

## ARTYKUŁ PROBLEMOWY

KRYSTYNA KONECKA-BETLEY, DANUTA CZĘPIŃSKA-KAMIŃSKA,  
MAŁGORZATA OKOŁOWICZ, ZBIGNIEW ZAGÓRSKI

### PROCESY GLEBOTWÓRCZE W LESSOWYCH GLEBACH KOPALNYCH ODSŁONIĘCIA POLANÓW SAMBORZECKI – OKOLICE SANDOMIERZA

#### PEDOGENETIC PROCESSES IN PALAEOSOLS OF THE POLANÓW SAMBORZECKI LOESSES EXPOSURE – VICINITY OF SANDOMIERZ

Katedra Nauk o Środowisku Glebowym, Zakład Gleboznawstwa SGGW

*Abstract:* The paper presents results of various pedological analyses carried out in the exposure of loesses and alluvial deposits in Polanów Samborzecki. The exposure is located in the embankment of River Vistula in the vicinity of Sandomierz (SE Poland). During the study period its length reached ca 150 m, and the top of the exposure was situated at 165 m above sea level, ca 20 m above the present-day Vistula valley. Typologically and geochronologically different palaeosols, developed from loesses or sandy loesses, underlain by older alluvia of River Vistula, have been recognized and distinguished in three parts of the exposure, based on their morphological, physical-chemical and micromorphological features. The stratigraphy of the analysed loesses has been based on the presence and typological development of soils representing different ranges, i.e. on pedostratigraphy, where soils are thus treated as formal lithostratigraphic units of the Quaternary. Results of the analyses allowed to construct a scheme of palaeosol occurrence in the study area (Fig. 1). The oldest soil is developed from upper Wartanian loess during the Eemian Interglacial. This is incomplete Albic Luvisol, overprinted with gley processes taking place at the end of the interglacial. This soil lies on older alluvial deposits of the Vistula. In its upper part occur the mollic horizon of interstadial Glossic Chernozhem, developed from loess of the lowermost Vistulian, deposited in completely different cool climatic conditions. Typically both soils are distinguished as a palaeosol set, developed during the Eemian Interglacial and Early Vistulian. However, in those cases where the interstadial Albic Luvisol is better preserved, it is appropriate to distinguish two separate soil units. From the lower younger loess developed an interstadial, in some cases interphasal, Calcic Gleysol, which disappears in part of the exposure. The youngest palaeosol, also of interstadial origin, which developed from the middle younger loess, is Gleyic Cambisol. Traces of gley processes can also be observed in this case. In turn, from the upper younger loess,

occurring on the surface of the study area, Gleyic Cambisols or Albic Luvisols, and in topographic lows – also Glossic Chernozhems developed. Interglacial palaeopedologic processes of the Vistulian or Eemian Interglacial had a similar course in comparison to the pedological processes of the Holocene, which is treated here as an interglacial.

*Słowa kluczowe:* gleby kopalne, interglacjał eemski, procesy glebotwórcze.

*Key words:* palaeosols, Eemian Interglacial, pedogenetic processes.

## WSTĘP

Odsłonięcie gleb kopalnych w Polanowie Samborzeckim skarpy Wisły (fot. 1, rys. 1) pełni podstawową rolę w stratygrafii pedologicznej płata lessów sandomierskich [Laskowska-Wysoczańska 1971; Jersak 1973, 1976, 1976a; Różycki 1972, 1978]. Stwierdzono w nim wszystkie dotąd poznane w tym rejonie gleby kopalne wytworzone przede wszystkim z osadów eolicznych zlodowacenia wistulian i zlodowaceń warty (wartanian).

Gleby te tworzyły się zarówno w okresach chłodnych, czyli glacjałach, jak i w okresach ciepłych – interglacjałach lub interstadiach. Cykl zmian klimatycznych w tych okresach spowodował przemiany zespołów roślinnych, co zasadniczo wpłynęło na zmiany typologiczne gleb. Zróżnicowanie gleb zaznaczyło się najsilniej w interglacjałach, a nieco słabiej w glacjałach. Dlatego badane gleby są tak różne typologicznie: niekiedy słabo wykształcone A-C, a niekiedy dojrzałe: A-E-B-C. Często charakteryzuje je tzw. „ogłowienie”. Procesy glebotwórcze, czyli przekształcenia postsedymentacyjne rozpoczynające się między innymi od gromadzenia substancji organicznej, nakładają się prawie zawsze na substrat eoliczny zmieniony kriogenicznie [Goździk i in. 1988]. Odsłonięcie ma również doniosłe znaczenie dla stratygrafii starszych od wistulianu osadów mineralnych. Są to mało miększe lessy górne i utwory aluwialne zlodowacenia warty [Konecka-Betley, Straszewska 1977; Laskowska-Wysoczańska 1971; Prószyńska-Bordas i in. 1989] oraz starsze aluwia zlodowacenia odry [Buraczyński 1995, 1998].

Lessy tego odsłonięcia były i są ciągle badane przez różnych autorów [Prószyński, Stańska-Prószyńska 1989; Prószyńska-Bordas i in. 1989; Grygierczyk, Waga 1993; Buraczyński 1994, 1995; Kusiak, Łanczont 2000; Konecka-Betley 1996; Dolecki, Łanczont 2001] przede wszystkim pod kątem litostratygrafii, a w bardzo małym stopniu pedostratygrafii.

Rozpatrując omawiane odsłonięcie jako typowe dla gleb kopalnych tego regionu należy podkreślić, że każda z nich składa się z poziomów genetyczno-diagnostycznych wytworzonych przed ich pogrzebaniem. Również każda charakteryzuje się określonymi wskaźnikami biofizykochemicznymi i mikromorfologicznymi zmieniającymi się najprawdopodobniej w czasie w wyniku diagenety osadu. Wskaźniki te umożliwiają rozpoznanie zróżnicowania stratygraficzno-pedologicznego lessów poszczególnych badanych odsłonięć tego regionu. Są również pomocne przy określaniu warunków geograficznych, w których tworzyły się badane gleby [Konecka-Betley 2002, 2002a].

TABELA 1. Uziarnienie gleb – TABLE 1 Textures of soils

Profil nr Prof- ile No.	Głębokość Depth [m]	Poziom genet. Genetic horizon	Procentowy udział frakcji o wymiarach w mm Percent of particular fractions in mm								
			>1	1- 0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,02	0,02- 0,005	0,005- 0,002	<0,002
1	5,7-6,00	LMd**	0,0	0,2	3,8	14,0	10	33	18	7	14
	6,0-6,18	A	0,0	0,6	4,7	13,7	7	19	19	10	26
	6,18-6,38	A	0,0	1,2	6,5	11,3	7	15	17	13	29
	6,38-6,48	A	0,7	1,2	4,9	9,9	7	14	22	17	24
	6,48-6,75	Bt	0,0	0,9	5,9	12,2	3	11	20	14	33
	6,48-6,75	szczelina*	0,0	1,2	6,0	12,8	6	12	17	14	31
	6,75-7,10	BtCca	0,0	0,9	6,6	23,5	11	17	13	7	21
	7,10-7,35	Cca	0,0	2,0	22,9	36,1	8	8	6	4	13
7,35-7,80	Cca	0,0	2,4	8,5	16,1	11	19	17	8	18	
2	5,70-6,00	LMg**	0,0	0,3	2,1	8,6	7	27	26	11	18
	6,0-6,11	Ag	0,0	0,3	1,5	6,2	7	27	29	11	18
	6,11-6,35	Bbr	0,0	0,2	1,4	6,4	9	35	26	12	10
	6,35-6,50	AgBbr	0,0	0,3	0,9	4,6	8	35	24	12	15
	6,50-6,70	Bbr	0,0	0,2	0,3	5,5	13	19	22	7	13
	6,70-7,20	Cca	0,0	0,0	0,3	5,7	11	40	22	6	15
	***										
	9,80-10,30	A	0,0	1,1	8,5	18,4	6	19	18	8	23
	10,30-10,55	A	0,0	0,2	2,9	12,9	8	31	24	6	15
	10,55-10,78	A	0,0	2,1	10,3	15,6	7	22	24	2	17
	10,78-10,90	AEBt	0,1	1,6	10,8	17,6	8	18	13	8	23
	10,90-11,05	Bt	0,6	2,2	12,8	18,0	7	16	15	8	21
	11,05-11,50	Bt	0,0	0,3	2,0	26,0	8	18	6	12	25
	11,05-11,20	szczelina*	0,0	1,0	2,4	20,6	12	15	17	8	24
	11,50-12,00	BtCca	0,0	0,1	0,3	8,6	4	8	27	23	29
12,00-13,00	Cca	0,0	0,1	0,2	9,7	8	23	24	12	23	
3	1,30-1,50	LMd**	0,0	0,2	0,6	16,2	9	32	20	7	15
	1,75-1,90	A	0,0	0,7	5,7	16,6	8	20	18	9	22
	1,90-2,00	A	0,0	1,3	7,9	15,8	7	16	17	11	24
	2,00-2,40	A	0,0	1,9	9,2	14,9	12	16	10	22	14
	2,40-2,55	EBt	0,0	3,8	13,6	13,6	8	12	19	9	21
	2,55-2,80	Bt	0,0	0,3	1,2	9,5	4	14	27	17	27
	2,80-3,10	Bt	0,0	0,1	0,6	10,3	2	17	16	16	38
	3,10-3,42	C	0,0	0,1	0,8	17,1	6	22	19	9	26
	3,42-3,52	IIC	1,6	3,8	44,4	35,8	3	2	1	0	10
	3,54-3,60	IIC	2,3	7,9	41,5	35,6	3	1	1	1	9
	3,68-3,74	IIC	2,4	8,9	47,2	26,9	2	1	3	1	10
	3,74-4,00	IIIC	0,0	0,1	0,4	10,5	3	12	27	15	32
	4,10-4,70	IIIC	0,0	0,4	5,6	15,0	5	14	21	14	25
	<4,70	IVC	0,0	0,3	30,1	63,6	4	1	0	0	1

\*Szczelina kontrakcji termicznej z pierwotnym wypełnieniem substancją organiczną – fracture of thermal contraction with organic matter infilling probably from the middle part of the mollic horizon;

\*\*wyjaśnienia rys. 1 – explanation as Figure 1; \*\*\*od głębokości 7,20 do głęb. 9,80 m analiz fizyko-chemicznych nie wykonano – from 7.20 to 9.80 not determined

## LOKALIZACJA ODSŁONIĘCIA I OPIS PROFILÓW

Badane odsłonięcie lessów występuje w Polanowie Samborzeckim w krawędzi doliny Wisły około 7 km od Sandomierza. Jego strop leży na wysokości 163–165 m n.p.m., a około 20 m nad dnem współczesnej doliny [Konecka-Betley 1996; Buraczyński 1995]. Na tej samej wysoczyźnie leżą badane wcześniej profile: Złota, Żurawica i Chobrzany [Konecka-Betley, Straszewska 1977] oraz odsłonięcie Sandomierz [Konecka-Betley i in. 1986]. W tym odsłonięciu rozpoznano i wydzielono w terenie na podstawie cech morfologicznych gleby kopalne różnego wieku: interglacjalne, interstadialne, a nawet może interfazowe(?). Próby do badań fizyko-chemicznych pobrano z trzech profilów, ponieważ długość odsłonięcia wynosi około 100 m. Analizę mikromorfologiczną przeprowadzono w profilu nr 2 (rys. 1).

Wykonano również w tym profilu datowanie gleb metodą TL [Prószyński, Stańska-Prószyńska 1989]. Daty te uznano za uzupełnienie wniosków otrzymanych na podstawie wskaźników fizykochemicznych i mikromorfologicznych trzech profilów gleb.

