#)) od około 30 do ponad 60,0 m koło Gołąbków (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004). Najczęściej osady oligoceńskie osiągają nieco ponad 20,0 m. Przeważnie podścielone są cienką warstwą osadów górnoeoceńskich, nieco rzadziej dolnopaleoceńskich, a najczęściej (otw.: 30, 31 i 35 w Łukowie) leżą bezpośrednio na marglach mastrychtu górnego. Pod względem litologicznym są to najczęściej p i a s k i g l a u k o n i t o w e i k w a r c o w e z p r z e w a r s t w i e n i a m i m u ł k ó w, sporadycznie iły piaszczyste, glaukonitowe (otw. 21 i 50), gezy kruche (otw. 21) i piaszkowce margliste (otw. 35). Wśród piasków

dominują drobnoziarniste, często pyłowate, tylko lokalnie, np. w Zimnej Wodzie (otw. 5) i Ławkach (otw. 4), grubo- i średnioziarniste. Spotykane są wśród nich żwiry białego kwarcu w postaci przewarstwień i w spągowym bruku razem z okruchami kwarcu, krzemieni i fosforytów (otw. 28 i 29). Dość często występują wkładki i cienkie przewarstwienia mułków, mułków piaszczystych i iłów piaszczystych. W zależności od zawartości glaukonitu zabarwienie osadów zmienia się od szarego do ciemnozielonego (występuje najczęściej).

Strop osadów oligoceńskich ma najbardziej zróżnicowaną hipsometrię na terenie Łukowa i w jego bliskiej okolicy. Wznosi się od 57,2 (otw. 44 — Zapowiednik) do 90,2 (otw. 5 — Zimna Woda) i 98,0 m n.p.m. (otw. 19 — Łuków, Łapiguz). Na pozostałym obszarze arkusza powierzchnia ta jest bardziej wyrównana, na co wskazują także wyniki sondowań geoelektrycznych, wykonanych wzdłuż linii przekrojów geologicznych A–B i E–F (tabl. III). Na południowy zachód od Łukowa strop osadów oligoceńskich ukształtował się na wysokości około 60–75 m n.p.m. Nieco wyżej położony jest w północno-wschodniej (około 80 m n.p.m.) i wschodniej (około 80–90 m n.p.m.) części terenu opracowania. W powierzchni tej zaznaczają się kopalne obniżenia, które stwierdzono koło: Sarnowa (około 45–50 m n.p.m.), Celin i Turzych Rogów (około 65–70 m n.p.m.) oraz Zapowiednika (około 55–60 m n.p.m.).

Osady oligoceńskie nawiercono i zbadano w dwóch otworach kartograficznych (tabl. VI), w Łukowie-3 (otw. 11) i Celinach-4 (otw. 3). W Łukowie pod utworami miocenu środkowego, na głębokości 88,1–89,5 m (75,4–76,8 m n.p.m.), występują średnioziarniste piaski kwarcowo-glaukonitowe, ku spągowi przechodzące w drobnoziarniste, glaukonitowe, o barwie zielonej. Osady te są średnio wysortowane, bezwapniste. Ziarna kwarcu są słabo obtoczone ( $R = 1,08$ ). We frakcji 0,5–1 mm przeważają błyszczące (92,1%) ziarna kwarcu (78,2%), sporo jest także okruchów skał krystalicznych (9,7%). We frakcji ciężkiej dominują minerały nieprzezroczyste (75,0%), przy znacznym udziale glaukonitu (16,9%). Pośród nielicznych minerałów przezroczystych najwięcej jest odpornych na niszczenie turmalinów (42,8%) i staurolitu (35,7%) (Przybylska, 2005). Badania palinologiczne (jedna próbka z głębokości 89,2 m) wykazały, że omawiane osady powstały we wczesnym oligocenie, w środowisku morskim, przybrzeżnym, o dużych wpływach lądowych (dostawa wody słodkiej oraz obecność fitoplanktonu słodkowodnego obok morskiego) (Gedl, 2004).

W otworze kartograficznym Celiny-4 (otw. 3), na głębokości 76,8–83,2 m (74,4–80,8 m n.p.m.), występują piaski drobnoziarniste i pyłowate, szarzielone, glaukonitowo-kwarcowe, z przewarstwieniami iłów ciemnoszarych i mułków szarych. W górnej części profilu (powyżej głębokości 80,0 m) przechodzą w gruboziarniste, kwarcowe piaski szare z kilkoma laminami iłów brązowych oraz okruchami węgla brunatnego i kawałkami drewna. Badania litologiczno-petrograficzne wykazały, że omawiane osady charakteryzują się słabym, odcinkami dobrym wysortowaniem. Są bezwapniste. Kwarc jest słabo obtoczony ( $R = 0,88–1,18$ ). We frakcji 0,5–1 mm przeważają błyszczące (do 98,7%) ziarna kwarcu (od

77,1 do 97,8% w stropie warstwy). Dużo jest okruchów piaskowców (do 22,4%). W składzie minerałów ciężkich dominują nieprzezroczyste (do 97,3%), z dużym udziałem glaukonitu (do 32,9% w spagu warstwy). Pośród minerałów przezroczystych najwięcej jest odpornych na niszczenie: granatów (do 50,0%), turmalinów (do 38,4%) i staurolitu (do 34,8%) (Przybylska, 2005). Z opisanych osadów na potrzeby badań palinologicznych pobrano trzy próbki (głębokość: 79,9; 81,7 i 83,1 m). Wynika z nich, że opisywane piaski powstały we wczesnym oligocenie, w środowisku płytkomorskim (o dużych wpływach lądowych), a nawet brackicznym-przybrzeżnym (próbka z głębokości 79,9 m) (Gedl, 2004).

Bezpośrednio pod utworami czwartorzędu osady oligoceńskie występują w najgłębszych fragmentach kopalnych dolin rozcinających obszar arkusza Łuków. Dokumentują to profile zlokalizowane w północnej części Łukowa (otw.: 31, 38 i 40) oraz na jego wschodnim obrzeżu — w Zapowiedniku (otw. 42 i 44). Nieco płytsze obniżenia występują w północnej i północno-wschodniej (otw. 3) części terenu badań. Odsłaniające się w nich, pod czwartorzędem, utwory oligoceńskie (eoceneo-oligoceneo), podobnie jak zaznaczone wzdłuż wschodniej i północnej granicy obszaru opracowania, mają dokumentację na terenach arkuszy: Siedlce Południe (profil Nowe Okniny), Krzesk (profil Gołowierzchy) oraz Kąkolewnica (profile Sawki i Zosinowo).

### 3. Neogen

#### a. Miocen

Na większości badanego obszaru, poza wąskim pasem wzdłuż jego wschodniej granicy oraz dnami kopalnych dolin w Łukowie i przy granicy północnej, utwory miocenu stanowią bezpośrednie podłoże osadów czwartorzędu. W środkowo-zachodniej i południowej części badanego terenu, a także od Turzych Rogów do Sulejów i w centrum Łukowa są to utwory miocenu środkowego. W środkowej (otoczenie Łukowa) i północno-zachodniej części obszaru arkusza wyróżniono z kolei osady miocenu górnego.

#### Miocen środkowy

Piaski kwarcowe, iły i mułki z wkładkami węgla brunatnego, reprezentujące jeziorno-bagienną fację miocenu środkowego, udokumentowano w trzech wierceniach kartograficznych: Łuków-3 (otw. 11), Łapiguz-2 (otw. 22) i Sarnów-1 (otw. 58). Ponadto przewiercono je bądź nawiercono ich strop w ponad połowie otworów archiwalnych.

Na obszarze arkusza Łuków zaznaczają się dwa wyniesienia w stropie osadów środkowioceńskich. Wyższe (strop od 120,0 do 123,7 m n.p.m. — odpowiednio otw. 59 i 54) i bardziej rozległe jest zlokalizowane w południowej części badanego terenu, w rejonie: Malcanowa, Kolonii Domaszewskiej, Domaszewnicy i Sętek. Jego kulminacje znajdują się na przylegającym od południa obszarze arkusza Adamów. Znacznie mniejsze i niższe (strop do około 115 m n.p.m.) zostało wyinterpretowane koło Turzych Rogów i Dębownicy na podstawie badań geoelektrycznych (Jagodzińska, Kalitiuk,

2004). Poza wymienionymi obszarami stosunkowo wysoko (od 100,2 do 107,3 m n.p.m.) strop utworów miocenu środkowego stwierdzono w: zachodnich dzielnicach Łukowa (otw.: 19, 20, 22, 24, 25 i 49), Zimnej Wodzie (otw. 5) i Sarnowie (otw. 58). Najniżej (od 72,2 do 78,8 m n.p.m.) strop tych osadów występuje w centrum Łukowa, gdzie odsłaniają się one w zboczach kopalnego obniżenia sięgającego do utworów oligocenu (otw.: 9, 29, 32 i 37). Miąższość osadów miocenu środkowego waha się od 6,0–9,0 m w północno-zachodniej (otw.: 19, 20 i 29) do 32,2–35,5 m w zachodniej (otw. 24 i 25) i południowej (otw. 34–36) części Łukowa. Najczęściej zamyka się w przedziale około 14–24 m.

Pod względem litologicznym wśród badanych osadów przeważają piaski kwarcowe, od drobno- do gruboziarnistych, z licznymi wkładkami, przewarstwieniami i toczeńcami iłów i mułków, odcinkami ze żwirami białego kwarcu. Lokalnie w profilach dominują warstwowane ily i mułki (otw.: 19, 20, 45, 49 i 50). W zależności od zawartości substancji organicznej, pyłu węglowego i glaukonitu utwory miocenu środkowego przyjmują barwę od jasnoszarej i szarozielonkawej do brązowej i czarnej. Spotyka się w nich okruchy drewna (otw.: 12, 33, 34, 37 i 49) lub fragmenty pni (otw. 14 i 15). Przewiercono także wkładki, a nawet pokłady węgla brunatnego o miąższości: 0,3 i 0,5 (otw.: 22, 26 i 52), 1,1 (otw. 25), 2,0 (otw. 5) i 4,0 m (otw. 58) bądź stwierdzono liczne jego okruchy (otw.: 5, 28, 30, 32 i 35).

Bardzo podobne osady, o miąższości: 14,4, 15,0 i 20,2 m, stwierdzono w otworach kartograficznych (odpowiednio otw.: 11, 58 i 22). W Łukowie (otw. 11) na głębokości 73,7–88,1 m (76,8–91,2 m n.p.m.) występują szare i szarobeżowe, kwarcowe piaski różnoziarniste (odcinkami gruboziarniste) ze żwirami białego kwarcu, przewarstwieniami piasków drobnoziarnistych i toczeńcami iłów. W Łapigu (otw. 22) na głębokości 61,8–82,0 m (82,8–103,0 m n.p.m.) są to piaski o różnych frakcjach: od gruboziarnistych ze żwirami kwarcu (w spągu) do drobnoziarnistych i pyłowato-ilastych (w stropie), i różnych barwach: szarej, szarobrązowej, szarozielonkawej i zielono-niebieskawej. W Sarnowie (otw. 58) na głębokości 54,5–69,5 m (90,5–105,5 m n.p.m.) nawiercono przeważnie brązowe i ciemnoszare piaski różnoziarniste z nielicznymi żwirami kwarcu, przechodzące ku stropowi w węgliste piaski pyłowate, a następnie w piaski drobnoziarniste, laminowane średnioziarnistymi. Profil kończy pokład węgla brunatnego, słabo rozłożonego, zailonego, z kilkoma przerostami czarnych iłów, iłów pyłowatych i piasków ilastych oraz kawałkami drewna, o łącznej miąższości 4,0 m. We wszystkich wymienionych profilach otworów kartograficznych występują ponadto charakterystyczne dla miocenu środkowego: liczne toczenie iłów i mułków, laminy substancji węglistej, nagromadzenia okruchów drewna i węgla brunatnego. Z badań laboratoryjnych wynika, że omawiane utwory są bezwapniste i najczęściej średnio (odcinkami słabo) wysortowane. We frakcji 0,5–1 mm prawie wyłącznie występuje kwarc o ziarnach błyszczących i słabo obtoczonych ( $R = 0,98-0,62$ ). Skład frakcji minerałów ciężkich zdominowany jest przez minerały nieprzezroczyste (do 84,5%), tylko odcinkami w profilu Sarnów-1 występują w podobnych ilościach jak przezroczyste. Znaczny jest udział glaukonitu, najczęściej do kilkunastu procent,

a w otworze Łapiguz-2 do 10,0%, tylko w spągu i stropie warstwy osiąga odpowiednio: 51,6 i 61,0%. Wśród minerałów przezroczystych przeważają odporne na niszczenie: turmaliny i staurolit, odcinkami także rutyl (Przybylska, 2005).

Z otworów kartograficznych pobrano łącznie osiem próbek na potrzeby badań palinologicznych. W profilu Sarnów-1, na głębokości: 55,1, 59,0 i 62,3 m, nie stwierdzono fitoplanktonu morskiego — badane osady powstały w warunkach lądowych (jeziornych i jeziorzyskowo-bagiennych). Analogiczne wnioski wynikają z badań dwóch próbek (głębokość 80,4 i 86,1 m) pochodzących z otworu Łuków-3 i trzech próbek (głębokość: 66,8, 75,4 i 79,0 m) z otworu Łapiguz-2. Pojedyncze okazy fitoplanktonu morskiego rozpoznane w najwyższej próbce z profilu Łapiguz-2 znajdują się prawdopodobnie na wtórnym złożu (Gedl, 2004). Przez analogię do profili udokumentowanych na obszarach sąsiednich arkuszy: Stanin (profile: Róża Podgórna, Jedlanka i Wnętrze), Kąkolewnica (profil Sawki) i Okrzeja (profile: Kosiorki, Gózd, Feliksin, Grabów Rycki i Budziska), przyjęto środkowomioceniński wiek omawianych osadów.

### Miocen górny

Na obszarze arkusza Łuków oraz w jego sąsiedztwie dotychczas nie udokumentowano palinologicznie osadów miocenu górnego i pliocenu. Występujące w wielu profilach różnokolorowe (pstre) i szare ropy, uznawane do tej pory za plioceńskie (tzw. seria poznańska), według najnowszych poglądów mogły powstać w okresie od miocenu środkowego do pliocenu dolnego (Piwocki, Ziemińska-Tworydło, 1995; Baraniecka, 1995; Słodkowska, 2004). Na sąsiadujących od północy i północnego zachodu obszarach arkuszy Siedlce Południe i Skórzec ich wiek określono na miocen+pliocen, na przyległym od północnego wschodu terenie arkusza Krzesk — na miocen–pliocen, a na granicznym od południowego wschodu obszarze arkusza Radzyń Podlaski — na pliocen.

Osady miocenu górnego występują w środkowej (zachodnie, południowe i północne obrzeża Łukowa) oraz północno-zachodniej części terenu, gdzie w Grzędówce (otw. 1), Gołaszynie (otw. 7) i Zimnej Wodzie (otw. 5) tworzą kulminacje podłoża podczwartorzędowego o wysokości odpowiednio: 117,2, 119,4 i 120,7 m n.p.m. Dość wysokie położenie stropu osadów miocenu górnego stwierdzono także w pojedynczych profilach zlokalizowanych w południowej części Łukowa (112,5 m n.p.m. — otw. 35, 118,8 m n.p.m. — otw. 34). Najniżej (82,2–87,9 m n.p.m.) kontakt utworów czwartorzędowych i górnomiocenijskich odnotowano w odizolowanych profilach wschodniej (otw. 37) i północnej części Łukowa (otw. 10) oraz w południowej części wsi Gołaszyn (otw. 8). W tych miejscach zachowały się najmniejsze miąższości omawianych osadów: od 1,7 do 4,4 m (otw.: 10–12). Podobne miąższości występują w dzielnicy Łapiguz: od 2,9 do 4,4 m (otw.: 19, 21, 49 i 50). Najgrubsze profile stwierdzono w północno-zachodniej części obszaru arkusza: 30,0 m w Grzędówce (otw. 1 — nie przewiercono), 23,0 m w Gołaszynie (otw. 7)

i 21,0 m w Ławkach (otw. 4). Położenie stropu osadów miocenu górnego zostało zróżnicowane wskutek denudacji i erozji rzecznej oraz zaburzeń glacictektonicznych.

Profile miocenu górnego na obszarze arkusza Łuków zostały przewiercone lub nawiercone w 20 otworach archiwalnych i w jednym wierceniu kartograficznym — Łuków-3 (otw. 11).

Iły pstry i mułki, miejscami piaski pyłowate powstały jako facja bagienna w peryferycznej części rozległego zbiornika śródlądowego (Rühle, 1955b, 1969; Mojski, 1971).

W otworze kartograficznym Łuków-3, na głębokości 72,0–73,7 m (91,2–92,9 m n.p.m.), przewiercono bardzo zwarte mułki ilaste o barwie jasnoszarej i niebieskawej. Są one bezwapniste i bardzo słabo wysortowane (powstały w środowisku o niskiej energii). W składzie minerałów ciężkich występują prawie wyłącznie nieprzezroczyste (97,2%). Pośród nielicznych minerałów przezroczystych stwierdzono głównie granaty i staurolit (Przybylska, 2005).

Na pozostałym obszarze są to najczęściej zwarte i bardzo zwarte ły (otw.: 8, 10, 17, 24, 49 i 50) i ły pyłowate (otw.: 5, 21, 28, 37 i 48), rzadziej mułki i mułki ilaste (otw.: 1, 12 i 25), sporadycznie mułki i piaski pyłowate (otw. 7 i 19). Ostatnie z wymienionych osadów występują najczęściej w formie cienkich przewarstwień i wkładek. W przeanalizowanych profilach utwory zaliczone do górnomiocenów mają barwę: szarą, zielono-szarą, szaro-niebieską i rudo-brązową.

Wyniki sondowań geoelektrycznych, wykonanych wzdłuż linii przekroju geologicznego A–B, potwierdziły występowanie osadów zaliczonych do miocenu górnego na odcinku Kolonia Kierzków–Łuków. Strop ilasto-mułkowego kompleksu (opory 18–45  $\Omega$ m) podścielającego utwory czwartorzędowe znajduje się tutaj na wysokości około 90–110 m n.p.m. (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004).

#### 4. Czwartorzęd

Osady czwartorzędu zalegają ciągłą pokrywą na zróżnicowanej hipsometrycznie powierzchni utworów: miocenu górnego i środkowego, oligocenu dolnego i mastrychtu górnego, położonej na wysokości od 57,2 (otw. 44 — Zapowiednik) do 123,7 m n.p.m. (otw. 54 — Malcanów). Przez środkową część obszaru arkusza (od okolic Turzych Rogów, przez północne dzielnice Łukowa, a następnie między wsiami Zimna Woda i Gołaszyn, w kierunku północnym) przebiega kopalna dolina, w obrębie której miąższość osadów czwartorzędowych jest największa — od 72,0 i 76,0 m w Łukowie (odpowiednio otw.: 11 i 10) i 83,0 m w Gołaszynie (otw. 8) do 86,3–95,2 m w Łukowie (otw.: 9, 29, 31, 32 i 38–40) oraz 93,8 i 104,3 m w Zapowiedniku (odpowiednio otw.: 42 i 44). Drugie kopalne obniżenie w powierzchni podczwartorzędowej przebiega przez północno-wschodnią część badanego terenu, od Matysów do Celin. Dokumentują go tylko trzy otwory (zlokalizowane w zboczu obniżenia), w których przewiercono utwory czwartorzędu o miąższości: 63,0 i 72,0 m w Kolonii Karwowie (odpowiednio otw.: 14 i 15) i 76,8 m w Celinach (otw. 3). Według badań geofizycznych w najgłębszej części tej kopalnej formy (koło Celin)

miąższość osadów czwartorzędowych może wynosić około 90 m (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004). Najmniejsze miąższości stwierdzono w południowej części obszaru: 35,0 m w Wólce Domaszewskiej (otw. 59) i 39,0 m w Malcanowie (otw. 54). Niewielkie miąższości spotykane są także w pojedynczych profilach w północno-zachodniej części obszaru arkusza, m.in. w Zimnej Wodzie i Gołaszynie (43,0 m — otw. 5 i 7), a także w południowej części Łukowa (40,0 m — otw. 34). Na pozostałej części badanego terenu miąższość osadów czwartorzędowych wynosi najczęściej około 55–68 m.

#### a. Plejstocen

Stratygrafię utworów plejstocenijskich oparto na analizie i korelacji przestrzennej poziomów litostratygraficznych, przeprowadzonych w nawiązaniu do wyników badań: litologiczno-petrograficznych, palinologicznych i termoluminescencyjnych osadów pięciu profili kartograficznych (Celiny-4 — otw. 3, Łuków-3 — otw. 11, Łapiguz-2 — otw. 22, Łuków-3a — otw. 43 i Sarnów-1 — otw. 58). Przeanalizowano także profile 90 otworów archiwalnych, spośród których 55 najistotniejszych przedstawiono na mapie geologicznej. Do ustalenia granic litologicznych na przekrojach A–B i E–F (tabl. III) wykorzystano wyniki badań geoelektrycznych.

#### Plejstocen dolny

Najstarsze osady czwartorzędowe rozpoznane na obszarze arkusza Łuków zaliczono do plejstocenu dolnego (preglacjału). Przewiercono je w: czterech otworach kartograficznych (Sarnów-1, Łapiguz-2, Łuków-3 i Celiny-4), ośmiu archiwalnych profilach badawczych zlokalizowanych w północno-zachodniej części Łukowa i między Łukowem a Ryżkami (otw.: 12, 21, 28, 29, 48–50 i 52) oraz w czterech archiwalnych profilach studziennych położonych w północnej części miasta (otw.: 9, 10, 31 i 40).

W rejonie Łukowa utwory preglacjałne opisywali wcześniej Rühle (1969) i Mojski (1971), a na południowym Mazowszu: Kosmowska-Ceranowicz (1966), Baraniecka (1975, 1991) i Makowska (1976). Są to prawdopodobnie osady rozległych stożków napływowych rzek płynących generalnie z południa Polski i należące do tzw. poziomu kozienickiego (Kosmowska-Ceranowicz, 1966). Zostały udokumentowane na obszarach sąsiednich arkuszy: Krzesk, Kąkolewnica, Stanin i Okrzeja. Podobieństwo litologiczne do podścielających je utworów mioceńskich i nadległych osadów rzecznych interglacjału augustowskiego (podlaskiego) oraz zastoiskowych zlodowaceń południowopolskich utrudnia ich rozpozniowanie.

Na obszarze arkusza Łuków wyróżniono piaski ze żwirami, miejscami mułki piaszczyste, rzeczne oraz mułki i piaski pyłowate jeziorno-rzeczne, miejscami z soczewkami mułków (torfiastych) i gytii oraz wkładkami iłów i mułków mioceńskich.

Osady facji rzecznej występują głównie w środkowej części obszaru arkusza, gdzie były depozytowane najczęściej na zboczach kopalnych wysoczyzn zbudowanych z utworów miocenu górnego

(otw.: 10–12, 21, 48 i 50) i środkowego (otw.: 9, 29 i 58), tylko sporadycznie — w Łukowie (otw. 31 i 40) i Celinach (otw. 3) — bezpośrednio na osadach oligocenu dolnego. Strop omawianych utworów położony jest najwyżej między Łukowem (102,8 m n.p.m. — otw. 50) a Sarnowem (114,8 m n.p.m. — otw. 58). Podobną wysokość stwierdzono jeszcze tylko w profilu otworu kartograficznego Łuków-3 (104,9 m n.p.m. — otw. 11). W północnej części Łukowa (otw.: 9, 29, 31 i 40) oraz w Celinach (otw. 3) strop omawianych osadów leży na 79,7–90,2 m n.p.m. Pod względem litologicznym są to najczęściej jasnoszare i prawie białe kwarcowe piaski średnio- i gruboziarniste (odcinkami wzbogacone w żwiry: kwarcu, litytów, piaskowców i krzemieni), miejscami przewarstwione piaskami drobnoziarnistymi, sporadycznie pyłowatymi. Są bezwapniste, z licznymi ułamkami mik i kawałkami drewna. Sporadycznie stwierdzono smugi pyłu węglowego i większe domieszki glaukonitu. Miąższość rzecznych serii preglacjalnych jest najmniejsza (do około 5 m) na południowy zachód od Łukowa (2,1 i 2,9 m — odpowiednio otw.: 50 i 48) i w północno-zachodniej części miasta (2,0–3,7 m — otw.: 9, 12 i 29). Najgrubsze profile przewiercono w Łapiguzie (12,8 m — otw. 21) oraz między Łukowem a Zapowiednikiem (15,5 m — otw. 40). Mogą tutaj osiągać nawet do około 20 m.

W profilu Sarnów-1 (otw. 58) na głębokości 45,2–54,5 m (105,5–114,8 m n.p.m.) przewiercono beżowe piaski średnioziarniste, warstwowane gruboziarnistymi ze żwirami białego kwarcu, przechodzące ku stropowi w piaski drobnoziarniste, laminowane średnioziarnistymi. W środkowej części profilu zawierają liczne wkładki i toceńce szarych ilów i szarozielonych mułków (mioceńskich), laminy humusu i nagromadzenia okruchów drewna.

W Łapiguzie (otw. 22) na głębokości 57,0–61,8 m (103,0–107,8 m n.p.m.) występują piaski średnioziarniste z pojedynczymi żwirami kwarcu, warstwowane piaskami różno- i drobnoziarnistymi z laminami mułków ilastych zielonkawych, sporadycznie z wkładkami humusu.

Bardzo podobne osady przewiercono także na głębokości 67,5–76,8 m (80,8–90,1 m n.p.m.) w profilu kartograficznym Celiny-4 (otw. 3). Więcej jest tutaj jednak toceńców i wkładek mioceńskich: ilów, czarnych piasków węglistych, okruchów drewna i cienkiego węgla brunatnego.

Tylko w otworze kartograficznym Łuków-3 dominują szarozielone piaski pyłowate ze żwirami kwarcu (w spągu), przechodzące w szare mułki piaszczysto-ilaste i zielone mułki piaszczyste (w stropie). Całość laminowana jest piaskami drobnoziarnistymi i tylko w spągu cienkimi wkładkami humusu.

Z badań laboratoryjnych wynika, że rzeczne osady preglacjalne są bezwapniste i średnio wysortowane, tylko w otworze 11 słabo wysortowane, a w otworze 5 zawartość  $\text{CaCO}_3$  wynosi 1,2%. W składzie frakcji 0,5–1 mm dominują błyszczące (do 90,5% — otw. 58) ziarna kwarcu. Okruchy piaskowców stanowią odcinkami do 8,5% (otw. 11), natomiast skał krystalicznych i skaleni do 4,5% (otw. 58). Obtoczenie ziarn kwarcu jest bardzo słabe w otworze Sarnów-1 (R około 1,0–1,7) i słabe w pozostałych profilach (R — 0,89–0,99). We frakcji minerałów ciężkich przeważają najczęściej minerały nieprzezroczyste, a wśród przezroczystych odporne: turmaliny i staurolit, niekiedy dużo jest także rutylu i granatów. Przybylska

(2005) sugeruje, że w profilach Łuków-3 i Łapiguz-2 są to osady starsze od czwartorzędowych. Jednak analizy obtoczenia i zmatowienia powierzchni kwarcu (frakcji 0,5–1 mm — otw. 3 i 11) wskazują na niski, ale lepszy od neogeńskiego podłoża, stopień ich eolizacji. Przemawia to za preglacjalnym wiekiem badanych osadów (Woronko, Bujak, 2005). Ponieważ rzeka rozmywała neogeńskie i paleogeńskie podłoża w omówionych osadach odcinkami jest dużo glaukonitu: do 28,5% w Sarnowie (otw. 58) i nawet do 73,4% w Łukowie (otw. 11) (Przybylska, 2005).

W otworach kartograficznych Łapiguz-2 i Sarnów-1 oraz w kilku archiwalnych zlokalizowanych na terenie Łukowa (otw.: 12, 21, 28, 48 i 50) rozpoznano kończące sedymentację preglacjalną osady jeziorno-rzeczne. W Łapiguzie (otw. 22), na głębokości 52,2–57,0 m (107,8–112,6 m n.p.m.), są to mułki szarozielone, warstwowane mułkami ilastymi i piaskami pyłowatymi, wyżej jasnoszare piaski pyłowate, także warstwowane mułkami ilastymi, a w stropie szare mułki. Ku stropowi maleje w nich udział frakcji piaskowej, wzrasta natomiast ilość lamin humusu. Osady nie zawierają  $\text{CaCO}_3$ . Wysortowanie ich jest zmienne, na ogół słabe, a skład petrograficzny wskazuje na przewagę matowych ziarn kwarcu (do 87,1%), ale ze znacznym udziałem okruchów wapieni (11,4%) i niewielkim skał krystalicznych (1,5%). Obtoczenie ziarn kwarcu jest słabe ( $R = 0,97$ ). Wśród niezbyt licznych (tylko miejscami do około 37%) minerałów przezroczystych przeważają staurolit i turmaliny, a w stropie także granaty. W spągu warstwy występuje stosunkowo dużo biotyty (17,3%), natomiast w górnej części — amfiboli (do 16,6%). Glaukonitu brak. Przybylska (2005) sugerowała wiek przedczwartorzędowy badanych osadów. Przez analogię do sąsiednich profili przyjęto jednak, że powstały w preglacjale.

W Sarnowie (otw. 58) na głębokości 43,1–45,2 m (114,8–116,9 m n.p.m.) występują szarobrazowe mułki piaszczyste, laminowane mułkami ilastymi (spąg) i piaskami drobnoziarnistymi (strop). W spągu stwierdzono wkładki mułków torfiastych, czarnych, z soczewkami gytii glonowych. Skład petrograficzny pokazuje nieznaczną przewagę (nad matowymi) błyszczących, słabo obtoczonych ( $R$  około 1,1) ziarn kwarcu. Stosunkowo liczny jest udział okruchów łupków ilastych i skał krystalicznych (10,3%). Bezwapniste, średnio wysortowane utwory powstały w środowisku o bardzo niskiej energii. We frakcji minerałów ciężkich, podobnie jak w profilu Łapiguz-2, zwraca uwagę stosunkowo duży udział biotyty (10,1%), obok dominujących turmalinów (Przybylska, 2005). Ekspertyza palinologiczna próbek mułków torfiastych, pobranej z głębokości 44,7 m, pomimo dobrej frekwencji i bardzo dobrego stanu zachowania sporomorf wskazała jedynie na chłodny okres w czwartorzędzie. Na omawianym terenie panowały wtedy borealne zbiorowiska stosunkowo widnych lasów sosnowo-brzozowych z płatami roślinności terenów odkrytych. Sporomorfy starsze od czwartorzędowych występowały w próbce sporadycznie (Pidek, 2004). Na tej podstawie przyjęto preglacjalny wiek opisanych osadów, a nie przedczwartorzędowy, jak sugerowały wyniki badań litologiczno-petrograficznych (Przybylska, 2005).

Wzdłuż linii przekroju geologicznego A–B, między Łukowem a Ryżkami, strop zaliczonych do preglacjału jasnoszarych iłów pyłowatych, warstwowanych mułkami i piaskami, oraz piasków pyłowatych z wkładkami czarnych i brunatnych iłów i mułków ilastych (mioceńskich) leży na wysokości od 109,7 (otw. 21) do 120,1 m n.p.m. (otw. 50). Nieco niżej powierzchnia ta ukształtowała się na północ od Łukowa: od 101,1 (otw. 28) do 104,8 m n.p.m. (otw. 12), i w rejonie Kolonii Nurzyny, około 108 m n.p.m., gdzie szaropopielate mułki i piaski pyłowate z cienkimi laminami piasków różno- i gruboziarnistych (uznane za jeziorno-rzeczne, preglacjalne) często leżą bezpośrednio na podłożu mioceńskim. Miąższość omawianych utworów jest na ogół niewielka — zredukowana do 1,3–5,0 m (otw.: 12, 21, 22, 28, 48 i 58) przez późniejsze procesy erozji wodnolodowcowej zlodowacenia Nidy i rzecznej interglacjałów augustowskiego i małopolskiego. Tylko w dwóch otworach położonych na południowy zachód od Łukowa zachował się prawdopodobnie pełny profil jeziorno-rzecznych osadów preglacjalnych — 16,2 (otw. 49) i 17,3 m (otw. 50).

Na zboczach kopalnych neogeńskich wysoczyzn koło Gołąbków, Aleksandrowa i Turzych Rogów (wzdłuż linii przekroju E–F — [tabl. III](#)) zachowały się resztki silnie zerodowanej pokrywy omówionych wyżej utworów, o miąższości do około 10 m i stropie na wysokości około 110 m n.p.m. Według badań geoelektrycznych są one tam bardziej piaszczyste niż w innych rejonach i mogą być przykryte glinami zwałowymi (Jagodzińska Kalitiuk, 2004).

#### Interglacjał augustowski

Osady interglacjału augustowskiego (podlaskiego) reprezentowane są przez piaski ze żwirami, miejscami piaski pyłowate, rzeczne. Stwierdzono je głównie w środkowej i północnej części obszaru arkusza, gdzie wypełniają dna kopalnych obniżen wyerodowanych w powierzchni podczwartorzędowej. Między innymi w okolicy Łukowa były wcześniej opisywane przez Rühlego (1969), Mojskiego (1971) i Ruszczyńską-Szenajch (1976), jako część kopalnego systemu rzeczno. Dokładna analiza profili wierceń z terenu miasta wskazuje, że niektóre fragmenty tych pogrzebanych dolin mogły powstać wcześniej (np. w preglacjale). Później, w kilku etapach, były odpreparowywane i przemodelowywane wskutek działalności erozyjnej rzek i wód lodowcowych oraz procesów glacitektonicznych. Stąd zapewne pochodzą przegłębienia i odcinki wypełnione osadami różnego wieku i genezy. Impulsem do rozwoju erozji mogły być ruchy neotektoniczne (glacitektoniczne, izostatyczne wyniesienie zrębu łukowskiego), które powodowały zmianę podstawy erozji rzek. Według Rühlego (1969) musiały mieć znaczną amplitudę, o czym świadczy głębokość wcięcia (do około 30–40 m) i stromość zboczy kopalnych dolin.

Najgłębsza z kopalnych dolin przebiega przez północną część Łukowa, na linii WNW–ESE. Została udokumentowana w Zapowiedniku, profilami archiwalnymi otworów badawczego (otw. 44)

i hydrogeologicznego (otw. 42). Erozja sięgnęła tutaj osadów oligocenu, tworząc miejsca o najniższym na obszarze arkusza położeniu stropu podłoża czwartorzędu: 68,1 (otw. 42) i 57,2 m n.p.m. (otw. 44).

W otworze 44 na wysokości 57,2–83,8 m n.p.m. przewiercono piaski drobno- i średnioziarniste, odcinkami warstwowane pyłowatymi, w stropie z okruciami granitu, a w spągu z domieszką żwirów. Jest to prawdopodobnie jeden, prawie pełny cykl sedymentacyjny o miąższości 26,6 m (pierwotna miąższość mogła wynosić około 30 m). W pobliskim otworze 42, zlokalizowanym na zboczu kopalnej doliny, w przedziale wysokości 68,1–76,9 m n.p.m. przewiercono tylko 8,8 m piasków średnioziarnistych ze żwirami, wkładką miocenijskich pstrych ilów i brukiem otoczków w spągu. Omawiane osady zostały zredukowane przez erozję rzeczną związaną z interglacją małopolskim.

Kopalna dolina z okolic Łukowa kontynuuje się w kierunku północnym (na obszar arkusza Siedlice Południe). Między Ławkami a Gołaszynem wcina się w osady miocenu środkowego do około 85 m n.p.m. (tabl. II). Wypełniają ją piaszczysto-żwirowe rzeczne osady interglacjału podlaskiego mogą mieć miąższość do około 17 m, a ich wyrównany strop, na wysokości około 102–109 m n.p.m., przykrywają gliny zwałowe zlodowaceń Nidy i Sanu 1. Niewielką część (3,0 m) omawianych osadów rzecznych przewiercono w położonym peryferycznie w stosunku do osi doliny otworze w Ławkach (otw. 4). Na wysokości 106,0–109,0 m n.p.m. występują tu piaski pyłowate z pojedynczymi grubo-okruchowymi żwirami.

Podobną miąższość (3,7 m) piasków średnioziarnistych z nielicznymi żwirami, zaliczonych do rzecznych serii interglacjału podlaskiego, stwierdzono na głębokości 63,8–67,5 m (90,1–93,8 m n.p.m.) w otworze kartograficznym Celiny-4 (otw. 3), zlokalizowanym w północno-wschodniej części obszaru arkusza. Według badań litologiczno-petrograficznych średnio wysortowane piaski składają się prawie wyłącznie ze słabo obtoczonych ( $R = 0,90$ ), błyszczących ziarn kwarcu. Wśród minerałów ciężkich na ogół przeważają (do około 45%) nieprzezroczyste, tylko w spągu warstwy pozostają w równowadze z przezroczystymi. Udział glaukonitu sięga 19,1%. Spośród minerałów przezroczystych najwięcej jest granatów i staurolitu, nieco mniej turmalinów. Zgodnie z tymi wynikami są to osady rzeki o wysokiej energii transportu, która rozmywała podczwartorzędowe podłoże (Przybylska, 2005). Badania cech teksturalnych (obtoczenie i zmatowienie) powierzchni ziarn kwarcu sugerują, że mogą to być utwory rzeczno-peryglacialne (Woronko, Bujak, 2005). Świadczyć o tym może stosunkowo wysoki udział ziarn kształtowanych w środowisku eolicznym.

