

# Reliktowe i fosylne gleby w rejonie zatoki Nottinghambukta, SW Spitsbergen

*Cezary Kabala, Justyna Zapart*

*Uniwersytet Przyrodniczy, Wrocław*

## Wstęp

W otoczeniu zatoki Nottinghambukta (SW Spitsbergen) występuje kilka poziomów teras morskich, a także zespół najmłodszych osadów glacialnych, niekiedy zalegających na starszym podłożu fluwioglacjalnym lub morenowym. Zróżnicowany wiek form morfologicznych i osadów umożliwia obserwacje współczesnych procesów glebotwórczych oraz zaawansowanie tych procesów w glebach fosylnych (Baranowski, Szerszeń 1968, Baranowski 1977). Datowanie wieku szczątków roślinności subfosylnej („kopalnej tundry”) na przedpolu lodowca Werenskiolda wskazuje na występowanie przynajmniej 500–600-letniego okresu względnego ocieplenia poprzedzającego Małą Epokę Lodową, umożliwiające rozwój trwałych zbiorowisk roślinności tundrowej, głównie mszystej (Fabiszewski 1975, Baranowski 1977). W ciągu tak długiego okresu ocieplenia niewątpliwie zachodziły procesy glebotwórcze w odsłoniętych ówczesnie osadach glacialnych i plażowych. Współczesne ocieplenie klimatu oraz pogłębianie się warstwy czynnej ponownie umożliwiają rozwój procesów glebotwórczych, jednak jest to okres ciągle zbyt krótki dla morfologicznego zróżnicowania najmłodszych osadów glacialnych (Ziaja, Skiba 2002).

Właściwości fizykochemiczne niektórych gleb subfosylnych na przedpolu lodowca Werenskiolda zostały wstępnie scharakteryzowane przez Baranowskiego i Szerszenia (1968), jednak nie podejmowano dotychczas prób określenia pozycji systematycznej tych gleb oraz innych gleb o reliktowym charakterze na wyniesionych terasach morskich w rejonie zatoki Nottinghambukta. Stąd przedmiotem niniejszego opracowania jest charakterystyka morfologii, wybranych właściwości fizykochemicznych oraz pozycji systematycznej, zgodnie z najnowszą klasyfikacją FAO *World Reference Base for Soil Resources* (IUSS 2006), gleb reliktowych/ fosylnych występujących na przedpolu lodowca Werenskiolda oraz w rejonie zatoki Nottinghambukta.

## Obiekty i metodyka badań

Południowa część strefy proglacjalnej lodowca Werenskiolda pokryta jest moreną denną przegowaną przechodzącą ku zachodowi w morenę płaską, leżącą bezpośrednio na litej skale lub na starszych osadach fluwioglacjalnych. Północna część przedpola w prze-ważającej części pokryta jest równinami i stożkami fluwioglacjalnymi. Strefę proglacjalną od zachodu zamyka rozległa morena końcowa (czołowa), powstała prawdopodobnie w wyniku szarzy lodowca na początku XX wieku (Bukowska-Janina 2003). Strefa wy-brzeża morskiego na południe od ujścia rzeki lodowcowej oraz na północ od równiny Elveflya tworzona jest przez różnowiekowe wyniesione terasy morskie. W rejonie ujścia rzeki lodowcowej wyróżniono trzy poziomy terasowe: 22–25, 16–18 oraz 8–12 m n.p.m. Wiek terasy 8–12 m n.p.m. określony został na 9–12 tys. lat (Lindner i in. 1991).

Warunki klimatyczne w rejonie stacji w Hornsundzie charakteryzuje średnia roczna suma opadów około 430 mm oraz średnia roczna temperatura  $-4,4^{\circ}\text{C}$  (Marsz, Styszyńska 2007). Klimat rejonu Hornsundu określany jest jako suboceaniczny oraz humidowy, ze średnią wartością wskaźnika Ivanowa (iloraz opadów i parowania) na poziomie 2,3, co wskazuje na przemysłowy typ gospodarki wodnej w glebach w okresie arktycznego lata.