### **Profil 1** (lewa strona odsłonięcia)

- 0–5,70 m w stropie odsłonięcia występuje zniszczona gleba płowa antropogeniczna, wytworzona z lessu młodszego górnego, z silnie przekształconymi poziomami genetycznymi, których nie badano; na głębokości 4 m stwierdzono słabo zaznaczone i miejscami zniszczone poziomy A i G gleby wytworzonej najprawdopodobniej z lessu młodszego dolnego; prób nie pobrano.
- 5,70–6,00 m spąg opisanego powyżej lessu jasnożółtego, młodszego, dolnego, słabo węglanowego.
- 6,00–6,18 m górna część ciemnoszarego (do czarnego) poziomu A mollic wytworzona z lessu młodszego najniższego, z wtórnymi węglanami.
- 6,18–6,38 m środkowa część poziomu A ciemnoszarego wytworzonego z lessu młodszego najniższego.
- 6,38–6,48 m najniższa szara część poziomu A wytworzona z lessu młodszego najniższego, przemieszana z lessem starszym, górnym, warciańskim, odwapnionym.
- 6,48–6,75 m brunatny poziom iluwalny argic Bt, wytworzony z lessu odwapnionego, starszego, górnego, warciańskiego; jest to najprawdopodobniej dolna część poziomu Bt gleby płowej, której część stropowa została zerodowana.
- 6,75–7,10 m węglanowy, jasnobrązowy poziom BtCca z ponad 10% węglanów.
- 7,10–7,35 m poziom Cca piaszczysto-pylasty z dochodzącą do 5% zawartością węglanów.
- 7,35–7,80 m poziom Cca pyłowy, pochodzenia aluwialnego, z pewnym nagromadzeniem węglanów.

W profilu występują trzy gleby: 1 – interstadialna słabo zaznaczona gleba glejowa, wytworzona z lessu dolnego młodszego, (a może interfazowa?), 2 – interstadialna gleba czarnoziemna wczesnego vistulianu, wytworzona z lessu młodszego najniższego oraz 3 – ogłowiona, ale z poziomem Bt gleba płowa interglacjalna eemskiego, wytworzona z lessu starszego górnego, warciańskiego, zalegająca na starszych osadach aluwialnych.

**Profil 2** (środkowa część odsłonięcia)

- 0–5,70 m zniszczona gleba płowa, aktualnie występująca na powierzchni terenu, wytworzona z lessu górnego młodszego, poziom Bt tej gleby datowano metodą TL na około 16 ka BP [Prószyński, Stańska-Prószyńska 1989].
- 5,70–6,00 m spąg typowego lessu młodszego, górnego, jasnożółtego.
- 6,00–6,11 m jasnoszary, słabo zaznaczony poziom Ag lessu młodszego środkowego, oznaki oglejenia widoczne w postaci małych pieprzy żelazisto-manganowych lub żelazistopróchnicznych.
- 6,11–6,35 m jasnobrunatny poziom Bbr cambic wytworzony z typowego lessu młodszego środkowego, odwapnionego; datowany metodą TL  $30,8 \pm 3$  ka, prawdopodobnie przemieszczony soliflukcyjnie.
- 6,35–6,50 m słabo zaznaczony poziom AgBbr; podobny w charakterystyce do nadległego.
- 6,50–6,70 m poziom Bbr w spagu oglejony, wytworzony z lessu młodszego środkowego, leżący *in situ*, z dobrze widocznymi pojedynczymi ziarnami kalcytu; datowany metodą TL na  $40,5 \pm 4$  ka; niezbyt wielkie odwapnienie świadczy o krótszym czasie istnienia gleby interstadialnej w porównaniu z interglacjalną, mimo okresowo silnego wietrzenia; wydzielone poziomy C na różnych głębokościach wykazują mało mięszsze fibry żelaziste z dość dużą ilością żelaza; fibry należy wiązać najprawdopodobniej z ustępowaniem wiecznej zmarzliny.
- 6,70–7,20 m C węglanowa skała macierzysta opisanej wyżej gleby, zawierająca powyżej 5% węglanów; less młodszy środkowy.
- 7,20–8,50 m mało zmieniony less młodszy środkowy
- 8,50–8,70 m jasnoszary poziom A słabo wykształcony, z bardzo małą zawartością substancji organicznej; less młodszy dolny
- 8,70–9,20 m poziom G, szaroniebieskawy poziom oglejenia, less młodszy dolny.
- 9,20–9,80 m CG skała macierzysta gleby interstadialnej dość słabo wykształconej, glejowej; wytworzonej z lessu młodszego dolnego, analiza mikromorfologiczna wskazuje na pewne powiązania tego poziomu ze starszym czarnoziemem (większa ilość ziarn kwarcu).
- W czterech poziomach od 7,20 m do 9,20 m wykonano tylko badania morfologiczne i mikromorfologiczne.
- 9,80–10,30 m szary poziom A mollic wytworzony z lessu pyłowo piaszczystego młodszego, najniższego, z małą ilością wtórnych węglanów; strop tego poziomu datowano metodą TL na  $74,0 \pm 11$  ka BP [Prószyński, Stańska-Prószyńska 1989].
- 10,30–10,55 m środkowa część poziomu A mollic wytworzona z lessu młodszego najniższego z domieszką frakcji piasku.
- 10,55–10,78 m dolna część poziomu A mollic.
- 10,78–10,90 m zachowana część zniszczonego poziomu Bt i być może AE gleby interglacjalnej, na które nałożył się poziom A interstadialnej gleby czarnoziemnej wczesnego wistulianu.

10,90–11,05 m odwapniony poziom iluwialny Bt argic wytworzony z lessu starszego górnego, warciańskiego gleby interglacialnej; strop poziomu datowany metodą TL na  $114 \pm 11$  ka BP.

11,50–12,00 m poziom BtCca iluwialny z dużą ilością węgla wapnia, przechodzący w węglanową skałę macierzystą z domieszką osadów aluwialnych.

12,00–13,00 m poziom Cca skały macierzystej.

< 13,00 m aluwia Wisły.

W obu opisanych profilach analizy fizyko-chemiczne wykonano również w szczelinach kontrakcji termicznej z pierwotnym wypełnieniem substancją organiczną, a przecinających poziomy Bt i BtCca. Otrzymane wyniki są podobne do danych z poziomów mollic.

W głównym profilu odsłonięcia Polanów Samborzecki (prof. nr 2 – rys. 1) wydzielono następujące gleby (nie wnikając głębiej w typologię gleby całkowicie przekształconej antropogenicznie, na powierzchni terenu): 1 – interstadialna gleba brunatna arktyczna, oglejona, wytworzona z lessu młodszego środkowego; 2 – interstadialna, a być może tylko interfazowa, gleba glejowa słabo wykształcona, wytworzona z lessu młodszego dolnego; 3 – interstadialna gleba czarnoziemna (czarnoziem) wytworzona z lessu młodszego najniższego (nazwanego w tym rejonie przez Konecką-Betley i Straszewską [1977] lessiem chobrzańskim) z dużą zawartością piasku, datowana w stropie poziomu A metodą TL na  $74,0 \pm 11$  ka BP; 4 – ogłowiona i silnie zdenudowana gleba płowa (niekiedy brunatna wylugowana), interglacjalna eemskiego wytworzona z lessu starszego górnego (less warciański) zalegająca na utworach aluwialnych; strop poziomu Bt datowany TL na  $114 \pm 11$  ka BP.

### **Profil 3 (prawa strona odsłonięcia)**

0–1,75 m less młodszy być może dolny i środkowy, przekształcony antropogenicznie, bez rozpoznawalnych poziomów genetycznych.

1,75–1,90 m górna, jasnoszara część poziomu A mollic; less młodszy najniższy.

1,90–2,00 m środkowa część poziomu A z pewną ilością wtórnych węglanów; less młodszy najniższy.

2,00–2,40 m dolna część poziomu A; less młodszy najniższy.

2,40–2,55 m mało mięszki jasnobrązowy poziom EBt, less starszy górny, warciański, przemieszany z lessiem młodszym najniższym.

2,55–3,10 m brunatny poziom Bt iluwialny argic, less starszy górny.

3,10–3,42 m poziom C skały; less starszy górny; poziom ten być może w spągu ma domieszki utworu aluwialnego zalegającego poniżej.

3,42–3,74 m poziom IIC aluwia piaszczyste doliny Wisły.

3,74–4,70 m poziom IIIC aluwia pyłowo-ilaste doliny Wisły o dużej zawartości części koloidalnych, a małej piasku.

< 4,70 m poziom IVC aluwialny piasek luźny datowany metodą TL na  $180 \pm 27$  ka BP [Prószczyńska-Bordas i in. 1989].

Trzy ostatnie poziomy reprezentują utwory aluwialne dawnego koryta Wisły składające się z piasków i utworów pyłowych. Na podstawie datowań termoluminescencyjnych należy je uznać za osady starsze od lessów, ale także z okresu zlodowacenia warty [Prószyńska-Bordas i in. 1989]. Buraczyński [1995] datował i wydzielił w omawianym odsłonięciu utwory jeszcze starsze – ze zlodowacenia odry.

W profilu 3 wydzielono dwie gleby kopalne: 1 – interstadialny czarnoziem wczesnego vistulianu oraz 2 – zdenudowaną glebę płową interglacjału eemskiego, mało miększą, wytworzoną z lessu starszego górnego warciańskiego, podścieloną starymi madami Wisły, czyli utworami aluwialnymi.

## WŁAŚCIWOŚCI FIZYKO-CHEMICZNE

Skład granulometryczny badanych trzech profilów odsłonięcia wskazuje, że są to typowe lessy, a niekiedy lessy z różną domieszką piasku (tab. 1). Typowe lessy wykazują przewagę frakcji pyłu, a lessy spiaszczone niekiedy większą zawartość frakcji piasku drobnego. Jednak obie wymienione frakcje wskazują na ich eoliczną genezę. Były one najprawdopodobniej wywiewane [Jersak 1976, 1976a; Buraczyński 1994, 1998] z dolin rzecznych, jako miejsca nagromadzenia materiału mineralnego i przemieszczane przez wiatry wiejące z różną siłą i prędkością. Porównując skład granularny różnych badanych profilów tego płata lessów należy podkreślić, że dużą domieszkę piasku w lessach stwierdzono głównie w odsłonięciach bliżej doliny Wisły.

Najwięcej frakcji koloidalnej stwierdzono w poziomach Bt – argic gleby interglacjałnej. Została ona przemieszczona w procesie przemywania (*lessivage*), kiedy gleba płowa występowała na powierzchni terenu. Również nieco więcej tej frakcji – w porównaniu z innymi poziomami – występuje w poziomie A – mollic, najstarszej interstadijalnej gleby czarnoziemnej, wytworzonej z lessu młodszego najniższego vistulianu. Można to tłumaczyć jej powiązaniem i niekiedy powstawaniem na zniszczonym i zdenudowanym materiale starszej gleby eemskiej wytworzonej z najmłodszego lessu zlodowacenia warty.

Trzy badane profile tego wielkiego odsłonięcia wykazują pH w KCl około 7,0 (tab. 2) i niezbyt głębokie odwapnienie. Prawdopodobnie dekalcytacja różnych wiekowo lessów dochodziła pierwotnie do większych głębokości. Jednak niszczenie gleb w okresach zimnych usunęło górne warstwy odwapnione, zwłaszcza w glebie interglacjałnej, eemskiej, dlatego już w poziomie BtCca czy Cca występują duże ilości  $\text{CaCO}_3$ , oprócz profilu nr 3, w którym osady aluwialne występują na głębokości 3 m.

Duża zawartość węgla w substancji organicznej (tab. 2) najstarszej gleby interstadijalnej z wczesnego vistulianu sugeruje, że okres jej powstawania był długi i wilgotny. Potwierdza to także metoda TL (rys. 1, fot. 1). Inne profile tego płata lessów mają znacznie mniej węgla organicznego, co może sugerować, że są to czarnoziemy niedokształcone [Konecka-Betley 1974].