Wyniki badań geoelektrycznych (Jagodźńska, Kalitiuk, 2004) oraz porównanie z sąsiadującym od wschodu obszarem arkusza Kąkolewnica wskazują, że w pobliżu otworu Celiny-4 przebiega głęboka kopalna dolina (dno znajduje się około 56 m n.p.m., w osadach oligocenu) wypełniona prawie 40,0-metrową serią osadów piaszczysto-żwirowych, które zaliczono do interglacjału podlaskiego. Na obszarze arkusza Kąkolewnica dno wyżej wspomnianej kopalnej doliny znajduje się około 60–70 m n.p.m., a wypełniają ją prawdopodobnie osady preglacialne.

Nieco płytszą dolinę tego wieku (spąg około 90–100 m n.p.m.) wyinterpretowano koło Kierzkowa (przekrój geologiczny A–B), w sąsiedztwie współczesnej doliny Bystrzycy. Kopalną formę wypełniają piaski i żwiry o miąższości do około 25 m (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004).

### Zlodowacenia południowopolskie

#### Zlodowacenie Nidy

Do zlodowacenia Nidy zaliczono dwa poziomy glin zwałowych oraz rozdzielające je osady: zastoisłkowe, wodnolodowcowe i rzeczno-peryglacialne, mogące odpowiadać dwóm stadiąłom.

#### Stadiał dolny

Szare i ciemnoszare gliny zwałowe stadiału dolnego zlodowacenia Nidy są mała rozprzestrzenione, tworzą raczej izolowane, zerodowane płyty zalegające najczęściej na osadach preglacialnych (w północnej części Łukowa — otw.: 29, 31, 40 i 41; oraz koła Aleksandrowa i Gołąbków) lub bezpośrednio na utworach miocenu środkowego (w Gołaszynie — otw. 6 i w zachodniej części Łukowa — otw. 26) i górnego (w Sięciaszce I — otw. 17). Ich strop położony jest na wysokości od 84,9 (otw. 29 — Łuków) do 103,0 (otw. 46 — Sięciaszka II) i 111,6 m n.p.m. (otw. 17). Miąższość tych glin jest niewielka, na ogół nie przekracza 10,0 m. Najcieńsze pokłady stwierdzono w Sięciaszce II (3,0 m, nie przewiercono — otw. 46), Gołaszynie (4,0 m — otw. 6) i niektórych profilach w Łukowie (4,2 m — otw. 31, 4,5 m — otw. 40). Największą miąższość (7,9 m) mają szare gliny piaszczyste z drobnookruchowymi żwirami występujące w Sięciaszce I (otw. 17). W Gołaszynie (otw. 6) oraz koła Gołąbków i Aleksandrowa (tabl. III) nierozdzielone gliny stadiałów dolnego i górnego mają łączną miąższość około 10–25 m (w Gołaszynie są spiętrzone glacitektonicznie).

Z opisów otworów archiwalnych wynika, że gliny stadiału dolnego zlodowacenia Nidy są na ogół piaszczyste z wkładkami piasków drobno- i średnioziarnistych (otw.: 6, 17 i 29). Najczęściej określane są jako zwięzłe i silnie zwięzłe, szare. Zawierają drobnookruchowe żwiry (otw. 17) bądź otoczaki, głównie skał wapiennych (otw. 26 i 29).

W otworach 38 i 39, zlokalizowanych w obrębie kopalnej doliny przebiegającej przez północną część Łukowa, wydzielono piaski z wkładkami glin zwałowych, rzeczno-peryglacialne. Erozyjna działalność wód roztopowych w czasie recesji lądolodu musiała być dość duża skoro zniszczone zostały tutaj wszystkie starsze osady czwartorzędowe (gliny zwałowe stadiału dolnego zlodowacenia Nidy oraz piaszczysto-żwirowe serie interglacialu podlaskiego i preglacialu) oraz miocenu górnego i środkowego. Spąg obniżenia znajduje się na wysokości 65,6 (otw. 38) i poniżej 67,0 m n.p.m. (otw. 39), w utworach oligocenu. W dolinie zdeponowane zostały szare i ciemnoszare, warstwowane piaski średnioziarniste (w spągu gruboziarniste) z wkładkami glin zwałowych, ku stro-

powi przechodzące w pyłowate. Ich pełna miąższość wynosi 27,5 m (otw. 38). Miąższość stwierdzona w otworze 39 została zredukowana, do 22,0 m, przez późniejszą erozję wodnolodowcową.

Mułki piaszczyste, miejscami ły pyłowate, zastoiskowe, o miąższości od 1,3 m (otw. 3) w Celinach do 11,0 m (otw. 26) w Łukowie, leżą najczęściej na wyżej opisanych osadach rzeczno-peryglacialnych (otw. 38 i 39 — Łuków). W innym profilu z Łukowa (otw. 26) ciemnoszare ły pyłowate rozdzielają gliny zwałowe obu stadiałów zlodowacenia Nidy. Omawiane osady to ły pyłowate, mułki piaszczyste oraz piaski drobnoziarniste i pyłowate o barwie szarej i ciemnoszarej, lokalnie niebieskozielonkawej. Przewiercono je w otworze kartograficznym Celiny-4 (otw. 3), na głębokości 62,5–63,8 m (95,1–93,8 m n.p.m.), gdzie leżą bezpośrednio na rzecznych seriach interglacjału podlaskiego. Silna erozja z początku zlodowacenia Sanu 1 zredukowała ich miąższość do 1,3 m. Szare mułki piaszczyste (w spągu z wkładkami piasków pyłowatych) z cienkimi laminami czarnego humusu nie były badane laboratoryjnie. W Łukowie osady zastoiskowe przykryte są bezpośrednio glinami zwałowymi stadiału górnego zlodowacenia Nidy (otw. 26 i 38) bądź anaglacjalnymi piaskami i żwirami wodnolodowcowymi tego wieku (otw. 39).

#### Stadiał górny

Akumulacja piasków ze żwirami i piasków wodnolodowcowych bezpośrednio poprzedziła wkroczenie lądolodu stadiału górnego zlodowacenia Nidy. Rozpoznano je głównie w Łukowie (otw.: 9, 31, 32, 39 i 40), gdzie występują między glinami obu stadiałów zlodowacenia Nidy (otw. 31 i 40) bądź rozcinają osady starsze do utworów preglacjału (otw. 9) i miocenu środkowego (otw. 32). Serie wodnolodowcowe tworzą szare piaski średnio-, drobno- i różnoziarniste, najczęściej ze żwirami, miejscami także z otoczkami (otw. 40). Jedynie w otworze 39 są to piaski drobnoziarniste. Ich miąższość jest raczej niewielka, od 4,5 (otw. 9) do 13,0 m (otw. 32), a strop położony jest od 85,3 (otw. 9) do 102,2 m n.p.m. (otw. 40).

Od Łukowa omawiane osady kontynuują się do Gołaszyna, gdzie 9,0-metrową warstwą (wysokość stropu 95,3 m n.p.m.) wypełniają niewielkie obniżenie w osadach miocenu górnego i środkowego (otw. 8). Podobnie jak w Łukowie są to szare i jasnoszare piaski średnioziarniste, podrzędnie gruboziarniste ze żwirami.

Na południe od Łukowa utwory wodnolodowcowe stwierdzono w Sięciaszce II (otw. 46), między Ryżkami (otw. 48) a Kierzkowem oraz w okolicach Szczygłów Górnych (otw. 53). Tylko w Sięciaszce II rozdzielają gliny zwałowe obu stadiałów zlodowacenia Nidy. Na pozostałym obszarze leżą głównie na dość wyrównanej powierzchni osadów miocenu środkowego. Różnoziarniste piaski ze żwirami i otoczkami skał północnych (otw. 48) oraz piaski drobno- i średnioziarniste (otw. 46 i 53) mają miąższość od 4,3 do ponad 7,0 m (nie przewiercono). Największą miąższość omawianych osadów na obszarze arkusza Łuków stwierdzono w Sięciaszce II (otw. 46) — 17,0 m.

Na obszarze arkusza Łuków g l i n y z w a ł o w e stadiału górnego zlodowacenia Nidy (podobnie jak na obszarach sąsiednich arkuszy: Krzesk, Siedlce Południe, Stanin i prawdopodobnie Kąkolewnica) tworzą mało rozprzestrzeniony, nieciągły i cienki pokład. Wyróżniono je w nielicznych profilach zlokalizowanych głównie w środkowej części omawianego terenu.

W północnej części Łukowa, na osadach wodnolodowcowych stadiału górnego, sporadycznie zastoiszkowych stadiału dolnego zlodowacenia Nidy, przewiercono ciemnoszare bądź brązowo-szare gliny (miejscami opisywane jako pyłowate lub piaszczyste) o miąższości od 2,0 i 2,5 (odpowiednio otw.: 39 i 40) do 6,8 (otw. 31) i 8,0 m (otw. 26). Opisy profili archiwalnych wskazują, że badane gliny zawierają porwaki ciemnych ilów (miocieńskich? — otw. 26) i piasków ilasto-pyłowatych (otw. 31). Strop glin występuje tu na wysokości od 99,6 (otw. 31) do 110,4 m n.p.m. (otw. 10). Na północny wschód od Łukowa (wzdłuż linii przekroju geologicznego A–B), w przedziale wysokości około 90–120 m n.p.m., mogło zachować się kilka izolowanych płatów omawianych glin o miąższości do około 10–13 m. W tej części obszaru arkusza Łuków badane gliny leżą na osadach preglacialnych bądź bezpośrednio na miocieńskich, sporadycznie na seriach interglacjału podlaskiego. Na wschód i południowy wschód od Łukowa niewielkie płaty omawianych glin (o miąższości do około 8–9 m) stwierdzono w Zapowiedniku (wzdłuż linii przekroju geologicznego C–D — [tabl. II](#)) i koło Aleksandrowa (wzdłuż linii przekroju geologicznego E–F — [tabl. III](#)), gdzie leżą na osadach lodowcowych i wodnolodowcowych zlodowacenia Nidy.

Podobnie małą miąższość glin piaszczystych z okruchami wapieni i skał krystalicznych stwierdzono w Sięciaszce I (2,0 m — otw. 17) i Ryżkach (5,0 m — otw. 48). Ich strop w tych profilach położony jest na wysokości odpowiednio: 113,6 i 124,7 m n.p.m.

W Gołaszynie (otw. 6 i 7) spiętrzone glacitektonicznie, szare i ciemnoszare, z porwakami piasków i mułków gliny zwałowe stadiałów dolnego i górnego zlodowacenia Nidy tworzą wspólny pakiet o miąższości do około 20 m, położony na wyniesieniu podłoża miocieńskiego.

Zasięg i miąższość glin stadiału górnego zostały silnie zredukowane erozyjnie, włożone w nie zostały utwory młodsze: wodnolodowcowe kończące zlodowacenie Nidy i rozpoczynające zlodowacenie Sanu 1, a także rzeczne interglacjału małopolskiego.

Stadiał górny zlodowacenia Nidy kończą p i a s k i i p i a s k i z e ż w i r a m i w o d n o l o d o w c o w e . Zaliczono do nich szare piaski średnioziarniste z przewarstwieniami żwirowymi (otw.: 27, 30, 32 i 52), rzadziej piaski różnoziarniste ze żwirami, laminowane pyłowatymi (otw. 9 i 29). W otworze 27 zawierają wkładki ilów miocieńskich. Ich obecna miąższość wynosi od 5,0 m w Łukowie (otw. 31) i Zawodziu (otw. 52) do 16,0 m w Łukowie (otw. 32), najczęściej przekracza 10,0 m. Omawiane osady rozpoznano w kilku archiwalnych profilach w Łukowie oraz Zawodziu (przy zachodniej granicy obszaru opracowania). Prawdopodobnie występują także w okolicy wsi Role, gdzie kilkuna-stometrową warstwą wypełniają kopalne wcięcie w podłożu miocieńskie. Potwierdzają to wyniki son-

dowań geoelektrycznych wykonanych wzdłuż linii przekroju geologicznego A–B (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004). Największe miąższości (do około 23 m) piaszczysto-żwirowe utwory wodnolodowcowe kończące zlodowacenie Nidy mogą osiągać między Łukowem a Gołaszynem. Zlokalizowane tam archiwalne profile 9 i 29 dokumentują tylko dolną ich część (około 14 m), zredukowaną przez erozję rzeczno-peryglacialną rozpoczynającą zlodowacenie Sanu 1 (tabl. II).

### Interglacjał małopolski

Osady zlodowaceń Nidy i Sanu 1 rozdzielają piaski z wkładkami mułków, rzeczne oraz mułki, miejscami piaski pyłowate, jeziorno-rzeczne interglacjału małopolskiego. Rozpoznano je w profilach otworów kartograficznych Łapiguz-2 (otw. 22) i Sarnów-1 (otw. 58) oraz w archiwalnych wierceniach w: Łukowie i Zapowiedniku (otw.: 8, 21, 25, 41, 42 i 44), Turzych Rogach (otw. 45) i Kolonii Karwowie (otw. 14 i 15).

Podobnie jak na obszarach sąsiednich interglacialna akumulacja rzeczna miała charakter wieloetapowy. Piaszczysto-mułkowe osady tworzące cykle sedymentacyjne zostały złożone w głębokich, kopalnych obniżeniach, których dna są wcięte w utwory: zlodowacenia Nidy (otw. 8 — Gołaszyn i 41 — Zapowiednik), interglacjału podlaskiego (otw. 42 i 44 — Zapowiednik), preglacjału (otw.: 21, 22 — Łapiguz i 58 — Sarnów) oraz podłoża mioceńskiego (otw.: 14, 15 — Kolonia Karwów, 25 — Łuków i 45 — Turze Rogi). Miąższość serii rzecznych wynosi od 2,9 m w profilu Łapiguz-2, 6,1 m w Łukowie (otw. 21) oraz 6,4 m w profilu Sarnów-1 do 37,0 m w Zapowiedniku (otw. 42).

W Łapiguzie (otw. 22), na wysokości 112,6–115,5 m n.p.m., przewiercono szare piaski pyłowate, warstwowane średnio- i różnoziarnistymi, z wkładką mułków piaszczystych w spągu. Wyniki badań litologiczno-petrograficznych wskazują na genezę rzeczną. Piaski są średnio wysortowane, bezwapniste, o słabo obtoczonych ziarnach ( $R = 0,93$ ). Prawie wyłącznie (98,5%) składają się z matowych okruchów kwarcu, z niewielką domieszką skał krystalicznych i skaleni (1,5%). Skład frakcji ciężkiej wskazuje na równowagę minerałów nieprzezroczystych i przezroczystych, w tym duży udział odpornych na wietrzenie granatów i turmalinów. Obecność staurolitu (około 22%) świadczy o dostawie materiału z podłoża czwartorzędu (Przybylska, 2005).

Nad serią rzeczną interglacjału małopolskiego w profilu Łapiguz-2 występuje 9,7 m (strop 115,5 m n.p.m.) nawzajem przewarstwiających się mułków ilastych, mułków i mułków piaszczystych, szarych i szaroniebieskich, odcinkami poziomo laminowanych piaskami, z warstwą piasków drobnoziarnistych, szarozielonkawych w stropie. Nieliczne soczewki i nieciągłe laminy humusu spotykane są właściwie w całym profilu, natomiast na głębokości 41,4–41,7 m przewiercono wkładkę czarnych mułków ilastych. Opisane jeziorno-rzeczne osady są słabo wysortowane i nie zawierają  $\text{CaCO}_3$  (tylko w stropie śladowe ilości — 0,4%). Tak jak leżące niżej utwory rzeczne składają się z matowych ziarn

kwarcu oraz nielicznych okruchów skał krystalicznych (1,0%) i piaskowców (0,6%). Wskazuje to na dostawę materiału eolicznego, natomiast skład frakcji minerałów ciężkich (najczęściej przewaga minerałów nieprzezroczystych, a wśród przezroczystych — odpornych na niszczenie m.in. turmalinów i staurolitu) na znaczny udział materiału starszego niż czwartorzędowy (Przybylska, 2005).

Podobny profil osadów interglacjału małopolskiego stwierdzono w zlokalizowanym na południowym zachodzie obszaru opracowania profilu kartograficznym Sarnów-1. Na utworach preglacjalnych leżą szare piaski pyłowate, warstwowane średnio- i gruboziarnistymi, przechodzące ku stropowi w drobnoziarniste z licznymi wkładkami mułków i mułków ilastych, o łącznej miąższości 6,4 m (116,9–123,3 m n.p.m.). Laminki czarnej i brunatnej substancji organicznej skupione są w dolnej części profilu. Wapniistość osadów jest śladowa (do 0,2%). W składzie petrograficznym przeważają matowe ziarna kwarcu, z nieco większą niż w profilu Łapiguz-2 domieszką okruchów krystalicznych (do 4,9%) oraz, w spągu, wapieni (do 1,2%). Są bardzo słabo obtoczone ( $R = 0,95-1,05$ ). Te zmiennie wysortowane utwory powstały w środowisku o raczej wysokiej energii. Skład frakcji minerałów ciężkich wskazuje na przewagę przezroczystych (szczególnie w stropie), w tym granatów i turmalinów. Zwraca uwagę stosunkowo duży (do 24,6%) udział glaukonitu (Przybylska, 2005).

Na wyżej opisanych utworach o genezie rzecznej w otworze Sarnów-1 leży cienka (1,1 m) warstwa bezwapniowych mułków ilastych, stalowoszarych z odcieniem zielonkawym. Słabo wysortowane osady składają się z bardzo słabo obtoczonych ( $R = 1,20$ ) ziarn kwarcu (w równej proporcji matowych i błyszczących) z domieszką okruchów skał krystalicznych (4,4%), piaskowców (1,2%) i wapieni (0,3%). Frakcja ciężka zdominowana jest przez minerały nieprzezroczyste, wśród przezroczystych najwięcej jest granatów i turmalinów. Zwraca uwagę biotyt w ilości 8,6% (Przybylska, 2005). Przyjęto genezę jeziorno-rzeczną (jeziorną?) tych osadów.

W profilach archiwalnych strop rzecznych utworów interglacjału małopolskiego występuje od 95,5 (otw. 44 — Zapowiednik) i 110,3 (otw. 8 — Łuków) do 118,2 m n.p.m. (otw. 14 — Kolonia Karwów). Dużo bardziej zróżnicowane jest położenie spągu omawianej serii (głębokości wcięcia erozyjnego) i jej miąższość. W Zapowiedniku (otw. 42) oraz w pobliskich Turzych Rogach (otw. 45) i Kolonii Karwowie (otw. 14) duża miąższość utworów (odpowiednio: 37,0, 18,5 i 22,0 m) oraz ich litologia (jednorodne, jasnoszare piaski drobno- lub średnioziarniste, przechodzące ku stropowi w drobnoziarniste i pyłowate) wskazują, że pochodzą z jednego pełnego cyklu sedymentacji rzecznej. Część osadów tego cyklu (około 11 m szarych piasków drobno- i średnioziarnistych z pojedynczymi żwirami) przewiercono w dwóch innych profilach w Zapowiedniku (otw. 41 i 44). Piaski różnoziarniste występujące w stropie serii piasków drobno- i średnioziarnistych (otw. 8 — Gołaszyn) dokumentują prawdopodobnie początek następnego cyklu sedymentacji rzecznej interglacjału małopolskiego.

Kończące profil interglacjału małopolskiego utwory o genezie jeziorno-rzecznej mają znacznie mniejsze rozprzestrzenienie niż rzeczne. Najczęściej występują nad osadami rzecznyymi, tak jak w otworach: 21 i 22 w Łukowie oraz 58 w Sarnowie. Tylko w jednym profilu (otw. 25 — Łuków) stwierdzono je bezpośrednio na podłożu górnomiocęńskim. Strop osadów jeziorno-rzecznych znajduje się na wysokości od 116,2 (otw. 25) do 124,4 (otw. 58) i 125,2 m n.p.m. (otw. 22). Ich miąższość nie przekracza 10,0 m: od 1,1 (otw. 58) do 9,7 m (otw. 22). Poza opisanymi wyżej w profilach otworów kartograficznych, mułkami z przewarstwieniami piasków i mułkami ilastymi, osady jeziorno-rzeczne są reprezentowane również przez szare piaski pyłowate, przechodzące ku stropowi w ily pyłowate, brązowoszare (otw. 25).

### Zlodowacenie Sanu 1

Do zlodowacenia Sanu 1 zaliczono zróżnicowane litologicznie i genetycznie utwory, które mają odpowiadać dwóm stadiom i dzielącemu je interstadiowi.

#### Stadium dolny

Stadium dolny zlodowacenia Sanu 1 reprezentowany jest przez osady: rzeczno-peryglacialne, zastoisowe i wodnolodowcowe, oraz gliny zwałowe.

Profil stadiumu dolnego zlodowacenia Sanu 1 rozpoczynają piaski i mułki rzeczno-peryglacialne, występujące tylko lokalnie w Łukowie (otw.: 9, 11 i 29–31) i Celinach (otw. 3). Ponieważ przewiercono je w dwóch otworach kartograficznych: Celiny-4 (otw. 3) i Łuków-3 (otw. 11), próbki z nich pobrane zostały zbadane laboratoryjnie.

W Celinach (otw. 3) na wysokości 95,1–115,5 m n.p.m. stwierdzono jasnoszare piaski różno- (w spągu) i średnioziarniste (środkowa część profilu) z pojedynczymi żwirami, warstwowane piaskami drobnoziarnistymi, zailonymi, z nielicznymi toczęncami ilów. W stropie są to piaski drobnoziarniste, lekko zailone, drobno laminowane średnioziarnistymi z kilkoma wkładkami humusu. Leżą na utworach zlodowacenia Nidy, przykrywają je gliny zwałowe stadiumu dolnego zlodowacenia Sanu 1. Z badań litologiczno-petrograficznych wynika, że omawiane osady są średnio (odcinkami słabo) wysortowane. Ich wapniistość jest śladowa (0,6–9,8%), tylko w środkowej części serii niska (2,3%). Frakcję 0,5–1 mm tworzą głównie matowe ziarna kwarcu (do 94,1%), uzupełnione w stropie okruchami skaleni (do 5,5%) i piaskowców (2,3%). Obtoczenie ziarn kwarcu jest słabe ( $R = 0,71–0,77$ ). We frakcji minerałów ciężkich przeważają przezroczyste: granaty ze znacznym udziałem (do około 15–20%) turmalinów i staurolitu, a w stropie także amfiboli (do około 15–20%). Odcinkami występuje także glaukonit, w ilości około 10–11% (Przybylska, 2005).

W profilu Łuków-3 na wysokości 104,9–119,2 m n.p.m. przewiercono szaroniebieskie mułki (odcinkami bardziej piaszczyste albo ilaste), w stropie szarobeżowe, piaszczyste, laminowane piaskami

drobnoziarnistymi z kilkoma wkładkami humusu. Skupisko gniazd i (zaburzonych) laminek humusu oraz toczeńców brązowych iłów i piasków z pyłem węglowym (miocieńskich) występuje w środkowej części profilu. Wyszortowanie osadów jest słabe, odcinkami bardzo słabe, tylko w stropie dobre. Śladową (0,4%) zawartość CaCO<sub>3</sub> stwierdzono jedynie w stropie serii. Pośród minerałów ciężkich przeważnie dominują nieprzezroczyste, choć ich udział maleje ku stropowi na korzyść przezroczystych (do 52,8%). Glaukonit i węglany występują w zmiennych ilościach, od poniżej 1,0 do 22,2 i 18,5%. Pośród minerałów przezroczystych najwięcej jest staurolitu (udział maleje ku stropowi) i granatów (udział rośnie ku stropowi), ze znaczną ilością turmalinów, w stropie także amfiboli. Według Przybylskiej (2005) do wysokości 116,5 m n.p.m. są to osady starsze od czwartorzędowych, powyżej — rzeczne, podobnie jak opisane w profilu Celiny-4. Wyniki badań obtoczenia i zmatowienia ziarn kwarcu wykonane dla osadów pochodzących z profili Celiny-4 i Łuków-3 wskazują raczej na genezę rzeczno-peryglacialną. Przemawia za tym wysoki (rosnący ku stropowi warstwy, do około 40%) udział ziarn, które długo podlegały obróbce eolicznej (Woronko, Bujak, 2005).

Poza omówionymi wyżej profilami kartograficznymi za rzeczno-peryglacialne uznano także mułki ilasto-piaszczyste, warstwowane (otw. 9), oraz piaski drobnoziarniste i pyłowate z laminami mułków w stropie (otw. 29), stwierdzone w północno-zachodniej części Łukowa. Ich strop, położony na wysokości 107,5–108,6 m n.p.m., przykrywają osady zastoiskowe (analogicznie jak w Łukowie-3) poprzedzające transgresję lądolodu zlodowacenia Sanu 1. Miąższość utworów rzeczno-peryglacialnych waha się od 8,9 (otw. 9 i 29) do 20,5 m (otw. 3).

Kopalne obniżenia w powierzchni glin zwałowych (otw.: 12, 26 i 38–40 — północna część Łukowa) i osadów wodnolodowcowych (otw. 27 i 32 — centrum miasta) wypełniają mułki, iły warwowe i piaski pyłowate zastoiskowe. W północno-zachodniej części miasta (otw.: 9, 11 i 29) podścielają je utwory rzeczno-peryglacialne rozpoczynające zlodowacenie Sanu 1, a w Gołaszynie (otw. 8) rzeczne interglacjału małopolskiego. W większości profili stwierdzono przykrycie glinami zwałowymi stadiału dolnego zlodowacenia Sanu 1, tylko lokalnie osadami wodnolodowcowymi (anaglacjalnymi) tego wieku (otw. 8). Strop utworów zastoiskowych położony jest na wysokości od 108,4 (otw. 28) i 109,6 (otw. 27) do 115,7 (otw. 9) i 123,2 m n.p.m. (otw. 32). Największe miąższości stwierdzono w środkowej, lokalnie północnej części miasta: od 11,7 (otw. 12) do 20,0 m (otw. 32). W pozostałych profilach (otw.: 8, 9, 28, 29 i 38–40) miąższość nie przekracza 7,0–8,0 m. Najmniej, tylko 0,5 m, przewiercono w profilu kartograficznym Łuków-3 (otw. 11) i otworze 26.

Z opisów archiwalnych wynika, że są to dość zróżnicowane litologicznie i kolorystycznie utwory. Piaski szaro-żółte, drobnoziarniste, z przewarstwieniami mułków (otw. 8), jasnoszare piaski pyłowate, przechodzące ku stropowi w mułki i iły szaro-brunatne (otw. 12), szare i szarzielone mułki piaszczyste (otw. 38), szare mułki ilaste (otw. 9) czy szare, ciemnoszare i brunatne mułki i iły warwowe (otw.: 28,

29, 32, 39 i 40). Miejscami odnotowano muskowit (otw.: 9, 12 i 29), sporadycznie wkładki mioceńskich mułków i iłów (otw. 12).

W profilu kartograficznym Łuków-3, na utworach rzeczno-peryglacialnych poprzedzających zlodowacenie Sanu 1, rozpoznano zastoiskowe, ciemnoszare mułki ilasto-piaszczyste, warstwowane piaskami drobnoziarnistymi (119,2–119,7 m n.p.m.). Charakteryzują się słabym wysortowaniem i bardzo niską wapnistością (0,8%). We frakcji minerałów ciężkich nieznacznie przeważają nieprzezroczyste, udział glaukonitu i węglanów jest podwyższony (około 11–14%). Pośród minerałów przezroczystych najwięcej jest amfiboli i staurolitu, nieco mniej turmalinów oraz znaczne ilości biotyту (7,4%) (Przybylska, 2005).

Piaski ze żwirami wodnolodowcowe tworzą kopalne pokrywy — stosunkowo grube (najczęściej do kilkunastu metrów, maksymalnie nawet około 20–30 m) i o znacznym rozprzestrzenieniu, szczególnie między Łukowem a Celinami, na południe od Sarnowa, między Ryżkami a Kierzkowem (przekrój geologiczny A–B), w rejonie Gołąbków i Malcanowa (tabl. III) oraz w rejonie Turzych Rogów i między Łukowem a Gołaszynem (tabl. II). Leżą przeważnie na różnych genetycznie osadach zlodowacenia Nidy (m.in.: między Łukowem a Celinami, między Zapowiednikiem a Turzymi Rogami oraz w Łukowie — otw. 10, Ryżkach — otw. 48 i Szczygłach Górnych — otw. 53).

Występują także na utworach preglacialnych i mioceńskich, m.in. na południe od Sarnowa i Łukowa oraz koło Gołąbków i Malcanowa. Dość wyrównany strop osadów wodnolodowcowych położony jest na wysokości od około 115 m n.p.m. między Zapowiednikiem a Turzymi Rogami (tabl. II) do około 120 m n.p.m. między Łukowem a Celinami (przekrój geologiczny A–B) i w Gołaszynie (otw.: 8, 10 i 12) oraz do około 120–125 m n.p.m. we wschodniej części obszaru arkusza, koło Gołąbków i na południe od Turzych Rogów (tabl. III). Najwyższe, prawie pierwotne położenie, zachował na południe od Sarnowa (około 130 m n.p.m.) oraz w okolicach: Malcanowa, Szczygłów Górnych i Ryżek (132,7–133,8 m n.p.m. — otw.: 48, 53 i 54).

Omawiane osady znane są wyłącznie z wierceń archiwalnych. Najgrubsze profile przewiercono w Malcanowie (9,0 m — otw. 54) i Ryżkach (8,4 m — otw. 48). Natomiast w Gołaszynie (otw. 8) i Łukowie (otw. 12 i 50) miąższość ich wynosi tylko: 1,0, 1,5 i 2,1 m. Z opisów wynika, że są to piaski różno- i gruboziarniste ze żwirami, w spągu także z otoczakami, a nawet pospółkami (otw.: 8 — Gołaszyn, 48 — Ryżki, 50 — Łuków i 53 — Szczygły Górne). Podrzędnie występują piaski drobnoziarniste z pojedynczymi żwirami lub głazami (otw. 12 — Łuków i 54 — Malcanów) i czyste piaski średnioziarniste (otw. 10 — Łuków).

Wyniki badań geoelektrycznych, wykonanych wzdłuż linii przekrojów geologicznych A–B i E–F, wskazują, że piaszczysto-żwirowe serie (opory 100–160  $\Omega$ m), które można zaliczyć do wodnolodowcowych zlodowacenia Sanu 1, mogą mieć dużo większe rozprzestrzenienie i miąższość niż dokumentują to profile otworów archiwalnych.

Gliny zwałowe stadiału dolnego zlodowacenia Sanu 1 występują w północnej i środkowej części obszaru arkusza Łuków. Stwierdzono je w trzech otworach kartograficznych (Łapiguz-2, Łuków-3 i Celiny-4) oraz 18 wierceniach archiwalnych zlokalizowanych w: Łukowie (otw.: 9, 10, 12, 21, 25, 26, 29, 40, 41 i 50), Gołaszynie (otw.: 6–8), Grzędzówce (otw. 1), Ławkach (otw. 4), Turzyc Rogach (otw. 45) i Kolonii Karwowie (otw. 14 i 15). W prawie połowie otworów archiwalnych (w: Gołaszynie, Turzyc Rogach, Kolonii Karwowie oraz Łukowie) gliny zwałowe obu stadiałów zlodowacenia Sanu 1 tworzą jeden pakiet, często nieoddzielony także od nadległych glin zlodowacenia Sanu 2 (Wilgi) (otw.: 6–8 i 15) i podścielających glin zlodowacenia Nidy (otw. 6 i 26). W tych profilach miąższość glin stadiału dolnego zlodowacenia Sanu 1 można określić jedynie w przybliżeniu, wynosi około 9–13 m. Podobną sytuację stwierdzono również we wschodniej części obszaru arkusza. Wyniki badań geoelektrycznych wykonanych wzdłuż linii przekrojów A–B (na południe od Sarnowa) i E–F (od wsi Dminin-Blekiecie do Kolonii Karwowa — tabl. III) wskazują na zwarty i rozległy oraz dość gruby (do kilkunastu metrów) poziom charakteryzujący się oporami 25–60  $\Omega$ m. Odpowiada on glinom obu stadiałów zlodowacenia Sanu 1, które rozdzielono tutaj tylko orientacyjnie.

Bardziej szczegółowe profile informują, że strop glin zwałowych stadiału dolnego zlodowacenia Sanu 1 położony jest na wysokości 120,2–130,7 m n.p.m. (otw. 3 — Celiny i 22 — Łuków), natomiast spąg zalega od 109,0 (otw. 4 — Ławki) do 125,2 m n.p.m. (otw. 22 — Łuków). Miąższość glin jest niewielka: od 3,2 (otw. 25) i 3,9 m (otw. 50) w Łukowie do 9,6 (otw. 11 — Łuków) i 15,0 m (otw. 4). Według opisów archiwalnych są to ciemnoszare, często zwięzłe gliny zwałowe ze żwirami i pojedynczymi głazami, reagujące z HCl. Tylko w Ławkach (otw. 4) określono je jako szare, piaszczyste, a w Łukowie (otw. 25) jako pyłowate i piaszczyste.

W profilu kartograficznym Łapiguz-2 (otw. 22) przewiercono 5,5-metrowej miąższości szare i zwięzłe gliny zwałowe z pojedynczymi żwirami, w spągu silnie piaszczyste z licznymi otoczkami skał północnych i lokalnych. W środkowej i górnej części zawierają porwaki i wkładki szarych mułków ilastych oraz laminy piasków średnioziarnistych. Położone są na utworach jeziorno-rzecznych interglacjału małopolskiego, na wysokości 126,8–130,7 m n.p.m. Analizę petrograficzną glin przeprowadzono na podstawie dwóch próbek (Przybylska, 2005). Wśród żwirów (niska frekwencja) skały krystaliczne przeważają, mniej wyraźnie (32,8%) w spągu i zdecydowanie (40,3%) w stropie, nad wapieniami północnymi (odpowiednio: 25,0 i 26,3%). Wysoki jest udział północnych dolomitów (18,7 i 8,8%) i piaskowców (7,8 i 7,0%). Spośród skał lokalnych zwraca uwagę duży udział mułowców (6,2 i 7,0%) oraz krzemieni (4,7 i 7,0%). Gliny z Łapiguza charakteryzują się następującymi współczynnikami petrograficznymi<sup>1</sup>: O/K — 1,43; K/W — 0,82; A/B — 1,00 (spąg) oraz O/K — 1,04; K/W — 1,15; A/B —

<sup>1</sup> Współczynniki petrograficzne obliczone dla żwirów o średnicy 5–10 mm, uzyskanych z glin zwałowych, charakteryzują zależności pomiędzy różnymi grupami skał skandynawskich, gdzie: O — skały osadowe, K — skały krystaliczne i kwarc, W — skały węglanowe, A — skały nieodporne na niszczenie, B — skały odporne na niszczenie

0,74 (strop). Odbiegają one (szczególnie w spągu) od przyjętych, dla stadiału dolnego zlodowacenia Sanu 1, przez Lisickiego (2003a, b) oraz większość autorów sąsiednich arkuszy. Według Przybylskiej (2005) dolna część glin opisanych w profilu Łapiguz-2 nie znajduje się w pozycji pierwotnej — jest porwakiem materiału starszego (glin zwałowych zlodowacenia Nidy).

W otworze kartograficznym Łuków-3 (otw. 11) na wysokości 119,7–129,3 m n.p.m. przewiercono zwięzłe i średniozwięzłe gliny zwałowe, odcinkami ciemnoszare, pyłowate i ilaste bądź szare i szarobeżowe, piaszczyste z licznymi żwirami. Stwierdzono w nich liczne przewarstwienia i porwaki piasków różnoziarnistych, zailonych oraz (w środkowej części profilu) kilka wkładek piasków drobnoziarnistych z laminami humusu i okruchami drewna. Odzwierciedleniem tej zmienności litologicznej są wyniki analiz petrograficznych, które wykonano na pięciu próbkach (Przybylska, 2005). Wśród żwirów udział skał krystalicznych rośnie ku stropowi — od 22,9 do 40,0%, natomiast maleje wapieni północnych — od 37,1 do 29,1%. Zmniejsza się także udział dolomitów (od 5,7 do 1,8%) i piaskowców (od 11,4 do 5,5%) północnych. Spośród skał lokalnych dużo (szczególnie w środku warstwy) jest mułowców — od 12,8 do 18,1%. Brak krzemieni, natomiast miejscami pojawiają się piaskowce, do 3,6%. Gliny z profilu w Łukowie charakteryzują się następującymi współczynnikami petrograficznymi: O/K — 1,69; K/W — 0,67; A/B — 1,24 (spąg), O/K — 1,24; K/W — 0,89; A/B — 0,97 (środek) oraz O/K — 0,83; K/W — 1,41; A/B — 0,63 (strop). Wartości uzyskane dla stropu warstwy są zgodne z przyjętymi przez Lisickiego (2003a, b) i zbliżone do stwierdzonych dla glin stadiału dolnego zlodowacenia Sanu 1 w: Jedlance (ark. Stanin), Zdanach (ark. Siedlce Południe) i Feliksinie (ark. Okrzeja). Podobnie jak w otworze kartograficznym Łapiguz-2 także w Łukowie na wyniki badań petrograficznych (szczególnie dla dolnej jego części) ma wpływ obecność starszego materiału lodowcowego, w postaci przewarstwień piaszczystych i porwaków glin zlodowacenia Nidy (Przybylska, 2005).