Profile glebowe zlokalizowano (ryc. 1) w południowej części strefy proglacjalnej lodowca Werenskiolda (odkrywki WER15 i WER16), na powierzchni morenowej odsłoniętej w latach 1958–1959 (Baranowski 1977) oraz na terasie morskiej 8–12 m n.p.m. w pobliżu ujścia rzeki lodowcowej do zatoki Nottingham (odkrywki NOT1 i NOT3). Prace terenowe wykonano w lipcu 2004 r. w ramach XVII Wyprawy Polarnej Uniwersytetu Wrocławskiego. W pobranych próbkach gleb oznaczono: uziarnienie (za-wartość frakcji żwiru i piasku metodą sitową, frakcji pyłu i iłu metodą areometryczną), pH w wodzie destylowanej – elektrometrycznie, zawartość węgla wapnia – metodą Scheiblera, węgla organicznego – przez spalanie na sucho (aparatus CS-MAT), wymiennych kationów zasadowych – przez ekstrakcję 1M octanem amonu o  $\text{pH}=7$ . Oznaczono również zawartość żelaza wolnego (tlenkowego,  $\text{Fe}_d$ ) – metodą Jacksona (CDB), oraz form amorficznych ( $\text{Fe}_o$ ) – w ekstrakcie szczawianowym (metoda Tamma/Schwertmanna). Zawartość pierwiastków metalicznych we wszystkich wyciągach ozna-czono techniką AAS.

### Profil WER15

Strefa proglacjalna, falista równina urozmaicona płytkimi jeziorami zastoiskowymi, 700 m na zachód od czoła lodowca Werenskiolda; glina morenowa pokryta brukiem na starszych, warstwowanych piaskach i żwirach; powierzchnie wolne od większych odłam-ków skalnych pokrywają porosty (50% porośniętej powierzchni), mchy (10%) oraz *S. op-positifolia* (20%).

FAO-WRB 2006: Haplic Regosol (Calcaric, Oxyaquic, Skeletic, Ruptic)

A	0–3 cm	zielonkavo-ciemnoszara (5GY 4/1) glina zwykła, silnie pylasta, szkieletowa (35%), drobna struktura subangularna; przerośnięta korzonkami skalnic; zawiera 2,9% CaCO <sub>3</sub>
ABg	3–8	zielonkavo-szaro-brunatna (10Y 4/1) glina zwykła, silnie pylasta, silnie szkieletowa (44%); nietrwała struktura subangularna-angularna; układ pulchny; liczne korzenie skalnic; 3,3% CaCO <sub>3</sub>
Cg1	8–18	zielonkavo-szara (10Y 4/1) glina zwykła, silnie pylasta, szkieletowa (38%); nietrwała struktura angularna; układ pulchny; średnio liczne korzenie skalnic; 3,6% CaCO <sub>3</sub>
Cg2	18–26	stalowo-szara (10GY 4/1) glina zwykła, silnie pylasta, silnie szkieletowa (43%); struktura płytkowo-angularna; średnio liczne korzenie skalnic; 3,5% CaCO <sub>3</sub> ; brak bruku na kontakcie
2BbC	26–35	brunatny (10YR 4/4) piasek słabogliniasty, słabo żwirowaty (11%), z cienkimi ławicami gliniastymi; nietrwała struktura drobnoagregatowa; brak oglejenia; 2,2% CaCO <sub>3</sub>
2C	35–55	szaro-brunatny (10YR 4/2) piasek żwirowaty (16–22%), bez wstawek gliniastych; bezstrukturalny, brak oglejenia; na kontakcie bruk z grubego żwiru i kamieni, niekiedy silnie spękanych; 4% CaCO <sub>3</sub>
3Ab	55–65	szaro-brunatny (2,5Y 4/2) piasek gliniasty, silnie żwirowaty (44%), z osadzonymi kamieniami bruku; struktura płytkowa, układ masywny; brak oglejenia; 3,5% CaCO <sub>3</sub>
3C1	65–80	brunatny (10YR 5/6) piasek silnie żwirowaty (60%) z domieszką kamieni oraz z ławicami piasku lub gliny; bezstrukturalny, układ luźny, brak oglejenia; 3,0% CaCO <sub>3</sub>
3C2	80–160	brunatny (10YR 5/6) żwir piaszczysty, kamienisty, bez ławic piasku lub gliny; bezstrukturalny, układ luźny, brak oglejenia; 3,5% CaCO <sub>3</sub>
R	160+	lita skała (łupki metamorficzne)