Zawartość wodorotlenków glinu i żelaza (tab. 3) oznaczonych w 20% HCl nie stanowi wskaźnika ich typologii, wskazuje tylko na obszar alimentacji lessów, czyli obszar pierwotnego wywiewania materiału mineralnego. Natomiast jednym z kryteriów procesów glebotwórczych jest zawartość żelaza wolnego uruchomionego, ale nieprze-

TABELA 2. Zawartość węgla organicznego, węglanu wapnia oraz pH  
 TABLE 2. Content of organic carbon, calcium carbonates and pH

Profil nr Profile No.	Głębokość Depth [m]	Poziom genet. Genetic horizon	pH in KCl	CaCO <sub>3</sub>	C
				%	
1	5,70-6,00	LMd**	7,13	0,66	0,81
	6,0-6,18	A	7,00	1,46	2,53
	6,18-6,38	A	6,94	0,64	1,74
	6,38-6,48	A	6,81	0,51	1,63
	6,48-6,75	Bt	6,82	0,15	0,29
	6,48-6,75	szczelina*	6,93	0,98	1,04
	6,75-7,10	BtCca	7,13	10,45	0,16
	7,10-7,35	Cca	7,31	5,14	0,15
	7,35-7,80	Cca	7,34	8,91	0,10
2	5,70-6,00	LMg**	7,23	1,07	0,36
	6,0-6,11	Ag	7,30	0,43	0,42
	6,11-6,35	Bbr	7,20	0,32	0,36
	6,35-6,50	AgBbr	7,24	0,60	0,25
	6,50-6,70	Bbr	7,46	2,29	0,12
	6,70-7,20	Cca	7,62	5,74	0,16
	***				
	9,80-10,30	A	7,42	0,88	1,28
	10,30-10,55	A	7,17	1,19	1,23
	10,55-10,78	A	7,09	0,43	1,01
	10,78-10,90	AEBt?	6,96	0,26	0,90
	10,90-11,05	Bt	6,87	0,15	0,41
	11,05-11,50	Bt	6,53	0,15	0,25
	11,05-11,20	szczelina*	6,94	1,08	0,72
	11,50-12,00	BtCca	6,95	15,20	0,15
	12,00-13,00	Cca	7,20	9,76	0,14
	3	0,00-1,75	LMd**	7,25	1,62
1,75-1,90		A	7,01	1,97	0,56
1,90-2,00		A	6,85	1,71	0,81
2,00-2,40		A	6,90	0,32	0,55
2,40-2,55		EBt?	6,93	0,32	0,25
2,55-2,80		Bt	6,84	0,69	0,15
2,80-3,10		Bt	6,89	0,63	0,13
3,10-3,42		C	6,88	0,60	0,15
3,42-3,52		IIC	6,92	0,00	0,09
3,54-3,60		IIC	6,95	0,09	0,05
3,68-3,74		IIC	6,96	0,09	0,11
3,74-4,00		IIIC	6,70	0,26	0,15
4,10-4,70		IIIC	6,77	0,35	0,15
<4,70		IVC	7,07	0,19	0,01

Wyjaśnienia w tab. 1 – explanation as in Table 1

TABELA 3. Zawartość żelaza i glinu w wyciągu 20% HCl i żelaza wolnego

TABLE 3. Content of iron and aluminum soluble in 20% HCl and dithionite extractable iron (free iron)

Profil nr Profile No.	Głębokość Depth [m]	Poziom genet. Genetic horizon	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> free
			w - in 20% HCl			
			%			
1	5,7-6,00	LMd**	5,48	2,96	2,52	0,22
	6,0-6,18	A	7,36	4,57	2,79	0,76
	6,18-6,38	A	8,14	5,11	3,03	0,16
	6,38-6,48	A	8,98	5,66	3,32	0,16
	6,48-6,75	Bt	9,08	5,58	3,50	0,40
	6,48-5,75	szczelina*	8,09	5,10	2,99	0,16
	6,75-6,10	BtCca	5,82	3,30	2,52	0,45
	7,10-7,35	Cca	3,42	1,12	2,30	0,18
	7,35-7,80	Cca	5,81	3,11	2,70	1,20
2	5,70-5,80	LMg**	7,25	4,63	2,62	0,49
	6,0-6,11	Ag	6,95	3,68	3,27	0,27
	6,11-6,35	Bbr	7,33	3,80	3,53	1,09
	6,35-6,50	AgBbr	7,09	3,89	3,20	0,56
	6,50-6,70	Bbr	6,49	3,33	3,16	0,66
	7,00-7,20	Cca	5,44	2,91	2,53	0,56
	***					
	9,80-10,00	A	5,70	2,87	2,83	0,55
	10,30-10,55	A	6,72	3,57	3,15	0,57
	10,55-10,78	A	6,79	3,60	3,19	0,82
	10,78-10,90	AEBt	6,14	3,17	2,97	0,64
	10,90-11,05	Bt	6,17	2,87	3,30	1,32
	11,05-11,50	Bt	8,32	4,72	3,60	1,39
	11,05-11,20	szczelina *	6,84	4,31	2,53	0,66
	11,50-11,90	BtCca	7,90	4,51	3,39	0,89
12,00-13,00	Cca	6,46	3,71	2,75	0,56	
3	0,00-1,75	LMd**	3,74	1,58	2,16	0,68
	1,75-1,90	A	4,71	2,14	2,57	0,51
	1,90-2,00	A	5,24	2,58	2,66	0,81
	2,00-2,40	A	4,06	1,47	2,59	1,09
	2,40-2,55	EBt	3,88	1,32	2,56	1,06
	2,55-2,80	Bt	6,49	2,59	3,90	1,32
	2,80-2,10	Bt	6,49	2,01	4,48	1,39
	3,10-3,42	C	4,02	0,57	3,45	1,02
	3,42-3,52	IIC	1,57	0,35	1,22	0,85
	3,54-3,60	IIC	1,67	0,60	1,07	0,56
	3,74-4,00	IIIC	1,65	0,51	1,14	0,45
	4,10-4,70	IIIC	5,18	1,56	3,62	1,42

Wyjaśnienie w tabeli 1– explanation as in Table 1

TABELA 4. Zawartość makroelementów w wyciągu 20% HCl

TABLE 4. Content of macroelements soluble in 20% HCl

Profil nr Profile No.	Głębokość Depth [m]	Poziom genet. Genetic horizon	Ca	Mg	K	Na
			%			
1	5,70-6,00	LMd**	0,41	0,34	0,24	0,02
	6,0-6,18	A	0,83	0,45	0,26	0,03
	6,18-6,38	A	0,57	0,49	0,33	0,03
	6,38-6,48	A	0,48	0,52	0,37	0,03
	6,48-6,75	Bt	0,40	0,66	0,39	0,03
	6,48-6,75	szczelina*	0,68	0,50	0,38	0,03
	6,75-7,10	BtCca	4,04	0,49	0,32	0,11
	7,10-7,35	Cca	2,04	0,30	0,21	0,06
	7,35-7,80	Cca	3,42	0,53	0,34	0,09
2	5,70-6,00	LMg**	0,57	0,51	0,30	0,03
	6,0-6,11	Ag	0,34	0,43	0,30	0,02
	6,11-6,35	Bbr	0,31	0,44	0,32	0,04
	6,35-6,50	AgBbr	0,41	0,47	0,31	0,03
	6,50-6,70	Bbr	1,04	0,44	0,34	0,04
	6,70-7,20	Cca	2,28	0,53	0,34	0,06
	***					
	9,80-10,30	A	0,43	0,38	0,25	0,02
	10,30-10,55	A	0,71	0,41	0,24	0,03
	10,55-10,78	A	0,42	0,40	0,26	0,02
	10,78-10,90	AEBt?	0,32	0,40	0,26	0,02
	10,90-11,05	Bt	0,20	0,40	0,27	0,01
	11,05-11,50	Bt	0,28	0,48	0,32	0,02
	11,05-11,20	szczelina*	0,54	0,38	0,27	0,04
	11,50-11,90	BtCca	5,90	0,92	0,41	0,19
	11,90-12,00	Cca	3,55	0,68	0,33	0,11
3	0,00-1,75	LMd**	0,68	0,33	0,24	0,05
	1,75-1,90	A	0,92	0,36	0,28	0,04
	1,90-2,00	A	0,74	0,38	0,29	0,04
	2,00-2,40	A	0,37	0,36	0,32	0,03
	2,40-2,55	EBt?	0,33	0,37	0,31	0,03
	2,55-2,80	Bt	0,45	0,48	0,46	0,03
	2,80-3,10	Bt	0,51	0,58	0,66	0,04
	3,10-3,42	C	0,40	0,41	0,46	0,03
	3,42-3,52	IIC	0,09	0,12	0,14	0,02
	3,54-3,60	IIC	0,07	0,11	0,12	0,01
	3,68-3,74	IIC	0,10	0,14	0,19	0,02
	3,74-4,00	IIIC	0,06	0,11	0,12	0,01
	4,10-4,70	IIIC	0,34	0,45	0,55	0,03
	<4,70	IVC	0,03	0,07	0,04	0,01

Wyjaśnienia w tab. 1 – explanation as in Table 1

mieszczonego, jak to ma miejsce w glebie interstadialnej brunatnej arktycznej, czy żelaza wolnego, przemieszczonego do poziomu Bt gleby płowej interglacialnej. Największe ilości tej formy żelaza stwierdzono w poziomach Bt, co jest podstawowym kryterium dla tego poziomu, zwłaszcza że występuje tu także największe nagromadzenie części koloidalnych.

Pozostałe makroskładniki, takie jak: wapń, magnez, potas i sód (tab. 4) występują również w największych ilościach w poziomach Bt – argic i częściowo w poziomach próchnicznych mollic, z większą zawartością części ilastych. Niekiedy ich zawartość zwiększa się także w poziomach z podwyższoną zawartością  $\text{CaCO}_3$ . Dotyczy to głównie wapnia, a w mniejszym stopniu magnezu. W zawartości potasu i sodu można zauważyć tylko podobne tendencje rozmieszczenia w profilu, zwłaszcza potasu w poziomach Bt.

Zawartość mikroskładników (tab. 5) oznaczana w poziomach genetycznych profilów lessowych jest podobna do zawartości w lessach badanych wcześniej przez innych autorów [Różycki 1972; Konecka-Betley i in. 1986; Jersak i in. 1992; Maruszczak 2001; Konecka-Betley, Madeyska 2002b; Boguckij i in. 2001]; różnicuje ją na ogół przebiegający proces glebotwórczy. Natomiast w osadach aluwialnych zawartość mikroelementów, podobnie jak i makroelementów, jest związana głównie z zawartością części koloidalnych, a nawet części spławialnych. Występuje duże zróżnicowanie zawartości poszczególnych makro- i mikroskładników w poziomach IIC i IIIC tej gleby (profil 3). Najbardziej jest to widoczne w rozmieszczeniu miedzi, ołowiu, chromu i niklu, a w mniejszym stopniu w rozmieszczeniu manganu. Ten ostatni mikroskładnik występuje w największych ilościach w poziomach Bt argic trzech badanych profilów gleb płowych interglacialnych oraz w nieco mniejszych ilościach w wierzchniej warstwie gleby czarnoziemnej najstarszego vistulianu. Jest to zrozumiałe, ponieważ poziomy nadległe zostały odwapnione, mangan w środowisku kwaśnym został uruchomiony i przemieszczony, najprawdopodobniej pod koniec interglacjału, kiedy nasiliły się przemiany ekosystemów liściastych na iglaste. Najmniej wszystkich badanych mikroskładników występuje w glebie brunatnej arktycznej wytworzonej z lessu środkowego najmłodszego. Może nawiewanie tego lessu miało inne źródła alimentacji niż dolina Wisły i stąd osad zawierał więcej węglanów wapnia.

Fosfor oznaczony metodą Gigla w modyfikacji Brogowskiego stanowi 60–75% fosforu rozpuszczalnego w 20% HCl (tab. 6). Najwięcej tego składnika występuje w poziomach próchnicznych mollic gleby czarnoziemnej w obu badanych profilach, gdzie fosfor jest wbudowany w substancję organiczną. Stwierdzono również pewne wzbogacenie w ten składnik poziomów Bt argic, co by wskazywało na słabe, ale jednak, na przemieszczenie fosforu do poziomów głębszych w glebach płowych. W glebie brunatnej arktycznej występują znacznie mniejsze ilości tego składnika.