W otworze Celiny-4 (otw. 3) 4,6-metrowa warstwa ciemnoszarych (w stropie stalowoszarych), średniozwięzłych glin pyłowatych i piaszczystych leży na wysokości 115,6–120,2 m n.p.m., na nieco młodszych osadach rzeczno-peryglacialnych tego wieku. Gliny są silnie wapniste. Zawierają liczne drobnookruchowe żwiry i pojedyncze otoczaki. Pośród nich skały krystaliczne (do 41,1%) przeważają, głównie w spągu, nad wapieniami północnymi (do 28,8%). Udział obu wymienionych składników maleje ku stropowi (odpowiednio: 33,8 i 23,5%), natomiast wzrasta ilość dolomitów (do 10,3%) i piaskowców (5,3%) północnych oraz mułowców lokalnych (od 6,8 do 16,2%). Gliny zwałowe z Celin charakteryzują następujące współczynniki petrograficzne (2 próbki): O/K — 1,00; K/W — 1,07; A/B — 0,88 (spąg) oraz O/K — 1,08; K/W — 1,09; A/B — 0,79 (strop). Są podobne do uzyskanych w profilach Łapiguz-2 i Łuków-3 dla glin stadiału dolnego zlodowacenia Sanu 1.

Niektóre współczynniki petrograficzne uzyskane w profilach: Łuków-3, Łapiguz-2 i Celiny-4 odbiegają w mniejszym lub większym stopniu od przyjmowanych dla glin stadiału dolnego zlodowacenia

Sanu 1, przez Lisickiego (2003a, b), i najczęściej uzyskiwanych na obszarach sąsiednich arkuszy. Różnice dotyczą głównie dolnej części pokładów, co może być spowodowane obecnością starszego materiału (porwaków glin zlodowacenia Nidy). W kilku profilach zlokalizowanych w północno-zachodniej części Łukowa (m.in. otw. 26) oraz w Gołaszynie (m.in. otw. 6) pokłady glin zlodowaceń Sanu 1 i Nidy znajdują się w bezpośrednim kontakcie. Bardzo podobny do powszechnie przyjmowanego dla stadiału dolnego zlodowacenia Sanu 1 jest skład petrograficzny (w tym duży udział skał lokalnych) glin z profili kartograficznych: Łapiguz-2, Łuków-3 i Celiny-4.

Piaski i piaski ze żwirami wodnolodowcowe zostały wyróżnione głównie wzdłuż linii przekroju geologicznego A–B. Zaliczono do nich: piaski pyłowate, w spągu drobnoziarniste, ze żwirami i otoczkami (otw. 21), średnioziarniste piaski zaglinione ze żwirami i brukiem otoczek w spągu (otw. 50), piaski pyłowate w stropie zaglinione (otw. 25) i piaski średnioziarniste (otw. 19). Występują między glinami zwałowymi obu stadiałów zlodowacenia Sanu 1, w przedziale wysokości od 125,9–132,4 (strop) do 121,9–126,1 m n.p.m. (spąg) (otw. 25 i 50). Ich miąższość jest niewielka, od 4,0 (otw. 19 i 25) do 6,3 m (otw. 50). Podobną miąższość (3,0 m) mają piaski średnioziarniste przewiercone w Ławkach (otw. 4). W sąsiedztwie tego profilu miąższość serii wodnolodowcowej jest prawdopodobnie większa (do około 10 m), a jej położenie wyznaczają rzędne około 115–127 m n.p.m.

W północnej części Łukowa za wodnolodowcowe uznano szare piaski różnoziarniste o miąższości 0,4 m (otw. 12). Rozdzielają one gliny obu stadiałów zlodowacenia Sanu 1, na wysokości 123,1–122,7 m n.p.m.

Największe rozprzestrzenienie i miąższość omawiane osady mają między Łukowem a Celinami (okolice wsi Suleje, Kolonia Suleje I). Badania geoelektryczne (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004) przeprowadzone wzdłuż linii przekroju geologicznego A–B wskazują, że piaski z wkładkami mułków (opory rzędu 40–64  $\Omega$ m) wypełniają, około 20-metrową warstwą, kopalne obniżenie wyerodowane w glinach zwałowych (stadiału dolnego zlodowacenia Sanu 1). Kontynuują się zarówno w kierunku północno-wschodnim (Brzezina, 2000a, b), jak również na południe, przez okolice Zapowiednika (8,0–12,0 m jasnoszarych piasków pyłowatych zaglinionych — otw. 41 i 42) i Gołąbków (ponad 14,0 m piasków średnioziarnistych — otw. 55). Koło Gołąbków ich położenie określają rzędne około 117–138 m n.p.m. oraz opory 70–200  $\Omega$ m (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004).

Kontynuacją sedymentacji na przedpolu topniejącego lądolodu są występujące tylko lokalnie piaski rzeczno-peryglacjalne. W Ryżkach (otw. 48) 11,6-metrowa warstwa szarych, bezwapnistych piasków drobnoziarnistych, w środkowej części profilu brązowo-szarych z kawałkami drewna, leży na wysokości 133,1–144,7 m n.p.m. Przykryta jest glinami zwałowymi stadiału górnego zlodowacenia Sanu 1. Szare i popielatoszare piaski pyłowate, miejscami ze żwirami w spągu, stanowią wypełnienie niewielkiej kopalnej formy wyciętej w glinach zwałowych i osadach zastoiskowych

stadiału dolnego zlodowacenia Sanu 1 (otw. 27 i 28 — centrum Łukowa). Strop utworów rzeczno-peryglacjalnych, o miąższości 6,7 i 9,7 m, przykrywają osady interstadialne (119,3 m n.p.m. — otw. 27) lub gliny zwałowe stadiału górnego (115,1 m n.p.m. — otw. 28).

#### Interstadiał

W kilku niewielkich kopalnych obniżeniach, głównie na glinach zwałowych i osadach zastoiskowych stadiału dolnego zlodowacenia Sanu 1, nagromadziły się p i a s k i , m u ł k i p i a s z c z y s t e i i ł y j e z i o r n e . Z n a n e s ą t y l k o z o p i s ó w a r c h i w a l n y c h o t w o r ó w w y k o n a n y c h w : Ł u k o w i e ( o t w . : 2 7 , 3 8 i 3 9 ) , G r ę z ó w c e ( o t w . 1 ) i S i ę c i a s z c e I ( o t w . 1 7 ) . W Ł u k o w i e l e ż ą n a w y s o k o ś c i o d 1 1 0 , 0 ( s p ą g — o t w . 3 9 ) d o 1 2 0 , 3 m n . p . m . ( s t r o p — o t w . 2 7 ) . S ą t o : s z a r e m u ł k i ( 9 , 0 m — o t w . 3 9 ) , b r ą z o w e m u ł k i z c z ę ś c i a m i o r g a n i c z n y m i , p r z e c h o d z ą c e k u s t r o p o w i w c i e m n o s z a r e p i a s k i ( 6 , 0 m — o t w . 3 8 ) i c i e m n o s z a r e p i a s k i z a i l o n e ( 1 , 0 m — o t w . 2 7 ) . P o z a Ł u k o w e m p o ł o ż o n e s ą z n a c z n i e w y ż e j , o d 1 2 2 , 7 ( s p ą g ) d o 1 3 0 , 7 – 1 3 1 , 2 m n . p . m . ( s t r o p , o d p o w i e d n i o o t w . : 1 7 — S i ę c i a s z k a I i I — G r ę z ó w k a ) . O p i s a n o j e t a m j a k o c i e m n o s z a r e m u ł k i ( 6 , 0 m — o t w . 1 ) i i ł y ( 8 , 0 m — o t w . 1 7 ) .

Osady interstadialne przykryte są przeważnie glinami zwałowymi stadiału górnego zlodowacenia Sanu 1 (otw.: 1, 17 i 38), rzadziej utworami zastoiskowymi poprzedzającymi stadiał górny (otw. 39) oraz wodnolodowcowymi zlodowacenia Sanu 2 (otw. 27).

#### Stadiał górny

Do osadów stadiału górnego zlodowacenia Sanu 1 zaliczono występujące tylko lokalnie mułkowe utwory zastoiskowe (ana- i kataglacjalne) oraz bardziej rozpowszechnione gliny zwałowe.

Mułki i iły zastoiskowe rozpoznano dwoma otworami kartograficznymi: Łapiguz-2 i Celiny-4, oraz sześcioma archiwalnymi, w: Łukowie (otw.: 9, 29, 39 i 40), Zapowiedniku (otw. 41) i Kolonii Karwowie (otw. 14). Leżą najczęściej na glinach zwałowych stadiału dolnego zlodowacenia Sanu 1. Ich spąg wyznaczają rzędne od 118,5 (otw. 29) do 122,2 m n.p.m. (otw. 14), natomiast strop — od 122,0 (otw. 39) do 126,2 m n.p.m. (otw. 9 i 14). Wyraźnie wyżej stwierdzono je tylko w Zapowiedniku (128,5–131,5 m n.p.m. — otw. 41) i w profilu kartograficznym Łapiguz-2 (130,7–131,8 m n.p.m. — otw. 22).

Między glinami obu stadiałów zlodowacenia Sanu 1 w otworze Łapiguz-2 występuje 1,1-metrowa warstwa szarych mułków nieregularnie warstwowanych mułkami ilastymi i mułkami ciemnoszarymi z niewielką domieszką humusu w spągu. Zawartość CaCO<sub>3</sub> jest niewielka, 1,3%. We frakcji minerałów ciężkich przeważają przezroczyste, w tym amfibole i granaty z dość dużym udziałem (14,5%) biotyту. Słabo wysortowane osady powstały w środowisku o niskiej energii, w zastoisku (Przybylska, 2005). Wiek bezwzględny utworów zastoiskowych z Łapiguza (próbka z głębokości 33,6 m), określony metodą termoluminescencyjną, wynosi 596 ± 161 ka BP (Kusiak, 2004).

W Celinach-4 (otw. 3) na wysokości 120,2–122,6 m n.p.m. przewiercono mułki beżowe, warstwowane szarymi, z nielicznymi wkładkami humusu, przechodzące ku górze w stalowoszare,

zwięzłe mułki ilaste, laminowane jasnoszarymi piaskami pyłowatymi. Zawartość  $\text{CaCO}_3$  w badanych osadach waha się od 1,2 do 4,6% w stropie. Skład petrograficzny (próbka z górnej części profilu) wskazuje na dominację kwarcu (95,2%) o ziarnach matowych, z domieszką okruchów krystalicznych (3,5%) oraz piaskowców (1,3%). Wśród minerałów przezroczystych przeważają amfibole i granaty, w spagu z dodatkiem turmalinów i biotyty. Wyniki badań litologiczno-petrograficznych wskazują, że są to osady zastoiskowe, ku stropowi przechodzące w jeziorno-lodowcowe (Przybylska, 2005). Wiek bezwzględny oznaczony metodą termoluminescencyjną (próbka z głębokości 36,2 m) wynosi  $666 \pm 167$  ka BP (Kusiak, 2004), co jest wynikiem zawyżonym w stosunku do powszechnie przyjmowanego dla początku stadiału górnego zlodowacenia Sanu 1. Omawiane utwory leżą na osadach stadiału dolnego zlodowacenia Sanu 1, a przykryte są rzeczno-peryglacialnymi zlodowacenia Sanu 2.

W profilach archiwalnych serię zastoiskową opisano jako: szare piaski pyłowate, mułki piaszczyste i mułki warwowe (6,1 m — otw. 29), popielato-szare mułki warstwowane piaskami (6,5 m — otw. 9 i 4,0 m — otw. 14), iły warwowe szaro-żółte (3,0 m — otw. 39 i 40) i ciemnoszare iły pyłowate (3,0 m — otw. 41). Najmniejsze ich miąższości stwierdzono w otworach kartograficznych: 1,1 m w Łapiguzie (otw. 22) i 2,4 m w Celinach (otw. 3).

Gliny zwałowe stadiału górnego wyróżniono w 19 profilach, w tym dwóch kartograficznych (Łapiguz-2 i Łuków-3), zlokalizowanych głównie w północnej i środkowej części obszaru arkuśza. Stanowią tam najczęściej ostatnie ogniwo osadów zlodowacenia Sanu 1. Leżą zwykle na wodnolodowcowych (otw.: 11, 12, 19, 21, 25 i 50 — Łuków i 46 — Sięciaszka II) i rzeczno-peryglacialnych (otw. 28 — Łuków i 48 — Ryżki) utworach kończących stadiał dolny. Rzadziej na interstadialnych osadach jeziornych (otw.: 1 — Grzędówka, 17 — Sięciaszka I i 38 — Łuków) czy bezpośrednio poprzedzających zlodowacenie seriach zastoiskowych (otw.: 22 — Łuków, 14 — Kolonia Karwów i 41 — Zapowiednik). W czterech profilach: w Łukowie (otw.: 10, 11 i 26) i Kolonii Karwowie (otw. 15), oraz między Turzymi Rogami a Aleksandrowem (tabl. III) i Zapowiednikiem (tabl. II) gliny zwałowe obu stadiałów zlodowacenia Sanu 1 tworzą jeden pakiet, niekiedy nie oddzielony także od glin zlodowacenia Sanu 2.

Strop glin zwałowych stadiału górnego położony jest najczęściej na wysokości około 132–136 m n.p.m. Niżej stwierdzono go w pojedynczych profilach w Łukowie (128,9–132,3 m n.p.m. — otw.: 12, 21 i 25) oraz Wólce Domaszewskiej (128,0 m n.p.m. — otw. 59). Najwyższe położenie odnotowano w Grzędówce, Sięciaszce I i Ryżkach — 140,6–146,8 m n.p.m. (otw.: 1, 17 i 48). Miąższość glin tego stadiału najczęściej wynosi około 6–10 m, zamykając się w przedziale od 1,6 i 3,3 m w Łukowie (otw. 21 i 22) do 12,0 m w Grzędówce (otw. 1) oraz 15,0 i 17,8 m w Łukowie (otw. 26 i 38).

Według opisów archiwalnych są to wapniste, szare, podrzędnie ciemnoszare gliny piaszczyste, lokalnie silnie piaszczyste, ze żwirami, rzadziej także otoczkami skał krystalicznych, wapieni i pia-

skowców. W Zalesiu (otw. 18) oraz Łukowie (otw.: 21, 25 i 28) określono górną ich część jako gliny pyłowate, odcinkami warstwowane, z laminami piasków pyłowatych i różnoziarnistych.

W profilu kartograficznym Łapiguz-2 (otw. 22) na wysokości 131,8–135,1 m n.p.m. przewiercono 3,3 m szarych, zwięzłych glin zwałowych, silnie reagujących z HCl. Skład petrograficzny żwirów (dwie próbki) wskazuje w spągu równowagę (po 35,7%) skał krystalicznych i wapieni północnych, a w stropie przewagę krystalicznych (44,4%, przy 35,6-procentowym udziale wapieni). Ku stropowi maleje udział dolomitów (od 14,3 do 6,7%) i piaskowców (od 14,3 do 2,2%) północnych. Mułowce lokalne występują tylko w stropie warstwy, w ilości 4,4%. We frakcji minerałów ciężkich (próbka ze spągu warstwy), wśród przezroczystych, dominują granaty i turmaliny. Gliny z Łapiguza charakteryzują się współczynnikami petrograficznymi: O/K — 1,80; K/W — 0,71; A/B — 1,00 (spąg) i O/K — 1,00; K/W — 1,05; A/B — 0,90 (strop). Wynik otrzymany dla spągu pokładu jest niemiarodajny z powodu wyjątkowo małej (14 sztuk!) ilości żwirów w próbce (Przybylska, 2005).

W profilu kartograficznym Łuków-3 (otw. 11) do stadiału górnego zaliczono górną, 5,0-metrową część (głębokość 30,6–35,6 m, wysokość 129,3–134,3 m n.p.m.) pokładu glin zwałowych, charakteryzującą się cechami petrograficznymi odmiennymi od części dolnej. Są to gliny szare, średniozwięzłe, lekko zapiaszczone, z licznymi żwirami, w stropie pyłowate. W środkowej części profilu zawierają 0,8-metrową wkładkę szarych, lekko wapnistych (1,5%), laminowanych łałami mułków zastoiskowych. W omawianych glinach, pośród żwirów, skały krystaliczne (35,9%) przeważają nad wapieniami północnymi (28,2%). Tylko w stropie, gdzie osady są rozmyte, obie grupy skał mają jednakowy udział (po 32,1%). Dolomitów północnych dużo jest w całej warstwie (11,3–12,8%), a zawartość mułowców lokalnych maleje ku stropowi (od 12,8 do 1,9%). Gliny w profilu Łuków-3 charakteryzują współczynniki petrograficzne (dwie próbki): O/K — 1,12; K/W — 1,00; A/B — 0,89 (spąg) oraz O/K — 1,50; K/W — 0,78; A/B — 1,05 (strop) (Przybylska, 2005). Ponieważ górna część glin jest rozmyta otrzymane dla niej współczynniki petrograficzne są niemiarodajne. Gliny zwałowe stadiału górnego zlodowacenia Sanu I dobrze charakteryzują współczynniki uzyskane ze spągowej części badanego profilu, są zgodne z przyjętymi dla tego zlodowacenia przez Lisickiego (2003a, b) oraz uzyskanymi na obszarze sąsiedniego arkusza Siedlce Południe, w profilach Zdany i Olędy.

Poza profilami otworów rozprzestrzenienie glin zwałowych wyinterpretowano na podstawie badań geoelektrycznych. Wzdłuż linii przekroju geologicznego A–B, m.in. między Łukowem a Celinami, glinom o różnym stopniu zapiaszczenia i zailenia odpowiadają opory 34–94  $\Omega\text{m}$ , w przedziale wysokości około 120–140 m n.p.m. W okolicach Aleksandrowa i Turzyc Rogów (tabl. III) glinom (prawdopodobnie bardziej pyłowatym) występującym na podobnej wysokości odpowiadają opory 31–77  $\Omega\text{m}$  (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004).

Profil zlodowacenia Sanu 1 kończą występujące lokalnie w Łukowie, na glinach zwałowych stadiału górnego, mułki i piaski pyłowate zastoiskowe. Stwierdzono je tylko w dwóch profilach archiwalnych (otw. 12 i 25) i dwóch kartograficznych: Łuków-3 (otw. 11) i Łapiguz-2 (otw. 22).

W Łukowie (otw. 11) na wysokości 134,3–135,8 m n.p.m. przewiercono stalowoszare mułki poziomo laminowane jasnoszarymi mułkami ilastymi, o miąższości 1,5 m. Natomiast w Łapiguzie (otw. 22) 4,1-metrowa warstwa szarych mułków ilastych, laminowanych zwięzłymi ilami ciemnoszarymi, ma kilka cienkich przewarstwień piasków drobnoziarnistych w stropie. W obu profilach są to osady o niskiej wapnistości (do 1,3% — otw. 22 i 1,5% — otw. 11) i słabo wysortowane. We frakcji minerałów ciężkich zwraca uwagę duża zawartość węglanów (do 32,9% — otw. 11 i 50,9% — otw. 22) i znaczna glaukonitu (odpowiednio do: 12,4 i 19,4%). Wśród minerałów przezroczystych przeważają granaty z turmalinami i biotytem (do 14,9%) w profilu Łapiguz-2 oraz amfibolami i staurolitem w profilu Łuków-3. Genezę tych osadów przyjęto jako zastoiskową, ale nie jest wykluczona jeziorno-lodowcowa (Przybylska, 2005). Wykonane dla profilu Łuków-3 badania obtoczenia i zmatowienia ziarn kwarcu wykazały podwyższony udział ziarn ze środowiska wysokoenergetycznego — plażowego, co może sugerować, że są to utwory rzeki meandrującej (Woronko, Bujak, 2005).

W profilu otworu archiwalnego 25 jako zastoiskowe uznano szare mułki wstęgowe, z wkładką glin, o łącznej miąższości 4,0 m, położone w przedziale wysokości 132,3–136,3 m n.p.m. Bardziej zróżnicowany jest profil archiwalny otworu 12 (miąższość 3,6 m, wysokość 128,3–131,9 m n.p.m.). Jasnoszare piaski pyłowate i mułki piaszczyste przechodzą ku stropowi w piaski warstwowe mułkami i szaropopielate mułki ilaste, wstęgowe.

Wiek bezwzględny utworów zastoiskowych zlodowacenia Sanu 1, oznaczony metodą termoluminescencyjną, wynosi:  $573 \pm 143$  ka BP (otw. 11 — głębokość 29,7 m) i  $611 \pm 183$  ka BP (otw. 22 — głębokość 29,1 m) (Kusiak, 2004). Wynik uzyskany dla profilu Łapiguz-2 jest zawyżony w stosunku do przyjmowanych dla schyłku zlodowacenia Sanu 1.

#### Interglacjał ferdynandowski

Na obszarze objętym arkuszem Łuków osady interglacjału ferdynandowskiego, obok zaliczonych do interglacjału mazowieckiego, tworzą najważniejszy poziom stratygraficzny. Reprezentowane są przez piaski, miejscami piaski ze żwirami i mułki, rzeczne oraz mułki, miejscami piaski, jeziorne, z wkładkami torfów, gytii i łupków.

Piaski, miejscami piaski ze żwirami i mułki, rzeczne zostały wyróżnione w profilach kartograficznych: Łuków-3, Łuków-3a i Sarnów-1, a także w 14 wierceniach archiwalnych, zlokalizowanych głównie w Łukowie (otw.: 9, 10, 12, 29–31, 38–40, 49 i 50) oraz Zapowiedniku (otw. 44), Turzych Rogach (otw. 45) i Sięciaszce II (otw. 46). Osady rzeczne wypełniają głęboką kopalną formę, której spąg położony jest najniżej w Zapowiedniku — około 95 m n.p.m. (otw. 44 — kon-

takt z osadami rzecznyymi interglacjału małopolskiego) i Łukowie — około 105 m n.p.m. (otw. 30 i 31 — kontakt z osadami rzeczno-peryglacialnymi zlodowacenia Sanu 1). W pozostałych profilach otworów omawiane serie rzeczne interglacjału ferdynandowskiego leżą najczęściej na osadach zastoiskowych (otw.: 9, 11, 12, 29, 39 i 40) i glinach zwałowych (otw.: 38, 46 i 50) stadiału górnego zlodowacenia Sanu 1, a tylko sporadycznie na utworach jeziornych interglacjału małopolskiego (otw. 58) i preglacjału (otw. 49). W wymienionych profilach spąg osadów rzecznych występuje na wysokości od około 110 do około 136 m n.p.m. Ich miąższość wynosi od 2,9–6,0 (otw. 10–12, 38, 46 i 50, zlokalizowane poza głównym korytem) do 20,8 (otw. 49) oraz 32,9 i 36,3 m (otw. 30 i 31). Są to dość monotonne serie wzajemnie przewarstwiających się piasków drobnoziarnistych i pyłowych, szarych i jasnoszarych, tylko lokalnie z wkładkami mułków (otw. 46) oraz piasków średnioziarnistych z brukiem otoczków w spągu (otw. 49). Kopalna dolina wypełniona rzecznyymi piaskami drobnoziarnistymi i pyłowatymi została także stwierdzona w okolicy Zapowiednika (29,8 m — otw. 44). Jej kontynuację w kierunku północnym (przez rejon Sulejów i Roli) oraz wschodnim (okolice Turzych Rogów) wyinterpretowano na podstawie wyników badań geoelektrycznych wykonanych wzdłuż linii przekrojów geologicznych A–B, C–D (tabl. II) i E–F (tabl. III). W okolicach wymienionych miejscowości stwierdzono kopalne obniżenia (wysokość dna około 102–122 m n.p.m.) wypełnione utworami o stosunkowo niskich oporach (47–90  $\Omega$ m), co może odpowiadać drobnoziarnistym piaskom silnie zailonym i pyłowatym (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004). Rieczne serie interglacjału ferdynandowskiego stwierdzono także na sąsiednich obszarach: w północnej części terenu arkusza Kąkolewnica i na terenach arkuszy Krzesk i Stanin.

Najczęściej wyżej omówione osady rzeczne przykryte są utworami jeziornymi, będącymi kontynuacją sedymentacji interglacjału ferdynandowskiego (otw.: 9 i 29–31 — Łuków oraz 43 i 44 — Zapowiednik), nieco rzadziej glinami zwałowymi (otw.: 10–12, 38 i 39 — Łuków) i osadami rzeczno-peryglacialnymi (otw. 49 — Łuków i 58 — Sarnów), a tylko sporadycznie wodnolodowcowymi (otw. 40 — Łuków) i zastoiskowymi (otw. 50 — Łapiguz) zlodowacenia Sanu 2. Strop serii rzecznych stwierdzono na zróżnicowanej, wskutek erozji, wysokości, od 125,3 i 126,9 (otw. 44 i 43) do 140,5–145,9 m n.p.m. (otw.: 31, 39 i 49).

W profilu kartograficznym Sarnów-1 (otw. 58) na wysokości 124,4–133,9 m n.p.m. przewiercono 9,5-metrową warstwę szarych piasków różnoziarnistych o zmiennym uziarnieniu: odcinkami gruboziarnistych z licznymi żwirami, odcinkami średnio- i drobnoziarnistych. W środkowej części profilu występują laminy czarnego humusu oraz 0,4-metrowa wkładka mułków ilastych z obfitym detrytusem roślinnym i okruchami drewna. W spągu stwierdzono bruk żwirów i otoczków. Wapnistość piasków jest bardzo niska (do 1,0%). We frakcji 0,5–1 mm dominuje kwarc (do 96,8%) o ziarnach częściej matowych (do 58,6%) niż błyszczących (do 44,6%), z domieszką okruchów skał krystalicznych (do 4,8%) i wapieni (do 2,1%). Obtoczenie kwarcu jest słabe, nieznacznie polepsza się ku stropowi (R od 0,98 do 0,83). Pośród minerałów ciężkich zwraca uwagę ilość glaukonitu (11,4–28,1%), a z minerałów przezro-

czystych: granatów, turmalinów i amfiboli. Piaski zdeponowane zostały w środowisku rzeczonym o wysokiej energii transportu, w klimacie zimnym (Przybylska, 2005), prawdopodobnie u schyłku interglacjału ferdynandowskiego. Na próbce mułków ilastych, pobranej z głębokości 30,4 m, wykonano ekspertyzę palinologiczną. Spektrum zdominowane było przez ziarna pyłku sosny oraz redeponowane sporomorfy mioceńskie (w tym pojedyncze będące wskaźnikiem środowiska morskiego) w ilości ponad 30,0%, co uniemożliwiło ich dokładniejszą interpretację (Pidek, 2004).

Szarobieżowe piaski drobnoziarniste, poziomo warstwowane średnioziarnistymi, ku stropowi przechodzące w zailone piaski różnoziarniste, odcinkami laminowane mułkami i mułkami ilastymi, nawiercono (tylko 6,6 m) na wysokości 127,9 m n.p.m. w otworze kartograficznym Łuków-3a (otw. 43). Leżą pod jeziornymi seriami interglacjału ferdynandowskiego. Ich charakterystyka petrograficzna jest bardzo podobna do omówionej dla osadów rozpoznanych w profilu Sarnów-1. We frakcji 0,5–1 mm przeważa (do 93,2%, odcinkami nawet 100%) kwarc o ziarnach matowych (do 82,6%), z domieszką okruchów skał krystalicznych (do 4,0%), piaskowców (do 4,6%) bądź wapieni (do 3,0%). Obtoczenie kwarcu jest słabe ( $R = 0,81–0,84$ ). Prawie bezwapniste (do 0,42%), średnio wysortowane osady powstały w rzece o zmiennej, na ogół wysokiej energii transportu (Przybylska, 2005).

Na mułkach zastoiskowych kończących zlodowacenie Sanu 1, a pod glinami zwałowymi zlodowacenia Sanu 2, w profilu kartograficznym Łuków-3 (otw. 11) na wysokości 135,8–138,9 m n.p.m. znajdują się szarobieżowe piaski drobnoziarniste, poziomo i lekko skośnie warstwowane piaskami pyłowatymi oraz ciemnoszarymi mułkami ilastymi (z laminami humusu), z wkładkami piasków średnioziarnistych oraz żwirami w stropie i spągu. Ich wapnistość jest bardzo niska (1,0%). Średnio wysortowane piaski składają się głównie z błyszczących ziarn kwarcu (67,0%) z dużą domieszką okruchów piaskowców i skał krystalicznych (odpowiednio: 17,8 i 15,2%). We frakcji minerałów ciężkich najwięcej jest: granatów, amfiboli i staurolitu. Wyniki badań litologiczno-petrograficznych sugerują, że są to osady rzeczno-peryglacjalne (Przybylska, 2005). Podwyższony udział ziarn ze środowiska wysokoenergetycznego, plażowego, oraz (śladowe ilości) obecność ziarn pękniętych i świeżych wskazują raczej na utwory rzeki meandrującej, długotrwanie przerabiającej swoje osady (Woronko, Bujak, 2005).

Mułki, miejscami piaski, jeziorne, z wkładkami torfów, gytii i łupków. Osady jeziorne interglacjału ferdynandowskiego zostały udokumentowane palinologicznie w wierceniu kartograficznym Łuków-3a (otw. 43) i archiwalnym otworze badawczym w Zapowiedniku (otw. 44).

Ponieważ w wierceniu kartograficznym Łuków-3 (otw. 11) nie stwierdzono organogenicznych osadów jeziornych, zaprojektowano dodatkowy otwór Łuków-3a, w Zapowiedniku, 2,4 km na południowy wschód od otworu 11. Jego celem było przewiercenie i dokładne opróbowanie omawianych utworów.

Otwór zakończono w osadach rzecznych interglacjału ferdynandowskiego, na głębokości 40,0 m. Około 100 m na północ od wiercenia Łuków-3a w 1952 r. wykonano otwór badawczy (otw. 44) (Rühle, 1969). Na głębokości 29,1–36,2 (125,3–132,4 m n.p.m.) przewiercono w nim szare, silnie reagujące z HCl mułki i mułki ilaste, ze szczątkami roślinnymi, w stropie nadbudowane czarnymi, silnie sprasowanymi łupkami i „ciemną gliną próchnicową pylastą”. Rühle (1969) zaliczył je do osadów jeziornych specjalnie wyróżnionego tutaj interglacjału łukowskiego (rozdzielać miał najstarsze i maksymalne nasunięcia lądolodu zlodowacenia Odry). Analiza palinologiczna 20 próbek pobranych z głębokości 34,1–36,2 m, wykonana przez Sobolewską (1969), nie rozstrzygnęła wieku utworów, ale wskazała, że spektrum pyłkowe jest podobne do uzyskanego w Ferdynandowie (Janczyk-Kopikowa, 1975), różne natomiast od przyjmowanego dla interglacjału mazowieckiego.

W profilu kartograficznym Łuków-3a na głębokości 24,3–34,4 m (126,9–137,0 m n.p.m.) przewiercono serię jeziorną o miąższości 10,1 m. Rozpoczynają ją szare mułki z wkładkami mułków ilastych i piasków pyłowatych oraz laminami humusu, przechodzące w mułki ciemnoszare i brązowe, odcinkami lekko zapiaszczone, z wkładkami oliwkowo-beżowych gytii (rozsypliwych, ale miejscami o charakterze łupków). Powyżej głębokości 29,8 m w profilu pojawiają się cienkie wkładki ciemnoszarych torfów. Na głębokości 27,8–28,9 m występuje warstwa torfów czarnych, dobrze rozłożonych (spąg) i rudo-brązowych, słabo rozłożonych (strop). Powyżej torfów ponownie pojawiają się mułki ciemnobrunatne i czarne, humusowe, zwarte, z licznymi wkładkami czarnych torfów oraz szarobeżowych gytii. Od głębokości 24,5 m występują w nich laminy mułków piaszczystych i piasków pyłowatych. Profil kończą mułki ilaste, w stropie ciemnobrązowe, w spągu czarne, humusowe. Badania palinologiczne 20 próbek pobranych z głębokości 24,7–34,4 m pozwoliły jednoznacznie stwierdzić, że badane utwory powstały w interglacjale ferdynandowskim (Pidek, 2004). Bardzo dobra frekwencja sporomorf i stan ich zachowania pozwoliły wydzielić: inicjalną część interglacjału (panowanie widnych lasów sosnowo-brzozowych z domieszką modrzewia — poziom *Pinus–Betula*), optimum klimatyczne (wieloskładnikowe, ciepłolubne zbiorowiska leśne, m.in. łągi wiązowo-jesionowe, i dąbrowy — poziom *Quercus–Ulmus–Corylus*, u schyłku z większym udziałem jodły i świerka — poziom *Abies–Tilia–Alnus–Quercus*), schyłek optimum klimatycznego (zwarte bory sosnowe z domieszką brzozy — poziomy *Pinus–Betula* i *Betula–Pinus*), ochłodzenie postoptimalne (roślinność terenów otwartych: tundrowych i stepotundrowych — poziom *NAP–Betula–Salix*), początek drugiego optimum klimatycznego (pionierskie borealne lasy brzozowe z rosnącym udziałem sosny — poziom *Betula*), drugie optimum klimatyczne (ponowne wkraczanie borów sosnowo-brzozowych, a następnie ekspansja ciepłolubnych, wieloskładnikowych zbiorowisk leśnych z dębem i dominującym grabem — poziomy *Pinus–Quercus–Ulmus* i *Carpinus–Quercus–Alnus*), ochłodzenie po drugim optimum (dominacja borów sosnowych z domieszką świerka i brzozy krzewiastych — poziom *Pinus–Betula–Larix*) (Pidek, 2004).

Na podstawie wyników analizy pyłkowej uznano, że osady organiczne z profilu Łuków-3a reprezentują rzadko spotykaną pełną sukcesję pyłkową ferdynandowską. Jest ona uzupełnieniem, rozszerzeniem i uszczegółowieniem sukcesji opisanej przez Sobolewską w 1969 r.

Osady jeziorne w profilach kartograficznym (otw. 43) i archiwalnym (otw. 44) położone są na utworach rzecznych interglacjału ferdynandowskiego, a przykryte rzeczno-peryglacjalnymi seriami rozpoczynającymi zlodowacenie Sanu 2.

W czterech profilach archiwalnych wykonanych w Łukowie (otw.: 9 i 29–31) w stropie rzecznych osadów interglacjalnych stwierdzono warstwę dobrze rozłożonych torfów, miejscami podścielonych mułkami ilastymi, o łącznej miąższości od 0,4 (otw. 30) do 1,2 m (otw. 29). Bezpośrednio nad nimi występują gliny zwałowe zlodowacenia Sanu 2. Osady organogeniczne występują na wysokości od 141,0–141,8 (strop — otw. 30 i 31) do 137,7–138,3 m n.p.m. (spąg — otw. 29 i 31). Przez analogię do profili otworów 43 i 44 przyjęto, że są to utwory jeziorne interglacjału ferdynandowskiego.

W najbliższym sąsiedztwie obszaru arkusza Łuków osady jeziorne interglacjału ferdynandowskiego udokumentowano paleontologicznie w: Gołowierzchach (ark. Krzesk), Zdanach (ark. Siedlce Południe — Pidek, 2000, 2003), Kosiorkach i Budziskach (ark. Okrzeja) oraz we Wnętrznem (ark. Stanin).

#### Zlodowacenie Sanu 2

Zlodowacenie Sanu 2 reprezentowane jest przez ana- i kataglacjalne osady rzeczno-peryglacjalne, wodnolodowcowe, zastoiskowe i jeziorno-lodowcowe oraz dzielący je poziom glin zwałowych.

Piaski rzeczno-peryglacjalne przewiercono w czterech profilach kartograficznych: Celiny-4 (otw. 3), Łapiguz-2 (otw. 22), Łuków-3a (otw. 43) i Sarnów-1 (otw. 58), oraz w sześciu otworach archiwalnych zlokalizowanych w: Łukowie (otw. 21 i 49), Zapowiedniku (otw. 42 i 44) oraz Kolonii Karwowie (otw. 14) i Malcanowie (otw. 54). Położone są na glinach zwałowych (otw. 14 i 21), osadach wodnolodowcowych (otw. 54 i 42) bądź zastoiskowych (otw. 3 i 22) zlodowacenia Sanu 1. Natomiast w Sarnowie (otw. 58) oraz Łukowie (otw. 43 i 49) i Zapowiedniku (otw. 44) stanowią kontynuację sedymentacji rzecznej i jeziornej, w warunkach ochładzającego się klimatu, na przedpolu transgredującego lądolodu. Największe rozprzestrzenienie utwory rzeczno-peryglacjalne mają w okolicach Sarnowa, między Ryżkami a Łukowem oraz koło Celin, co obrazuje przekrój geologiczny A–B. Ich strop, najczęściej pod glinami zwałowymi zlodowacenia Sanu 2, położony jest na stosunkowo wyrównanej wysokości, od 134,3–136,8 (otw.: 3, 44 i 21) do 145,8–146,7 m n.p.m. (otw. 49 i 54). W otworach badane osady opisane są jako piaski pyłowate i drobnoziarniste (otw.: 14, 21, 42 i 49), tylko sporadycznie jako piaski drobnoziarniste z pojedynczymi żwirami (otw. 44). Ich miąższość wynosi od 2,7–3,1 (otw. 22 i 43) do 11,7 (otw. 3) i 16,5 m (otw. 42).

W profilu Celiny-4 na wysokości 122,6–134,3 m n.p.m. występuje 11,7-metrowy kompleks jasnoszarych piasków drobnoziarnistych, lekko zailonych, poziomo i lekko skośnie warstwowanych,

średnio- i różnoziarnistych z pojedynczymi żwirkami. W środkowej części profilu znajduje się kilka wkładek piasków pyłowatych i ciemnoszarych mułków piaszczystych.

Szare piaski drobnoziarniste, przechodzące ku stropowi w średnioziarniste, laminowane drobnoziarnistymi z wkładką żwirów i otoczków (w środkowej części warstwy), o miąższości 3,1 m, przewiercono na wysokości 137,0–140,1 m n.p.m. w profilu Łuków-3a.

W otworze kartograficznym Łapiguz-2 szarozielone piaski drobnoziarniste są poziomo laminowane piaskami pyłowatymi, zawierają wkładki stalowoszarych mułków oraz pojedyncze okruchy detrytus roślinnego. Mają miąższość 2,7 m i położone są 139,2–141,9 m n.p.m.

Podobnie wykształcone osady stwierdzono, na wysokości 133,9–143,2 m n.p.m., także w profilu Sarnów-1. Jasnoszare i szare piaski drobnoziarniste są tutaj bardziej zailone, a laminy piasków pyłowatych częściej zawierają humus (szczególnie w stropie). Ich miąższość wynosi 9,3 m.

Wyniki badań litologiczno-petrograficznych także pokazują, że wyróżnione w profilach kartograficznych osady rzeczno-peryglacjalne są podobne. Wapnistość ich jest śladowa (0,2–0,4%), jedynie w stropie profilu Łuków-3a — niska (2,1%). Średnio wysortowane (tylko w profilu Łapiguz-2 oraz odcinkami w profilu Sarnów-1 — dobrze) piaski składają się prawie wyłącznie z matowych ziarn kwarcu (w stropie profili Sarnów-1 i Łuków-3a przewaga nie jest zbyt duża). Poza kwarcem stwierdzono okruchy skał krystalicznych, do 5,4% w otworze Celiny-4 i do 10,4% w stropie profilu Łuków-3a, oraz wapieni — 2,6% w profilu Sarnów-1. Obtoczenie ziarn kwarcu jest bardzo słabe ( $R = 0,71–0,99$  w profilu Łuków-3a i  $R = 1,00$  w profilu Sarnów-1) tylko w Celinach słabe ( $R = 0,56–0,71$ ). We frakcji minerałów ciężkich przeważa zespół granaty–staurolit–turmaliny. Nieco inny jest skład frakcji ciężkiej w Sarnowie, gdzie dominują epidot i rutil, ze znacznym udziałem turmalinów i granatów. Zawartość glaukonitu w tym profilu miejscami osiąga nawet 60,2%. Wskazuje to na dużą ilość redeponowanego materiału starszego od czwartorzędu (Przybylska, 2005). W przypadku profili Łuków-3a i Celiny-4 wyniki badań litologiczno-petrograficznych sugerowały genezę rzeczną osadów. Analiza obtoczenia i zmatowienia kwarcu wykonana dla profilu Celiny-4 pozwoliła stwierdzić wysoki udział (ponad 90,0%) ziarn o obróbce eolicznej. Ich akumulacja przebiegała w warunkach pustyni arktycznej, przy braku roślinności (Woronko, Bujak, 2005). Powyższe wnioski przesądziły o uznaniu omówionych osadów za rzeczno-peryglacjalne.

Wiek bezwzględny osadów rzeczno-peryglacjalnych zlodowacenia Sanu 2 (uzyskany metodą termoluminescencyjną) wynosi  $521 \pm 130$  ka BP dla profilu Celiny-4 (próbka z głębokości 26,3 m) oraz  $668 \pm 247$  ka BP dla profilu Łapiguz-2 (próbka z głębokości 24,1 m) (Kusiak, 2004). Wynik otrzymany dla profilu Łapiguz-2 jest zawyżony, odbiega od dat przyjętych dla początku zlodowacenia Sanu 2.

Piaski ze żwirami, miejscami piaski, wodnolodowcowe spotykane są w zasadzie na całym obszarze arkusza, ale najbardziej zwarty pokład stwierdzono w części południowej

i wschodniej. Wyróżniono je w 13 otworach archiwalnych zlokalizowanych w: Łukowie (otw.: 27, 28, 32 i 40), Malcanowie (otw. 54), Gołąbkach (otw. 55), Aleksandrowie (otw. 51), Zapowiedniku (otw. 41), Kolonii Karwowie (otw. 14), Ryżkach (otw. 48), Szczygłach Górnych (otw. 53), Wólce Domaszewskiej (otw. 59) i Zawodziu (otw. 52). Położone są najczęściej na glinach zwałowych (otw.: 28, 41, 48 i 51), osadach wodnolodowcowych (otw. 53 i 55) i zastoiskowych (otw. 32) zlodowacenia Sanu 1, niekiedy na rzeczno-peryglacialnych zlodowacenia Sanu 2 (otw. 14 i 54). Występują najczęściej na wysokości około 130–146 m n.p.m. Niżej stwierdzono je tylko w Łukowie (około 120–126 m n.p.m. — otw. 27 i 28), gdzie przykryte są osadami zastoiskowymi, bezpośrednio poprzedzającymi transgresję lądolodu zlodowacenia Sanu 2. W Ryżkach (otw. 48) i Malcanowie (otw. 54) badane osady wodnolodowcowe znajdują się w najwyższym położeniu (odpowiednio: 146,7–150,0 i 146,7–152,0 m n.p.m.).

Anaglacjalne osady wodnolodowcowe zlodowacenia Sanu 2 reprezentowane są głównie przez piaski średnio- i gruboziarniste ze żwirami, często także otoczkami tworzącymi bruki lub rozproszonymi w całej warstwie (otw.: 27, 40, 51–55 i 59). W Kolonii Karwowie (otw. 14) 4,0-metrową warstwę stanowią pospółki żwirowe. Niektóre opisy profili dowodzą, że mogą być to utwory warstwowane: szare piaski średnioziarniste z wkładkami mułków szarozielonych (otw. 32), piaski różnoziarniste z przewarstwieniami pyłowatych i wkładkami glin (otw. 28) czy piaski gliniaste przechodzące ku stropowi w drobnoziarniste i pyłowate z licznymi żwirami (otw. 48). Tylko w Zapowiedniku (otw. 41) występuje dość jednorodna warstwa jasnoszarych piasków drobnoziarnistych z pojedynczymi otoczkami. Miąższość omawianych osadów wodnolodowcowych wynosi od 2,0 m w Gołąbkach (otw. 55) oraz 3,1 m w Łukowie (otw. 28) i 3,3 m w Ryżkach (otw. 48) do 10,5 m w Aleksandrowie (otw. 51) i 12,0 m w Łukowie (otw. 32). Najczęściej oscyluje w granicach około 6–8 m. Poza profilami archiwalnymi rozprzestrzenienie piaszczysto-żwirowych serii wodnolodowcowych wyznaczono m.in. na podstawie badań geoelektrycznych (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004). Większe nagromadzenie tych osadów może występować koło Malcanowa, gdzie wypełniają kopalne obniżenie wycięte w glinach zwałowych zlodowacenia Sanu 1 (dno na wysokości około 130 m n.p.m., wypełnienie — piaski o oporach 65–119  $\Omega$ m). Między Turzymi Rogami a Kolonią Karwowie badane utwory rozdzielają gliny zwałowe zlodowaceń Sanu 1 i Sanu 2, w przedziale wysokości około 125–140 m n.p.m. Największe miąższości (do około 20 m) omawiane osady mogą osiągać między Gołaszynem a Łukowem (tabl. II) oraz między Ryżkami a Kierzkowem (przekrój geologiczny A–B).

Bezpośrednio przed transgresją lądolodu na badanym terenie akumulowane były mułki i piaszczyste, piaski pyłowate i iły zastoiskowe. Występują tylko lokalnie. Stwierdzono je w czterech profilach archiwalnych zlokalizowanych w Łukowie (otw.: 27, 28 i 50) i Szczygłach Górnych (otw. 53) oraz w jednym profilu kartograficznym w Sarnowie (otw. 58).

W Sarnowie, na wysokości 143,2–146,3 m n.p.m., przewiercono szarozielone mułki piaszczyste, poziomo warstwowane drobnoziarnistymi piaskami zailonymi, o miąższości 3,1 m. W spągu badane osady są silnie zailone. Pojedyncze laminy czarnego humusu występują w prawie całej ich warstwie. Stropowa część mułków jest zagliniona, zawiera nieregularne wkładki glin zwałowych ze żwirami. Wapnistość osadów jest niska, od 0,6 do 1,3% (w stropie). We frakcji minerałów ciężkich przeważają nieprzezroczyste (strop), na zmianę z przezroczystymi (spąg). Duży (do 35,7% w spągu) jest udział glaukonitu. Spośród minerałów przezroczystych dominują epidoty z rutylem i turmalinami. Zawartość biotyту jest wyraźna (4,8–6,6%) (Przybylska, 2005). Wyniki badań litologiczno-petrograficznych wskazują, że omawiane utwory mogą mieć genezę jeziorno-lodowcową. W profilu kartograficznym osady zastoiskowe leżą na utworach rzeczno-peryglacialnych rozpoczynających zlodowacenie Sanu 2, a przykryte są glinami zwałowymi tego wieku.

W profilach archiwalnych serie zastoiskowe leżą przeważnie na osadach wodnolodowcowych z początku zlodowacenia Sanu 2 (otw.: 27, 28 — Łuków i 53 — Szczygły Górne). Opisano je jako piaski pyłowate, szaro-żółte (6,0 m — otw. 53), szare ły piaszczyste (6,7 m — otw. 27) oraz szare i jasnoszare mułki i ły wstęgowe (otw. 28 i 50). Sporadycznie wśród nich spotykane są wkładki glin zwałowych lub piasków różnoziarnistych ze żwirami i otoczakami (miąższość 0,5–0,7 m). Miąższość omawianych osadów zastoiskowych wynosi od 3,1 (otw. 58) do 8,0 m (otw. 28). Położone są na wysokości od 125,7–143,2 (spąg — otw. 27 i 58) do 132,5–153,8 m n.p.m. (strop — otw. 27 i 53).

Gliny zwałowe zlodowacenia Sanu 2 występują powszechnie na obszarze arkusza Łuków. Brak ich tylko lokalnie, w pojedynczych profilach, głównie środkowej części badanego terenu, gdzie zniszczyła je intensywna erozja wód roztopowych w czasie recesji lądolodu tego wieku, m.in. w: Łukowie (otw. 10 i 35), Zapowiedniku (otw. 43 i 44), Rolach (otw. 2), Grzędówce (otw. 1), Zalesiu (otw. 18) i Zimnej Wodzie (otw. 5), bądź erozja rzeczna z początku interglacjału mazowieckiego, m.in. w: Aleksandrowie (otw. 51), Gołąbkach (otw. 55), Kolonii Domaszewnicy (otw. 60) i Wólce Domaszewskiej (otw. 59).

Dzięki licznym na tym terenie oraz na obszarach sąsiednich arkuszy (m.in. ark.: Adamów, Okrzeja i Stanin) udokumentowanym stanowiskom interglacjałów mazowieckiego i ferdynandowskiego pozycja stratygraficzna utworów zlodowacenia Sanu 2, w tym glin zwałowych, wydaje się być określona dość dokładnie. Utwory te występują bezpośrednio pod palinologicznie udokumentowanymi osadami jeziornymi interglacjału mazowieckiego w punktach dokumentacyjnych: 23 (Orodzień), 45 (Gołąbki), 51 (Sarnów) i 52 (Świderki).

Gliny zwałowe zlodowacenia Sanu 2 tworzą jednolity poziom położony najczęściej na głębokości kilkunastu metrów. Miejscami w centrum (m.in. między Łukowem a Ryżkami) oraz w części południowo-wschodniej (okolice Gołąbków i Dminina) i południowo-zachodniej (koło Sarnowa) występują na

głębokości kilku metrów. Na powierzchni terenu odsłaniają się na południe od doliny Bystrzycy, między Sarnowem a Sętkami. Zostało to potwierdzone udokumentowanymi palinologicznie stanowiskami interglacjału mazowieckiego w Wólce Domaszewskiej i Przytulinie (około 1 km poza południową granicą opracowania, na obszarze arkusza Adamów). W zachodniej i środkowo-wschodniej części terenu badań omawiane gliny zalegają dość płasko, w przedziale wysokości od około 150–155 (strop) do około 130–140 m n.p.m. (spąg). Niżej ich położenie stwierdzono koło Łukowa, przede wszystkim w Łapiguzie i Gołaszynie, gdzie zostały zerodowane, zdeformowane i zaburzone glacitektonicznie (szczególnie ich strop) przez obciążony krą utworów jurajskich (o miąższości do około 25 m) łądolód zlodowacenia Odry. W tym rejonie strop glin zlodowacenia Sanu 2 występuje na głębokości około 20–30 m, co odpowiada wysokości około 135–145 m n.p.m. (m.in. otw.: 6–8 — Gołaszyn oraz 25 i 50 — Łuków). Najwyższy strop glin (około 155–160 m n.p.m.) położony jest na południu obszaru opracowania, m.in. koło: Malcanowa (otw. 54), Sętek, Wólki Domaszewskiej i Sarnowa. Na podobnej wysokości stwierdzono jego położenie także lokalnie w środkowej części terenu arkusza, koło Ryżek i Szczygłów Górnych (otw.: 47, 48 i 53).

Największe miąższości glin zwałowych (kilkanaście metrów) stwierdzono w Łukowie (11,3–16,0 m — otw.: 12, 28, 31, 32 i 49), Kolonii Karwowie (12,0 m — otw. 15) i Turzycz Rogach (11,5 m — otw. 45). Najczęściej wynoszą około 10 m, w tym w profilach kartograficznych od 2,1 do 9,9 m.

Gliny zwałowe zlodowacenia Sanu 2 zostały udokumentowane w czterech otworach kartograficznych: Sarnów-1 (otw. 58), Łapiguz-2 (otw. 22), Łuków-3 (otw. 11) i Celiny-4 (otw. 3).

W Sarnowie-1 między osadami zastoiskowymi poprzedzającymi i kończącymi zlodowacenie Sanu 2, na głębokości 10,1–13,7 m (146,3–149,9 m n.p.m.), przewiercono ciemnoszare, zwarte gliny zwałowe z licznymi żwirami, odcinkami lekko piaszczyste, słabo reagujące z HCl. Skład petrograficzny — duża przewaga skał krystalicznych (46,8%) nad wapieniami północnymi (27,0%) — wskazuje, że górna część badanych glin jest rozmyta i zwietrzała. Niemiernodajne są też obliczone dla tej części profilu współczynniki petrograficzne: O/K — 0,87; K/W — 1,24; A/B — 0,75. Wiarygodne wyniki otrzymano dla tej części glin, gdzie wapień północny (38,3%) nieznacznie przeważają nad skałami krystalicznymi (34,7%). Udział dolomitów jest wysoki (8,8%), wzrasta w stropie warstwy (11,9%), zawartość mułowców lokalnych jest jednakowa (3,1–3,2%) w całym profilu. Współczynniki petrograficzne dla dolnej części warstwy wynoszą: O/K — 1,35; K/W — 0,78; A/B — 1,20 (Przybylska, 2005). Są zgodne z przyjętymi przez Lisickiego (2003a, b) dla glin zlodowacenia Sanu 2, prawdopodobnie stadiału górnego, i zbliżone do uzyskanych dla glin tego wieku w profilach: Róża-3 i Jedlan-ka-2 (ark. Stanin), Kosiorki, Feliksin, Gózd (ark. Okrzeja) i Zdany (ark. Siedlce Południe).

W profilu Łapiguz-2 na rzeczno-peryglacialnych osadach rozpoczynających zlodowacenie Sanu 2, na głębokości 14,2–22,9 m (141,9–150,6 m n.p.m.), znajdują się ciemnoszare (z odcieniem oliwkowym)

gliny piaszczyste, mało zasobne w żwiry, ale z licznymi porwakami, wkładkami i przewarstwieniami (o miąższości do 0,5 m) beżowych piasków drobnoziarnistych. W stropie gliny są bardziej zwięzłe i (do głębokości 15,1 m) zawierają przemazy, porwaki i wkładki czarnych, twaroplastycznych ilów oraz mułków ilastych (niejednorodnych, wymieszanych z glinami i żwirami). Powyżej głębokości około 18 m omawiane gliny reagują z HCl zdecydowanie silniej niż w spągu, gdzie są mocno zwietrzałe. Potwierdziły to wyniki badań litologiczno-petrograficznych. W silnie piaszczystej części profilu, wśród nielicznych żwirów (dwie próbki — 37 i 57 sztuk), dominują skały krystaliczne, uzupełnione licznymi piaskowcami północnymi i kwarcem. Odzwierciedleniem są niemiernodajne współczynniki petrograficzne: O/K — 0,13; K/W — 44,83; A/B — 0,02 oraz O/K — 0,13; K/W — 0,00; A/B — 0,00. Miernodajne wyniki otrzymano tylko dla środkowej części warstwy (1 próbka), gdzie wapienie północne (35,0%) przeważają nad skałami krystalicznymi (27,9%). Udział dolomitów północnych wynosi 8,2%, natomiast mułowców lokalnych 1,6%. Współczynniki petrograficzne dla tej części warstwy wynoszą: O/K — 1,52; K/W — 0,68; A/B — 1,39 (Przybylska, 2005). Są bardzo zbliżone do otrzymanych dla glin zlodowacenia Sanu 2 w profilach: Sarnów-1 oraz Zdany (ark. Siedlce Południe). Podobnie wartości, jako charakterystyczne dla tego zlodowacenia, przyjmuje Lisicki (2003 a, b). Piaski z porwaka przewierconego w środkowej części pokładu glin są bezwapniste i słabo wysortowane. Tworzą go prawie wyłącznie matowe, słabo obtoczone ( $R = 0,66$ ) ziarna kwarcu z niewielką (4,2%) domieszką okruchów skał krystalicznych i wapieni (0,6%). Skład frakcji minerałów ciężkich (dominacja granatów, ze znacznym udziałem amfiboli i turmalinów) sugeruje genezę rzeczną. Analiza litologiczno-petrograficzna czarnych mułków ilastych ze stropu warstwy wykazała, że są słabo wysortowane, o niskiej wapnistości (1,3%), a skład frakcji minerałów ciężkich zdominowany mają przez nieprzezroczyste. Wiek mułków ilastych jest przedczwartorzędowy (Przybylska, 2005). Są to prawdopodobnie niewielkie porwaki jurajskich ilów z kry występującej w spągu nadległych glin zwałowych zlodowacenia Odry. Zostały „wprasowane” do gliniastego podłoża w czasie transgresji (oscylacji?) lądolodu tego wieku.

W Łukowie-3 na głębokości 16,1–26,0 m (138,9–148,8 m n.p.m.) przewiercono ciemnoszare gliny z licznymi drobnymi żwirami. W dolnej części serii odcinkami są ilaste i zawierają laminki i wkładki drobnoziarnistych piasków zailonych ze żwirami oraz granitowym gładem (przewierconym całą średnicą rdzeniówki). Natomiast w górnej części (głębokość 17,8–18,6 m) glin stwierdzono kilka niewielkich przemazów i porwaków czarnych, zwięzłych ilów bardzo słabo reagujących z HCl. Omawiane gliny położone są na rzecznych osadach interglacjału ferdynandowskiego, a przykryte piaskami i żwirami wodnolodowcowymi zlodowacenia Sanu 2. Ich spągowa część jest zwietrzała. Wskazuje na to skład petrograficzny żwirów, pośród których prawie wyłącznie (58,2%) występują skały krystaliczne, przy minimalnej (3,0%) ilości wapieni północnych. Współczynniki petrograficzne dla tego odcinka profilu są niemiernodajne: O/K — 0,19; K/W — 10,75; A/B — 0,09. W pozostałych czterech próbkach wapienie północne przeważają (35,4–44,4%) w różnym stopniu nad skałami krystalicznymi (25,6–29,3%), tylko w dolnej części warstwy pozostają w równowadze (po 35,2%). Udział dolomitów

północnych jest równie wysoki w całej warstwie (10,0–13,1%), podobnie jak mułowców lokalnych (8,3–14,4%). Współczynniki petrograficzne badanych glin są następujące: O/K — 1,86; K/W — 0,56; A/B — 1,69 (strop), O/K — 1,53; K/W — 0,69; A/B — 1,34 (górną część warstwy), O/K — 2,02; K/W — 0,52; A/B — 1,78 (środkowa część warstwy), O/K — 1,40; K/W — 0,76; A/B — 1,23 (dolna część warstwy) (Przybylska, 2005). Wartości obliczone dla dolnej i górnej części warstwy są zbliżone do uzyskanych dla glin zwałowych zlodowacenia Sanu 2 w profilach Łapiguz-2 i Sarnów-1 oraz do przyjmowanych m.in. przez Lisickiego (2003b). Odbiegają od nich wartości współczynników obliczone dla środkowej i stropowej części pokładu glin.

W profilu kartograficznym Celiny-4, na głębokości 21,2–23,3 m (134,3–136,4 m n.p.m.), na rzeczno-peryglacialnych osadach z początku zlodowacenia Sanu 2, leżą ciemnoszare (z odcieniem beżowym), słabo zwięzłe gliny zwałowe. Mimo że zachowało się ich tylko 2,1 m, można zauważyć podobieństwo do opisanych w pozostałych profilach kartograficznych. W stropie bardziej zwięzłe, w dolnej części odcinkami bardziej pyłowate bądź piaszczyste z licznymi żwirami, słabo reagujące z HCl. W składzie petrograficznym części spągowej wapienie północne (43,9%) zdecydowanie przeważają nad skałami krystalicznymi (22,0%), przy dużej ilości dolomitów północnych (12,9%) oraz mułowców lokalnych (14,6%). Charakteryzują ją współczynniki petrograficzne: O/K — 2,40; K/W — 0,43; A/B — 2,09, bardziej zbliżone do uzyskiwanych dla glin zwałowych zlodowacenia Odry. W stropowej części warstwy skały krystaliczne (około 40%) przeważają nad wapieniami północnymi (około 33%), a udział dolomitów północnych (około 11%) i mułowców lokalnych (12,0%) jest dość wysoki, choć nieznacznie niższy od zanotowanego dla spągu. Stropową część glin z Celin charakteryzują współczynniki petrograficzne: O/K — 1,12; K/W — 0,93; A/B — 1,02 (Przybylska, 2005), zbliżone do uzyskiwanych dla glin zwałowych zlodowacenia Sanu 2, szczególnie młodszego stadiału (Lisicki, 2003b).

Niewielkie obniżenia w stropie glin zwałowych zlodowacenia Sanu 2 na początku deglacjacji wypełniły mułki i piaski jeziorno-lodowcowe, z wkładkami torfów i gytii. Stwierdzono je tylko w dwóch profilach kartograficznych: Sarnów-1 (otw. 58) i Celiny-4 (otw. 3). Przykryte są glinami zwałowymi zlodowacenia Odry (otw. 58) lub rzeczno-peryglacialnymi osadami kończącymi zlodowacenie Sanu 2 (otw. 3).

W Celinach (otw. 3), na głębokości 14,7–21,2 m (136,4–142,9 m n.p.m.), leżą szare mułki, odcinkami bardziej ilaste, a odcinkami bardziej piaszczyste, warstwowane piaskami pyłowatymi. W środkowej części profilu stwierdzono liczne soczewki oliwkowo-beżowych gytii glonowych, okruchy torfów oraz wkładkę ciemnoszarych, lekko zapiaszczonych mułków torfiastych. Są słabo wysortowane (tylko w stropie średnio) i słabo wapniste (od 1,9 do 3,3% w spągu), o zmiennych parametrach uziarnienia. We frakcji minerałów ciężkich przeważają nieprzezroczyste (do 61,6%), tylko w górnej części warstwy dominują węglany (nawet do 71,8%) z dużym udziałem glaukonitu (do 16,9%). Wśród nielicznych mine-

rałów przezroczystych najwięcej jest staurolitu, granatów i amfiboli, przy czym ku stropowi wzrasta ilość amfiboli, a maleje granatów. Odcinkami ilość biotyту osiąga 15,3%. Pochodzenie mułków jest jeziorno-lodowcowe. Badania litologiczno-petrograficzne wskazują na ślady przepływu w górnej części warstwy. Skład mineralny frakcji ciężkiej świadczy o dostawie materiału starszego od czwartorzędowego (Przybylska, 2005).

Na mułkach pobranych z profilu Celiny-4 wykonano ekspertyzy palinologiczne (głębokość próbek: 17,0, 18,4 i 19,4 m). We wszystkich próbkach frekwencja sporomorf była słaba i bardzo słaba, a ich stan zachowania zły. Próbka z głębokości 17,0 m (gytie glonowe) wskazuje na środowisko stagnującej wody. Silne zniszczenie sporomorf dowodzi, że były transportowane. Ponieważ udział redeponowanego materiału (przedczwartorzędowego lądowego i morskiego) przekracza 30,0% próbki nie mogą podlegać interpretacji (Pidek, 2004). Wiek bezwzględny osadów jeziorno-lodowcowych rozpoznanych w profilu Celiny-4, oznaczony metodą termoluminescencyjną, wynosi:  $857 \pm 189$  ka BP (głębokość próbki 19,9 m) i  $876 \pm 184$  ka BP (głębokość próbki 16,8 m) (Kusiak, 2004). Oba wyniki są zdecydowanie zawyżone, możliwe że przez obecność dużej ilości materiału starszego od czwartorzędu.

W profilu Sarnów-1, na głębokości 7,2–10,1 m (149,9–152,8 m n.p.m.), przewiercono szare piaszki pyłowate, nieregularnie laminowane drobnoziarnistymi, przechodzące ku stropowi w ciemnoszare mułki piaszczyste, lekko zaglinione, z pojedynczymi żwirami. W dolnej części warstwy występują przewarstwienia czarnego i brunatnego humusu oraz okruchy uwęglonego drewna. Wysortowanie osadów jest średnie, wapnistość — niska (od 1,1 do 1,7% w spągu). Frakcja 0,5–1 mm zdominowana jest w spągu przez okruchy piaskowców (62,9%), przy dużym udziale skał krystalicznych (23,1%) i bardzo małym kwarcu (8,0%). W stropie przeważają matowe ziarna kwarcu (71,8%), przy udziale piaskowców (16,9%). Skład frakcji minerałów ciężkich jest podobny jak w profilu Celiny-4: duży (miejscami dominujący) udział węglanów oraz zbliżony minerałów nieprzezroczystych i przezroczystych. Wśród tych ostatnich przeważają amfibole z turmalinami i epidotem (w spągu) lub granatami i rutylem (w stropie). Dolna część profilu mogła powstać w zastoisku (Przybylska, 2005).

Piaszki ze żwirami i otoczkami wodnolodowcowe, miejscami z wkładkami glin zwałowych występują przeważanie w północno-wschodniej i środkowej części obszaru, gdzie najczęściej rozdzielają gliny zwałowe zlodowaceń Sanu 2 i Odry (otw.: 9, 25, 27, 32, 38–40 — Łuków, 41 — Zapowiednik i 45 — Turze Rogi). Miejscami leżą pod osadami rzecznyymi (otw.: 10–12, 29 i 30 — Łuków) lub jeziornymi (punkty dok.: 1 — Kolonia Grzędówka oraz 32 i 42 — Świdry) interglacjału mazowieckiego. Najczęściej nawiercono je pod przykryciem glin zwałowych zlodowacenia Odry (otw.: 9, 25, 27, 32 i 38–40 — Łuków, 41 — Zapowiednik i 45 — Turze Rogi). Lokalnie wyróżniono je pod osadami wodnolodowcowymi zlodowacenia Odry (otw. 43 i 44 — Zapowiednik) lub Warty (otw. 2 — Role i 57 — Jeleniec; punkt dok. 19 — Suleje). Położone są na wysokości

około 144–155 m n.p.m. Niżej (m.in. 135,5–140,1 m n.p.m. — otw.: 10, 27, 43 i 44) ich spąg położony jest w miejscach, gdzie gliny zlodowacenia Sanu 2 zostały całkowicie (lub w znacznym stopniu) zerodowane. Najwyżej strop omawianych utworów stwierdzono w: północnej części Łukowa — 159,2 (otw. 9) i 149,5 m n.p.m. (otw. 38), Kolonii Grzędówce — 158,7 m n.p.m. (punkt dok. 1) i Ławkach — 157,5 m n.p.m. (punkt dok. 8).

Z opisów archiwalnych wierceń wynika, że są to przeważnie piaski różnoziarniste z licznymi żwirami, często także z otoczkami, o miąższości do około 10 m. Lokalnie stwierdzono przewarstwienia piasków drobnoziarnistych i pyłowatych (m.in. otw.: 9, 12, 29 i 38), wkładki glin zwałowych (otw. 27 i 32) i piasków silnie zaglinionych (otw.: 9, 25 i 29). Niektóre profile opisano jako pospółki z głazami (otw.: 17, 41 i 45) lub żwiry i otoczaki (otw.: 2, 30 i 40). Największe miąższości piaszczysto-żwirowych serii wodnolodowcowych stwierdzono w Łukowie — 14,0 (otw. 10) i 12,0 m (otw. 9).

Osady wodnolodowcowe zlodowacenia Sanu 2 przewiercono w dwóch otworach kartograficznych: Łuków-3 (otw. 11) i Łuków-3a (otw. 43).

W profilu kartograficznym Łuków-3 zaliczono do nich 4,0-metrową warstwę piasków drobnoziarnistych ze żwirami, warstwowanych gruboziarnistymi, w stropie przechodzących w średnioziarniste z nielicznymi laminami humusu. Od podścielających glin zwałowych zlodowacenia Sanu 2 oddziela je bruk otoczek. Utwory wodnolodowcowe położone są na głębokości 12,1–16,1 m (148,8–152,8 m n.p.m.), pod osadami rzeczno-interglacjału mazowieckiego. Z badań litologiczno-petrograficznych wynika, że są dobrze wysortowane i słabo wapniste (1,5%). Składają się głównie z ziarn kwarcu, przeważanie błyszczących, słabo obtoczonych ( $R = 0,93-1,02$ ). W spągu warstwy występują także okruchy skał krystalicznych (15,3%), piaskowców (3,2%) i wapieni (1,1%). Frakcja minerałów ciężkich zdominowana jest przez węglany (do 44,7%), a wśród minerałów przezroczystych przez amfibole z domieszką granatów i staurolitu (Przybylska, 2005).

Grubszą, bo 7,0-metrową serię wodnolodowcową przewiercono, na głębokości 14,2–21,2 m (140,1–147,1 m n.p.m.), w otworze kartograficznym Łuków-3a (otw. 43). Badane utwory położone są na osadach rzeczno-peryglacialnych poprzedzających nasunięcie lądolodu zlodowacenia Sanu 2, przykrywają je utwory zaliczone do wodnolodowcowych zlodowacenia Odry. Są to średnio wysortowane, słabo wapniste (1,7%) piaski średnioziarniste z nielicznymi żwirami, poziomo warstwowane drobnoziarnistymi, przechodzące w spągu w żwirowate z pojedynczymi otoczkami, a w stropie w różnoziarniste ze żwirami. Ich skład petrograficzny jest bardzo podobny do cytowanego powyżej dla otworu Łuków-3. Frakcja 0,5–1 mm zdominowana jest przez błyszczące ziarna kwarcu z nieco mniejszą (do 6,9%) domieszką okruców skał krystalicznych. Skład minerałów ciężkich omawianych osadów jest niemal identyczny z wyżej omówionym profilem (Przybylska, 2005).

Ostatnim ogniwem zlodowacenia Sanu 2 na obszarze arkusza Łuków są piaski i piaski ze żwirami rzeczno-peryglacjalne, które wyróżniono tylko w profilu kartograficznym Celiny-4 (otw. 3) oraz dwóch punktach dokumentacyjnych. Na głębokości 8,8–14,7 m (142,9–148,8 m n.p.m.) w profilu Celiny-4 przewiercono jasnoszare piaski drobnoziarniste, odcinkami laminowane pyłowatymi z wkładkami mułków ilastych. W górnej części warstwy pojawiają się przewarstwienia i wkładki piasków średnio- i gruboziarnistych ze żwirami. W całej serii spotykane są (nieliczne) laminy humusu. Średnio wysortowane piaski składają się z okruchów wapieni (41,0%) oraz kwarcu (26,5%) i piaskowców (23,5%). Ziarna kwarcu są przeważnie matowe i słabo obtoczone ( $R = 1,04$ ). Wapniistość osadów jest niska, do 1,5%. Skład frakcji minerałów ciężkich jest zbliżony do uzyskanego dla kataglacjalnych piasków i żwirów wodnolodowcowych, odnotowano przewagę węglanów (42,6%), a wśród minerałów przezroczystych: granatów z domieszką amfiboli i staurolitu. Są to osady rzeki peryglacjalnej o krótkim transporcie. Stosunkowo duża (około 13%) zawartość staurolitu wskazuje na dostawę materiału przedczwartorzędowego (Przybylska, 2005).

Wiek bezwzględny utworów rzeczno-peryglacjalnych kończących zlodowacenie Sanu 2 z otworu Celiny-4 (głębokość próbki 12,1 m), uzyskany metodą termoluminescencyjną, wynosi  $684 \pm 192$  ka BP (Kusiak, 2004). Po odjęciu poprawki można go uznać za miarodajny.

Ekspertyza palinologiczna próbki mułków ilastych, pobranej z głębokości 11,9 m, wykazuje bardzo słabą frekwencję i zły stan zachowania sporomorf. Udział ponad 30,0% redeponowanego materiału przedczwartorzędowego uniemożliwia ich interpretację (Pidek, 2004). W punktach dokumentacyjnych 4 (Celiny) i 27 (Sięciaszka II) na wysokości odpowiednio: 144,5 i 149,8 m n.p.m., nawiercono, pod udokumentowanymi palinologicznie jeziornymi osadami interglacjału mazowieckiego, drobnoziarniste piaski rzeczno-peryglacjalne.

### Interglacjał wielki

#### Interglacjał mazowiecki

Na obszarze arkusza Łuków osady interglacjału mazowieckiego okazały się najważniejszym poziomem stratygraficznym. Reprezentowane są przez piaski, miejscami piaski ze żwirami i mułki, rzeczne oraz mułki i łył jeziorne z wkładkami torfów i gytii. Na terenie opracowania udokumentowano palinologicznie 16 stanowisk osadów jeziornych interglacjału mazowieckiego (tabl. VII).

Piaski, miejscami piaski ze żwirami i mułki, rzeczne wypełniają kopalne obniżenia wcięte w osady wodnolodowcowe, kataglacjalne w Łukowie (otw.: 10–12 i 29–30), anaglacjalne w: Aleksandrowie (otw. 51), Gołąbkach (otw. 55) i okolicach Kierzkowa, sporadycznie w gliny zwałowe zlodowacenia Sanu 2: w Łukowie (otw. 31) i okolicach wsi Role. Ich położenie przedstawiono na przekrojach geologicznych: A–B, C–D (tabl. II) i E–F (tabl. III). Do lokalizacji

i oceny głębokości wcięcia kopalnych dolin wykorzystano także wyniki badań geoelektrycznych. Na linii przekroju geologicznego A–B, między Kierzkowem a Czerśłą-Poddębem oraz w rejonie wsi Role, sygnalizują one istnienie obniżen wypełnionych piaszczystymi osadami o oporach 87–128  $\Omega\text{m}$ . Podobnie na linii przekroju geologicznego E–F, wokół Aleksandrowa, gdzie piaszczysto-żwirowe wypełnienie charakteryzuje się oporami 108–152  $\Omega\text{m}$  (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004). Spąg osadów rzecznych interglacjału mazowieckiego położony jest na wysokości od około 140 m n.p.m. w okolicach Kierzkowa i Czerśli-Poddębia oraz Roli do około 148 m n.p.m. w Łukowie (otw. 29 i 30). Nieco niżej stwierdzono go we wschodniej części obszaru arkusza: 138,1 m n.p.m. w Gołąbkach (otw. 55) i 144,6 m n.p.m. w Aleksandrowie (otw. 51) (tabl. III). Rieczne serie interglacjału mazowieckiego przykryte są: młodszymi osadami jeziornymi (w: Aleksandrowie — otw. 51, Rolach — punkt dok. 6, Czerśli Poddębiu — punkt dok. 40 i Szczygłach Górnych — punkt dok. 53), glinami zwałowymi (w: Łukowie — otw.: 10, 11, 20 i 31, Gołąbkach — otw. 55 i Kierzkowie — punkt dok. 38) i utworami wodnolodowcowymi (w Kolonii Kierzkowie — punkt dok. 39 i Rolach — punkt dok. 7) zlodowacenia Odry. Ich strop leży zwykle na wysokości około 153–160 m n.p.m., niżej (około 148–151 m n.p.m.) stwierdzono go w: Rolach, Aleksandrowie i Szczygłach Górnych.