## WŁAŚCIWOŚCI MIKROMORFOLOGICZNE

W odstąpieniu Polanów Samborzecki analizowano również właściwości mikromorfologiczne. Przedmiotem szczegółowych badań były gleby kopalne profilu nr 2 (rys. 1) od głębokości 6,00 m do spągu, do głębokości ok. 9,50 m. Analizowano cechy substratu

TABELA. 5. Mikroelementy rozpuszczalne w 20% HCl

TABLE 5. Trace elements soluble in 20% HCl

Nr profilu Profile No.	Głębokość Depth [m]	Poziom genetyczny Genetic horizon	Cu	Zn	Mn	Ni	Pb	Cr
			ppm					
1	5,70-6,00	LMd**	12,4	32,6	252,0	śl	16,0	30,0
	6,00-6,18	A	19,6	47,2	4,1	śl	26,0	40,0
	6,18-6,38	A	19,6	50,4	444,0	24,0	22,0	48,0
	6,38-6,48	A	10,2	54,4	398,0	32,0	24,0	52,0
	6,48-6,75	Bt	20,0	51,8	524,0	32,0	24,0	50,0
	6,48-6,75	szczelina*	19,8	55,0	390,0	24,0	28,0	50,0
	6,75-7,10	BtCca	14,4	34,2	550,0	24,0	22,0	36,0
	7,10-7,35	Cca	10,6	22,0	450,0	14,0	22,0	22,0
	7,35-7,80	Cca	17,6	36,0	552,0	28,0	24,0	36,0
2	5,70-6,00	LMg**	14,4	56,6	334,0	18,0	20,0	42,0
	6,0-6,11	Ag	13,6	51,8	256,0	22,0	22,0	42,0
	6,11-6,35	Bbr	12,0	47,2	142,0	14,0	22,0	44,0
	6,35-6,50	AgBbr	11,8	41,0	196,0	16,0	24,0	40,0
	6,50-6,70	Bbr	9,2	50,8	162,0	14,0	16,0	36,0
	6,70-7,20	Cca	10,8	30,6	240,0	16,0	24,0	34,0
	***							
	9,80-10,30	A	11,4	32,2	362,0	26,0	20,0	34,0
	10,30-10,55	A	16,8	40,2	442,0	28,0	16,0	40,0
	10,55-10,78	A	14,8	39,0	408,0	24,0	śl	38,0
	10,78-10,90	AEBt	13,4	36,0	512,0	24,0	24,0	36,0
	10,90-11,05	Bt	11,0	33,8	456,0	22,0	16,0	38,0
	11,05-11,50	Bt	19,6	46,4	576,0	38,0	18,0	46,0
	11,05-11,20	szczelina*	16,6	44,0	644,0	32,0	18,0	40,0
	11,50-12,00	BtCca	19,0	52,4	660,0	42,0	24,0	44,0
12,00-13,00	Cca	18,0	41,0	670,0	44,0	26,0	34,0	
3	0,00-1,75	LMd**	10,6	31,2	208,0	24,0	14,0	36,0
	1,75-1,90	A	16,2	87,4	368,0	24,0	22,0	38,0
	1,90-2,00	A	17,4	46,2	500,0	26,0	20,0	44,0
	2,00-2,40	A	17,4	40,4	545,0	28,0	20,0	40,0
	2,40-2,55	EBt	11,2	36,4	628,0	26,0	18,0	40,0
	2,55-2,80	Bt	21,2	50,6	640,0	34,0	18,0	54,0
	2,80-3,10	Bt	27,2	72,6	890,0	46,0	22,0	8,0
	3,10-3,42	C	23,0	50,2	736,0	38,0	18,0	46,0
	3,42-3,52	IIC	8,6	20,4	232,0	16,0	śl	8,0
	3,54-3,60	IIC	7,4	16,4	282,0	14,0	śl	26,0
	3,68-3,74	IIC	13,4	23,0	350,0	26,0	śl	30,0
	3,74-4,00	IIIC	7,0	15,0	284,0	14,0	śl	54,0
	4,10-4,70	IIIC	19,6	58,4	446,0	36,0	18,0	40,0
	<4,70	IVC	3,0	7,6	36,0	10,0	śl	12,0

Wyjaśnienia w tabeli 1 – explanation as in Table 1; śl. – ślady – traces

TABELA 6. Zawartość różnych form fosforu (w mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g gleby)  
 TABLE 6. Content of phosphorus forms determined by Gigiel's method (mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g of soil)

Profil nr Profile No.	Głębokość Depth [m]	Poziom genet. Genetic horizon	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> rozpuszczalne w – soluble in						Suma P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> rozpuszczalne w Sum of P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> soluble in			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> rozpuszczalne w soluble in 20% HCl
			0,5 M (COOH) <sub>2</sub>			4% NH <sub>4</sub> OH			0,5 M (COOH) <sub>2</sub> and 4% NH <sub>4</sub> OH			
			min.	org.	min.	KF	org.	KH	min.	org.	min.+org	
1	5,70-5,80	LMd**	35,50	11,71	1,02	0,15		0,07	36,52	11,93	48,45	63,66
	6,00-6,18	A	33,67	4,76	1,32	0,73		0,15	34,99	5,64	40,63	64,12
	6,18-6,38	A	30,74	8,05	2,20	0,45		0,57	32,94	9,07	42,01	63,66
	6,38-6,48	A	24,52	6,98	2,49	1,77		0,28	27,01	9,03	36,04	63,66
	6,48-6,75	Bt	20,50	2,92	1,17	0,15		0,15	21,67	3,22	24,89	56,33
	6,48-6,75	szczelina*	20,49	11,34	0,95	0,29		0,96	21,44	12,59	34,03	49,01
	6,75-7,10	BtCca	31,47	2,20	1,17		0,00		32,64	2,20	34,84	58,62
	7,10-7,35	Cca	36,43	2,20	0,48		0,07		36,91	2,27	39,18	46,95
	7,35-7,80	Cca	39,89	1,10	0,81		0,14		40,70	1,24	41,94	54,04
2	5,70-6,00	LMg**	37,32	18,06	1,02	0,59		0,29	38,34	19,55	57,89	70,99
	6,00-6,11	Ag	52,33	12,08	0,73	0,29		0,44	53,06	12,81	65,87	87,02
	6,11-6,35	Bbr	34,39	12,45	2,60	0,73		0,62	36,99	13,80	50,79	72,14
	6,35-6,50	AgBbr	48,30	2,92	0,87	0,15		śl.	49,17	5,07	52,24	64,12
	6,50-6,70	Bbr	40,25	6,95	1,02	śl.		0,67	41,27	7,62	48,89	85,42
	6,70-7,20	Cca	41,72	9,51	0,88		0,07		42,60	9,58	52,18	83,36
	***											
	9,80-10,30	A	38,06	15,73	1,46	0,44		0,29	39,52	16,46	55,98	79,23
	10,30-10,55	A	34,03	12,07	4,10	1,02		0,74	38,13	13,83	51,96	81,30
	10,55-10,78	A	35,13	15,37	3,58	0,08		0,74	38,71	16,19	54,90	83,13
	10,78-10,90	AEBt?	41,72	6,59	1,32	0,11		0,44	43,04	7,14	50,18	69,16
	10,90-11,05	Bt	28,62	3,74	1,72	0,07		0,66	20,79	2,92	32,71	49,01
	11,05-11,50	Bt	29,89	8,11	0,74	0,14		0,29	30,83	8,54	39,17	42,59
	11,05-11,20	szczelina*	36,49	8,34	0,69	0,18		0,48	37,18	9,00	46,18	68,01
	11,50-11,90	BtCca	60,38	3,29	0,91		0,05		61,29	3,34	65,63	87,48
	11,90-12,00	Cca	50,50	2,93	1,83		0,15		52,33	3,08	55,41	80,15

Wyjaśnienia w tabeli 1 – explanation as in Table 1, śl. – ślady – traces; KF – kwasy fulwowe – fulvic acids, KH – kwasy huminowe – humic acids

poszczególnych poziomów diagnostycznych wydzielonych gleb w płytkach cienkich (szlifach) stosując mikroskopię optyczną. Skupiono się przede wszystkim na tych cechach mikroskopowych, które wskazywały na obecność, przebieg i intensywność różnych procesów glebotwórczych. Cechy pedogeniczne obejmują rodzaj i typy separacji plazmy glebowej, obecność i formy substancji organicznej, skład i wykształcenie nowotworów glebowych oraz wielkość i typy bioporów. Obserwacje prowadzone w szlifach dostarczyły również danych dla określenia pierwotnych cech substratu skały macierzystej, czyli cech litogenicznych. Są to między innymi uziarnienie, skład mineralogiczny, pierwotna porowatość wynikająca z sedymentacji (*packing voids*) lub szczelinowatość itp. Te cechy z kolei pozwalają na identyfikację różnic pomiędzy różnymi typami osadów lessów oraz dają wskazówki, co do późniejszych przekształceń w wyniku oddziaływania na przykład procesów peryglacjalnych czy redepozycji stokowej, itp. Właściwości mikromorfologiczne określające w glebie cechy pedogeniczne i litogeniczne, są niejednokrotnie podstawą do ustalenia typu i pozycji systematycznej gleby [Konecka-Betley, Straszewska 1977; Morozowa 1981; Konecka-Betley i in. 1986; Konecka-Betley 1987; Konecka-Betley, Zagórski 1994; Dolecki, Mroczek 200; Dolecki i in. 2004; Zagórski 2003].

Procesy akumulacji substancji organicznej w poziomie A gleby brunatnej arktycznej (gł. 6,00 do 6,11 m) są słabo zaznaczone, a ich przejawem jest obecność nielicznych agregatowych skupień mulikolu. Plazma glebowa barwy jasnożółtej składająca się z minerałów ilastych występuje w małych ilościach, a jej wyseparowanie wokół ziaren mineralnych mikroszkieletu jest słabe. Puste przestrzenie stanowią szorstkościenne biopory, miejscami zawierające substancję organiczną typu mulikolu oraz nieliczne pustki o nieregularnym kształcie. Właściwości mikromorfologiczne wskazują przede wszystkim na przebieg procesów odgórnego oglejenia. Świadczy o tym występowanie nielicznych, lokalnych wzbogaceń substratu glebowego w żelazisto-ilastą plazmę glebową (fot. 2) oraz obecność niewielkich nodul żelazisto-organicznych o charakterystycznej porfirowej budowie.

W niżej leżącym (6,11–6,35 m) poziomie Bbr - cambic cechy pedogeniczne substratu są odmienne. Na podkreślenie zasługuje widoczna separacja żółtej, niekiedy brunatnej ilastej plazmy w przestrzeniach międzyziarnowych. Separacja jest typu siateczkowego – (typ lattisepic), a wydzielienia (domeny ilaste) układają się pod kątem zbliżonym do prostego (fot. 3). Większe ziarna mineralne niekiedy są otoczone plazmą. Spotykane niewielkie nodule żelaziste mają dyfuzyjny kształt. Puste przestrzenie są nieliczne i mają charakter szczelin. Są to cechy mikromorfologiczne wskazujące na proces brunatnienia.

Litogeniczne cechy substratu glebowego w obydwu opisanych poziomach są typowe dla utworu pyłowego – lessu. Ziarna mineralne stanowi kwarc. W niewielkiej ilości występuje domieszka skaleni oraz minerałów ciężkich. Uziarnienie w podstawowej masie jest wyrównane (frakcja pyłu). Na uwagę zasługuje występowanie niewielkiej ilości pojedynczych dużych ziaren kwarcu (frakcja piasku średniego) o słabym stopniu obtoczenia i nieregularnym rozmieszczeniu. Być może jest to wskaźnik późniejszej redepozycji substratu glebowego.