Według opisów archiwalnych są to mało mięjsze (najczęściej do około 8–10 m) serie jasnoszarych piasków drobno- i średnioziarnistych, często zailonych. Tylko w Rolach (punkty dok. 6 i 7), Aleksandrowie (punkt dok. 35), Czerśli-Poddębiu (punkt dok. 40) i Łukowie (otw. 12 i 29) stwierdzono pośród nich żwiry, w niewielkich ilościach.

Dokładniejszą charakterystykę rzecznych osadów interglacjału mazowieckiego opracowano na podstawie wyników badań próbek pochodzących z otworu kartograficznego Łuków-3 (otw. 11). Na głębokości 4,1–12,1 m (152,8–160,8 m n.p.m.), między osadami wodnolodowcowymi zlodowacenia Sanu 2 a glinami zwałowymi zlodowacenia Odry, przewiercono szarobeżowe piaski drobnoziarniste, poziomo laminowane pyłowatymi i średnioziarnistymi z licznymi wkładkami humusu. Ku górze przechodzą stopniowo w mułki piaszczyste i piaski pyłowate. Warstwę kończą piaski średnioziarniste ze żwirkami, warstwowane drobnoziarnistymi. Wymienione osady są średnio wysortowane, zawierają mało  $\text{CaCO}_3$  (1,4–1,7%). W składzie minerałów ciężkich zdecydowanie przeważają przezroczyste, w tym: granaty, staurolit i amfibole. Duża zawartość staurolitu (do 30,0%) i glaukonitu (do 41,4%) świadczy o dostawie rozmywanych osadów przedczwartorzędowych. W ocenie Przybylskiej (2005) mogą to być osady rzeczno-peryglacjalne (w spągu) i jeziorno-lodowcowe (środek warstwy). Jednak wysoki udział ziarn kwarcu pochodzących ze środowiska wysokoenergetycznego — plażowego (błyszczących) wskazuje na genezę rzeczną (Woronko, Bujak, 2005).

Wiek bezwzględny osadów rzecznych interglacjału mazowieckiego w profilu Łuków-3 (próbki z głębokości 11,0 i 5,7 m), oznaczony metodą termoluminescencyjną, wynosi odpowiednio:  $592 \pm 207$

i  $1060 \pm 392$  ka BP (Kusiak, 2004). Oba wyniki są zawyżone, prawdopodobnie ze względu na obecność w badanych utworach dużej ilości materiału starszego od czwartorzędowego. Wynik dla spagu warstwy, po odjęciu poprawki, można uznać za miarodajny.

Mułki i ily jeziorne, z wkładkami torfów i gytii, interglacjału mazowieckiego, udokumentowano w 16 stanowiskach (punktach dokumentacyjnych wykonanych sondą WH) zlokalizowanych głównie w środkowej i południowej części obszaru arkusza. Położone są w dolinach dopływów Bystrzycy: Samicy i Sanówki, oraz w tylko okresowo przepływowych dolinkach w rejonie: Szczygłów Górnych, Czerśli-Poddębna i Sarnowa. W zachodniej części badanego terenu leżą na obrzeżach rozległego obniżenia wytopiskowego koło Sięciaszki. Nieliczne w północnej części obszaru arkusza, występują w przyboczowych częściach dolin dopływów Krzyny Północnej. Osady jeziorne są bezpośrednią kontynuacją interglacialnej sedimentacji rzecznej (m.in. w stanowiskach: Role — punkt dok. 6, Czerśl-Poddębnie — punkt dok. 40 i Szczygły Górne — punkt dok. 53). Większość z nich tworzyła się jednak w małych zbiornikach na kopalnych wysoczyznach zbudowanych z glin zwałowych (Orodzień — punkt dok. 23, Ryżki — punkt dok. 29, Gołąbki — punkt dok. 45, Sarnów — punkt dok. 51 i Świderki — punkt dok. 52) lub na równinach wodnolodowcowych i rzeczno-peryglacialnych (Kolonja Grzędówka — punkt dok. 1, Celiny — punkt dok. 4, Sięciaszka II — punkt dok. 27, Świdry — punkt dok. 32 i Kolonia Świdry — punkt dok. 42) zlodowacenia Sanu 2. Osady jeziorne w stanowiskach: Józefów (Kolonja Zamek — punkt dok. 26), Kolonia Domaszewska (punkt dok. 54) i Domaszewnica (punkt dok. 55), do głębokości odpowiednio: 11,0, 13,5 i 15,0 m nie zostały przewiercone, dlatego nie jest znane ich podłoże. Profile wymienionych stanowisk interglacjału mazowieckiego zestawiono na [tablicy VII](#).

Spąg osadów jeziornych położony jest najczęściej na wysokości od 146,9 (punkt dok. 29, Ryżki — nie przewiercono) do 154,6 m n.p.m. (punkt dok. 40 — Czerśl-Poddębnie). Niżej leży tylko w Celinach — 144,5 m n.p.m. (punkt dok. 4) oraz Kolonii Domaszewskiej — poniżej 143,6 m n.p.m. (punkt dok. 54 — nie przewiercono). Strop serii jeziornej interglacjału mazowieckiego występuje na wysokości od 152,4 m n.p.m. w Celinach (punkt dok. 4) do 157,5–158,0 m n.p.m. w: Sięciaszce II, Ryżkach, Czerśli-Poddębnu, Gołąbkach, Świderkach i Szczygłach Górnych (punkty dok.: 27, 29, 40, 45, 52 i 53). Wyjątkowo nisko omawiane osady leżą w Domaszewnicy (punkt dok. 55) — od 148,5 (strop) do poniżej 137,0 m n.p.m. (spąg — nie przewiercono). W stanowiskach zlokalizowanych w północno-zachodniej części obszaru arkusza osady jeziorne leżą wyraźnie wyżej: 161,2–163,3 m n.p.m. w Orodzeniu (punkt dok. 23), 158,7–160,5 m n.p.m. w Kolonii Grzędówce (punkt dok. 1) i 159,1–150,3 m n.p.m. w Józefowie (Kolonja Zamek, punkt dok. 26 — nie przewiercono).

W nadkładzie omawianych osadów jeziornych stwierdzono przeważanie rzeczne lub jezioro-rzeczne utwory zlodowacenia Wisły, o miąższości od 0,6 m w Kolonii Świdrach (punkt dok. 42) do 1,1–1,8 m w Świderkach, Gołąbkach, Kolonii Domaszewskiej, Orodzeniu i Józefowie (odpo-

wiednio punkty dok.: 52, 45, 54, 23 i 26). Więcej, 2,7 m, odnotowano tylko w Sarnowie (punkt dok. 51). W profilach zlokalizowanych w: Celinach, Rolach, Sięciaszce II i Domaszewnicy (punkty dok.: 4, 6, 27 i 55) osady jeziorne interglacjału mazowieckiego przykryte są wodnolodowcowymi seriami zlodowacenia Warty, a w Ryżkach (punkt dok. 29) zlodowacenia Odry, o miąższości do 1,4 m. Tylko w Szczygłach Górnych (punkt dok. 53) i Kolonii Gręzówce (punkt dok. 1) zalegają pod osadami zaliczonymi do jeziornych interglacjału eemskiego.

Miąższość udokumentowanych osadów jeziornych najczęściej nie przekracza 6,0–8,0 m. Najmniejsze miąższości stwierdzono w Kolonii Gręzówce (1,8 m — punkt dok. 1) i Orodzeniu (2,1 m — punkt dok. 23), największe, ponad 10,6–11,5 m (nie przewiercono), występują w: Ryżkach (punkt dok. 29), Kolonii Domaszewskiej (punkt dok. 54) i Domaszewnicy (punkt dok. 55). Pod względem litologicznym są to szare i ciemnoszare mułki, niekiedy mułki piaszczyste, przechodzące ku górze w czarne mułki humusowe z licznymi wkładkami torfów (mułki torfiaste) i gytii glonowych, a następnie w szarobeżowe gytie z przewarstwieniami torfów. W środkowej części profili najczęściej występuje warstwa torfów dobrze rozłożonych, z soczewkami gytii. Powyżej ponownie zalegają gytie z wkładkami torfów, czarne mułki humusowe z soczewkami torfów i glin oraz mułki torfiaste, które najczęściej kończą serię. Niekiedy (punkt dok. 45 — Gołąbki) są to szare ily lub mułki z nieliczną substancją humusową (punkt dok. 4 — Celiny). W Rolach, Sięciaszce II i Kolonii Domaszewskiej (punkty dok.: 6, 27 i 54) w środkowej części profili stwierdzono pokruszone fragmenty muszli. Silnie sprasowane torfy i mułki torfiaste, w formie łupków, występują w Kolonii Gręzówce (punkt dok. 1) i Ryżkach (punkt dok. 29). Wyjątkowo w Gołąbkach (punkt dok. 45), Świderkach i Czerśli-Podębciu (punkty dok.: 45, 52 i 40) mułki są odcinkami laminowane drobnoziarnistymi piaskami zailonymi, w Świderkach także z pojedynczymi żwirkami. W zdecydowanej większości mułki i gytie silnie reagują z HCl.

Badania palinologiczne wykonane na 76 próbkach pobranych z 17 punktów dokumentacyjnych wykonała Pidek (2004, 2005). W osadach wszystkich profili (za wyjątkiem Ławek — punkt dok. 8, gdzie okazały się płonne), frekwencja i stan zachowania sporomorf były bardzo dobre. Jakkolwiek nie obejmowały pełnej sukcesji interglacjalnej to zawierały cechy umożliwiające jednoznaczne ich umiejscowienie w optimum interglacjału mazowieckiego.

Najpełniejszy obraz sukcesji interglacjalnej stwierdzono w Sarnowie (punkt dok. 51) i Świdrach (punkt dok. 32). Można tam wyróżnić okresy: II świerkowo-olszowy (ocieplenie się klimatu — występowanie borów świerkowych i bagiennych olsów charakterystycznych dla klimatu ciepłego i wilgotnego), III grabowo-jodłowy (optimum klimatyczne — panowanie zwartych, wieloskładnikowych termofilnych lasów mieszanych), IV sosnowy (ochładzanie się klimatu — powrót borealnych lasów sosnowych i rozwój zbiorowisk otwartych).

Osady występujące w stanowiskach Domaszewnica (punkt dok. 55) i Świderki (punkt dok. 52) reprezentują poziomy pyłkowe, które można przypisać II i III okresowi pyłkowemu interglacjału mazo-

wieckiego. W Józefowie (Kolonja Zamek — punkt dok. 26), Sięciaszce II (punkt dok. 27), Ryżkach (punkt dok. 29), Czerśli-Poddebiu (punkt dok. 40) i Szczygłach Górnych (punkt dok. 53) zachowała się sukcesja pyłkowa III i IV okresu pyłkowego. Natomiast w Kolonii Świdrach (punkt dok. 42), Kolonii Domaszewskiej (punkt dok. 54), Rolach (punkt dok. 6) i Gołąbkach (punkt dok. 45) tylko III okresu pyłkowego (w Rolach i Gołąbkach prawdopodobnie także część IV okresu) interglacjału mazowieckiego. Wyniki badań palinologicznych osadów ze stanowisk w: Kolonii Gręzówce (punkt dok. 1), Orodzeniu (punkt dok. 23) i Celinach (punkt dok. 4) nie były wprawdzie tak jednoznaczne, ale pozwoliły z bardzo dużym prawdopodobieństwem określić, że reprezentują one początkowy (II? — punkty dok. 1 i 23) oraz schyłkowy (IV — punkt dok. 4) okres pyłkowy interglacjału mazowieckiego (Pidek, 2004, 2005).

Ponadto w: Sięciaszce (punkt dok. 27), Ryżkach (punkt dok. 29) i Świdrach (punkt dok. 32), w stropowej części profili, stwierdzono sukcesję pyłkową charakterystyczną dla początku zlodowacenia (Liwca?), która charakteryzuje się panowaniem luźnych płatów lasów brzozowo-sosnowych i roślinności terenów otwartych (Pidek, 2004).

W otoczeniu obszaru arkusza Łuków udokumentowano liczne stanowiska interglacjału mazowieckiego (m.in. Bruj, Krupiński, 2000; Źarski i in., 2005). Spośród nich najbliższej położone to: Wólka Domaszewska i Przytulim (ark. Adamów), Gózd, Wola Okrzejska i Kasyldów (ark. Okrzeja) oraz Stanin (ark. Stanin).

Poza udokumentowanymi stanowiskami jeziorne osady interglacjału mazowieckiego wyróżniono w pięciu otworach archiwalnych (otw.: 14, 15, 46, 51 i 52). W Sięciaszce II (otw. 46) na glinach zwałowych zlodowacenia Sanu 2 leżą: mułki pyłowate, ily ciemnoszare i mułki, czarne, z warstwą torfów, o łącznej miąższości 11,0 m (148,0–159,0 m n.p.m.). Przykryte są utworami wodnolodowcowymi zlodowacenia Warty.

W Zawodziu (otw. 52) między utworami wodnolodowcowymi zlodowaceń Sanu 2 i Odry (152,5–153,5 m n.p.m.) znajduje się 1,0-metrowa warstwa mułków brunatnych.

W Aleksandrowie (otw. 51), w stropie serii rzecznej interglacjału mazowieckiego (na wysokości 151,6–155,6 m n.p.m.) leży 4,0-metrowa warstwa iłów ciemnoszarych, plastycznych. Według badań geoelektrycznych ily charakteryzują się oporami 60–70  $\Omega$ m, co raczej wyklucza ich pochodzenie z kry jurajskiej (dla której opory wynoszą 10–20  $\Omega$ m) (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004).

### Zlodowacenia środkowopolskie

Na zdenudowanych utworach zlodowacenia Sanu 2 i lokalnie interglacjału mazowieckiego leżą osady zlodowaceń środkowopolskich o miąższości od około 2–4 m, m.in. koło: Sarnowa, Malcanowa i Dminina, w południowej części badanego terenu, do około 20–30 m w rejonie Gołaszyna i lokalnie w Łukowie (wysokość spągu około 140–155 m n.p.m.). W środkowej części obszaru arkusza Łuków osady tego wieku znajdują się na powierzchni terenu, tworząc wysoczyzny morenowe i równiny wodnolodowcowe.

## Zlodowacenie Odry

Na profil zlodowacenia Odry składają się: mało rozpowszechnione, anaglacjalne osady rzeczno-peryglacjalne, zastoiskowe i wodnolodowcowe, powszechnie występujące gliny zwałowe, utwory lodowcowe i kataglacjalne osady wodnolodowcowe.

Piaski, miejscami piaski ze żwirami, rzeczno-peryglacjalne wypełniają kopalne obniżenie w Rolach (otw. 2), wyerodowane w osadach wodnolodowcowych zlodowacenia Sanu 2. Opisano je jako piaski drobno- i średnioziarniste, odcinkami pyłowate, szare i szarżółte, o miąższości 12,0 m (147,2–159,2 m n.p.m.).

Przewiercono je także w otworze kartograficznym Łapiguz-2, gdzie zalegają między glinami zwałowymi zlodowaceń Sanu 2 i Odry, na głębokości 7,7–14,2 m (150,6–157,1 m n.p.m.). Seria rzeczno-peryglacjalna w Łapiguzie składa się z różnoziarnistych, szarych piasków zailonych, odcinkami warstwowanych drobnoziarnistymi. W dolnej części warstwy występują wkładki piasków gruboziarnistych oraz bruk żwirów i otoczków, w części środkowej wkładki szarych mułków ilastych, a w stropie ciemnoszare piaski drobnoziarniste, poziomo warstwowane gruboziarnistymi. Osady te cechują się słabym wysortowaniem. We frakcji 0,5–1 mm przeważa kwarc o ziarnach matowych, z dodatkiem okruchów skał krystalicznych (do 21,5%) oraz piaskowców (do 1,8%). Obtoczenie ziarn kwarcu jest słabe ( $R = 0,88–0,90$ ). Pośród minerałów ciężkich liczny jest glaukonit (około 18%), wśród przezroczystych dominują granaty, na zmianę z turmalinami, oraz amfibole. Wapniistość badanych utworów jest niska (1,5–1,7%) (Przybylska, 2005). Nie jest wykluczona geneza rzeczna (facja pozakorytowa) omawianych osadów.

Nieco bardziej rozpowszechnione są piaski ze żwirami wodnolodowcowe, choć tylko lokalnie tworzą grubsze i bardziej zwarte poziomy. Taka seria piasków drobnoziarnistych, stalowoszarych, lekko zailonych, z pojedynczymi żwirami, o miąższości nieco ponad 12,0 m (punkty dok.: 33, 46 i 47 — nie przewiercono), leży między Gołąbkami a Aleksandrowem. Omawiane utwory przykryte są cienką warstwą (2,1–2,9 m) osadów wodnolodowcowych zlodowacenia Warty. Leżą w przedziale wysokości około 144–155 m n.p.m. (przekrój geologiczny E–F — [tabl. III](#)). Odpowiadają im opory 103–266  $\Omega\text{m}$  (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004).

Na podobnej wysokości badane utwory stwierdzono w rejonie Zapowiednika, w otworach kartograficznym Łuków-3a (otw. 43) i archiwalnym (otw. 44), między osadami zlodowacenia Sanu 2 a glinami zwałowymi zlodowacenia Odry. W profilu archiwalnym (141,4–154,9 m n.p.m.) występują piaski drobnoziarniste i pyłowate (w stropie) z domieszką średnioziarnistych oraz pojedynczych otoczków granitu (w spągu), o miąższości 13,5 m.

W profilu kartograficznym Łuków-3a (otw. 43), na głębokości 5,5–14,2 m (147,1–155,8 m n.p.m.), przewiercono średnio wysortowane, jasnoszare piaski drobnoziarniste, lekko zailone, warstwo-

wane średnioziarnistymi. Kilka cienkich warstewek mułków ilastych występuje w dolnej części warstwy. Skład petrograficzny frakcji 0,5–1 mm wskazuje na wyraźną przewagę (do 97,3%) kwarcu o błyszczących, słabo obtoczonych ( $R = 0,82\text{--}1,11$ ) ziarnach. Uzupełnieniem są okruchy skał krystalicznych (do 11,7%) i sporadycznie piaskowców (1,1%). Pośród minerałów frakcji ciężkiej zwraca uwagę duża ilość węglanów (do 41,3%) oraz glaukonitu (do 30,2%), a wśród przezroczystych — amfiboli z dodatkiem granatów, odcinkami staurolitu. Wapnistość piasków jest niska (1,7–2,7%) (Przybylska, 2005).

Znacznie mniejsze miąższości osady wodnolodowcowe mają w Ryżkach (1,1 m — otw. 48 i 2,2 m — punkt dok. 29), gdzie rozdzielają gliny zwałowe zlodowaceń Sanu 2 i Odry (otw. 48) bądź osady jeziorne interglacjału mazowieckiego od glin zwałowych zlodowacenia Odry (punkt dok. 29). Pod względem litologicznym są to piaski drobno- i średnioziarniste ze żwirami, a w otworze 48 — gliniaste. Rozpoznano je na wysokości około 157–158 m n.p.m. W pobliskich profilach archiwalnych (otw. 21 i 50) wyróżniono gruboziarniste piaski z pojedynczymi żwirami, o miąższości 2,1–4,2 m, rozdzielające serie lodowcowe zlodowaceń Sanu 2 i Odry na wysokości 146,7–148,8 m n.p.m. W podobnej pozycji występują także na południe od Sarnowa, gdzie ich rozprzestrzenienie wyinterpretowano na podstawie badań geoelektrycznych (opory rzędu 102–195  $\Omega\text{m}$ ) (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004).

W profilu kartograficznym Celiny-4 (otw. 3) nad osadami rzeczno-peryglacialnymi zlodowacenia Wilgi przewiercono 1,9 m (149,8–151,7 m n.p.m.) piasków różnoziarnistych, warstwowanych i średnioziarnistych z licznymi żwirami, w spągu gruboziarnistych ze żwirami. Są to utwory słabo wapniste (1,7–2,5%) i słabo wysortowane. Podobnie jak w profilu Łuków-3a (otw. 43) składają się głównie z matowych, słabo obtoczonych ( $R = 0,88$ ) ziarn kwarcu (do 75,6%). Udział okruchów skał krystalicznych jest tutaj prawie dwukrotnie większy (23,1%). Frakcja minerałów ciężkich zdominowana jest przez węglany (53,7%), a wśród przezroczystych przez granaty i amfibole (w zbliżonych proporcjach) (Przybylska, 2005).

Mułki, ropy i piaski pyłowate zastoiskowe wypełniają niewielkie obniżenia w osadach wodnolodowcowych, w Łukowie (otw. 28) i koło Szaniaw-Matysów (punkt dok. 21), oraz rzecznych seriach interglacjału mazowieckiego, koło Jadwisina (punkty dok. 43 i 44). Ponieważ powstały bezpośrednio przed czołem lądolodu przykryte są glinami zwałowymi tego wieku. Ich miąższość waha się od 1,4 (punkty dok. 43 i 44) do 4,1 (otw. 28) i ponad 6,5 m (punkt dok. 21 — nie przewiercono). Ich spąg położony jest na wysokości około 150 m n.p.m., tylko koło Jadwisina wyżej — około 157 m n.p.m. Z opisów wynika, że są to dość zróżnicowane litologicznie osady: od szarych, zailonych piasków drobnoziarnistych (punkt dok. 21), mułków piaszczystych, warstwowanych piaskami pyłowatymi (punkty dok. 43 i 44), do mułków ilastych i ropy wstęgowych z laminami piasków pyłowatych (otw. 28). Poza liniami przekrojów geologicznych mułki, ropy i piaski pyłowate zastoiskowe, o miąższości od 4,5 do 9,0 m, występują w odosobnionych profilach archiwalnych w: Łukowie (m.in. otw. 33 i 35), Ryżkach (otw. 47) i Kolonii Domaszewnicy (otw. 60).

Gliny zwałowe zlodowacenia Odry, miejscami z porwakami iłów kelo-  
weju, stwierdzono w większości profili wiertniczych, poza pojedynczymi w: Łukowie (otw. 12),  
Kolonii Gołaszynie (otw. 8), Grzędówce (otw. 1), Rolach (otw. 2), Celinach (otw. 3), Kolonii Karwowie  
(otw. 15), Sięciaszce II (otw. 46), Zawodziu (otw. 52) i Wólce Domaszewskiej (otw. 59). Brak ich ta-  
kże w południowej części obszaru arkusza, między Sętkami a Sarnowem (na południe od doliny By-  
strzycy), gdzie zostały całkowicie zerodowane w czasie zlodowaceń Warty i Wisły.

Omawiane gliny nawiercono w licznych sondach mechanicznych i ręcznych, głównie w środko-  
wej i zachodniej części obszaru badań, gdzie występują na powierzchni terenu lub pod cienkim przy-  
kryciem osadów piaszczystych. Ich miąższość waha się od 3,0 m w Domaszewnicy (otw. 60) i 4,8 m  
w Zapowiedniku (otw. 41) do około 16 (otw. 26) i 19,1 m (otw. 25) w Łukowie, najczęściej wynosi do  
10,0 m. Spąg glin leży na wysokości od około 150–156 m n.p.m., w części środkowej i wschodniej  
terenu arkusza, do około 150–160 m n.p.m., w Łukowie i w części północno-wschodniej. Niżej (na  
około 136–150 m n.p.m.) spąg glin zwałowych występuje lokalnie, koło Celin, a głównie w rejonie  
Gołaszyna i Łapiguza, gdzie pośród nich znajduje się kra osadów jurajskich. W tych miejscach łączna  
ich miąższość może dochodzić do około 25–36 m.

Gliny zwałowe zlodowacenia Odry przewiercono i zbadano w czterech otworach kartograficz-  
nych: Sarnów-1 (otw. 58), Łapiguz-2 (otw. 22), Łuków-3 (otw. 11) i Łuków- 3a (otw. 43).

W Sarnowie na osadach zastoiskowych zlodowacenia Sanu 2 leżą gliny zwałowe o miąższości  
6,2 m (głębokość 1,0–7,2 m). W stropie (do głębokości około 3 m) są zwietrzałe, beżowoszare, silnie  
piaszczyste, a w części środkowej i spągu — średniozwięzłe, ciemnoszare, słabiej zapiaszczone. W całej  
warstwie spotykane są laminy i porwaki drobnoziarnistych piasków zaglinionych. Żwiry są nieliczne.  
W składzie petrograficznym żwirów wapienie północne (42,1%) przeważają nad skałami krystalicz-  
nymi (33,3%), choć ich udział maleje ku stropowi warstwy (do 38,5%). Udział dolomitów północnych  
jest wysoki (do 13,0%), a mułowców lokalnych niski (2,6%). Współczynniki petrograficzne uzyskane  
dla glin z profilu Sarnów-1 wynoszą: O/K — 1,35; K/W — 0,76; A/B — 1,29 (środkowa część warstwy)  
i O/K — 1,63; K/W — 0,63; A/B — 1,51 (dolna część warstwy) (Przybylska, 2005). Bardziej miarodajny  
wynik otrzymano dla dolnej partii badanych glin. Jest porównywalny z uzyskanymi dla glin zwałowych  
zlodowacenia Odry w Kosiorkach i Budziskach (ark. Okrzeja). Wynik otrzymany dla środkowej części  
profilu Sarnów-1 porównać można do uzyskanego w wierceniu Grabów Rycki (ark. Okrzeja).

W Łapiguzie (otw. 22), na głębokości 1,1–7,7 m, występują stalowoszare gliny zwałowe z licznymi  
żwirami, w dolnej części (poniżej głębokości 6,5 m) silnie piaszczyste z laminami szarych piasków  
średnioziarnistych oraz porwakami szaroniebieskawych mułków ilastych. W stropie (do głębokości  
3,8 m) badane gliny są szarżółte, ilaste. W składzie petrograficznym (próbki z dolnej i środkowej  
części warstwy) wapienie północne (do 48,8%) przeważają nad skałami krystalicznymi (31,2%).

Udział dolomitów północnych jest wysoki (do 13,5%), a mułowców lokalnych znaczny (4,9%). Współczynniki petrograficzne obliczone dla glin z profilu Łapiguz-2 wynoszą: O/K — 1,85; K/W — 0,58; A/B — 1,53 (spąg warstwy) i O/K — 1,96; K/W — 0,52; A/B — 1,84 (środek warstwy) (Przybylska, 2005). Oba wyniki są zbliżone do uzyskiwanych przez Lisickiego (2003b) dla glin zwałowych zlodowacenia Odry (stadiał dolny?).

Na osadach rzecznych interglacjału mazowieckiego w profilu Łuków-3 występuje 3,6 m szarych, silnie piaszczystych glin z laminami i porwakami piasków silnie zaglinionych i beżowych mułków ilastych. Najgrubszy z porwaków (0,5 m) średnioziarnistych piasków rudobrazowych, ze żwirami, według badań litologiczno-petrograficznych ma genezę rzeczną. Może pochodzić z podłoża badanych glin, gdzie takie osady występują. W stropie gliny są ilaste, z licznymi żwirami, głównie skał węglanowych. Wyniki badań petrograficznych (jedna próbka, z dolnej części warstwy) wskazują, że są one silnie zwietrzałe. Wśród żwirów skały krystaliczne (40,4%) dominują nad wapieniami północnymi (30,8%). Udział dolomitów północnych wynosi 6,6%. Obliczone współczynniki petrograficzne: O/K — 0,83; K/W — 1,38; A/B — 0,65, bardzo wyraźnie odbiegają od przyjmowanych dla glin zlodowacenia Odry (Przybylska, 2005).

Iły z kongrecjami piryty i fauną keloweju jako kry w glinach zwałowych zlodowacenia Odry. W glinach zwałowych zlodowacenia Odry na zachód i północny zachód od Łukowa stwierdzono krę czarnych iłów jurajskich.

Historia badań kry jurajskiej koło Łukowa sięga końca XIX w. Za jej odkrywcę uważa się Krištafoviča (1896), który uznał ją za wychodnię skał mezozoicznych. Rychłowski (1905), opierając się na opisie otworu studziennego wykonanego w Łukowie, wyraził pogląd, że czarne ily są porwakiem utworów oligoceńskich, a kongrecje ze skamieniałościami przetransportował lądolód z północy. Badania prowadzone m.in. przez: Lewińskiego i Samsonowicza (1918) oraz Łuniewskiego i Świdzińskiego (1929) wykazały jednoznacznie, że jest to kra tkwiąca w glinach plejstocieńskich. Dalsze prace, m.in.: Rühlego (1947, 1969), Jahna (1950), Morawskiego (1954, 1955) i Kosmulskiej (1973), oraz prowadzone od końca lat 50-ych do lat 80-ych surowcowe badania geologiczne i geofizyczne (m.in.: Piątkiewicz, 1971, 1972; Kisyński, 1953, 1955; Jagodzińska, Białostocki, 1970<sup>2</sup>) pozwoliły ustalić, że w zachodnim i północno-zachodnim otoczeniu Łukowa istnieje dwanaście różnej wielkości i miąższości kier iłów jurajskich, zalegających pośród glin zwałowych zlodowacenia Odry. Ostatnie badania geologiczne kry jurajskiej prowadzone były, w latach 1981–1984, w Gołaszynie, na terenie rezerwatu

<sup>2</sup> wg Wykazu dokumentacji i opracowań geologicznych (Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa)

„Kra Jurajska” (Mizerski, 1981, 1983, 1989; Krasowski, Wrona, 1984). Ich celem było optymalne zagospodarowanie rezerwatu (prace te nie zostały ukończone).

Najlepiej zbadane są kry utworów jurajskich występujące w Gołaszynie i Łapiguzie, gdzie udokumentowano złoża iłów (jurajskich) i glin (czwartorzędowych) jako surowców ceramicznych. W latach 1912–1975 złożo „Łapiguz” było eksploatowane. Wyrobiska kopalni, zalane wodą i zasypane odpadami, są obecnie niedostępne dla badań (teren prywatny).

W rejonie złoża „Łapiguz” gliny zwałowe zlodowacenia Odry, o miąższości od około 3–5 (otw. 49 i 50, punkty dok. 30 i 31) do około 15–20 m (otw. 21 i 25, punkt dok. 24). Występują na powierzchni terenu lub pod przykryciem mułków i iłów zastoiskowych (grubość lokalnie do 4,0 m) i piasków ze żwirami wodnolodowcowych (do 4,5 m) zlodowacenia Warty. W okolicy złoża „Gołaszyn” gliny zwałowe zlodowacenia Odry, o miąższości do około 12 m, występują także bezpośrednio na powierzchni terenu lub pod nakładem glin zwałowych (miąższość 1,2–11,6 m) i średnioziarnistych piasków wodnolodowcowych (do 4,2 m) zlodowacenia Warty. Zarówno w Łapiguzie, jak i w Gołaszynie gliny zwałowe zlodowacenia Odry są w stropie (do około 2–4 m) zwietrzałe, silnie zapiaszczone, z licznymi żwirami, o barwie brązowej i brązowoszarej. Poniżej są zwięzłe i bardzo zwięzłe, ciemnoszare. Tkwią w nich, najczęściej w dolnej części, ale także w stropie, wkładki, porwaki i kry czarnych iłów jurajskich o miąższości od 0,5 do 12,0 m w Łapiguzie oraz od 0,7 do 25,8 m w Gołaszynie. Miejscami mogą stanowić do około 95% objętości warstwy. Największą krę (około 600×2500 m) zlokalizowano dotychczas między Gołaszynem a Łukowem. Nieco mniejsze (około 600×500 m, 140×120 m i 60×80 m) rozpoznano w Łapiguzie po obu stronach szosy prowadzącej w kierunku Żelechowa. Pod względem litologicznym są to iły (podrzędnie iły piaszczyste i mułki ilaste) zwięzłe, czarne, ciemnoszare, lokalnie ciemnobrunatne i brązowe, z licznymi blaszkami muskowitu i pirytu. Tylko w kilku otworach surowcowych złoża „Gołaszyn” stwierdzono iły wiśniowe i wiśniowo-szare (barwa pochodzi od dużej ilości utlenionych związków żelaza), z gniazdami i przewarstwieniami średnioziarnistych piasków zaglinionych, mułków, glin zwałowych ze żwirami. Iły zawierają: skorupy mięczaków, ich okruchy, a przede wszystkim kuliste i bułowate konkracje syderytowo-ilaste, wypełnione jurajską fauną morską, często impregnowaną pirytem. Rozmieszczone są bardzo nieregularnie: pojedynczo, w skupiskach, a nawet ławicach (przeważnie w środkowej części porwaków). Najpełniejszą monografię paleontologiczną fauny rozpoznanej w utworach kry z Łapiguza wykonał Makowski (1952). Wynika z niej, że występuje tu wyjątkowe bogactwo różnorodnych, a przy tym świetnie zachowanych skamieniałości keloweju górnego, głównie mięczaków, a wśród nich: amonitów (28 gatunków), małży (37 gatunków) i ślimaków (12 gatunków) oraz ramienionogów, mszywiolów, otwornic i liliowców.

Zagadnieniem obszaru alimentacyjnego kier z okolic Łukowa zajmowali się m.in.: Jahn (1950), Ruszczyńska-Szenajch (1976), Mizerski (1989) i Gałązka (2003). Wyjątkowo duże rozmiary i bardzo

dobry stan zachowania pierwotnych cech litologicznych iłów (m.in. brak drobnych pofałdowań i deformacji) wskazują, że były one transportowane w stanie zamrożonym i zostały zdeponowane łącznie z grubą warstwą otaczających glin zwałowych (Ruszczyńska-Szenajch, 1976). Gałązka (2003), porównując otoczaki (z glin współwystępujących z krą jurajską) z okolic Łukowa i m.in. z terenu Białorusi, wskazał rejon Kłajpedy i Popilan jako źródłowy dla omawianych kier jurajskich.

Poza wyżej wymienionymi, najlepiej poznanymi, można jeszcze wskazać osiem innych miejsc występowania kier jurajskich. Czarne, niekiedy brunatne iły „tłuste”, podrzędnie iły zapiaszczone, z dużą ilością piryty, przewiercono pośród glin zwałowych zlodowacenia Odry w: Zimnej Wodzie (otw. 5 — głębokość 18,0–22,0 m), Zalesiu (otw. 18 — głębokość 11,5–27,5 m), w zachodniej części Łukowa, koło Zakładów Zbożowych (otw. 24 — głębokość 17,5–19,0 m, i 20 — głębokość 16,0–22,2 m) oraz w otworze 19 (głębokość 11,0–16,0 m). W centrum Gołaszyna, poza złożem, krę czarnych iłów stwierdzono w profilach studni (otw. 6 i 7 — głębokość 18,0–24,0 m). W Łukowie, przy ulicy Kardynała S. Wyszyńskiego, w profilach studni (ujęcie miejskie), na głębokości 5,4–15,4 m, przewiercono „czarne gliny z wkładkami iłów”. Na peryferiach Łukowa, przy trasach wylotowych do Siedlec (dzielnica Trzaskoniec) i Lublina (ul. Cegielniana), przed II wojną światową funkcjonowały kopalnie „czarnego łu”.

Piaski i żwiry lodowcowe mają znaczny udział w budowie wschodniej (okolice: Rzymów-Rzymków, Aleksandrowa, Szaniaw-Matysów, Kolonii Karwowa i Karwowa) części obszaru arkusza. Są efektem osadzania się materiału bezpośrednio z topniejącego lądolodu. W okolicach Karwowa, Szaniaw-Matysów i Aleksandrowa tworzą niewielkie, pojedyncze pagórki na glinach zwałowych zlodowacenia Odry. Formacje te zbudowane są z niewysortowanego materiału piasczysto-żwirowego, noszącego niekiedy ślady warstwowania. Często spotyka się w nich wkładki glin zwałowych, niekiedy głazy. Ich miąższość jest niewielka, najczęściej do 2,0 m (leżą na glinach zwałowych zlodowacenia Odry koło Matysów i Karwowa), tylko lokalnie osiąga 2,7–3,4 m (na południe od Kolonii Karwowa i Aleksandrowa).

We wschodniej (koło Sulejów i Aleksandrowa) oraz północno-zachodniej (koło: Wólki Świątkowej, Zagórza, Grzędówki i Sięciaszki I) części obszaru arkusza zaznaczają się silnie zdenudowane moreny czółowe, akumulacyjne, zbudowane z piasków, żwirów i podrzędnie głązów. Stanowią one zachodni kraniec ciągu wzgórz morenowych przebiegających, prawie równoleżnikowo, od Leszczanki i Szaniaw (ark. Kąkolewnica) do Zagórza i Grzędówki (ark. Łuków) oraz przez okolice Aleksandrowa do Sięciaszki I (ark. Łuków). Były łączone z fazami recesyjnymi zlodowacenia Odry już przez Mojskiego (1971, 1972a). Są to pojedyncze pagórki oraz niewielkie ich grupy (m.in. koło Aleksandrowa) o dłuższych osiach skierowanych równoleżnikowo i długości 0,5–0,8 km. Większe formy spotykane są tylko koło Sięciaszki I i Sulejów. Wysokości względne moren osiągają przeważnie 2,5–3,5 m, sporadycznie do 4,5–5,0 m (koło Sulejów i Grzędówki). Pierwotny, zapewne

dużo wyraźniejszy kształt pagórków morenowych został zatarty wskutek denudacji i erozji wodnolodowcowej w czasie zlodowaceń Odry i Warty. Wzniesienia moren czołowych zbudowane są z piasków różno-, często gruboziarnistych ze żwirkami (w Grzędówce i Sięciaszce I), oraz żwirów. W odsłonięciach w Sięciaszce I, Grzędówce i Zagórze (głębokości do 3,5 m) stwierdzono, że osady piaszczyste są przeważnie warstwowe (poziomo i skośnie), zawierają wkładki i soczewy glin zwałowych, żwirów, piasków pyłowych oraz głązy. Miąższość osadów piaszczysto-żwirowych wynosi do 4,5–5,0 m. Ich warstwowanie wskazuje, że opisane moreny mają charakter akumulacyjny.

Koło Zagórze i Grzędówki wyróżniono kilka niewielkich, silnie zdenudowanych pagórków moren czołowych, zbudowanych z piasków i żwirów, miejscami głązów. Wysokości względne tych form dochodzą do 2,5 m w Zagórze i 4,2 m w Grzędówce. Moreny mają lekko wydłużony kształt, w kierunku równoleżnikowym (dwie formy w Zagórze) i z północnego wschodu na południowy zachód (po jednej formie w Zagórze i Grzędówce). Długość pagórków osiąga 0,5–0,8 km. Z nielicznych odsłonieć wiadomo, że zasadniczą ich część tworzą piaski różno-, odcinkami gruboziarniste, z licznymi żwirami. W Grzędówce są nieregularnie, lekko skośnie warstwowe piaskami pyłowatymi, a w stropie mają soczewki silnie piaszczystych glin zwałowych w spływach i pospółek żwirowych. Miąższość osadów rozpoznanych w Grzędówce osiąga około 5 m. Warstwowanie wskazuje na akumulacyjny charakter moreny. Mogła powstać w fazie recesyjnej zlodowacenia Odry.

U schyłku zlodowacenia Odry (w czasie recesji lądolodu) powstawały piaski i żwiry w o d n o l o d o w c o w e . Obok glin zwałowych mają one największe rozprzestrzenienie we wschodniej części obszaru arkusza. Występują tu na powierzchni terenu, tworząc równiny koło: Aleksandrowa, Ostrówka, Łazów, Matysów i na południowy wschód od Gołąbków. Są to piaski drobno- i średnioziarniste, ze żwirami, o miąższości do około 6 m (najczęściej około 3–4 m). Przewiercono je tutaj w kilkunastu sondach mechanicznych. W niektórych profilach, w spągu serii, występują pospółki oraz bruk żwirów i otoczków. Często spotykane są przewarstwienia piasków drobnoziarnistych i pyłowych. Osady wodnolodowcowe leżą najczęściej na glinach zwałowych zlodowacenia Odry, a w przypadku ich braku na utworach zastoiskowych lub wodnolodowcowych rozpoczynających zlodowacenie Odry. Nie zostały wyróżnione w otworach kartograficznych. W archiwalnym otworze w Grzędówce (otw. 1) występują na głębokości 6,0–14,0 m (159,2–167,2 m n.p.m.). Są to drobnoziarniste, szare piaski z pojedynczymi żwirami. W Zawodziu (otw. 52) leżą na głębokości 4,7–6,5 m (153,5–155,3 m n.p.m.), bezpośrednio na jeziornych osadach interglacjału mazowieckiego. W okolicy Aleksandrowa i Ostrówka ich strop położony jest na wysokości około 157–161 m n.p.m. Koło Ostrówka i Celin nadbudowane są osadami eolicznymi. Wiek opisanych utworów wodnolodowcowych przyjęto przez analogię do osadów udokumentowanych na sąsiadującym od wschodu obszarze arkusza Kąkolewnica. Nie jest wykluczone, że powstały u schyłku zlodowacenia Warty.

## Zlodowacenie Warty

Północna i zachodnia część obszaru arkusza Łuków znalazła się w zasięgu łądolodu zlodowacenia Warty. Łądolód sięgnął okolic: Sulejów, Łukowa, Sięciaszek I i II oraz Jeleńca. Świadczą o tym zachowane osady i formy terenu. Jest to zgodne z najnowszymi wynikami badań nad zasięgiem zlodowacenia Warty na tym terenie (m.in. Żarski, 2004) oraz wynikami uzyskanymi w czasie badań geologicznych na obszarach arkuszy: Siedlce Południe, Stanin, Okrzeja i Adamów.

Osady zlodowacenia Warty reprezentowane są przez: utwory zastoiskowe, gliny zwałowe, piaszczysto-żwirowe osady: lodowcowe, moren czołowych, akumulacji szczelinowej i wodnolodowcowej, oraz utwory wytopiskowe.

Mułki, piaski i iły zastoiskowe akumulowane były w niewielkich obniżeniach w północnej i środkowej części obszaru arkusza Łuków. Stwierdzono je w kilku sondach mechanicznych w okolicy: Ławek, Kolonii Gołaszyna i Zadwórze, bezpośrednio pod glinami zwałowymi zlodowacenia Warty, a koło Zadwórze, Celin, Klimów, Sięciaszki II i Gołaszyna pod osadami wodnolodowcowymi tego zlodowacenia. Są to przeważnie szaro-beżowe i ciemnoszare mułki i piaski (przeważnie pyłowate), sporadycznie iły. Mają miąższość do 3,1 (na południe od Ławek) i 2,0 m (koło Zadwórze). W Gołaszynie przewiercono je także w archiwalnych sondach surowcowych. Wypełniają obniżenia w stropie glin zwałowych zlodowacenia Odry. Opisano je jako szare i ciemnoszare, niekiedy rudawe iły wstęgowe, warstwowane piaskami pyłowatymi, oraz mułki piaszczyste z wkładkami piasków drobnoziarnistych. Ich miąższość osiąga tutaj ponad 13,0 m (punkt dok. 13 — nie przewiercono), na ogół wynosi około 3,0–3,5 m.

Gliny zwałowe zlodowacenia Warty występują w formie niewielkich, izolowanych płatów tylko w północnej (okolice: Celin, Roli, Ławek i Gołaszyna) i zachodniej (okolice Sięciaszek I i II) części obszaru arkusza. Ich położenie koło Gołaszyna przedstawia przekrój geologiczny C–D (tabl. II). Leżą tam bezpośrednio na glinach zlodowacenia Odry, miejscami tylko rozdzielone są cienką (1,0–2,2 m — otw. 7 i 6 — Gołaszyn) warstwą pospółki lub bruku otoczków bądź osadami zastoiskowymi. Ich miąższość jest tu bardzo zmienna, wynosi od 2,5–5,1 (punkty dok.: 11–13, otw. 8 — Gołaszyn i 4 — Ławki) do 10,6–12,0 m (otw. 6 i 7 — Gołaszyn). Największe miąższości związane są z wypełnieniem lokalnego obniżenia glacitektonicznego, jakiemu uległy gliny zwałowe zlodowacenia Odry obciążone krą jurajską. Spąg glin zwałowych zlodowacenia Warty położony jest w tej części obszaru opracowania na wysokości około 160–165 m n.p.m., niżej tylko w pojedynczych profilach (m.in. 148,4 m n.p.m. — otw. 7).

W Celinach (otw. 3) na osadach wodnolodowcowych zlodowacenia Odry występują gliny zwałowe średniozwięzłe i ciemnoszare, odcinkami piaszczyste z licznymi żwirami, silnie reagujące z HCl. Ich miąższość wynosi 2,2 m. Rozpoznano je na głębokości 3,7–5,9 m (151,7–153,9 m n.p.m.). W składzie petrograficznym badanych glin (jedna próbka) skały krystaliczne (43,6%) nieznacznie prze-

ważają nad wapieniami północnymi (40,5%). Udział dolomitów północnych jest duży (11,3%). Mułowce lokalne nie występują. Obliczone współczynniki petrograficzne: O/K — 1,38; K/W — 0,76; A/B — 1,24, są zbliżone do uzyskiwanych dla glin zlodowacenia Warty przez Lisickiego (2003b). Odciągają natomiast od otrzymanych w profilach Jedlanka i Wnętrzne (ark. Stanin).

Na północ od Grzędówki oraz koło Zagórza, Ławek i Józefowa występują piaski i żwiry, miejscami także głazy, lodowcowe. Tworzą słabo zaznaczające się kulminacje terenu (koło Zagórza) lub płaskie zdenudowane powierzchnie (koło Ławek i Kolonii Grzędówki). Omawiane osady powstały bezpośrednio z topniejącego lądolodu. Są to niewysortowane, najczęściej zaglinione piaski średnioziarniste i pyłowate z wkładkami i soczewkami żwirów i zaglinionych pospółek. Miejscami występują skupiska gładów (koło Zagórza). Miąższość osadów lodowcowych jest niewielka (do 3,1 m koło Kolonii Grzędówki). Najczęściej mają około 1,1–1,8 m i leżą na glinach zwałowych zlodowacenia Warty.

Piaski, żwiry i głazy akumulacji szczelinowej tworzą kilka podłużnych pagórków w środkowo-zachodniej części obszaru arkusza, w sąsiedztwie doliny Krzyny Południowej — w Zalesiu-Kolonii i przy zachodniej granicy terenu opracowania (na dziale wodnym Krzyny Południowej i Krzyny Północnej). Niewysokie (do 3,0 m w Zalesiu-Kolonii) pagórki, o dłuższych osiach zorientowanych na linii WNW–ESE, zbudowane są z przeważnie ukośnie warstwowanych piasków średnio- i różnoziarnistych ze żwirami, a w stropie z otoczakami i gładami. Charakteryzuje je duża zmienność uziarnienia i tekstury, co jest wynikiem gwałtownych zmian warunków hydrologicznych w czasie sedymentacji. Największa miąższość tych osadów (3,5 m) znana jest z odsłonięcia w Zalesiu-Kolonii.

Piaski i piaski ze żwirami wodnolodowcowe transportowane były przez wody roztopowe u schyłku zlodowacenia Warty, na przedpolu lądolodu, wzdłuż szlaków przepływu. W północno-zachodniej części obszaru arkusza, od okolic Grzędówki do Zadwórze i Wólki Świątkowej, tworzą rozległą równinę sandrową położoną na wysokości około 170–177 m n.p.m. Powierzchnia sandru obniża się w kierunku południowo-wschodnim (do około 160 m n.p.m. koło Celin i Aleksandrowa) i południowym (do około 160–165 m n.p.m. koło Czerśli, Świdrów i Kolonii Domaszewskiej). Mniejsze płyty osadów wodnolodowcowych znajdują się między Czerślą a Świdrami, w okolicach Jeleńca i Kolonii Domaszewskiej oraz wzdłuż dolin Bystrzycy i Samicy, które obok dolin Krzyny Południowej i Krzyny Północnej były ważnymi szlakami odpływu wód z topniejącego lądolodu zlodowacenia Warty. Miąższość omawianych utworów wynosi od kilku do kilkunastu metrów. Największe miąższości stwierdzono w Grzędówce (6,0 m — otw.1) i Kolonii Karwowie (6,0 m — otw. 15), Zapowiedniku (12,0 m — otw. 42) oraz koło Ryżek, Kolonii Łazów II i Kierzkowa — około 7–10 m. Także lokalnie po prawej stronie doliny Samicy występują ich miąższe serie (do około 6–8 m), eksploatowane w kilku wyrobiskach. Osady wodnolodowcowe leżą przeważnie na glinach zlodowacenia Warty i róż-

nych genetycznie utworach zlodowacenia Odry. Sporadycznie na osadach rzecznych lub jeziornych interglacjału mazowieckiego, m.in. w: Celinach, Sięciaszce II i Domaszewnicy (punkty dok.: 4, 27 i 55). Pod względem litologicznym są to jasnoszare i żółtoszare piaski drobnoziarniste i pyłowate, poziomo i skośnie warstwowane piaskami różnoziarnistymi ze żwirami i otoczkami.

Omawiane osady przewiercono w otworze kartograficznym Celiny-4 (otw. 3). Na głębokości do 3,7 m występują piaski średnioziarniste, szarobeżowe, z dużą ilością żwirów, zaglinione w spągu. W części środkowej i w stropie warstwy przeważają piaski drobnoziarniste, jasnoszare i żółtobeżowe, z nielicznymi żwirkami i cienkimi przewarstwieniami piasków różnoziarnistych. Są bezwapniste. W składzie petrograficznym dominuje kwarc (do 96,2%) z niewielką domieszką skał krystalicznych (do 3,8%), o ziarnach matowych i słabo obtoczonych ( $R = 0,64-0,74$ ). We frakcji minerałów ciężkich najwięcej jest amfiboli i staurolitu, w stropie — granatów i staurolitu. W środkowej części warstwy występuje 0,4-metrowe przewarstwienie piasków drobnoziarnistych, warstwowanych mułkami piaszczystymi z laminami humusu. Z badań litologiczno-petrograficznych wynika, że może to być ślad zatamowania przepływu i powstania krótkotrwałego jeziora lodowcowego (Przybylska, 2005).

W otworze kartograficznym Łuków-3a (otw. 43) na glinach zlodowacenia Odry znajduje się 1,2 m piasków pyłowatych z nielicznymi żwirami. Podobnie jak utwory rozpoznane w profilu Celiny-4 są one bezwapniste i słabo wysortowane. Składają się głównie z kwarcu (91,9%) i podrzędnie z okruców skał krystalicznych (8,1%). Ziarna kwarcu są nieco częściej matowe niż błyszczące, słabo obtoczone ( $R = 0,89$ ). Frakcja ciężka zdominowana jest przez amfibole i granaty (Przybylska, 2005). Geneza tych osadów może być również rzeczno-peryglacialna.

Piaski, mułki i ły wytopiskowe, z wkładkami glin zwałowych wypełniają obniżenia, które powstały w miejscach wytopienia się brył i płatów martwego lodu. Stwierdzono je w rozległym obniżeniu między Sięciaszką II, Dąbiem i Józefowem, na zachodzie obszaru arkusza. Mniejsze wychodnie tych osadów wyróżniono na południe od doliny Krzyny Południowej, przy dolinie Bystrzycy na wysokości Józefowa, nad Wilkojadką koło Zawodzia oraz w rejonie Stajek. Wymienione tereny stanowią wschodnie obrzeżenie dużych form wytopiskowych udokumentowanych na obszarze sąsiedniego arkusza Stanin. Pod względem litologicznym są one bardzo zróżnicowane, rozpoznano: piaski drobnoziarniste i pyłowate, mułki ilaste, ły piaszczyste, piaski z wkładkami glin zwałowych i pojedynczymi żwirami. Ich miąższość na omawianym obszarze wynosi od około 2 do 3,1 m (koło Stajek i Dąbia).

#### Interglacjał eemski

Interglacjał eemski reprezentowany jest na obszarze arkusza Łuków przez mułki i piaski jeziorne. Zostały one przewiercone w kilku sondach mechanicznych, ale brak dla nich dokumentacji palinologicznej. Stwierdzono je koło Ryżek, w suchej dolinie dawnego ciek. Leżą na osadach wod-

nolodowcowych zlodowacenia Warty, na głębokości 2,3–4,6 m. Rozpoznane utwory jeziorne to szarozielone mułki z laminami humusu, a w górnej części serii — mułki czarne, torfiaste, z soczewkami gytii. Przykryte są jeziorno-rzeczynymi osadami zlodowacenia Wisły. Koło Kolonii Gręzówki (punkt dok. 1), w małym obniżeniu na równinie wodnolodowcowej, na głębokości 1,6–4,2 m występują ciemnoszare piaski pyłowate z wkładkami mułków ilastych, torfów i kawałkami uwęglonego drewna. Podobne osady organiczne, które można korelować z interglacją eemskim, nawiercono jeszcze koło: Celin, Aleksandrowa i Dąbia. Ponieważ na tym obszarze na zbliżonych głębokościach występują bardzo podobnie wykształcone osady interglacjalne mazowieckiego należy zachować ostrożność w ocenie wieku serii organogenicznych.

W Szczygłach Górnych (punkt dok. 53) na udokumentowanych palinologicznie osadach interglacjalnych mazowieckiego (głębokość 1,5–4,2 m) leżą czarne namuły mineralne i czarne mułki humusowe z warstwą szaropopielatych ilów, które można wiązać z interglacją eemskim (Pidek — wiadomość ustna).

### Zlodowacenia północnopolskie

#### Zlodowacenie Wisły

Obszar arkusza Łuków pozostawał poza zasięgiem lądolodu zlodowacenia Wisły. W tym czasie w dolinach rzek akumulowane były osady piaszczyste, a w innych obniżeniach terenu — utwory piaszczysto-mułkowe.

Piaski i mułki jeziorne i jeziorno-rzeczne powstawały w obniżeniach wytopiskowych i dolinach rzecznych, często jako kontynuacja sedymentacji organicznej interglacjalnej eemskiej. Duży udział frakcji piaszczystej w omawianych utworach świadczy o przepływowym charakterze tych obniżeń. Ten rodzaj osadów stwierdzono w profilach sond mechanicznych zlokalizowanych w dnach obniżeń wytopiskowych, koło: Sięciaszki II, Dąbia, Turzych Rogów i Gołąbków, oraz w peryferycznych częściach dolin Krzyny Północnej (koło Celin) i Krzyny Południowej (koło Zalesia). Są to najczęściej szarobieżowe i jasnobrazowe mułki, mułki piaszczyste i piaski pyłowate z cienkimi przewarstwieniami piasków drobnoziarnistych. Taki typ osadów wyróżniono m.in. w Orodzeniu (punkt dok. 23), gdzie występują piaski drobnoziarniste i pyłowate, szarobieżowe, z licznymi przewarstwieniami mułków szarych i laminami humusu. W stropie kończą je cienkie warstewki piasków drobnoziarnistych i namuły. W wymienionym profilu badane utwory leżą na palinologicznie udokumentowanych osadach jeziornych interglacjalnych mazowieckiego.

Piaski i żwiry rzeczne tarasów nadzalewowych 1,5–5,0 m n.p. rzek (Krzyny Południowej, Krzyny Północnej, Bystrzycy i Samicy) występują na powierzchni terenu wzdłuż wymienionych rzek. Utwory te tworzą przeważnie nieciągłe listwy o szerokości najczęściej do około 100–150 m. Tarasy rzeczne najlepiej rozwinięte są w dolinie Krzyny Południo-

wej, szczególnie poniżej Łukowa (szerokość do około 500 m), oraz nad Bystrzycą, w miejscu ujścia Wilkojadki (szerokość do około 200–400 m). Omawiane osady najczęściej reprezentowane są przez piaski drobno-, rzadziej średnioziarniste, szare, odcinkami zailone, ze zmienną ilością żwirów. W stropie niekiedy spotykane są wkładki mułków piaszczystych i laminy humusu. Ich miąższość wynosi najczęściej do 2,5–5,0 m. Więcej stwierdzono w dolinie Bystrzycy w: Świderkach, Wólce Domaszewskiej i Zofiborze (5,2–6,0 m), gdzie rozpoznano piaski drobno- i średnioziarniste, szare i szarobeżowe, z cienkimi wkładkami mułków ilastych i laminami czarnego humusu. W dolinie Krzyny Północnej, koło Sulejów, osiągają miąższość do 4,5–5,0 m. Rzeczne piaski ze żwirami, zlodowacenia Wisły, wypełniają także niektóre odcięte (obecnie nieczynne) fragmenty dolin, m.in. w rejonie: Czerśli, Świderków, Ryżek i Zalesia, Grzędówki oraz Roli, Celin i Gołąbków. Piaski drobnoziarniste, zailone, z laminami mułków, przewarstwieniami piasków i pojedynczymi żwirami, o miąższości od 0,6 do 2,7 m, stwierdzono tam w kilku punktach dokumentacyjnych (punkty dok.: 1, 11, 26, 42, 45, 51, 52, 54 i 55). Omawiane osady leżą w tych profilach najczęściej bezpośrednio na utworach jeziornych interglacjału mazowieckiego, a sporadycznie na utworach jeziornych interglacjału eemskiego (punkty dok. 1 i 53) i wodnolodowcowych seriach zlodowacenia Warty (punkt dok. 55).

#### b. Czwartorzęd nierozdzielony

Piaski, mułki i gliny deluwialne występują w małych, bocznych dolinkach u podnóżu stoków wysoczyzny polodowcowej. Są to piaski gliniaste i pyłowate, mułki piaszczyste, gliny z wkładkami piasków ze żwirami. Najczęściej mają poziome warstwowanie, niekiedy występują w nich laminy humusu. Powstały w wyniku procesów wietrzenia i przemieszczania (niekiedy wielokrotnego) na zboczach różnych pod względem litologicznym osadów, niekiedy przy udziale krótkiego transportu wodnego. Miąższość osadów deluwialnych sporadycznie dochodzi do 2,2–2,6 m (m.in. koło Wólki Świątkowej i Łukowa), najczęściej nie przekracza 2,0 m. Najwięcej dolinek denudacyjnych rozcina powierzchnię terenu koło: Dminina, Kolonii Domaszewnicy, Sarnowa i Kierzkowa oraz Ławek i Wólki Świątkowej.

Piaski, piaski pyłowate i mułki, miejscami ze żwirami, zwietrzelinowo-eoliczne występują powszechnie na wysoczyźnie morenowej w środkowej i południowej części obszaru arkusza Łuków. Największe płyty tych osadów spotykane są koło: Sarnowa, Świderków, Wólki Domaszewskiej i Sętek, gdzie przykrywają prawie ciągłą warstwą silnie zniszczone wychodnie glin zwałowych zlodowacenia Sanu 2. Duże obszary zajmują także na południe od Łukowa oraz między Świdrami a Szczyglami Górnymi, gdzie leżą na glinach zlodowacenia Odry. Nieco mniejsze płyty wyróżniono m.in. w rejonie: Malcanowa, Jeziorów, Gołaszyna i Szaniaw-Matysów. Pod względem litologicznym są to szare, szarobrazowe i beżowe, niewarstwowane piaski drobnoziar-

niste i pyłowate, podrzędnie mułki piaszczyste, miejscami z domieszką żwirów, o miąższości na ogół 1,5–2,0 m. Koło Malcanowa i Sarnowa tworzą niewielkie kulminacje terenu. Często bez wyraźnej granicy przechodzą w podścielające je osady podłoża.

Pokrywy piasków eolicznych występują na osadach wodnolodowcowych zlodowacenia Warty, tylko na południe od Łukowa i Świdrów na glinach zwałowych zlodowacenia Odry. Największe ich powierzchnie stwierdzono na sandrze między Grzędówką a Zimną Wodą oraz między Łukowem a Zapowiednikiem. Nieco mniejsze pola piasków eolicznych występują wokół Ryżek i Świdrów oraz koło Dąbia, Aleksandrowa i Wólki Zagórnej. Ich miąższość wynosi do około 2 m. Są to głównie piaski drobnoziarniste, niekiedy z domieszką średnioziarnistych.

Na polach piasków eolicznych, koło: Grzędówki, Dąbia, Wólki Zagórnej, Klimek, Zapowiednika, Turzych Rogów, Kolonii Łazów II i Świdrów, rozwinęły się wydmy. Tworzą podłużne ciągi o kierunku WNW–ESE, długości do około 1 km, tylko miejscami do około 2,5 km (w rejonie: Wólki Zagórnej, Turzych Rogów i Dąbia). W okolicach Grzędówki i Klimek występują wydmy paraboliczne. Wysokość względna omawianych form wynosi najczęściej do około 3–4 m. Najwyższe wydmy występują koło Grzędówki (Łysa Góra — około 6 m) i Klimek (do około 4–5 m). Piaski eoliczne w wydmach są drobnoziarniste (podrzędnie średnioziarniste), dobrze wysortowane i obtoczone, o barwach jasnożółtych i jasnoszarych. Spotykane są pośród nich laminki mułków piaszczystych i piasków pyłowatych.

### c. Holocen

Holocen jest okresem akumulacji mineralnej i organicznej w dolinach rzecznych oraz obniżeniach różnej genezy.

Mułki i piaski jeziorno-rzeczne występują w dolinach małych, bezimiennych cieków, m.in. koło: Ryżek, Świdrów, Sarnowa, Aleksandrowa, Klimek, Matysów i Celin. W dolinie Krzyny Północnej stwierdzono je koło Karwowa i Sulejów. Ponadto wyróżniono je na południe od Stajek (południowo-zachodnia część obszaru arkusza). Są to mułki piaszczyste i ilaste oraz piaski pyłowate, szare, szarozielonkawe. Często zawierają laminy humusu i detrytus roślinny. Wypełniają te fragmenty dolin, gdzie przepływ został spowolniony bądź całkowicie ustał. Ich miąższość jedynie w dolinach Krzyny Północnej i Krzyny Południowej osiąga 2,1–2,9 m, najczęściej nie przekracza 1,3–1,8 m.

Piaski humusowe, mułki humusowe i namuły den dolinnych oraz zagłębień bezodpływowych i okresowo przepływowych należą, obok torfów, do najbardziej rozpowszechnionych osadów holocenijskich na obszarze arkusza Łuków. Wypełniają dna dolin: Krzyny Północnej, Krzyny Południowej, Bystrzycy z Wilkojadką i Samicą oraz ich dopływów. Charakteryzują się dużą zmiennością litologiczną, uwarunkowaną budową geologiczną podłoża oraz siłą transportową cieków. W profilach tych osadów przeważają warstwowane pia-

ski drobnoziarniste i pyłowate oraz mułki, od silnie piaszczystych do ilastych z humusem i gniazdami detrytusu roślinnego. Ich miąższość sporadycznie przekracza 2,0 m (m.in. w dolinach: Krzny Północnej koło Wólki Świątkowej i Nurzyny, Krzny Południowej powyżej Łukowa oraz Bystrzycy koło Jeleńca). Występują także powszechnie w dnach zagłębień wytopiskowych.

N a m u ł y t o r f i a s t e występują w dnach dolin: Krzny Północnej, Krzny Południowej (powyżej Łukowa i poniżej Łazów) i dopływów Bystrzycy (w okolicach Kierzkowa i Sarnowa). Większe ich powierzchnie stwierdzono także w dnach zagłębień wytopiskowych koło: Gołąbków, Grzędówki oraz Dąbia. Są to warstwowane utwory organiczno-mineralne (mułki piaszczyste, mułki ilaste z licznymi wkładkami torfów) o miąższości do 2,4 m.

T o r f y wypełniają prawie całe doliny Bystrzycy i Samicy, a częściowo także Krzny Południowej — górny (źródłiskowy), szeroki odcinek (powyżej Zimnej Wody) oraz na wysokości Łukowa. W dolinie Krzny Północnej stwierdzono je koło Sulejów, Wólki Świątkowej, Gołaszyna i Karwowa. Duże powierzchnie zajmują torfowiska w obniżeniu wytopiskowym koło Sięciaszki II i Dąbia. Ich miąższość rzadko przekracza 2,0 m, leżą przeważnie na piaskach i mułkach humusowych. Największe miąższości, około 4–4,5 m, stwierdzono w dolinach Bystrzycy koło Sarnowa, Wólki Domaszewskiej i Zofiboru, oraz Samicy koło Domaszewnicy. Poza dolinami rzecznyymi i rozległymi wytopiskami torfy wypełniają także małe zagłębienia bezodpływowe na wysoczyźnie morenowej i równinie wodnolodowcowej koło Ostrówka. Według badań surowcowych na obszarze arkusza Łuków występują torfowiska niskie (dolinne). Torfy leśne (zaroślowe), turzycowo-leśne i turzycowe są dobrze rozłożone i na ogół pozbawione zanieczyszczeń.

## B. TEKTONIKA I RZEŻBA PODŁOŻA CZWARTORZĘDU

Obszar objęty arkuszem Łuków położony jest na południowo-zachodnim skłonie platformy wschodnioeuropejskiej. Jest to lubelsko-podlaska część platformy prekambryjskiej o silnie zredukowanej (i z licznymi lukami stratygraficznymi) pokrywie osadowej, obejmującej okres od prekambru do czwartorzędu włącznie. W strukturze platformy na obszarze południowego Podlasia wyróżniają się dwie główne, waryscyjskie jednostki tektoniczne: zrąb łukowski oraz zapadlisko podlaskie (teren arkusza Łuków leży w większej części na zrębie łukowskim). Rozdziela je, przebiegająca przez północno-zachodnią część omawianego obszaru, strefa uskokowa Łosic (system uskoków o kierunku NE–SW i sumarycznym zrzucie północnego skrzydła ponad 1000 m — Żelichowski, 1972, 1979). Zrąb łukowski podzielony jest na mniejsze jednostki tektoniczne o charakterze półzrębów. Przez południowo-wschodnią część obszaru arkusza przebiega (w kierunku SW–NE) uskok Rzeczycy, dzieląc go na blok Szaniaw (na północnym zachodzie) i blok Łomaz (na południowym wschodzie).

W obrębie bloku Szaniaw odwiercono trzy głębokie wiercenia poszukiwawcze: Łuków IG-5 (otw. 16), Łuków IG-2 (otw. 13) i Łuków IG-3 (otw. 56) zakończone odpowiednio w kambrze (otw. 16

— głębokość 1400,0 m) i proterozoiku (otw. 13 — głębokość 1161,0 m, i 56 — głębokość 1285,0 m). Strop podłoża krystalicznego nawiercono na głębokości 1132,2 m w Dębownicy (otw. 13) i 1255,2 m w Gołąbkach (otw. 56).

Powierzchnia podłoża krystalicznego opada łagodnie w kierunku południowo-wschodnim, jednak od granicy niecki karbońskiej, która obejmuje znaczną część obszaru arkusza, kątem nachylenia rośnie. Nieckę karbońską podścielają cienkie formacje syluru, ordowiku i kambru (otw. 16), a w Dębownicy (otw. 13) — kambru. Osady karbońskie (od wizenu do westfalu), leżące niezgodnie na utworach syluru (otw. 16), kambru (otw. 13) i bezpośrednio proterozoiku (otw. 56), przecinane są uskokami fazy asturyjskiej, która ostatecznie ukształtowała blokową strukturę paleozoiku.

Formacja mezozoiczna ma charakter platformy i zalega na osadach permu płaską monokliną o lekkim nachyleniu na południowy zachód. Reprezentowana jest przez utwory: triasu dolnego, jury środkowej i górnej oraz kredy dolnej i górnej (łączna miąższość do 823,0 m — otw. 16), wykazujące luki stratygraficzne i redukcje miąższości poszczególnych serii. W czasie powtarzających się ruchów górotwórczych orogenezy alpejskiej utrwalił się blokowo-zapadliskowy charakter wgłębnej budowy geologicznej obszaru. Pokrywa osadów mezozoicznych jest pocięta licznymi uskokami — w większości są to odnowione stare dyslokacje podłoża paleozoicznego (Bażyński i in., 1984; Doktor i in., 1995; Stolarczyk i in., 1997). Profil geologiczny utworów starszych od czwartorzędowego przedstawia tablica IV.

Powierzchnia podczwartorzędowa ukształtowana została w wyniku procesów tektonicznych (blokowych ruchów podłoża i uwarunkowanych nimi erozji rzecznej i denudacji) oraz glacictektonicznych. Generalnie wykazuje nachylenie na północ, od ponad 120 m n.p.m. w okolicach Malcanowa, Domaszewnicy i Sętek do około 60–90 m n.p.m. w rejonie Celin i Roli (tabl. V). Na obszarze arkusza Łuków najwyższy strop osadów starszych od czwartorzędowych nawiercono w Malcanowie — 123,7 m n.p.m. (otw. 54) i Wólce Domaszewskiej — 120,0 m n.p.m. (otw. 59). Zbliżone wysokości podłoża stwierdzono w Zimnej Wodzie (120,7 m n.p.m. — otw. 5), Gołaszynie (119,4 m n.p.m. — otw. 7) i Grzędówce (117,2 m n.p.m. — otw. 1). Stanowią je izolowane kulminacje spiętrzonych glacictektonicznie osadów miocenu górnego, co sygnalizowali już m.in.: Rühle (1969), Mojski (1971, 1972a, b) i Ruszczyńska-Szenajch (1976).

Wyróżniającym się elementem rzeźby podłoża czwartorzędowego jest kopalna dolina przebiegająca przez Łuków (od Turzych Rogów na wschodzie), a następnie między Zimną Wodą a Gołaszynem, w kierunku północnym. Jej dno w najgłębszych miejscach położone jest na wysokości 57,2 (otw. 44) oraz 65,6–74,7 m n.p.m. (otw.: 31, 38, 40 i 42) w rejonie Łukowa i Zapowiednika. Drugie kopalne obniżenie w powierzchni podczwartorzędowej przebiega przez północno-wschodnią część terenu arkusza, w okolicach Matysów i Celin. Jego dno sięga do 80,8 m n.p.m. (Celiny — otw. 3), a miejscami poniżej 70,0 m n.p.m. (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004). Obie wymienione doliny są fragmentem kopalnego systemu rzeczno-odpornego opisywanego w literaturze (Rühle, 1969; Mojski, 1971; Ruszczyńska-Szenajch, 1976) i udokumentowanego na obszarach sąsiednich arkuszy: Międzyrzec, Kąkolewnica, Siedlce Południe i Siedlce Północ. Na terenie arkusza Łuków poszczególne odcinki kopalnej doliny

wykazują zmienne: głębokości (liczne „przełębienia”), kierunki i wypełnienie. Świadczyć to może o tym, że powstały w różnym czasie lub, że były kilkakrotnie przemodelowywane przez erozję rzeczną, wodnolodowcową i procesy glacitektoniczne. Impulsem do nasilenia niektórych z tych zjawisk mogły być ruchy neotektoniczne.

W obrębie kopalnych obniżzeń w Łukowie i Celinach oraz we wschodniej części obszaru arkusza w podłożu czwartorzędu występują utwory oligocenu dolnego. Na pozostałym obszarze są to serie miocenu środkowego (głównie w południowej części) i miocenu górnego (w środkowej i północno-zachodniej części). W rejonie Strzyżewa i Matysów osady czwartorzędowe leżą prawdopodobnie bezpośrednio na marglach mastrychtu górnego, które odsłaniają się w dnie i zboczach kopalnego obniżenia udokumentowanego na terenie arkusza Kąkolewnica.

Pośród osadów czwartorzędowych na obszarze arkusza Łuków stwierdzono obecność struktur o genezie glacitektonicznej. Są to spiętrzenia stropu osadów miocenu górnego w: Gołaszynie (otw. 7), Zimnej Wodzie (otw. 5) i Łukowie (otw.: 20, 23 i 24). Utwory neogenu i paleogenu obecne są także w formie licznych porwaków i wkładek (o miąższości do 2,5 m — m.in. otw.: 20, 26, 27, 31, 42, 49 i 50 w Łukowie, oraz 3 w Celinach) oraz bardzo powszechnie stwierdzanych śladów rozmytego materiału. W Gołaszynie (otw.: 6–8), Kolonii Gołaszynie (punkty dok.: 10, 11, 14 i 15), Zimnej Wodzie (otw. 5), Zalesiu (otw. 18), Łapiguzie (otw. 19 i 50) i zachodnich dzielnicach Łukowa (otw. 20 i 24) w glinach zwałowych zlodowacenia Odry występują kry iłów jurajskich o miąższości 0,5–25,8 m.

Środkowa i południowa część obszaru arkusza, poza Łukowem, charakteryzuje się spokojną budową geologiczną czwartorzędu (poziomy glin zalegają na ogół poziomo i wykazują znaczne rozprze-strzenie) i jego podłoża (wyrównana powierzchnia stropu), co dobrze odzwierciedlają wyniki badań geoelektrycznych (Jagodzińska, Kalitiuk, 2004).

### C. ROZWÓJ BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Ruchy górotwórcze fazy laramijskiej orogenezy alpejskiej spowodowały regresję morza górno-kredowego (tab. 2). Procesy erozyjno-denudacyjne zachodzące w warunkach gorącego klimatu paleogenu ukształtowały strop utworów kredowych.

Ostatnia na tym terenie transgresja morska rozpoczęła się w eocenie górnym. Pozostały po niej iły wapniste z krzemieniami i konkrecjami fosforytów oraz mułki glaukonitowe. U schyłku oligocenu dolnego rozpoczęło się powolne spłykanie i wysładzanie zbiornika, aż do jego zaniku. W miocenie, w płytkich, rozległych zbiornikach śródlądowych odbywała się sedymentacja piaszczysto-ilasto-mułkowa, a intensywny rozwój roślin sprzyjał powstawaniu węgla brunatnego. Osady te należą do facji lądowej, brak w nich fitoplanktonu morskiego. Pod koniec miocenu (w miocenie górnym, dawniej określanym jako pliocen) badany obszar znalazł się w brzeżnej części rozległego jeziorzyska, w którym osadziła się seria ilasto-mułkowa z charakterystycznymi iłami pstrymi w stropie.