W wydzielonych na głębokości od 6,35 do 6,50 m poziomach glebowych ABbr i na głębokości od 6,50 do 6,70 m poziomie Bbr właściwości mikromorfologiczne wskazują na przebieg procesów brunatnienia oraz odgórnego oglejenia. Plazma ilasta barwy żółtej lub jasnożółtej niekiedy całkowicie wypełnia przestrzenie międzyziarnowe lub znajduje się w nielicznych porach. Separacja plazmy jest typu siateczkowego, a miejscami plazma ma słabo wykształconą strukturę plamkową. Niewielkie skupienia plazmy żelazisto-organicznej, miejscami bardziej skoncentrowane występują w poziomie ABbr (fot. 4), natomiast w niżej położonym poziomie Bbr występują nodule żelaziste o budowie porfirowej. Puste przestrzenie w postaci kanałów występują nielicznie w poziomie ABbr. Charakterystyczną cechą składu mineralnego substratu tej gleby jest występowanie ziaren kalcytu (fot. 5). Ilość kalcytu wyraźnie zwiększa się wraz z głębokością i wskazuje na postępującą dekalcytację wierzchnich warstw gleby.

W niżej wydzielonym poziomie od 6,70 do 7,20 m we właściwościach mikromorfologicznych dominują litogeniczne cechy substratu typowe dla lessu węglanowego. W nawiązaniu do wyżej leżących poziomów glebowych mikromorfologia wskazuje, że jest to poziom skały macierzystej C. Frakcja ilasta jest słabo wyseparowana, w postaci nielicznych cętek barwy szarozółtej. Licznie występuje kalcyt. Wolne przestrzenie są w kształcie gładkościennych kanałów często z obecnością wtórnych węglanów.

Badania mikromorfologiczne wykonane na głębokości od 8,50 do 9,80 w obrębie lessu młodszego dolnego wskazują na wytworzenie się gleby glejowej powstałej w wyniku oglejenia gruntowego. W słabo widocznym poziomie A tej gleby stwierdzono małą ilość substancji organicznej typu humikol, natomiast występują nodule żelazisto-próchniczne i lokalne wzbogacenia żelaziste (fot. 6). Ilość tych nowotworów żelazistych wzrasta wraz z głębokością. W poziomie CG można również znaleźć rozpoznawalne agregaty plazmy ilastej, ale bez wyraźnych cech separacji. Jest to plazma typu argilasepic charakterystyczna dla mało zmienionych substratów mineralnych. W całej glebie występują słabo wykształcone, wąskie i kręte kanały oraz nieregularne pustki. Wśród cech litogenicznych na szczególną uwagę zasługuje występowanie w spągu poziomu CG pojedynczych dużych ziaren kwarcu. Przypuszczalnie ich źródłem jest leżący poniżej poziom glebowy wykształcony w lessie młodszym najniższym.

Pod opisanymi poziomami glebowymi zalegają dwa, wyraźnie widoczne, morfologicznie odmienne poziomy glebowe. Cechy makroskopowe wskazują, że są to: miąwszy poziom akumulacyjny A mollic oraz niżej zalegający poziom iluwalny Bt argic. Analiza mikromorfologiczna wykazała wyraźną odrębność pedogeniczną i litogeniczną dwóch wymienionych poziomów.

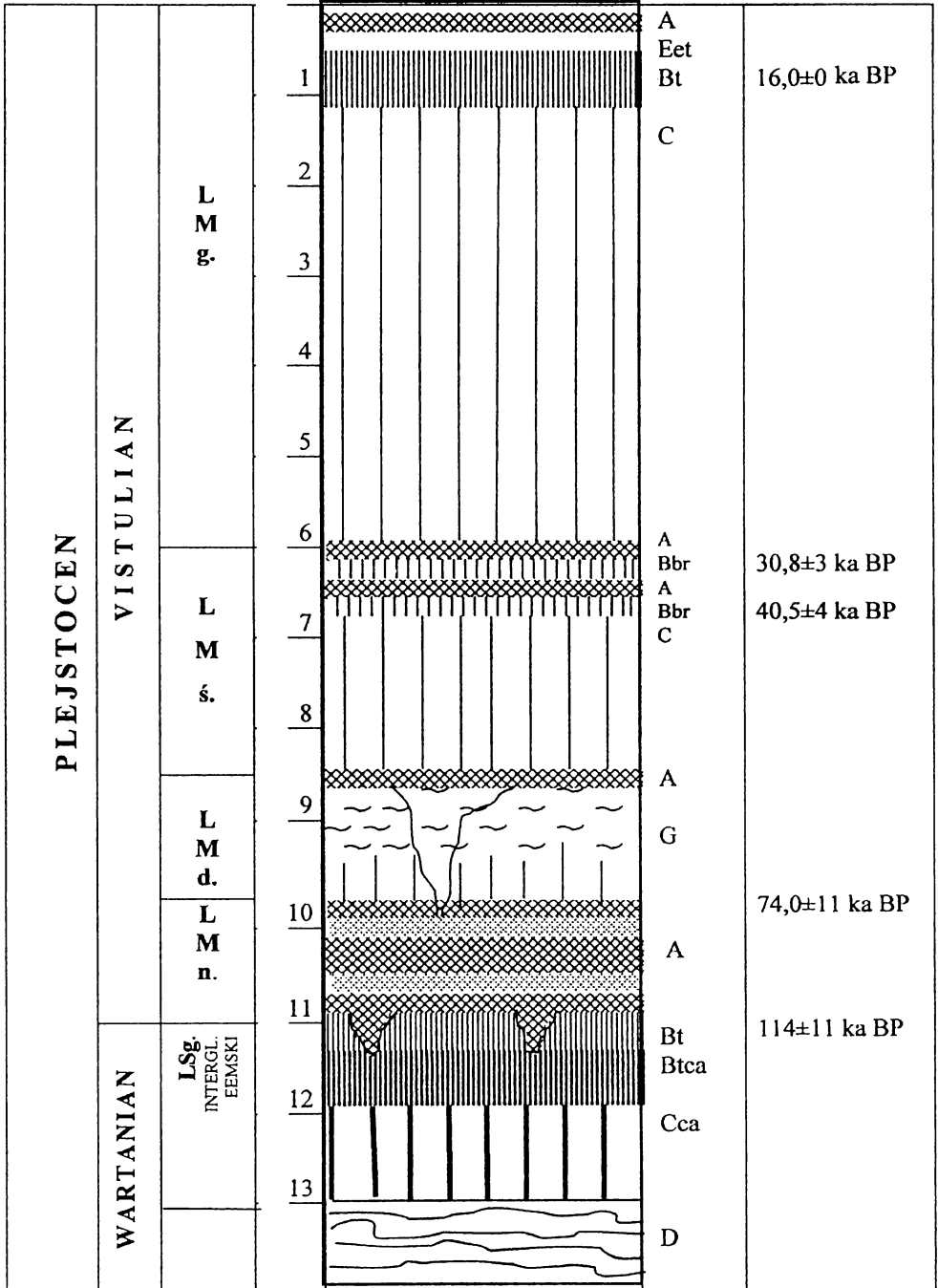
Poziom A na głębokości od 9,80 do 10,78 m ma właściwości mikromorfologiczne typowe dla procesów glebotwórczych przebiegających w glebach czarnoziemnych z wczesnego vistulianu. Wśród cech pedogenicznych dominują formy substancji organicznej wykształcone w postaci mulikolu i humikolu. Tworzą one bardzo liczne brunatnobrązowe skupienia agregatowe, które wypełniają przestrzenie międzyziarnowe oraz większe pory (fot. 7). W niektórych częściach poziomu występuje również substancja organiczna w postaci zwęglonych (czarna barwa) fragmentów roślin z zachowaną niejednokrotnie strukturą tkankową (fot. 8). W dolnej części poziomu widać ślady wzmożonej działalności edafonu glebowego. Porowatość ma charakter pedoge-

LITOSTRATYGRAFIA  
LITOSTRATYGRAPHY

m

PEDOSTRATYGRAFIA  
PEDOSTRATYGRAPHY

DATY TL  
TL-DATES



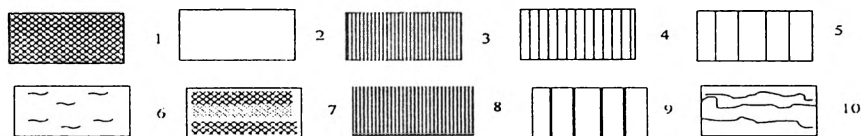
niczny. Są to przede wszystkim kręte biopory oraz pustki w kształcie komór. W niektórych wolnych przestrzeniach występują wtórne węglany. Spośród innych cech pedogenicznych na podkreślenie zasługuje generalnie bardzo słabo widoczne wyseparowanie plazmy ilastej. Można ją wyróżnić jedynie wokół niektórych dużych ziaren mikroszkieletu. W całym poziomie nielicznie występują małe, ale dobrze wykształcone papule żelazisto-organiczne.

Cechy litogeniczne poziomu A obserwowane w płytkach cienkich wskazują na inny rodzaj substratu glebowego niż w opisywanych dotychczas lessach młodszych. W górnej części poziomu stwierdzono znaczną różnicę w uziarnieniu wynikającą z większej domieszki frakcji piaszczystych. Na podkreślenie zasługuje udział dużych ziaren kwarcu i skaleni. Większość skaleni ma ślady zaawansowanych procesów wietrzenia. W środkowej i dolnej części poziomu zmniejsza się ilość domieszki piaszczystej. Porowatość pierwotna jest mała. Te cechy litogeniczne sugerują, choć nie potwierdza tego całkowicie skład granulometryczny, że badany poziom glebowy może obejmować dwa stratygraficzne poziomy lessów: less młodszy najniższy (górną część poziomu A i być może środkową) oraz less młodszy najniższy nakładający się najprawdopodobniej na zniszczony poziom A gleby interglacjalnej eemskiej, czyli starszej.

W poziomie zalegającym na głębokości od 10,78 do 12,00 m cechy mikromorfologiczne wskazują na znaczną przebudowę substratu glebowego poprzez zaawansowane procesy glebotwórcze. Dominującą cechą pedogeniczną jest charakterystyczne wyseparowanie plazmy ilastej. Występuje ona zarówno w przestrzeniach międzyziarnowych, jak i w porach glebowych. Wokół ziaren tworzy subtelne otoczki barwy żółtej, o różnej miąższości. Najbardziej charakterystyczną cechą jest występowanie nacieków żółtobrunatnej ilastej plazmy w porach glebowych wskazujących na procesy iluwiacji (fot. 9). Plazma wypełnia częściowo lub całkowicie liczne kręte kanały oraz zamknięte pustki. W dolnej części poziomu ilość plazmy ilastej zwiększa się, tworząc wydłużone, wąskie strefy (plazma masepic). Cechy te dowodzą, że jest to poziom iluwialny Bt (argic) gleby płowej starszej, interglacjalnej, silnie zerodowany. Potwierdzeniem tego

RYSUNEK 1. Stratygrafia i pedostratygrafia odsłonięcia Polanów Samborzecki; objaśnienia: LMg – less młodszy górny, LMs – less młodszy środkowy, LMd – less młodszy dolny, LMn – less młodszy najniższy, LSg – less starszy górny; 1 – poziom próchniczny A, 2 – poziom wymycia Eet, 3 – poziom wmycia Bt, 4 – poziom brunatnienia Bbr, 5 – poziom C skała macierzysta, 6 – poziom glejowy G, 7 – wczesnovistuliański poziom A, 8 – poziom wmycia z węglanami BtCca, 9 – poziom węglanowy skały macierzystej Cca, 10 – osady rzeczne D

FIGURE 1. Stratigraphy and pedostratigraphy in the Polanów Samborzecki exposure, Explanations: LMg – upper younger loess, LMs – middle younger loess, LMd – lower younger loess, LMn – lower most younger loess, LSg – upper older loess; 1 – horizon A – mollic, 2 – horizon Eet – luvic, 3 – horizon Bt – illuvial horizon argic, 4 – horizon Bbr – cambic, 5 – horizon C – parent rock, 6 – horizon G – gleyic horizon, 7 – early Vistulian A horizon, 8 – horizon BtCca – illuvial horizon with carbonates, 9 – horizon Cca – parent rock with carbonates, 10 – alluvial deposits – horizon D



jest występowanie w stropowej części poziomu w niektórych porach przemieszczonej, szarobrazowej plazmy ilasto-organicznej (fot. 10). Jej cechy są jednak wyraźnie różne od tych, jakimi charakteryzował się wyżej leżący poziom akumulacyjny A czarnoziemnej gleby interstadialnej wczesnego vistulianu. Prawdopodobnie substancja organiczna jest starsza i pochodzi ze zerodowanego poziomu A gleby interglacjalnej. W całym badanym poziomie występują pojedyncze papule żelaziste. Wśród cech litogenicznych na podkreślenie zasługuje jednolity pod względem uziarnienia substrat mineralny (brak domieszki grubszych ziaren). Wraz ze wzrostem głębokości zwiększa się ilość węglanów. Od głębokości 11,50 m (poziom BtCca) ilość węglanów jest tak duża, że budują one specyficzne rodzaje plazmy glebowej: *calciargilasepic*, w której węglan wapnia jest ściśle związany z wyseparowanymi minerałami ilastymi i głębiej (w spągu poziomu) *silacalcisepic* zbudowanej z rozproszonych drobnych, mikrytowych ziaren kalcytu (fot. 11 i 12). Kalcyt występuje również w większości porów i pustek w postaci wtórnych, dobrze wykrystalizowanych ziaren sparytowych, tzw. krystalarii – plazma *crystic* (fot. 13). W utworach aluwialnych badań mikromorfologicznych nie wykonano.