TABELA LITOLOGICZNO-STRATYGRAFICZNA

System		Stratygrafia		Podpiętro	Utworki (opis litologiczny)	Procesy geologiczne		
System	Oddział	Piętro						
C z w a r t o c i e n o n r z ę d	P i e j s s a t o r o w o p o l s k i e	Z l o d o 	Z l o d o 	Z l o d o w a c i e n i e O 	Torfy — $t Q_h$	Akumulacja organiczna		
					Namuły torfiaste — $nt Q_h$	Akumulacja organiczno-mineralna w zagłębieniach terenu		
					Piaski humusowe, mułki humusowe i namuły den dolnych oraz zagłębień bezodpływowych i okresowo przepływowych — $ph Q_h$	Erozja, a następnie akumulacja mineralna, rzeczno-powodziowa oraz w płytkich zbiornikach jeziornych		
					Mułki i piaski jeziorno-rzeczne — $li-f_m Q_h$			
					Piaski eoliczne w wydmach — $e Q_p^{(W)}$	Akumulacja eoliczna, powstawanie drobnych zagłębień deflacyjnych		
					Piaski eoliczne — $e Q_p$	Wietrzenie, wyflukiwanie i rozwiewanie osadów		
					Piaski, piaski pyłowate i mułki, miejscami ze żwirami, zwietrzelinowo-eoliczne — $z-e Q_p$	Zmywanie osadów ze zboczy, akumulacja w obniżeniach		
					Piaski, mułki i gliny deluwialne — $d Q_p$			
					Zlodowacenia północnopolskie	Zlodowacenie Wisły	Piaski i żwiry rzeczne tarasów nadzalewowych 1,5–5,0 m n.p. rzek (Krzny Południowej, Krzny Północnej, Bystrzycy i Samicy) — $f_{pż} Q_p^{B(4)}$	Erozja i akumulacja rzeczna
							Piaski i mułki jeziorne i jeziorno-rzeczne — $li_p Q_p^B$	Akumulacja jeziorna i rzeczna
	Interglacjał eemski	Mułki i piaski jeziorne — $li_m Q_{p^{3-4}}$	Akumulacja organiczno-mineralna w jeziorach					
	Z l o d o w a c i e n i e W 	Z l o d o w a c i e n i e O 	Piaski, mułki i ropy wytopiskowe, z wkładkami glin zwałowych — $b_{pm} Q_{p^3}^W$	Akumulacja w dnach niecek wytopiskowych (z brył martwego lodu)				
Piaski i piaski ze żwirami wodnolodowcowe — $fg_p Q_{p^3}^W$			Akumulacja wodnolodowcowa, w formie sandru, przed czołem wycofującego się lądolodu					
Piaski, żwiry i głązy akumulacji szczelinowej — $gs_{pż} Q_{p^3}^W$			Akumulacja wodnolodowcowa w szczelinach lądolodu					
Piaski i żwiry, miejscami głązy, lodowcowe — $g_{pż} Q_{p^3}^W$			Akumulacja lodowcowa i wodnolodowcowa w strefie aktywnego lodu					
Gliny zwałowe — $g_{gzw} Q_{p^3}^W$			Akumulacja lodowcowa					
Mułki, piaski i ropy zastoiskowe — $b_m Q_{p^3}^W$			Akumulacja zastoiskowa w zagłębieniach przed czołem transgredującego lądolodu					
Piaski i żwiry wodnolodowcowe — $fg_{pż} Q_{p^3}^O$			Akumulacja wodnolodowcowa przed czołem wycofującego się lądolodu					
Piaski, żwiry i głązy moren czołowych — $gc_{pż} Q_{p^3}^O$			Akumulacja lodowcowa u czoła lądolodu					
Piaski i żwiry lodowcowe — $g_{pż} Q_{p^3}^O$			Akumulacja lodowcowa i wodnolodowcowa w strefie aktywnego lodu					
Iły z kongrecjami pirytu i fauną keloweju jako kry w glinach zwałowych zlodowacenia Odry — $J_{cl} Q_{p^3}^O$			Procesy glacictoniczne					
Gliny zwałowe, miejscami z porwakami ropy keloweju — $g_{gzw} Q_{p^3}^O$	Akumulacja lodowcowa							
Mułki, ropy i piaski pyłowate zastoiskowe — $b_m Q_{p^3}^O$	Akumulacja zastoiskowa w obniżeniach przed czołem lądolodu							
Piaski ze żwirami wodnolodowcowe — $fg_{pż} Q_{p^3}^O$	Akumulacja wodnolodowcowa przed czołem transgredującego lądolodu							
Piaski, miejscami piaski ze żwirami, rzeczno-peryglacialne — $f-pg_p Q_{p^3}^O$	Erozja i akumulacja rzeczna w strefie peryglacialnej							

C z w a r t o r c o w o p o l s k i e  Z l o 	Interglacja wielki	Interglacja mazowiecki	Mułki i ility jeziorne, z wkładkami torfów i gytii — $li_m Q_{p^{2-3}}^M$ Piaski, miejscami piaski ze żwirami i mułki, rzeczne — $f_p Q_{p^{2-3}}^M$	Akumulacja jeziorna w płytkich zbiornikach Erozja i akumulacja rzeczna			
	Zlodowacenie Sanu 2	Interglacja ferdynandowski	Piaski i piaski ze żwirami rzeczno-peryglacialne — $f-pg_p Q_p^G$ Piaski ze żwirami i otoczkami wodnolodowcowe, miejscami z wkładkami glin zwałowych — $fg_{pż} Q_p^G$ Mułki i piaski jeziorno-lodowcowe, z wkładkami torfów i gytii — $li-g_m Q_p^G$ Gliny zwałowe — $g_{gzw} Q_p^G$ Mułki piaszczyste, piaski pyłowate i ility zastoiskowe — $b_{mp} Q_p^G$ Piaski ze żwirami, miejscami piaski, wodnolodowcowe — $fg_{pż} Q_p^G$ Piaski rzeczno-peryglacialne — $f-pg_p Q_p^G$	Erozja i akumulacja rzeczna w strefie peryglacialnej Akumulacja wodnolodowcowa w fazie deglacjacji Akumulacja jeziorna w płytkich zbiornikach w strefie czołowej cofającego się lądolodu Akumulacja lodowcowa Akumulacja zastoiskowa w małych obniżeniach przed czołem lądolodu Akumulacja wodnolodowcowa przed czołem transgredującego lądolodu Erozja jeziorna w płytkich zbiornikach			
			Mułki, miejscami piaski, jeziorne, z wkładkami torfów, gytii i łupków — $li_m Q_p^F$ Piaski, miejscami piaski ze żwirami i mułki, rzeczne — $f_p Q_p^F$	Akumulacja jeziorna w płytkich zbiornikach Głęboka erozja oraz cykliczna akumulacja rzeczna			
			Zlodowacenie Sanu 1	Stadiał górny	Mułki i piaski pyłowate zastoiskowe — $b_m Q_p^{S3}$ Gliny zwałowe — $g_{gzw} Q_p^{S3}$ Mułki i ility zastoiskowe — $b_m Q_p^{S3}$	Akumulacja zastoiskowa w małych obniżeniach przed czołem wycofującego się lądolodu Akumulacja lodowcowa Akumulacja zastoiskowa przed czołem transgredującego lądolodu	
					Interstadiał	Piaski, mułki piaszczyste i ility jeziorne — $li_p Q_p^{S1-3}$	Akumulacja jeziorna w płytkich zbiornikach
				Stadiał dolny	Piaski rzeczno-peryglacialne — $f-pg_p Q_p^{S1}$ Piaski i piaski ze żwirami wodnolodowcowe — $fg_p Q_p^{S1}$ Gliny zwałowe — $g_{gzw} Q_p^{S1}$ Piaski ze żwirami wodnolodowcowe — $fg_{pż} Q_p^{S1}$ Mułki, ility i piaski pyłowate zastoiskowe — $b_m Q_p^{S1}$ Piaski i mułki rzeczno-peryglacialne — $f-pg_p Q_p^{S1}$	Erozja i akumulacja rzeczna w strefie peryglacialnej Akumulacja wodnolodowcowa przed czołem wycofującego się lądolodu Akumulacja lodowcowa Akumulacja wodnolodowcowa przed czołem lądolodu Akumulacja zastoiskowa przed czołem transgredującego lądolodu Erozja i akumulacja rzeczna w strefie peryglacialnej	
					Interglacja małopolski	Mułki, miejscami piaski pyłowate, jeziorno-rzeczne — $li-f_m Q_p^K$ Piaski z wkładkami mułków, rzeczne — $f_p Q_p^K$	Akumulacja jeziorna w płytkich zbiornikach okresowo przepływowych Intensywna erozja oraz cykliczna akumulacja rzeczna
					Zlodowacenie Nidy	Stadiał górny	Piaski i piaski ze żwirami wodnolodowcowe — $fg_{ppż} Q_p^{N3}$ Gliny zwałowe — $g_{gzw} Q_p^{N3}$ Piaski ze żwirami i piaski wodnolodowcowe — $fg_{pż} Q_p^{N3}$
	Stadiał dolny	Mułki piaszczyste, miejscami ility pyłowate, zastoiskowe — $b_{mp} Q_p^{N1}$ Piaski z wkładkami glin zwałowych, rzeczno-peryglacialne — $f-pg_p Q_p^{N1}$ Gliny zwałowe — $g_{gzw} Q_p^{N1}$	Akumulacja w zagłębieniach przed czołem wycofującego się lądolodu Erozja i akumulacja rzeczna w strefie peryglacialnej Akumulacja lodowcowa				
	Interglacja augustowski		Piaski ze żwirami, miejscami piaski pyłowate, rzeczne — $f_{pż} Q_{p^{1-2}}$	Głęboka erozja i akumulacja rzeczna			

Czwartorzęd	Plejstocen	Plejstocen dolny	Mułki i piaski pyłowate jeziorno-rzeczne, miejscami z soczewkami mułków (torfiastych) i gytii oraz wkładkami ilów i mułków mioceńskich — $_{m}^{li-f}Q_{p0}$  Piaski ze żwirami, miejscami mułki, rzeczne — $_{p}^{f}Q_{p0}$	Akumulacja jeziorna w płytkich zbiornikach okresowo przepływowych  Wieloetapowa erozja i akumulacja rzeczna  Początek zmian klimatycznych epoki lodowcowej
		Miocen górny	Iły pstrze i mułki, miejscami piaski pyłowate — $_{ipe}M_3$	Sedymentacja w zbiornikach śródlądowych (jeziorzystkach)
Neogen	Miocen	Miocen środkowy	Piaski kwarcowe, iły i mułki z wkładkami węgla brunatnego — $_{pQ}M_2$	Sedymentacja w zbiornikach śródlądowych
		Oligocen dolny	Piaski glaukonitowe i kwarcowe z przewarstwieniami mułków — $_{pGk}O_1$	Regresja morska Sedymentacja morska (brakiczna)
Paleogen	Eocen	Eocen górny	Iły wapniste z krzemieniami i konkrecjami fosforytów oraz mułki glaukonitowe — $_{iw}E_3$	Sedymentacja morska Transgresja morska
	Paleocen	Paleocen dolny	Margle, iły wapniste, rumosze i zlepione skał wapiennych, miejscami z konkrecjami fosforytów — $_{me}PC_1$	Regresja morska Sedymentacja w płytkim morzu
		Kreda	Mastricht	Margle z wkładkami kredy piszącej i opok — $_{me}Cr_{m3}$

Na przełomie neogenu i czwartorzędu w wyniku ruchów górotwórczych fazy walachijskiej nastąpiło podniesienie obszaru (i całego zrębu łukowskiego), co dało kolejny impuls procesom erozji rzecznej i denudacji. Doprowadziły one do redukcji osadów neogenu, miejscami także częściowo paleogenu. Szczególnie intensywnie zachodziły wzdłuż stref nawiązujących do linii tektonicznych.

Najstarsze osady czwartorzędowe wyróżnione na obszarze objętym arkuszem Łuków powstały w plejstocenie dolnym (preglacjale). Rzeczne piaski ze żwirami, podrzędnie mułki, zachowały się na zboczach kopalnych wysoczyzn, głównie w środkowej części terenu badań. Sedymentację preglacjalną kończą nieco bardziej rozpowszechnione mułkowo-piaszczyste osady jeziorno-rzeczne.

Na obszarze opracowania osady zlodowacenia Narwi nie zachowały się.

Interglacjał augustowski (podlaski) charakteryzował się silną erozją wgłębną, której efektem jest m.in. kopalna dolina wcięta w osady oligocenu, do około 57 m n.p.m. koło Łukowa oraz do około 65 m n.p.m. koło Celin. Wypełniły ją piaszczysto-żwirowe, podrzędnie piaszczyste, utwory rzeczne o miąższości do około 30–37 m.

Obecność lądolodu zlodowacenia Nidy dokumentują dwa nieciągłe poziomy glin zwałowych, przedzielone osadami sedymentacji rzeczno-teryglacjalnej, zastoiskowej i wodnolodowcowej. Kończą je, występujące głównie koło Łukowa, utwory wodnolodowcowe.

W interglacjale małopolskim wskutek erozji rzecznej zniszczeniu uległy osady starsze, miejscami osiągnięte zostało nawet podłoże mioceńskie. Wycięte doliny wypełnione zostały cyklicznie akumulowanymi, piaszczystymi utworami rzeczno-rzecznej oraz, miejscami, osadami mułkowo-piaszczystymi o genezie jeziorno-rzecznej.

Zlodowacenie Sanu 1 na omawianym obszarze charakteryzowało się m.in. dwukrotną obecnością lądolodu. Pozostały po nim zróżnicowane litologicznie i genetycznie osady: lodowcowe, rzeczno-peryglacjalne, zastoiskowe i wodnolodowcowe, o łącznej miąższości do około 30–36 m. Utwory obu stadiów rozdzielają interstadialne piaski i mułki piaszczyste oraz ily jeziorne o miąższości do około 10 m.

Interglacjał ferdynandowski reprezentowany jest przez piaski, lokalnie piaski ze żwirami i mułki, rzeczne, które wypełniają kopalne doliny seriami o miąższości do około 26–40 m. Sedymentację kończą mułki i piaski jeziorne z wkładkami torfów i gytii (o miąższości 7,1–10,1 m), które według ekspertyzy palinologicznej reprezentują pełną sukcesję interglacjalną z dwoma optimumami klimatycznymi. Udokumentowano je w profilu Łuków-3a.

Ze zlodowacenia Sanu 2 (Wilgi) pochodzi poziom glin zwałowych (o miąższości do około 20,0 m), osady: rzeczno-peryglacjalne (dolne i górne), zastoiskowe, wodnolodowcowe (dolne i górne) oraz, lokalnie występujące, jeziorno-lodowcowe.

W interglacjale mazowieckim, w okolicach: Łukowa, Aleksandrowa, Gołąbków, Kierzkowa i Roli, zostały wyerodowane doliny, wypełnione następnie osadami rzecznyymi o miąższości do około 16 m. W niektórych zatamowanych fragmentach dolin oraz w licznych małych zbiornikach wodnych na wysoczyznach i równinach polodowcowych miała miejsce akumulacja organogenicznych osadów jeziornych o miąższości około 6–12 m. Według ekspertyz palinologicznych rozpoznane osady reprezentują optimum klimatyczne oraz okresy początkowy i schyłkowy tego wieku. W środkowej i południowej części obszaru arkusza Łuków udokumentowano palinologicznie 16 stanowisk jeziornych osadów interglacjału mazowieckiego.

Lądolód zlodowacenia Odry pokrył cały badany obszar i pozostawił jeden, bardzo powszechnie występujący poziom glin zwałowych, podścielonych utworami rzeczno-peryglacjalnymi, wodnolodowcowymi i lokalnie zastoiskowymi, a przykryty piaszczysto-żwirowymi utworami lodowcowymi i wodnolodowcowymi. W okolicach Łukowa, w spągowej części glin zwałowych, znajdują się kry iłów jurajskich o miąższości do około 25 m. Obciążony nimi lądolód zaburzył podłoże, tworząc depresje i spiętrzenia glacitektoniczne, w które lokalnie włączone są osady zlodowacenia Sanu 2.

W czasie zlodowacenia Warty lądolód po raz ostatni wkroczył na obszar arkusza Łuków i przykrył północną i zachodnią jego część. Poprzedziła go sedymentacja zastoiskowa. Gliny zwałowe tego wieku występują w formie cienkich, izolowanych płatów tylko koło: Celin, Roli, Ławek, Sięciaszek I i II oraz Gołaszyna. Ich miąższość wynosi od kilku metrów do około 10–12 m w rejonie Gołaszyna, gdzie wypełniają lokalne obniżenie (także glacitektoniczne) w glinach zwałowych zlodowacenia Odry. W spękaniach i szczelinach wycofującego się lądolodu zlodowacenia Warty następowała akumulacja materiału piaszczysto-żwirowego i gliniastego. Kilka form szczelinowych zachowało się w zachodniej części obszaru arkusza, m.in. koło Zalesia-Kolonii. Najmłodsze ogniwo kończącego się zlodowacenia Warty stanowią usypane na przedpolu cofającego się lądolodu rozległe równiny sandrowe (część północna badanego terenu).

Tworzą je piaszczysto-żwirowe osady o miąższości do około 12 m. Miejsca, gdzie bryły martwego lodu zalegały najdłużej, znaczą różnej wielkości obniżenia i niecki wytopiskowe. Największe z nich stwierdzono w rejonie Sięciaszki II, Dąbia i Grzędówki.

W interglacjale eemskim, w niektórych obniżeniach terenu, gromadziły się mułkowo-piaszczyste i organiczne osady jeziorne o miąższości do 2,6–4,2 m (m.in. koło Kolonii Grzędówki i Szczygłów Górnych). Na obszarze arkusza Łuków nie mają dokumentacji palinologicznej.

W czasie zlodowaceń północnopolskich i holocenu ukształtowała się ostatecznie sieć rzeczna badanego obszaru, trwało wypełnianie obniżeń terenu osadami organogenicznymi i mineralnymi. W czasie zlodowacenia Wisły zachodziła akumulacja osadów jeziorno-rzecznych oraz rzecznych — tworzyły się tarasy nadzalewowe w dolinach: Bystrzycy, Samicy oraz Krzyny Południowej i Krzyny Północnej. Zapoczątkowane zostały procesy denudacyjne, na wierzchołkach i stokach wysoczyzny (powstawały deluwia i pokrywy zwietrzelinowo-eoliczne), oraz eoliczne (tworzyły się równiny piaszków przewianych i wydmy). W holocenie procesy erozyjno-denudacyjne zachodzą nadal, choć na znacznie mniejszą skalę. W dolinach rzek i niektórych obniżeniach bezodpływowych trwa sedymentacja osadów rzecznych, namulów i torfów.

#### IV. PODSUMOWANIE

W niniejszym opracowaniu przedstawiono ogólnie budowę geologiczną mastrychtu górnego, neogenu i paleogenu oraz szczegółowo czwartorzędu. Na podstawie prac geologiczno-zdjęciowych (z lat 2003–2005) wykonano mapę geologiczną badanego obszaru wraz z przekrojami geologicznymi. Podstawą do rozpoznania budowy geologicznej terenu było pięć wierceń kartograficznych: Sarnów-1, Łapiguz-2, Łuków-3, Łuków-3a i Celiny-4, zakończonych w osadach oligocenu dolnego (Łuków-3 i Celiny-4) i miocenu środkowego (Sarnów-1 i Łapiguz-2). Tylko otwór Łuków-3a zakończono w czwartorzędzie, ponieważ jego celem było przewiercenie i opróbowanie organogenicznych osadów interglacjału ferdynandowskiego. Próbkę osadów uzyskane z wierceń kartograficznych poddane zostały badaniom litologiczno-petrograficznym, palinologicznym oraz oznaczeniom wieku bezwzględnego metodą termoluminescencyjną (TL). Dodatkowe ekspertyzy palinologiczne wykonano na próbkach utworów organogenicznych pobranych z siedemnastu profili odwierconych sondą WH.

Do rozpozniowania osadów czwartorzędowych oraz interpretacji ukształtowania i budowy geologicznej ich podłoża wykorzystano wyniki badań geoelektrycznych, wykonanych wzdłuż linii przekrojów geologicznych A–B i E–F. Podłożę czwartorzędu w południowej części obszaru opracowania stanowią udokumentowane palinologicznie osady miocenu środkowego. W środkowej i północno-zachodniej części terenu arkusza są to nieudokumentowane utwory miocenu górnego. Natomiast na wschodzie oraz w dnach kopalnych dolin w rejonie Łukowa i Celin — oligocenu dolnego. Wyróż-

niającym się elementem podłoża jest, przebiegająca przez Łuków (ze wschodu na północ), wymieniona kopalna dolina wypełniona piaszczysto-żwirowymi i gliniastymi osadami o miąższości do około 40 m.

W celu prawidłowego określenia stratygrafii utworów czwartorzędowych najważniejsze były wiercenia kartograficzne. Wyróżniono w ich profilach utwory: plejstocenu dolnego (preglacjału), interglacjału augustowskiego (podlaskiego), zlodowaceń południowo- i środkowopolskich. W profilu kartograficznym Łuków-3a udokumentowano palinologicznie pełny, dobrze zachowany profil interglacjału ferdynandowskiego — utwory jeziorne o miąższości 10,1 m. W 16 stanowiskach zlokalizowanych głównie w środkowej i południowej części obszaru opracowania udokumentowano jeziorne osady interglacjału mazowieckiego.

Łądołód zlodowacenia Warty objął północną (do doliny Krzyny Północnej) i zachodnią (do Łukowa, Sięciaszek I i II oraz Jeleńca) część obszaru arkusza, gdzie zachowały się cienkie i występujące tylko w formie izolowanych płatów osady o genezie lodowcowej. Utwory wodnolodowcowe tego wieku występują powszechnie na badanym terenie. W północnej części w formie rozległych sandrów, w środkowej i południowej — w formie bardziej skoncentrowanych szlaków odpływów.

Intensywna erozja rzeczna zachodząca u schyłku zlodowacenia Warty i w czasie zlodowacenia Wisły przyczyniła się do prawie całkowitego usunięcia glin zwałowych zlodowacenia Odry w południowej części obszaru arkusza. Na powierzchni terenu, między Sarnowem a Sętkami, odsłaniają się gliny zwałowe zlodowacenia Sanu 2. Dokumentują je liczne stanowiska interglacjału mazowieckiego.

Reasumując, obszar arkusza Łuków okazał się bardzo istotny dla stratygrafii czwartorzędu.

Do najważniejszych problemów geologicznych wymagających wyjaśnienia i dalszych badań należą m.in.:

- przebieg i wiek systemu kopalnych dolin z początku czwartorzędu, rozpoznanych na północ i wschód od Łukowa,
- głębokość, litologia i wiek osadów podczwartorzędowych występujących w zachodniej i południowo-wschodniej części obszaru arkusza,
- przyczyny braku glin zwałowych zlodowacenia Odry w południowej części badanego terenu.

Opracowano  
w Przedsiębiorstwie Geologicznym  
POLGEOL SA  
Zakład w Lublinie

Zakład Kartografii Geologicznej  
Struktur Płytkich  
Państwowego Instytutu Geologicznego  
w Warszawie

Lublin, 2007 r.

## LITERATURA

- Baraniecka M. D., 1975 — Znaczenie profilu z Ponurzyca dla badań genezy i wieku preglacjału Mazowsza. *Kwart. Geol.*, **19**, 3.
- Baraniecka M. D., 1991 — Profil Różce na tle podstawowych profili osadów preglacjalnych na południowym Mazowszu. *Prz. Geol.*, **39**, 5–6.
- Baraniecka M. D., 1995 — O pozycji stratygraficznej ilów pstrych w podłożu czwartorzędu na Mazowszu. *Prz. Geol.*, **43**, 7.
- Baraniecka M. D., Gadomska S., 2001 — Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Stoczek Łukowski (600). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa [dokument elektroniczny].
- Baraniecka M. D., Gadomska S., 2003 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Stoczek Łukowski (600). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa [dokument elektroniczny].
- Baraniecka M. D., Makowska A., Mojski J. E., Nowak J., Sarnacka Z., Skompski S., 1978 — Stratygrafia osadów czwartorzędowych Niziny Mazowieckiej oraz jej południowego i zachodniego obrzeżenia. W: Z badań czwartorzędu w Polsce. **21**. *Biul. Inst. Geol.*, 306.
- Bażyński J., Doktor S., Graniczny M., 1984 — Mapa fotogeologiczna Polski 1:1 000 000. Wyd. Geol., Warszawa.
- Bruj M., Krupiński K. M., 2000 — Jeziorny charakter Obniżenia Węgrowskiego w interglacjale eemskim. *Prz. Geol.*, **48**, 1.
- Brzezina R., 2000a — Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Krzesk (566). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa [dokument elektroniczny].
- Brzezina R., 2000b — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Krzesk (566). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa [dokument elektroniczny].
- Buła S., Małek M., 2001a — Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Radzyń Podlaski (640). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa [dokument elektroniczny].
- Buła S., Małek M., 2001b — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Radzyń Podlaski (640). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa [dokument elektroniczny].
- Chelińska M., Zaborski B., 1924 — Utwory lodowcowe okolic Latowicza. *Prz. Geogr.*, 4.
- Doktor S., Graniczny M., Kucharski R., 1995 — Mapa liniowych elementów strukturalnych na podstawie analizy teledetekcyjno-geofizycznej 1:200 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Gałązka D., 2003 — Zastosowanie metody makroskopowego oznaczania eratyków przewodnych do lokalizacji obszarów źródłowych wybranych kier jurajskich. W: Cechy litologiczne plejstocenijskich glin morenowych źródłem informacji stratygraficznych i paleogeograficznych. Mat. konf. Warszawa, 21–22 listopada 2003 r.
- Gedl P., 2004 — Ekspertyza palinologiczna otworów Sarnów-1, Łapiguz-2, Łuków-3 i Celiny-4 (arkusz Łuków). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Gronkowska B., Kenig K., Rzechowski J., 1968 — Petrografia glin zwałowych Podlasia i Mazowsza. Arch. Dok. Źródł. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Harasimiuk M., Sz waj g i e r W., Terpiłowski S., 2004 — Wpływ lądolodu zlodowacenia warty na rzeźbę północnego przedpola Wyżyny Lubelskiej. W: Zlodowacenie warty w Polsce (M. Harasimiuk, E. Myciel-ska-Dowgiałło, J. Rutkowski, S. Terpiłowski, red.). Wyd. UMCS, Lublin.

- Jagodzińska B., Kalituk R., 2004 — Dokumentacja badań geoelektrycznych. Temat: Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, arkusz Łuków (602). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Jahn A., 1950 — Nowe dane o położeniu kry jurajskiej w Łukowie. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **19**.
- Janczyk-Kopikowa Z., 1975 — Flora interglacjału mazowieckiego w Ferdynandowie. W: Z badań czwartorzędu w Polsce (J.E. Mojski, red.). *17. Biul. Inst. Geol.*, 290.
- Janczyk-Kopikowa Z., 1991 — Interglacjał ferdynandowski w Polsce. *Kwart. Geol.*, **35**, 1.
- Kondracki J., 2002 — Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kosmowska-Ceranowicz B., 1966 — Osady preglacjalne dorzecza środkowej Wisły. *Pr. Muz. Ziemi*, 9.
- Kosmulska R., 1973 — Dane o nieznanym dotychczas wystąpieniu iłów jurajskich w rejonie Łukowa. *Prz. Geol.*, **21**, 8–9.
- Krasowski S., Wrona B., 1984 — Sprawozdanie z badań geologiczno-poszukiwawczych za skamieniałościami na obszarze rezerwatu „Kra Jurajska” w Łukowie. Geoprojekt, Lublin.
- Krištovič N. J., 1896 — Jurajskie obrazowania w okrestnościach goroda Łukowa. *Ježegodnik po gielologii Rossii*, **2**.
- Krupiński K. M., 1993 — Stanowisko interglacjalnych osadów organogenicznych w Kosiorkach k. Krzywdy (Południowe Podlasie). *Prz. Geol.*, **41**, 12.
- Krupiński K. M., 1996 — Roślinność i klimat początku neoplejstocenu południowego Podlasia. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 373.
- Krupiński K. M., 2000 — Korelacja palinostratygraficzna osadów interglacjału mazowieckiego z obszaru Polski. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **169**.
- Krupiński K. M., Żarski M., Nawrocki J., 2004 — Reinterpretacja geologiczno-stratygraficzna osadów interglacjału mazowieckiego w Wylezieniu koło Ryk. *Prz. Geol.*, **52**, 8/1.
- Kupryjanowicz M., Żarski M., Drzymulska D., 2003 — Kontrowers — a new locality the Eemian interglacial and the Early Vistulian at Żelechów Upland (eastern Poland). *Acta Paleobot.*, **43**, 1.
- Kusiak J., 2004 — Wyniki oznaczeń wieku osadów wykonanych metodą termoluminescencyjną (TL). Arkusz Łuków Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Lencewicz S., 1927 — Dyluwium i morfologia Środkowego Powiśla. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **2**, 2.
- Lewiński J., Samsonowicz J., 1918 — Ukształtowanie powierzchni, skład i struktura podłoża dyluwium wschodniej części Nizy Północno-Europejskiego. *Pr. TNW*, 31.
- Lindner L., 2005 — Nowe spojrzenie na liczbę, wiek i zasięgi zlodowaceń środkowopolskich w południowej części środkowowschodniej Polski. *Prz. Geol.*, **53**, 2.
- Lindner L., Maruszczak H., Wojtanowicz J., 1985 — Zasięgi i chronologia starszych nasunięć stadialnych łądolodu środkowopolskiego (saalian) między górną Wartą a Bugiem. *Prz. Geol.*, **33**, 2.
- Lisicki S., 2003a — Litotypy i litostratygrafia glin lodowcowych plejstocenu dorzecza Wisły. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **177**.
- Lisicki S., 2003b — Zasięgi łądolodu skandynawskiego w dorzeczu Wisły wyznaczone na podstawie petrograficznych badań glin lodowcowych, w nawiązaniu do izotopowych stadiów tlenowych. *Prz. Geol.*, **51**, 3.
- Łuniewski A., Świdziński H., 1929 — W sprawie kry jurajskiej pod Łukowem. *Prz. Geogr.*, 9.
- Makowska A., 1976 — Staroplejstoceńskie osady organogeniczne w Ceteniu i ich związek z serią preglacjalną południowego Mazowsza. *Kwart. Geol.*, **20**, 3.
- Makowski H., 1952 — La Faune Calloviene de Łuków en Pologne. *Palaeont. Pol.*, 4.

- Małek M., 2004a — Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Siedlce Południe (565). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa [dokument elektroniczny].
- Małek M., 2004b — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Siedlce Południe (565). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa [dokument elektroniczny].
- Małek M., Buczek K., 2005a — Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Stanin (601). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Warszawa [dokument elektroniczny].
- Małek M., Buczek K., 2005b — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Stanin (601). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Warszawa [dokument elektroniczny].
- Małek M., Ładniak A., 1995 — Projekt badań geologicznych dla wykonania arkuszy: Stanin (601) i Łuków (602) Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Małek M., Pidek I. A., 2007 — Palinostratygrafia osadów organogenicznych nowych stanowisk interglacjalnych na Równinie Łukowskiej. *Ann. UMCS Sect. B*, **62**.
- Marks L., 2004 — Zasięg lądolodu zlodowacenia warty w Polsce. W: Zlodowacenie warty w Polsce (M. Harasimiuk, E. Mycielska-Dowgiałło, J. Rutkowski, S. Terpiłowski, red.). Wyd. UMCS, Lublin.
- Mizerski W., 1981 — Projekt zagospodarowania rezerwatu „Kra Jurajska”. Archiwum Towarzystwa Przyjaciół Ziemi Łukowskiej, Łuków.
- Mizerski W., 1983 — Plan wierceń i robót ziemnych na obszarze rezerwatu „Kra Jurajska”. Archiwum Towarzystwa Przyjaciół Ziemi Łukowskiej, Łuków.
- Mizerski W., 1989 — Jurajskie kry lodowcowe w okolicach Łukowa. W: Łuków i okolice w XIX i XX w. Prace Mazowieckiego Ośrodka Badań Naukowych, 51.
- Mizerski W., Szamałek K., 1985 — Charakterystyka geologiczno-surowcowa kelowejskich skał ilastych kry lodowcowej w rejonie Gołaszyna k. Łukowa. *Kwart. Geol.*, **29**, 2.
- Mojski J. E., 1969 — Stratygrafia mezoplejstocenijskich osadów lodowcowych. *Kwart. Geol.*, **13**, 2.
- Mojski J. E., 1971 — Objaśnienia do Mapy geologicznej Polski 1:200 000, ark. Łuków. Inst. Geol., Warszawa.
- Mojski J. E., 1972a — Mapa geologiczna Polski 1:200 000, ark. Łuków, wyd. A. Inst. Geol., Warszawa.
- Mojski J. E., 1972b — Mapa geologiczna Polski 1:200 000, ark. Łuków, wyd. B. Inst. Geol., Warszawa.
- Mojski J. E., (red.), 1972c — Nizina Podlaska. W: Geomorfologia Polski. **2**. PWN, Warszawa.
- Mojski J. E., 1984 — Eoplejstocen + mezoplejstocen. Niż Polski i niziny środkowopolskie. W: Budowa geologiczna Polski. **1**. Stratygrafia. 3b. Kenozoik. Czwartorzęd. Wyd. Geol., Warszawa.
- Morawski J., 1954 — Materiały do znajomości kry jurajskiej pod Łukowem. *Ann. UMCS Sect. B*, **9**.
- Morawski J., 1955 — Kra jurajska spod Łukowa w świetle prac wiertniczych. *Prz. Geol.*, **3**, 9.
- Mycielska-Dowgiałło E., Woronko B., 1998 — Analiza obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziarn kwarcowych frakcji piaszczystej i jej wartość interpretacyjna. *Prz. Geol.*, **46**, 12.
- Nitychoruk J., 1995 — Stratygrafia plejstocenu i paleogeografia południowego Podlasia. Tow. Przyj. Nauk., Międzyrzec Podlaski.
- Nowak J., 1969 — Rzeźba podłoża i stratygrafia osadów czwartorzędu Wysoczyzny Siedleckiej i obszarów sąsiednich. *Kwart. Geol.*, **13**, 2.

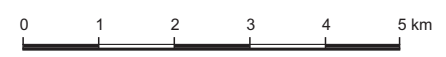
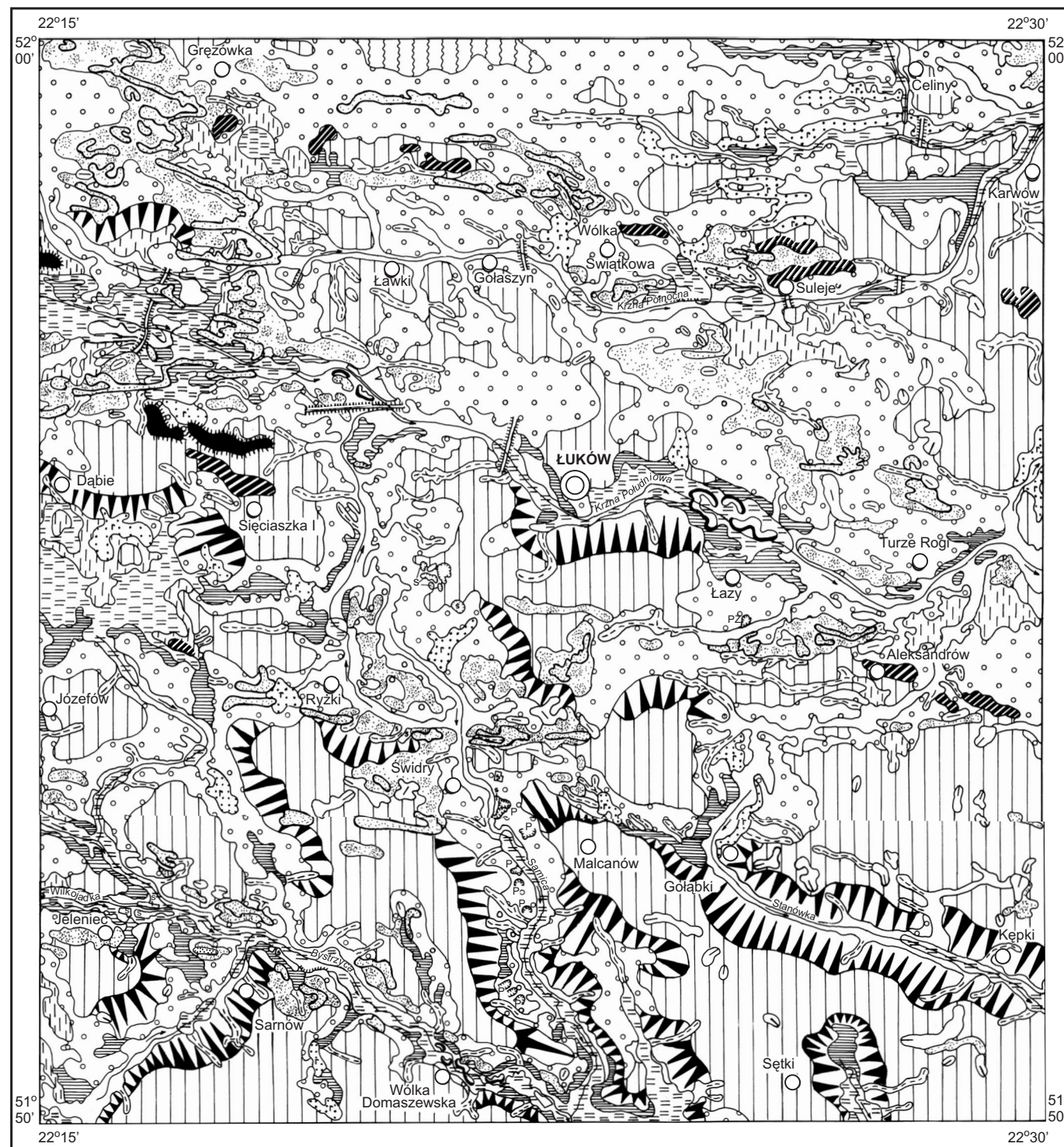
- Odrzwolska-Bieńkowska E., Kosmowska-Ceranowicz B., Ciuk E., Giel M.D., Grabowska I., Piwocki M., Pożaryska K., Ważyńska H., Ziemińska-Tworzydło M., 1979 — Syntetyczny profil stratygraficzny trzeciorzędu polskiej części północno-zachodniego basenu trzeciorzędowego Europy. *Prz. Geol.*, **27**, 9.
- Pidek I. A., 2000 — Interpretacja palinostratygraficzna zimnej jednostki pomiędzy dwiema ciepłymi w ferdynandowskiej sukcesji ze Zdan (Polska E). *Prz. Geol.*, **48**, 11.
- Pidek I. A., 2002 — Opracowanie palinologiczne próbek z sond WH arkusza Stanin Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Pidek I. A., 2003 — Mesopleistocene vegetation history in the northern foreland of the Lublin Upland based on paleobotanical studies of the profiles from Zdany and Brus sites. Wyd. UMCS, Lublin.
- Pidek I. A., 2004 — Analiza pyłkowa próbek z profili arkusza Łuków (602) Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Pidek I. A., 2005 — Opracowanie palinologiczne próbek z sond WH ark. Łuków (602) Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Piwocki M., Ziemińska-Tworzydło M., 1995 — Litostratygrafia i poziomy sporowo-pyłkowe neogenu na Niżu Polskim. *Prz. Geol.*, **43**, 11.
- Peryt T. M., Piwocki M. (red.), 2004 — Niż Polski i jego południowe obrzeżenie. W: Budowa geologiczna Polski. **1**. Stratygrafia. 3a. Kenozoik. Paleogen. Neogen. Wyd. Geol., Warszawa.
- Przybylska E., 2005 — Badania litologiczno-petrograficzne osadów czwartorzędowych. Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Łuków (602). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Ruszczynska-Szenajch H., 1976 — Glacitektoniczne depresje i kry lodowcowe na tle budowy geologicznej południowo-wschodniego Mazowsza i południowego Podlasia. *Stud. Geol. Pol.*, **50**.
- Rühle E., 1947 — Przeglądowa mapa geologiczna Polski 1:300 000, ark. Radom, wyd. A. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Rühle E., 1954 — Profil geologiczny utworów czwartorzędowych w Garwolinie i Gończycach. W: Z badań czwartorzędu w Polsce. **5**. *Biul. Inst. Geol.*, 69.
- Rühle E., 1955a — Przeglądowa mapa geologiczna Polski 1:300 000, ark. Radom, wyd. B. Inst. Geol., Warszawa.
- Rühle E., 1955b — Przegląd wiadomości o podłożu czwartorzędu północno-wschodniej części Niżu Polskiego. W: Z badań czwartorzędu w Polsce. **6**. *Biul. Inst. Geol.*, 70.
- Rühle E., 1968 — Profil utworów czwartorzędowych w Wylezinie (na północ od Dębina). *Ann. Soc. Geol. Pol.*, **38**, 4.
- Rühle E., 1969 — Przekrój geologiczny utworów czwartorzędowych w Łukowie na Podlasiu. W: Z badań czwartorzędu w Polsce (E. Rühle, red.). **12**. *Biul. Inst. Geol.*, 220.
- Rühle E., 1970 — Nowe jednostki stratygraficzne zlodowacenia środkowopolskiego na obszarze między środkową Wisłą a dolnym Bugiem. W: Problemy czwartorzędu. *Acta Geogr. Lodz.*, 24.
- Rzechowski J., 1996 — Interglacjał ferdynandowski w profilu stratotypowym w Ferdynandowie (południowo-wschodnie Mazowsze). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 373
- Rychłowski A., 1905 — Przyczynek do hydrologii Królestwa Polskiego. Łuków i okolice. *Prz. Techn.*, 43.
- Samsonowicz J., 1922 — Zastoiska lodowcowe nad górną i środkową Wisłą. *Spraw. PIG*, **1**, 4/6.
- Sawicki L., 1922 — Wiadomości o środkowo-polskiej morenie czołowej. **2**. PAN, Kraków.
- Słodkowska B., 2004 — Palinologiczny zapis trzeciorzędu w dolinie środkowej Wisły. *Prz. Geol.*, **52**, 1.
- Sobolewska M., 1969 — Osady interglacjalne w Łukowie na Podlasiu w świetle analizy pyłkowej. W: Z badań czwartorzędu w Polsce (E. Rühle, red.). **12**. *Biul. Inst. Geol.*, 220.

- Stolarczyk F., Stolarczyk J., Wysocka H., Buchelt M., 1997 — Rozwój paleozoicznych stref tektonicznych podlasko-lubelskiej części platformy prekambryjskiej. *Prz. Geol.*, **45**, 1.
- Szymański J., Buła S., 1999a — Objąsnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Kąkolewnica (603). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Szymański J., Buła S., 1999b — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Kąkolewnica (603). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Uberna J., Odrzywolska-Bieńkowska E., 1977 — Nowe stanowisko osadów górniooceńskich na obszarze północnej Lubelszczyzny. *Kwart. Geol.*, **21**, 1.
- Ważyńska H. (red.), 1998 — Palinologia i paleogeografia neogenu Nizżu Polskiego. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **160**.
- Witwicka E., 1961 — Stratygrafia mikropaleontologiczna kredy górnej wiercenia w Łukowie. W: Z badań mikropaleontologicznych (W. Pożaryski, red.). **4. Biul. Inst. Geol.**, 156.
- Wodyk K., 2004a — Objąsnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Skórzec (564). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa [dokument elektroniczny].
- Wodyk K., 2004b — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Skórzec (564). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa [dokument elektroniczny].
- Wojtanowicz J., 2004 — Zlodowacenie warty w Polsce: pozycja i podział stratygraficzny. W: Zlodowacenie warty w Polsce (M. Harasimiuk, E. Mycielska-Dowgiało, J. Rutkowski, S. Terpiłowski, red.). Wyd. UMCS, Lublin.
- Wołosowicz S., 1922 — O zlodowaceniu w dorzeczu Bugu. *Pos. Nauk. PIG*, 3.
- Woronko B., Bujak Ł., 2005 — Cechy teksturowe osadów międzymorenowych w wierceniach Łuków-3 i Celińny-4 [w przygotowaniu].
- Zaborski B., 1927 — Studia nad morfologią dyluwium Podlasia i terenów sąsiednich. *Prz. Geogr.*, 7.
- Zierhoffer A., 1925 — Zagadnienie powierzchni poddyluwialnej na ziemiach polskich. W: Pokłosie geogr., Lwów.
- Żarski M., 2002 — Pleistocene river valleys and ice sheet limits in the Southern Mazovian Lowland, central Poland. *Geol. Quart.*, **46**, 2.
- Żarski M., 2004 — Strefa marginalna lądolodu zlodowacenia warty na Wysoczyźnie Żelechowskiej. W: Zlodowacenie warty w Polsce (M. Harasimiuk, E. Mycielska-Dowgiało, J. Rutkowski, S. Terpiłowski, red.). Wyd. UMCS, Lublin.
- Żarski M., 2007a — Objąsnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Okrzeja (638). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa [dokument elektroniczny].
- Żarski M., 2007b — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Okrzeja (638). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa [dokument elektroniczny].
- Żarski M., 2007c — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Adamów (639) (wraz z Objąszeniami). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Żarski M., Nita M., Winter H., 2005 — Nowe stanowiska interglacjalne w rejonie dolin Wilgi i Okrzejki na Wysoczyźnie Żelechowskiej (Polska południowo-wschodnia). *Prz. Geol.*, **53**, 2.
- Żelichowski A. M., 1972 — Rozwój budowy geologicznej obszaru między Górami Świętokrzyskimi a Bugiem. W: Z badań tektonicznych w Polsce. **3. Biul. Inst. Geol.**, 263.
- Żelichowski A. M., 1979 — Przekrój geologiczny przez brzeżną część platformy prekambryjskiej na obszarze lubelsko-podlaskim (bez kenozoiku). *Kwart. Geol.*, **23**, 2.

Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000  
Ark. Łuków (602)

### SZKIC GEOMORFOLOGICZNY

Skala 1:100 000



#### Formy lodowcowe

- Wysoczyzna morenowa płaska (wysokości względne do 2 m, nachylenie do 2°)
- Wysoczyzna morenowa falista (wysokości względne 2–5 m, nachylenie do 5°)
- Moreny czołowe akumulacyjne
- Zagłębienia końcowe (wytopiskowe)

#### Formy wodnolodowcowe

- Równiny sandrowe i wodnolodowcowe w ogólności
- Formy akumulacji szczelinowej
- Zagłębienia powstałe po martwym lodzie

#### Formy eoliczne

- Wydmy
- Równiny piasków przewianych
- Zagłębienia deflacyjne

#### Formy rzeczne

- Dna dolin rzecznych
- Tarasy akumulacyjne nadzalewowe
- Starorzecza suche
- Dolinki w ogólności, nierozdzielone
- Krawędzie tarasów

#### Formy denudacyjne

- Długie stoki

#### Formy jeziorne

- Równiny jeziorne

#### Formy utworzone przez roślinność

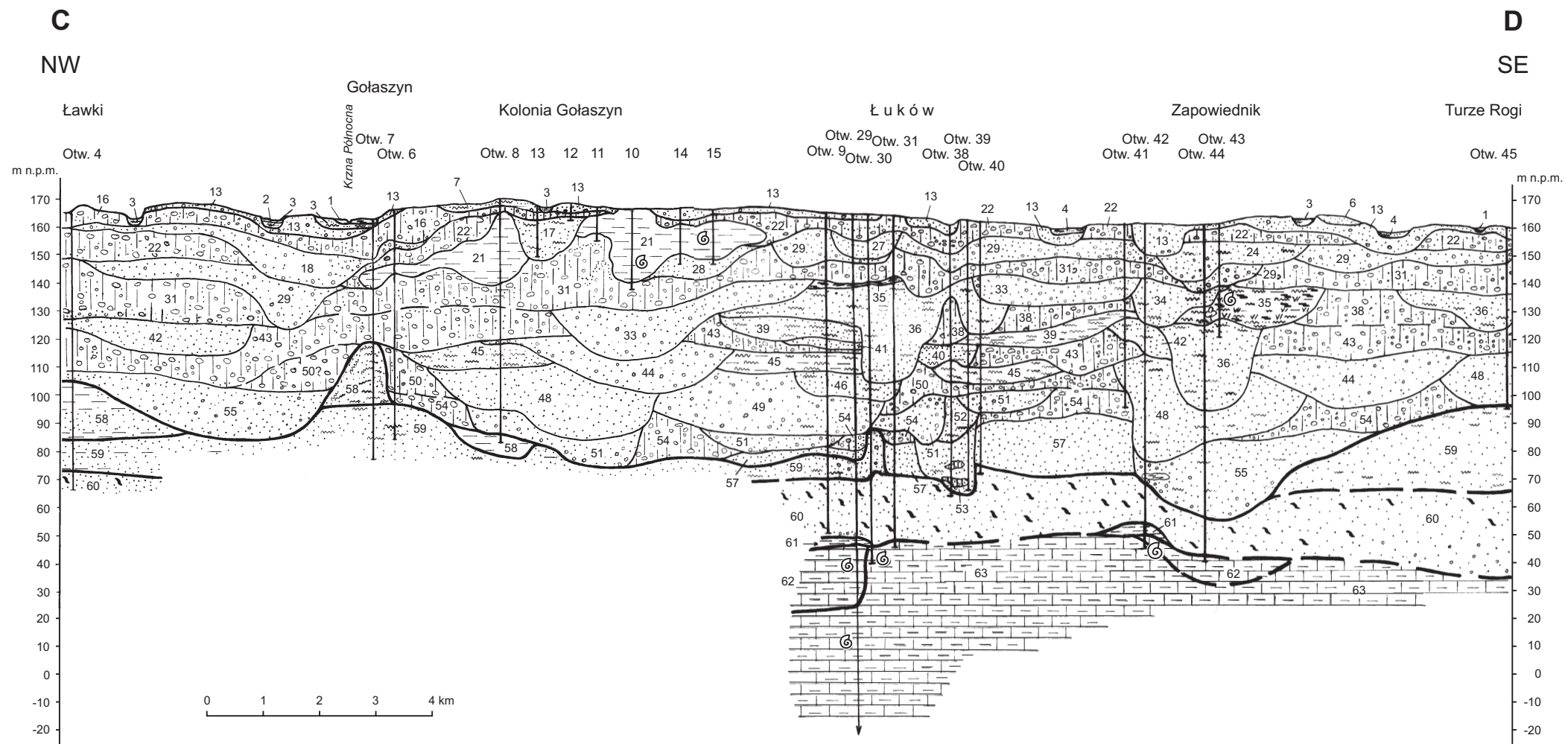
- Równiny torfowe

#### Formy antropogeniczne

- Nasypy i groble
- Dna stawów
- Piaskownie-żwirownie (PŻ) i piaskownie (P)

Opracowała: M. MAŁEK

**PRZEKRÓJ GEOLOGICZNY C-D**



1 — t <sub>Qh</sub>	21 — J <sub>cl</sub> Q <sub>p3</sub> <sup>O</sup>	35 — li <sub>m</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>F</sup>	46 — f-pg <sub>p</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>S1</sup>	58 — ipeM <sub>3</sub>
2 — nt <sub>Qh</sub>	22 — gzw <sub>g</sub> Q <sub>p3</sub> <sup>O</sup>	36 — f <sub>p</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>F</sup>	48 — f <sub>p</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>K</sup>	59 — pQM <sub>2</sub>
3 — ph <sub>Qh</sub>	24 — fg <sub>pz</sub> Q <sub>p3</sub> <sup>O</sup>	38 — gzw <sub>g</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>S3</sup>	49 — fg <sub>ppz</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>N3</sup>	60 — pGkOl <sub>1</sub>
4 — li-f <sub>m</sub> Q <sub>h</sub>	27 — f <sub>p</sub> Q <sub>p2-3</sub> <sup>M</sup>	39 — b <sub>m</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>S3</sup>	50 — gzw <sub>g</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>N3</sup>	61 — iwE <sub>3</sub>
6 — e <sub>p</sub> Q	28 — f-pg <sub>p</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>G</sup>	40 — li <sub>p</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>S1-3</sup>	51 — fg <sub>pz</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>N3</sup>	62 — mePC <sub>1</sub>
7 — z-e <sub>p</sub> Q	29 — fg <sub>pz</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>G</sup>	41 — f-pg <sub>p</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>S1</sup>	52 — b <sub>mp</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>N1</sup>	63 — meCr <sub>m3</sub>
13 — fg <sub>p</sub> Q <sub>p3</sub> <sup>W</sup>	31 — gzw <sub>g</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>G</sup>	42 — fg <sub>p</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>S1</sup>	53 — f-pg <sub>p</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>N1</sup>	
16 — gzw <sub>g</sub> Q <sub>p3</sub> <sup>W</sup>	32 — b <sub>mp</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>G</sup>	43 — gzw <sub>g</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>S1</sup>	54 — gzw <sub>g</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>N1</sup>	
17 — b <sub>m</sub> Q <sub>p3</sub> <sup>W</sup>	33 — fg <sub>pz</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>G</sup>	44 — fg <sub>pz</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>S1</sup>	55 — f <sub>pz</sub> Q <sub>p1-2</sub>	
18 — fg <sub>pz</sub> Q <sub>p3</sub> <sup>O</sup>	34 — f-pg <sub>p</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>G</sup>	45 — b <sub>m</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>S1</sup>	57 — f <sub>p</sub> Q <sub>p0</sub>	

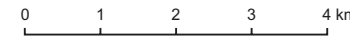
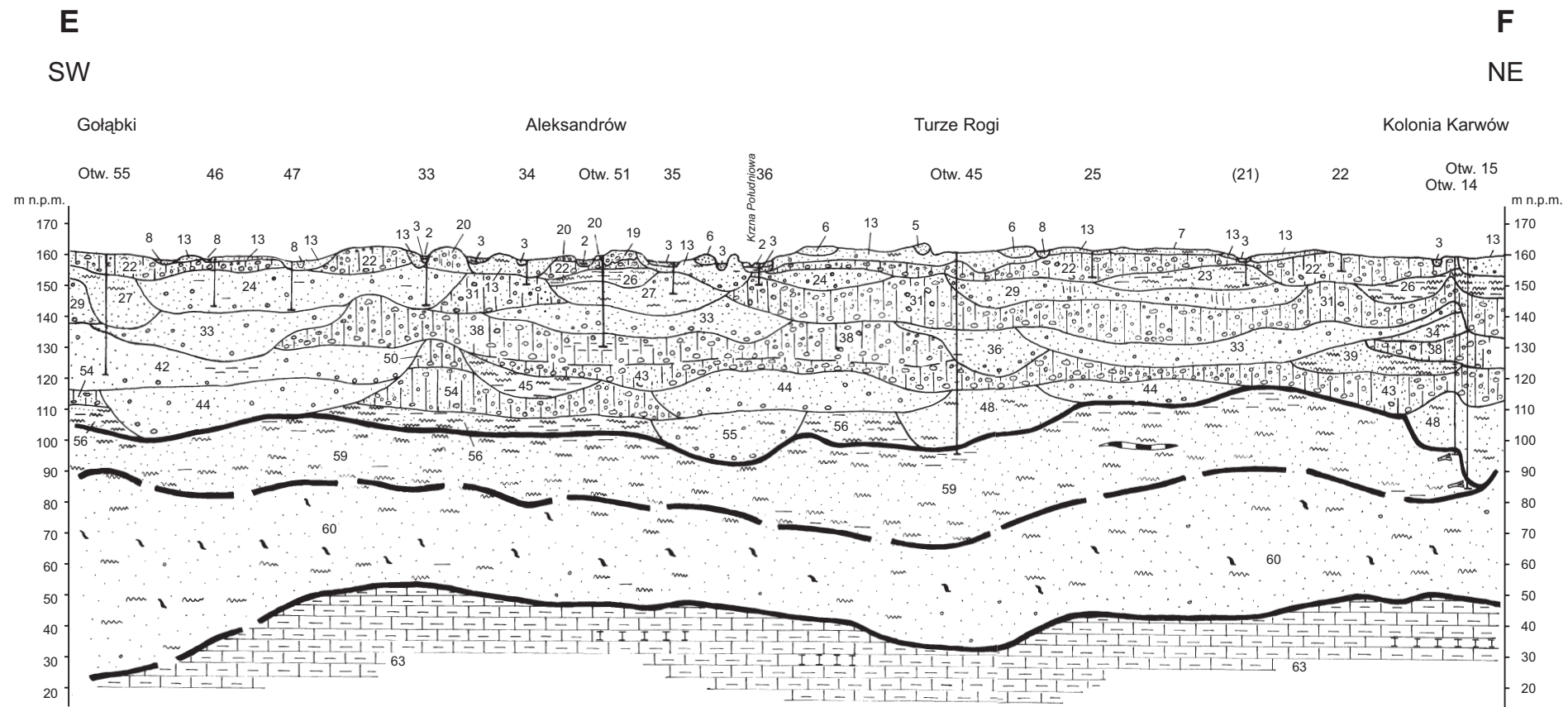
**ZNANKI PETROGRAFICZNE:**

	Bruk		Gliny zwalowe
	Żwiry		Margle
	Piaski		Torfy
	Mułki		Gytie
	Iły		Namuły

U w a g a : pozostałe objaśnienia jak na mapie geologicznej

Opracowała: M. MAŁEK

PRZEKRÓJ GEOLOGICZNY E-F



2 — nt <sup>Q</sup> <sub>h</sub>	23 — b <sup>Q</sup> <sub>m</sub> <sup>O</sup> <sub>p3</sub>	36 — f <sup>Q</sup> <sub>p</sub> <sup>F</sup> <sub>p2</sub>	54 — g <sup>Q</sup> <sub>zW</sub> <sup>N1</sup> <sub>p2</sub>
3 — ph <sup>Q</sup> <sub>h</sub>	24 — fg <sup>Q</sup> <sub>pZ</sub> <sup>O</sup> <sub>p3</sub>	38 — g <sup>Q</sup> <sub>zW</sub> <sup>S3</sup> <sub>p2</sub>	55 — f <sup>Q</sup> <sub>pZ</sub> <sub>p1-2</sub>
5 — e <sup>Q</sup> <sub>p</sub> <sup>W</sup>	26 — li <sup>M</sup> <sub>m</sub> <sup>Q</sup> <sub>p2-3</sub>	39 — b <sup>S3</sup> <sub>m</sub> <sup>Q</sup> <sub>p2</sub>	56 — li-f <sup>Q</sup> <sub>m</sub> <sub>p0</sub>
6 — e <sup>Q</sup> <sub>p</sub>	27 — f <sup>M</sup> <sub>p</sub> <sup>Q</sup> <sub>p2-3</sub>	42 — fg <sup>S1</sup> <sub>p</sub> <sup>Q</sup> <sub>p2</sub>	59 — p <sup>Q</sup> <sub>M2</sub>
8 — d <sup>Q</sup> <sub>p</sub>	29 — fg <sup>G</sup> <sub>pZ</sub> <sup>Q</sup> <sub>p2</sub>	43 — g <sup>S1</sup> <sub>zW</sub> <sup>Q</sup> <sub>p2</sub>	60 — p <sup>Gk</sup> <sub>O1</sub>
13 — fg <sup>W</sup> <sub>p</sub> <sup>Q</sup> <sub>p3</sub>	31 — g <sup>G</sup> <sub>zW</sub> <sup>Q</sup> <sub>p2</sub>	44 — fg <sup>S1</sup> <sub>pZ</sub> <sup>Q</sup> <sub>p2</sub>	63 — me <sup>Cr</sup> <sub>m3</sub>
19 — g <sup>O</sup> <sub>pZ</sub> <sup>Q</sup> <sub>p3</sub>	33 — fg <sup>G</sup> <sub>pZ</sub> <sup>Q</sup> <sub>p2</sub>	45 — b <sup>S1</sup> <sub>m</sub> <sup>Q</sup> <sub>p2</sub>	
20 — g <sup>O</sup> <sub>pZ</sub> <sup>Q</sup> <sub>p3</sub>	34 — f-pg <sup>G</sup> <sub>p</sub> <sup>Q</sup> <sub>p2</sub>	48 — f <sup>K</sup> <sub>p</sub> <sup>Q</sup> <sub>p2</sub>	
22 — g <sup>O</sup> <sub>zW</sub> <sup>Q</sup> <sub>p3</sub>	35 — li <sup>F</sup> <sub>m</sub> <sup>Q</sup> <sub>p2</sub>	50 — g <sup>N3</sup> <sub>zW</sub> <sup>Q</sup> <sub>p2</sub>	

ZNAKI PETROGRAFICZNE:

	Bruk		Gliny zwałowe
	Żwiry		Kreda pisząca
	Piaski		Margle
	Mułki		Namuły
	Iły		

U w a g a : pozostałe objaśnienia jak na mapie geologicznej

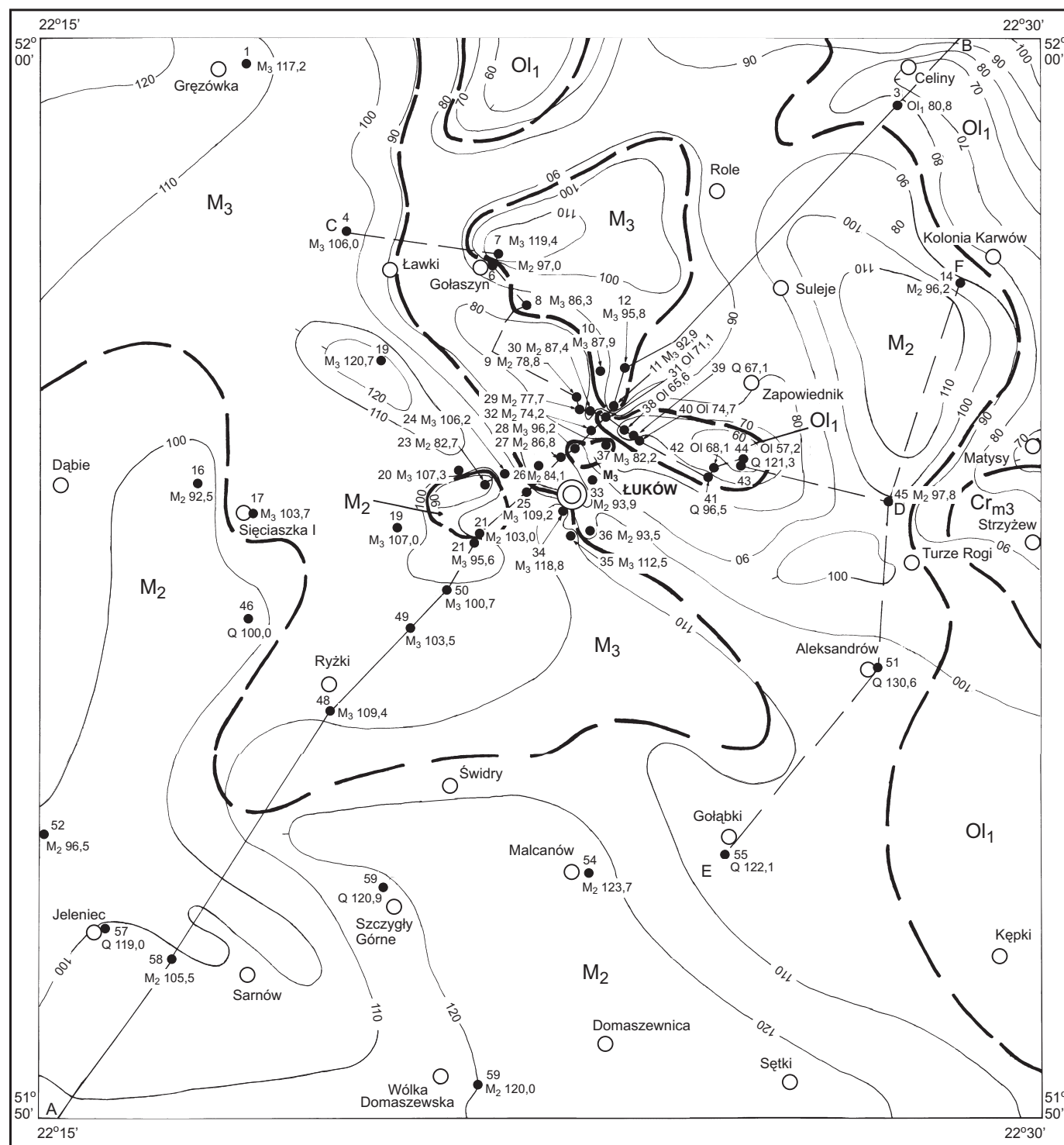
Opracowała: M. MAŁEK



Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000  
Ark. Łuków (602)

### SZKIC GEOLOGICZNY ODKRYTY

Skala 1:100 000



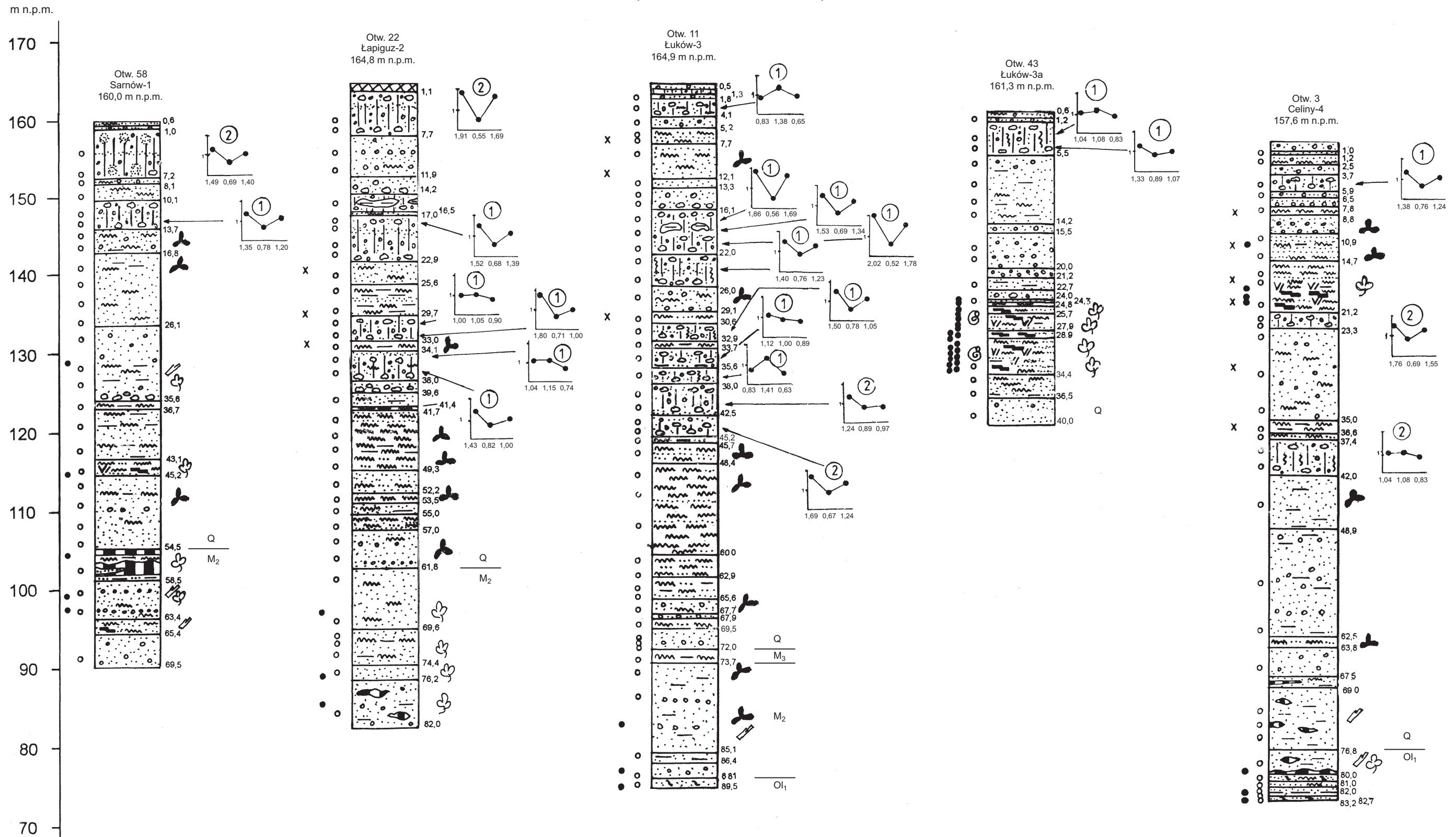
NEOGEN	MIOCEN	M <sub>3</sub>	Iły pstre i mułki, miejscami piaski pyłowate	MIOCEN GÓRNY
		M <sub>2</sub>	Piaski kwarcowe, iły i mułki z wkładkami węgla brunatnego	MIOCEN ŚRODKOWY
		Ol <sub>1</sub>	Piaski glaukonitowe i kwarcowe z przewarstwieniami mułków	OLIGOCEN DOLNY
KREDA	KREDA GÓRNA	Cr <sub>m3</sub>	Margle z wkładkami kredy piszącej i opok	MASTRYCHT GÓRNY      MASTRYCHT

- Granice geologiczne
- Izohipsy stropu utworów podczwartorzędowych w m n.p.m.
- Wybrane otwory wiertnicze z numeracją według mapy geologicznej (symbol oznacza wiek: Q — czwartorzęd, M<sub>3</sub> — miocen górny, M<sub>2</sub> — miocen środkowy, Ol<sub>1</sub> — oligocen dolny; liczba — wysokość stropu utworów podczwartorzędowych lub rzędna zakończenia otworu w osadach czwartorzędowych, w m n.p.m.)
- Linia przekroju geologicznego na mapie geologicznej
- Linie przekrojów geologicznych załączonych w tekście

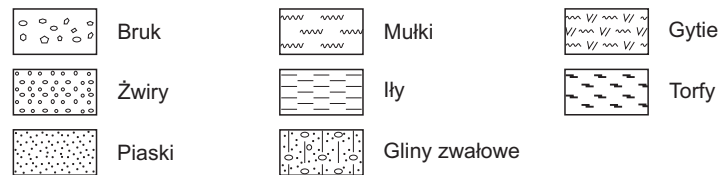
Opracowała: M. MAŁEK



**ZESTAWIENIE PROFILI OTWORÓW BADAWCZYCH DLA SMGP  
(KARTOGRAFICZNYCH)**

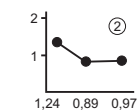


ZNAKI PETROGRAFICZNE:



OZNACZENIA MIEJSC POBRANIA PRÓBEK DO BADAŃ:

- x wieku bezwzględnego metodą TL
- o litologiczno-petrograficznych
- palinologicznych

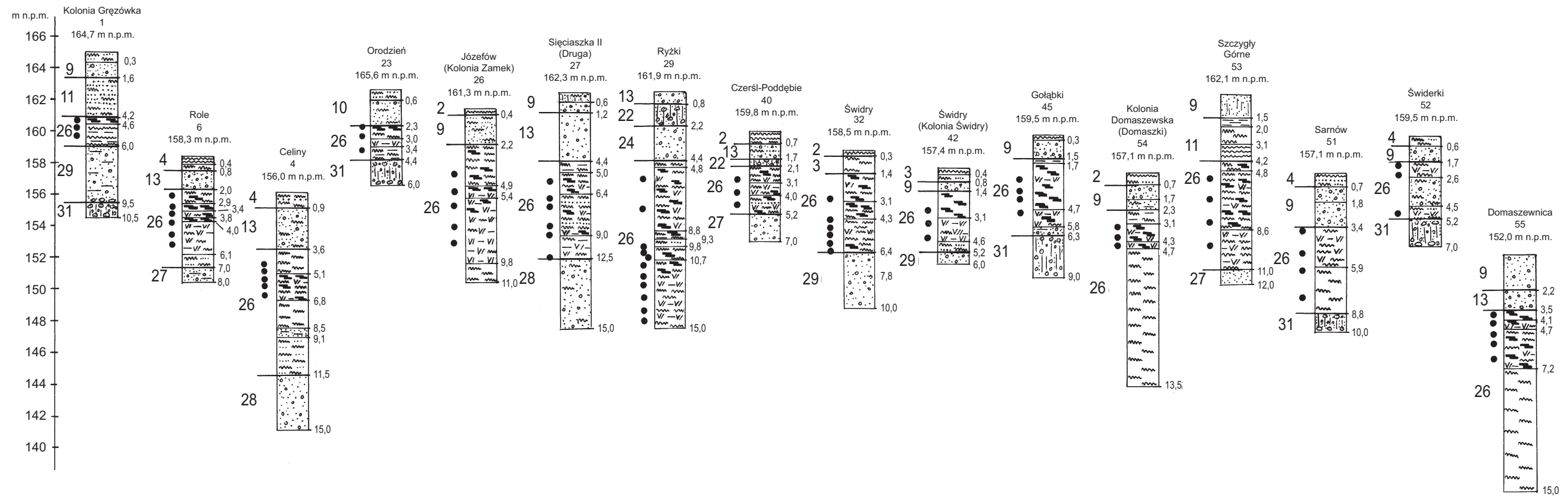


Współczynniki petrograficzne (O/K-W-A/B) obliczone dla żwirów o średnicy 5–10 mm, uzyskanych z glin zwalowych  
② — liczba zbadanych próbek

Opracowała: M. MAŁEK

Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000  
Ark. Łuków (602)

**PROFILE GEOLOGICZNE  
STANOWISK INTERGLACJAŁU WIELKIEGO  
(MAZOWIECKIEGO)**



2 — nt <sub>Qh</sub>	9 — f <sub>p2</sub> Q <sub>p4</sub> <sup>B①</sup>	13 — fg <sub>p</sub> Q <sub>p3</sub> <sup>W</sup>	26 — li <sub>m</sub> Q <sub>p2-3</sub> <sup>M</sup>	29 — fg <sub>p2</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>G</sup>
3 — ph <sub>Qh</sub>	10 — li <sub>p</sub> Q <sub>p4</sub> <sup>B</sup>	22 — gz <sub>W</sub> Q <sub>p3</sub> <sup>O</sup>	27 — f <sub>p</sub> Q <sub>p2-3</sub> <sup>M</sup>	31 — gz <sub>W</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>G</sup>
4 — li-f <sub>m</sub> Q <sub>h</sub>	11 — li <sub>m</sub> Q <sub>p3-4</sub>	24 — fg <sub>p</sub> Q <sub>p3</sub> <sup>O</sup>	28 — f-pg <sub>p</sub> Q <sub>p2</sub> <sup>G</sup>	

ZNAKI KONWENCJONALNE:

- Miejsca pobrania próbek do analiz palinologicznych

U w a g a : pozostałe objaśnienia jak na mapie geologicznej

Opracowała: M. MAŁEK