## DYSKUSJA

Badania przeprowadzone w odsłonięciu lessów w Polanowie potwierdziły wcześniejsze rozpoznanie stratygrafii utworów i gleb kopalnych w rejonie Sandomierza [Laskowska-Wysoczańska 1971; Konecka-Betley, Straszewska 1977; Konecka-Betley i in. 1986; Jersak i in. 1992; Konecka-Betley 2002; Maruszczak 1980]. Są również autorzy, którzy odsłonięcie w Polanowie Samborzeckim i gleby kopalne interpretują odmiennie stratygraficznie [Buraczyński 1995; Dolecki, Łanczont 2001].

W omawianym profilu stwierdzono występowanie starszego warciańskiego, mało mięszszego poziomu lessu podścielonego aluwiami, oraz czterech poziomów lessów młodszych vistuliańskich, których miąższość stopniowo wzrasta ku górze. Aluwia podścielające lessy to stare mady Wisły, a być może, jak sugerują niektórzy autorzy, osady zbiornika wodnego [Laskowska-Wysoczańska 1974; Konecka-Betley, Straszewska 1977]. W odsłonięciu stwierdzono również cztery gleby kopalne o różnym stopniu rozwoju oraz zniszczoną antropogeniczną glebę płową występującą na współczesnej powierzchni. Badana najstarsza gleba wytworzona z lessu górnego, warciańskiego powstała w interglacjale eemskim pod roślinnością leśną. W optimum interglacjału występowała jeszcze jako gleba brunatna pod roślinnością lasu liściastego, na którą po optimum klimatycznym nałożył się proces przemywania z większym udziałem roślinności borowej. U schyłku interglacjału górna część gleby płowej – poziomy A, E, a być może i częściowo Bt – została całkowicie zniszczona. W profilu widocznym obecnie zachowała się przede wszystkim dolna część poziomu Bt argic przechodząca w poziomy BtCca i Cca. Ślady oglejenia pozwalają wnioskować, że pod koniec interglacjału, gleba ta została objęta procesem glejowym. Cechy tego procesu w postaci mikrokonkrecji żelazisto-manganowych niekiedy żelazisto-ilastych występują głównie w poziomie Bt. Niszczenie poziomów wierzchnich gleby, nawet części poziomu Bt, na skutek erozji i procesów zboczowych rozpoczęło się u schyłku interglacjału, kiedy nastąpiło poeemskie oziębienie klimatu. Wtedy roślinność leśna uległa zanikowi na korzyść zimnego stepu

[Jastrzębska-Mamełka 1985; Mamakowa 1986; Tobolski 1986]. W glebach kopalnych interglacjału eemskiego znanych z okolic Sandomierza nagromadzony ił koloidalny zapełniający pory został zdeformowany i porozrywany w okresie oziębienia klimatu i późniejszych zjawisk peryglacjalnych. Często powstawały porwaki iłu przemieszczane na wtórne złoża [Jersak i in. 1992; Konecka-Betley, Straszewska 1977].

Powyżej zniszczonej interglacjalnej gleby płowej wytworzonej z lessu warciańskiego, wykształcił się czarnoziem z dużą ilością substancji organicznej z lessu młodszego najniższego vistuliańskiego. Jest to gleba interstadialna, złożona z kilku nakładających się na siebie niezbyt mięjszych poziomów próchnicznych. Najstarsze poziomy interstadialnego czarnoziemu nakładają się w niektórych przypadkach na zniszczony, a czasem rozwleczony po zboczu substrat poziomów wierzchnich gleby z interglacjału eemskiego, a nawet poziomu Bt tej gleby. Wskazuje na to występowanie w niektórych częściach odsłonięcia w poziomie A mollic większych ilości części koloidalnych. Czarnoziem łącznie z ogłowioną glebą płową stanowi zespół gleb eemsko – wczesnovistuliańskich, w których rozpoznano poziomy diagnostyczno-genetyczne dwu gleb [Goździk i in. 1988; Konecka-Betley 1987, 2002b], różne morfologicznie i wiekowo. Badania mikromorfologiczne wskazują, że czarnoziem wykształcił się z substratu pyłowego z dużą ilością ziaren piasku. Jest to jednak substrat eoliczny wywiewany z dolin rzecznych, a być może i całej kotliny Sandomierskiej [Jersak 1976; Buraczyński 1994, 1998], głównie w okresach peryglacjalnych. W czasie gromadzenia się osadu w pierwszej fazie oziębienia poeemskich (lessu młodszego najniższego) na podstawie badań pyłkowych [Jastrzębska-Mamełka 1985; Gierasimienko 2000; Kamar 2002] stwierdzono kilka cyklicznych ochłodzeń i ociepleń powodujących niewielkie zmiany zespołów roślinnych. W pierwszym okresie oziębienia poeemskiego, po osadzeniu się dość mięjszej pokrywy pyłowej pojawia się zimny step. Rozpoczyna się powolne gromadzenie substancji organicznej [Konecka-Betley 1974]. Po ociepleniu klimatu w interstadiale Amörsford – Brörup pojawia się las borealny z brzozą i modrzewiem, który po ponownym oziębieniu klimatu w następnym interstadiale zostaje zastąpiony przez tundrę parkową, a niekiedy tundrę bezleśną. W następnym, nieco cieplejszym, interstadiale powraca roślinność drzewiasta – las sosnowo-brzozowy (wg Jastrzębskiej-Mamełka [1985] – interstadiał Rudunki), który przy ponownym oziębieniu klimatu przechodzi w tundrę bezleśną lub krzewiastą. Nowe ocieplenie powoduje ponownie powrót lasu sosnowo-brzozowego (interstadiał Oderade). Na podstawie datowań TL podawanych w pracach wielu autorów okres powstania i trwania interstadialnej wczesnovistuliańskiej gleby objętej procesem czarnoziemnym kształtował się w czasie około 50 000 lat BP. Nie wiadomo jednak, czy daty TL określają wiek części mineralnej gleb przed ich pogrzebaniem, czy koniec sedymentacji lessu młodszego najniższego. W kilku poziomach zimnych wczesnego vistulianu najprawdopodobniej przy pierwszym oziębieniu poeemskim występowała zmarzlina ciągła, później zapewne tylko wyspowa. Wtedy powstały struktury szczelinowe kontrakcji termicznej z pierwotnym wypełnieniem. Są one wypełnione substratem próchnicznym i tworzą najprawdopodobniej trzy generacje szczelin. Niektóre wypełnienia zawierają więcej części ilastych, pochodzących ze środkowej części poziomu A.

Czarnoziemy wczesnego vistulianu zawierają niekiedy w poziomie A mollic 2% lub więcej węgla organicznego. W czarnoziemach niedokształconych [Konecka-Betley 1974] zawartość węgla organicznego wynosi nieco powyżej 1%. Można przyjąć – choć wiele jest spraw niewyjaśnionych – że pod roślinnością leśno-stepową i tundrową powstały kilkufazowe czarnoziemy, niektóre słabiej wykształcone. W badanym odsłonięciu cała miąższość najniższego lessu vistuliańskiego została objęta procesem gromadzenia się substancji organicznej, choć nie zawsze tak bywa. Nie występował tu natomiast proces przemycania, co potwierdzają badania mikromorfologiczne.

Na lessie młodszym dolnym, który w badanym odsłonięciu ma bardzo zróżnicowaną miąższość, stwierdzono występowanie dość słabo zaznaczonej gleby glejowej, ze słabo rozwiniętym poziomem próchnicznym. W niektórych częściach odsłonięcia gleba ta zanika. Z cech mikromorfologicznych wynika, że istnieje pewne podobieństwo tego lessu do osadu starszego z czarnoziemem. Występuje tu bowiem nieco większa zawartość ziaren piasku, co by świadczyło o podobnym źródle deponowanego osadu.

Z lessu młodszego środkowego wykształciła się gleba brunatna arktyczna odgórnie oglejona. Ogólnie stwierdzono, że gleby arktyczne charakteryzują się brakiem ługowania składników, zwłaszcza wapnia i magnezu, małą zawartością substancji organicznej, jeżeli nie występuje nagromadzenie torfu oraz występowaniem na różnych głębokościach wiecznej zmarzłoci. Często spotyka się w nich fibry żelaziste, związane najprawdopodobniej z ustępowaniem zmarzliny.

Do tej ogólnej charakterystyki gleb arktycznych (klimatu zimnego – średnia roczna temperatura poniżej 0°C) w przypadku badanego odsłonięcia należy włączyć poziom intensywnego wietrzenia Bbr – cambic. Poziom ten wydzielono głównie na podstawie cech fizyko-chemicznych (np. zawartość żelaza ogólnego i wolnego oraz pH) i cech mikromorfologicznych. Stwierdzono, że frakcja ilasta nie przemieszcza się w głąb profilu, a jej wyseparowanie jest dość słabe. W poziomie A z bardzo małą ilością substancji organicznej, frakcja ilasta występuje także w dość małych ilościach. W poziomie Bbr tej gleby stwierdzono pewną ilość plazmy siateczkowo-włóknistej (*latticepic*). W dolnej części tego poziomu stwierdzono nieliczne ziarna kalcytu, mimo że górne poziomy gleby są odwapnione. Oglejenie gleby jest widoczne na płytkach cienkich w postaci noduli żelazisto-ilastych czy żelazisto-próchnicznych lub w postaci plam niebieskawych i brunatnych związanych z warunkami anaerobowymi powodowanymi wodą stagnującą okresowo na wiecznej zmarzlinie. Gleba ta występuje w badanym odsłonięciu w postaci dwóch poziomów A i Bbr nakładających się na siebie. Należy przypuszczać, że poziomy górne korelowane datą TL na interstadiał denekampf są przemieszczone soliflukcyjnie i spoczywają na poziomach dolnych zalegających *in situ*, a korelowanych z wydzieloną na zachodzie glebą interstadialną – hengelo. Typologicznie jest to gleba brunatna arktyczna, interstadialna. Na podstawie analizy pyłkowej dla tego okresu stwierdzono [Gierasimienko 2000; Kamar 2002; Różycki 1972], że panowała wtedy roślinność tundry, a miejscami lasotundry z brzozą, świerkiem syberyjskim i modrzewiem oraz turzycami. Niektórzy autorzy podają, że kumulacja pyłku świerka mogła przekraczać 40%. Miejscami nagromadzał się torf.

Cała gleba łącznie z poziomem C (less mało zmieniony) jest poprzecinana fibrami żelazistymi o większej zawartości żelaza, przebiegającymi równoległe do poziomów genetycznych. Fibry te można wiązać z występowaniem zmarzliny, nad którą gromadziły się głównie wodorotlenki żelaza, przemieszczone z poziomów nadległych. Po wykształceniu się gleby brunatnej arktycznej i dość długim panowaniu tundry krzewinkowej oraz nawiewaniem lessu pojawia się pustynia arktyczna z resztkami roślinności. Jej potwierdzeniem jest występowanie dużych ilości struktur mrozowych występujących tylko w najmłodszym lessie. Niekiedy można w nim spotkać słabo zaznaczone gleby, najprawdopodobniej interfazowe, tak zwane gleby inicjalne. W lessach okolic Krakowa taka właśnie gleba jest datowana  $^{14}\text{C}$  na około 17 000 lat BP (interstadiał lub interfaza Lascaux ?). Gleby współczesne o założeniach późnovistuliańskich w tym odślonięciu są zniszczone przez człowieka. Na podstawie znajomości gleb tego rejonu wiadomo jednak, że na wysoczyznach występują gleby płowe lub brunatne, a w niższych położeniach czarnoziemy wytworzone z lessu młodszego górnego.

Kopalne powierzchnie glebowe omawianych lessów wykazują ślady rozcinania oraz ślady procesów mrozowych widoczne dobrze np. na powierzchni lessu młodszego najniższego z czarnoziemem. Niekiedy w badanych poziomach lessów vistuliańskich lub na ich powierzchniach występują warstwy kulturowe w postaci wyrobów krzemienianych, kości zwierząt lub śladów ognisk [Chmielewski i in. 1977; Boguckij i in. 2001], czego w Polanowie Samborzeckim dotychczas nie stwierdzono. Wykształcenie lessów okolic Sandomierza wskazuje na oziębianie się klimatu już od optimum klimatycznego interglacjału eemskiego do ostatniego okresu zimnego vistulianu występującego około 20 000 lat BP.

## WNIOSKI

1. Badania paleopedologiczne pozwoliły na dokładne sprecyzowanie rangi przerw w akumulacji poszczególnych poziomów lessów i typologii gleb kopalnych odślonięcia Polanów Samborzecki.
2. Na podstawie kryteriów fizyko-chemicznych i mikromorfologicznych wydzielono: dobrze rozwiniętą – ale ogłowioną – glebę płową interglacjału eemskiego wytworzoną z lessu starszego, górnego, warciańskiego, o pierwotnej budowie A-E-Btg-C z nakładającym się po optimum klimatycznym procesem oglejenia odgórnego; jej wierzchnie poziomy zostały zdenudowane; trzy gleby interstadialne: glebę czarnoziemną (czarnoziem) wczesnego vistulianu, wytworzoną z lessu młodszego najniższego o budowie A-A-AC, glebę glejową wytworzoną z lessu młodszego dolnego A-G-CG, która nie zawsze występuje we wszystkich badanych odślonięciach oraz glebę brunatną arktyczną ze śladami oglejenia wytworzoną z lessu młodszego środkowego o budowie profilowej A-Bbr-C.
3. Na podstawie wskaźników fizykochemicznych i mikromorfologicznych można stwierdzić, że w naszej strefie roślinno-klimatycznej gleby dobrze rozwinięte, dojrzałe, klimaksowe powstawały tylko w interglacjałach.

4. Na obszarach lessowych stosunkowo rzadko występują gleby poligenetyczne, ponieważ na tym obszarze prawie po każdym ociepleniu, niezależnie od czasu jego trwania następuje nowa akumulacja młodszego lessu.
5. Otrzymane wyniki potwierdzają pogląd, że interglacjalne i interstadialne kopalne procesy glebotwórcze przebiegały podobnie, jak to ma miejsce w glebach współczesnych o założeniach późnovistuliańskich.

## LITERATURA

- BOGUCKYJ A., CYREK K., KONECKA-BETLEY K., ŁANCZONT M., MADEYSKA T., NA-WROCKI J., SYTNYK O. 2001: Palaeolithic loess – site Yezupil on Dniestr (Ukraine) stratigraphy environment and cultures. *Studia Quaternaria* **18**: 25–46.
- BURACZYŃSKI J. 1994: Zmienność procesów eolicznych na Roztoczu i w Kotlinie Sandomierskiej podczas piętra Wisty. *Ann. UMCS, B* **49**: 51–79.
- BURACZYŃSKI J. 1995: Profil lessowy Samborzec na Wyżynie Sandomierskiej. Konferencja: Problemy geomorfologii i paleogeografii czwartorzędu. Lublin: 21–22.
- BURACZYŃSKI J. 1998: Rozwój procesów eolicznych w Kotlinie Sandomierskiej i na Roztoczu w górnym i późnym vistulianie. Seminarium pt. „Rola plejstocenijskich procesów periglacialnych w modelowaniu rzeźby Polski” poświęcone pamięci prof. J. Dylika. Łódź: 23–25.
- CHMIELEWSKI W., KONECKA-BETLEY K., MADEYSKA T. 1977: Palaeolithic site Kraków – Zwierzyniec I – in the light of the investigations carried out in 1972–1974. *Z badań czwartorzędu w Polsce. Biuletyn* **305**, 20: 1–18.
- DOLECKI Z., ŁANCZONT M. 2001: Profil lessów młodszych w Polanowie Samborzeckim koło Sandomierza. W: Podstawowe profile lessów w Polsce II. UMCS, Lublin: 104–109.
- DOLECKI Z., MROCZEK P., KOŁODZIEJ T., KUSIAK J. 2004: Charakterystyka sekwencji gleb kopalnych vistulianu stanowiska Grabówka (Wzniesienia Urzędowskie) na podstawie cech mikromorfologicznych. *Rocz. Glebozn.* **55**,3: 71–82
- DOLECKI Z., MROCZEK P. 2004: Badania mikromorfologiczne kopalnego poziomu iluwialnego gleby eemskiej – stanowisko Sąsiadka (Roztocze Gorajskie). *Przeł. Geogr.* **75**,2: 169–190.
- GIERASIMIENKO N. 2000: Late pleistocene vegetational and soil evolution at the Kiev loess plateau as recorded in the Stari Bezradychy section, Ukraine. *Studia Quaternaria* **17**: 19–28.
- GOŹDZIK J., JANCZYK-KOPIKOWA Z., KONECKA-BETLEY K., LINDNER Z., MADEYSKA T., MAKOWSKA A., MOJSKI J.E., RZECHOWSKI J. 1988: Zasady polskiej klasyfikacji terminologii i nomenklatury stratygraficznej czwartorzędu. *Wyd. Geol. z.* **47**: 1–64.
- GRYGIERCZYK S., WAGA J.M. 1993: Plejstocenijskie osady w Samborcu koło Sandomierza. Uniwersytet Śląski, *Geographia* **18**: 49–62.
- JASTRZĘBSKA-MAMEŁKA M. 1985: Interglacjał eemski i wczesny vistulian w Zgierzu Rudunkach na Wysoczyźnie Łódzkiej. *Acta Geogr. Lodz.* **53**: 5–75.
- JERSAK J. 1973: Litologia i stratygrafia lessu wyżyn południowej Polski. *Acta Geogr. Lodz.* **32**: 1–139.
- JERSAK J. 1976: Związek akumulacji lessu z rozwojem procesów rzecznych w dolinach przedpola Karpat i na wyżynach południowej Polski. *Acta Geogr. Lodz.* **37**: 25–48.
- JERSAK J. 1976a: Charakter gleb kopalnych w lessach i ich znaczenie paleogeograficzne i stratygraficzne. *Biul. Inst. Geol.* **297**: 21–39.
- JERSAK J., SENDOBRY K., ŚNIEŻKO Z. 1992: Postwarciańska ewolucja wyżyn lessowych w Polsce. *Pr. Nauk. UŚ* **1227**: 1–197.
- KAMAR M. 2002: Analiza pyłkowa górnoplejstocenijskich lessów i gleb kopalnych stanowiska Jezupil i Hałyc. *Stud. Geolog. Pol.* **19**: 33–181.
- KONECKA-BETLEY K. 1968: The typology of fossil soils on the example of Nieledeu. *Rocz. Glebozn.* **19** (dod.): 261–269.

- KONECKA-BETLEY K. 1974: Distribution and transformations of organic matter in fossil soils among loesses. *Rocz. Glebozn.* **25**: 207–215.
- KONECKA-BETLEY K. 1987: Gleby kopalne jako jednostki klasyfikacji stratygraficznej czwartorzędu. *Kwartalnik Geolog.* **31**,1: 185–190.
- KONECKA-BETLEY K. 1996: Polanów Samborzecki – gleby kopalne odsłonięcia lessowego. W: *Metody badań paleopedologicznych i wykorzystanie gleb kopalnych w paleogeografii.* Łódź: 65–66.
- KONECKA-BETLEY K. 2002: Paleosols of different age developed from loesses in Poland. W: *Paleopedology problems in Poland.* Łódzkie Tow. Nauk.: 135–163.
- KONECKA-BETLEY K. 2002a: Paleosols as units of Quaternary stratigraphy. W: *Paleopedology Problems in Poland.* Łódzkie Tow. Nauk: 37–45.
- KONECKA-BETLEY K., MADEYSKA T. 2002b: Analiza gleb kopalnych stanowiska Yezupil. *Stud. Geol. Pol.* **119**: 237–244.
- KONECKA-BETLEY K., CZĘPIŃSKA-KAMIŃSKA D., ZAGÓRSKI Z. 1986: Development and properties of paleosols in the loess section at Sandomierz (SE Poland). *Ann. UMCS* **41**,12: 203–212.
- KONECKA-BETLEY K., STRASZEWSKA K. 1977: Badania paleopedologiczne lessów okolic Sandomierza na tle ich stratygrafii. *Stud. Geol. Pol.* **52**: 215–233.
- KONECKA-BETLEY K., ZAGÓRSKI Z. 1994: Wpływ interglacjalnych procesów glebotwórczych na cechy mikromorfologiczne gleb kopalnych wytworzonych z lessów. *Rocz. Glebozn.* **45**, 3/4: 85–95.
- KUSIAK J., ŁANCZONT M. 2000: New results of TL dating of the loess profile at Polanów Samborzecki with use of the optical filters BG – 28 and Ugg – 11. *Geochronometria* **19**: 1–6.
- LASKOWSKA-WYSOCZAŃSKA W. 1971: Stratygrafia czwartorzędu i paleomorfologia Niziny Sandomierskiej i Przedgórze Karpat rejonu Rzeszowskiego. *Stud. Geol. Pol.* **34**: 1–109.
- MAMAKOWA K. 1987: Lower boundary of the Vistulian and the early Vistulian pollen stratigraphy in continuous Eemian – early Vistulian pollen sequences in Poland. *Quatern. Stud. in Poland* **7**: 51–63.
- MARUSZCZAK H. 1980: Stratigraphy and chronology of the vistulian loesses in Poland. *Quatern. Stud. in Poland* **2**: 57–76.
- MARUSZCZAK H. 2001: Schemat stratygrafii lessów i gleb śródlessowych w Polsce. Podstawowe profile lessów w Polsce II. UMCS, Lublin: 17–29.
- MOROZOWA T.D. 1981: Razvitie pochwiennogo pokrowa Evropy w pozdnym pleistocenie. *Izd. Nauka, Moskwa*: 1–281.
- PRÓSZYŃSKA-BORDAS H., PRÓSZYŃSKI M., STAŃSKA-PRÓSZYŃSKA W. 1989: Chronologia termoluminescencyjna profilu aluwialno-lessowego w porównaniu z datowaniami TL eemskich stanowisk jeziorno-bagiennych. *Zesz. Nauk Politech. Śl. Geochronometria* **6**: 251–264.
- PRÓSZYŃSKI M., STAŃSKA-PRÓSZYŃSKA W. 1989: Wskaźniki wieku lessów w odsłonięciu Polanów Samborzecki. Katedra Nauk o Środowisku Glebowym, Zakład Gleboznawstwa SGGW, Warszawa (maszynopis): 1–5.
- RÓŻYCKI S.Z. 1972: Plejstocen Polski Środkowej. II wyd. PWN, Warszawa: 1–315.
- RÓŻYCKI S.Z. 1978: Od „Mocht” do syntezy stratygrafii plejstocenu Polski. *Rocz. Pol. Tow. Geolog.* **48**, 3/4: 445–478.
- TOBOLSKI K. 1986: Paleobotanical studies of the Eemian interglacial and early Vistulian. *Quatern. Stud. in Poland* **7**: 90–101.
- ZAGÓRSKI Z. 2003: Mineralogiczne i mikromorfologiczne wskaźniki genezy i właściwości rezdin wytworzonych ze skał węglanowych różnych formacji geologicznych. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa: 1–124.



FOTO. 1. Widok ogólny odsłonięcia Polanów Samborzecki  
PHOTO 1. General view of the Polanów Samborzecki exposure

Fotografie do pracy *Konecka-Betley K., Czepińska-Kamińska D., Okołowicz M., Zagórski Z.:* Procesy glebotwórcze w lessowych glebach kopalnych odsłonięcia Polanów Samborzecki – okolice Sandomierza. Pedogenetic processes in palaeosols of the Polanów Samborzecki loesses exposure – vicinity of Sandomierz (Rocz. Glebozn. t. LVII nr 3/4 Warszawa 2006: 151–173)

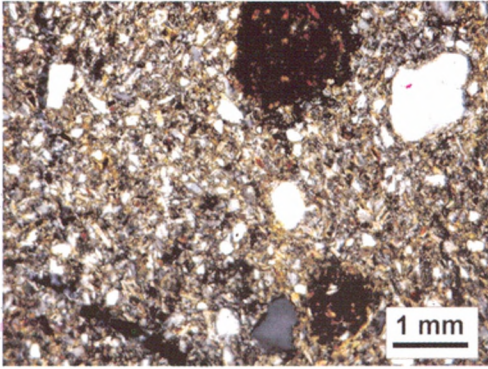


FOTO 2. Niewielkie nodule żelazisto-organiczne o budowie porfirowej. Poziom A, *Gleyic Cambisol*.  
Nikole skrzyżowane  
PHOTO 2. Small ferruginous-organic nodules with porphyric structure. Horizon A, *Gleyic Cambisol*.  
Crossed nicols

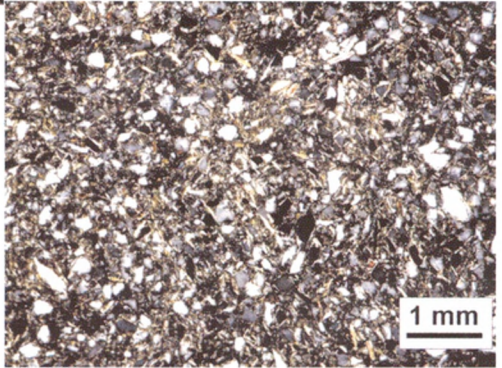


FOTO 3. Separacja plazmy ilastej typu *lattiseptic*. Poziom Bbr, *Gleyic Cambisol*. Nikole skrzyżowane  
PHOTO 3. *Lattiseptic*-type clay plasma separation. Horizon Bbr, *Gleyic Cambisol*. Crossed nicols

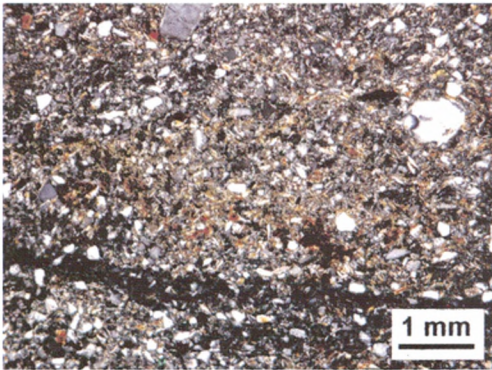


FOTO 4. Niewielkie skupienia plazmy żelazisto-organicznej. Poziom ABbr, *Gleyic Cambisol*. Nikole skrzyżowane  
PHOTO 4. Small concentration of ferruginous-organic plasma. Horizon ABbr, ABbr, *Gleyic Cambisol*. Crossed nicols

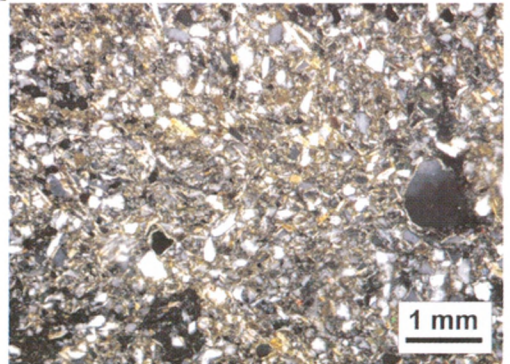


FOTO 5. Nieliczne ziarna kalcytu wskazujące na słabo zaawansowany proces dekalcytacji. Poziom Bbr (część dolna), *Gleyic Cambisol*  
PHOTO 5. Rare calcite grains pointing to poorly advanced decalcification process. Horizon Bbr (lower part). *Gleyic Cambisol*

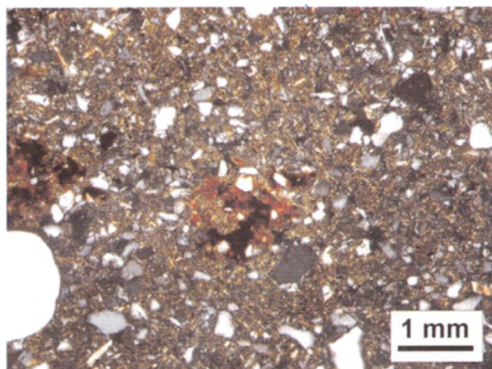


FOTO 6. Nodule żelazisto-organiczne i lokalne wzbogacenia żelaziste. Poziom A, *Calcic Gleysol*. Nikole skrzyżowane

PHOTO 6. Ferruginous-organic nodules and local ferruginous concentrations. Horizon A, *Calcic Gleysol*. Crossed nicols

FOTO 7. Liczne agregatowe skupienia substancji organicznej (plazma typu *humikol* i *mulikol*) wypełniające przestrzenie międzyziarnowe i większe pory. Poziom A, *Glossic Chernozem*. Nikole równoległe

PHOTO 7. Numerous aggregate concentrations of organic matter (*humicol*- and *mulicol*-type plasma) filling intergrain pores and larger pores. Horizon A, *Glossic Chernozem*. Parallel nicols

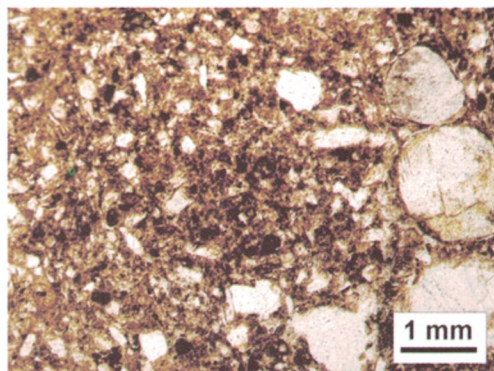


FOTO 8. Fragmenty roślin z zachowaną strukturą tkankową. Pojedyncze duże ziarna mikroskieletu. Poziom A, *Glossic Chernozem*. Nikole równoległe

PHOTO 8. Plant fragments with preserved tissue structure. Single large microskeleton grains. Horizon A, *Glossic Chernozem*. Parallel nicols

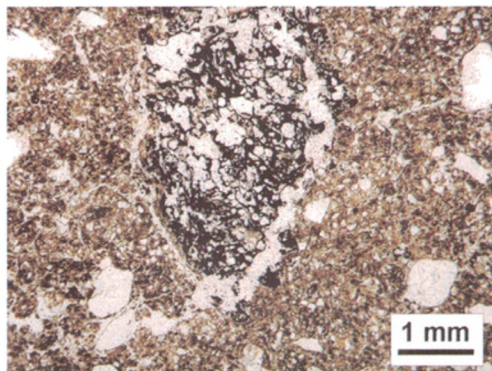
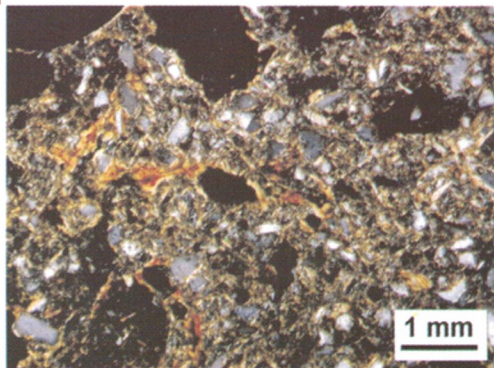


FOTO 9. Nacieki plazmy ilastej (*cutans*) w porach glebowych. Poziom Bt *argic*, *Albic Luvisol*. Nikole skrzyżowane

PHOTO 9. *Cutans* of clay plasma in soil pores. Horizon Bt *argic*, *Albic Luvisol*. Crossed nicols



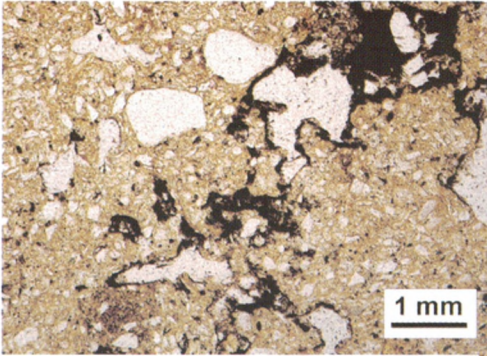


FOTO 10. Zachowana w porach glebowych plazma ilasto-organiczna (typu mulikol) pochodząca prawdopodobnie ze zniszczonego poziomu A; poziom Bt *argic* (część górna), *Albic Luvisol*. Nikole skrzyżowane

PHOTO 10. Clay-organic plasma (*mulicol* type) preserved in soil pores, most probably from destroyed horizon A; horizon Bt *argic* (upper part), interglacial *Albic Luvisol*. Crossed nicols

FOTO 11. Plazma glebowa węglanowo-ilasta (typ *calciargilasepic*). Poziom BtCca – *argic* (część górna) *Albic Luvisol*. Nikole skrzyżowane

PHOTO 11. Carbonate-clay soil plasma (*calciargilasepic* type). Horizon BtCca *argic* (upper part), *Albic Luvisol*. Crossed nicols

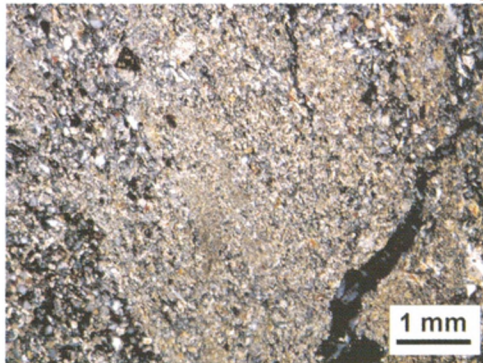
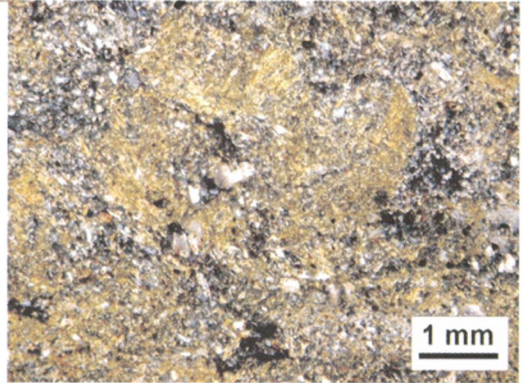


FOTO 12. Plazma glebowa węglanowa wytworzona z drobnodispersyjnego kalcytu (typ *silicalcisepic*) Poziom Cca *argic* (część dolna), *Albic Luvisol*. Nikole skrzyżowane

PHOTO 12. Carbonate soil plasma developed from fine-dispersed calcite (*silicalcisepic* type). Horizon Cca *argic* (lower part), *Albic Luvisol*. Crossed nicols

FOTO 13. Ziarna wtórnego kalcytu (*crystalaria*) w porach glebowych. Poziom Cca – *argic* (część dolna), *Albic Luvisol*. Nikole skrzyżowane

PHOTO 13. Grains of secondary calcite (*crystalaria*) in soil pores. Horizon Cca – *argic* (lower part), *Albic Luvisol*. Crossed nicols