### Profil WER16

Strefa proglacialna, 750 m na zachód od czoła lodowca Werenskiolda; tarasowa krawędź równiny morenowej; stanowisko pomiędzy wychodniami kwarcytów; glina morenowa pokryta ostrokrawędzistym brukiem na starszych, warstwowanych glinach i żwirach; lokalne sortowanie mrozowe bruku; szczeliny z wysychania; powierzchnie wolne od większych odłamków pokrywają: *S. oppositifolia* (60% porośniętej powierzchni), *S. caespitosa* (20%), porosty, mchy, pojedyncze okazy *Poa alpigena* i *Cerastium alpinum*.

FAO-WRB 2006:

cały profil: Turbic Thaptocambic Cryosol (Calcaric, Oxyaquic, Skeletic)  
gleba fosalna: Haplic Cambisol (Calcaric, Ruptic, Skeletic)

A	0–3 cm	zielonkavo-ciemnoszara (10Y 4/1) glina zwykła, silnie pylasta, silnie szkieletowa (55%), struktura subangularna; przerośnięta korzonkami skalnic; zawiera 0,9% CaCO <sub>3</sub>
AC	3–10	zielonkavo-szara (10Y 5/1) glina zwykła, silnie pylasta, silnie szkieletowa (50%); nietrwała struktura drobno-płytkowa; przerośnięta korzonkami skalnic; 2,8% CaCO <sub>3</sub> , wyraźne przejście
Cg	10–14	oliwkowo-brunatny (2,5Y 5/3) pył piaszczysty (mułek), niemal bezszkieletowy; słabo przerośnięta korzonkami; 3,6% CaCO <sub>3</sub> , jednolicie oglejony; przejście ostre
2Ab	14–20	fosalny poziom próchniczny; oliwkowo-brunatna (2,5Y 4/3) glina piaszczysta, silnie szkieletowa (37%), ale brak bruku w stropie warstwy; trwała drobna struktura subangularna; układ pulchny; silnie przerośnięta korzonkami; 1,7% CaCO <sub>3</sub> ; przejście stopniowe

2ABb	20–26	oliwkowo-brunatna (2,5Y 3/3) glina piaszczysta, silnie szkieletowa (37%); średnio trwała struktura subangularna; układ pulchny; przerośnięta korzonkami; 1,6% CaCO <sub>3</sub>
2Bwb	26–40	jasnooliwkowo-brunatna (2,5Y 5/4) glina piaszczysta, silnie szkieletowa (36%); średnio trwała drobna struktura angularno-płytkowa; przerośnięta korzonkami; 0,8% CaCO <sub>3</sub> ; na głęb. 35 cm warstewka żelazista (thin iron pan) grubości ok. 5 mm
3C	40–70	oliwkowo-żółty (2,5Y 6/6) żwir gliniasty z kamienistym brukiem w stropie warstwy; miejscami masywny, miejscami luźny (wkładki piasków); 0,6% CaCO <sub>3</sub> ; przerośnięty korzonkami
4Cx	70–90	oliwkowo-żółta (2,5Y 5/5) glina piaszczysta, silnie szkieletowa (50%); trwała struktura angularno-płytkowa; układ masywny; 1,8% CaCO <sub>3</sub> ;
I	90+	warstwa zmarzlinowa (permafrost)

### Profil NOT1

Terasa morska 8–12 m n.p.m., na południe od Rzeki Lodowcowej; drobnoziarniste piaski morskie z ławicami piasków średnioziarnistych pokryte brukiem z otoczków z domieszką ostrokrawędzistych kwarcytów; powierzchnia podzielona na poligony ok. 16 m; pokrycie powierzchni roślinami >90%, dominują mchy, porosty *O. frigida*, *S. oppositifolia*, *S. caespitosa*, *S. polaris*, *S. acaulis* i in.

FAO-WRB 2006: Brunic Regosol (Eutric, Turbic, Ruptic)

Ah	0–2 cm	poziom próchniczny bardzo silnie przerośnięty korzonkami roślin
A	2–12	ciemno szaro-brunatny (10YR 3/2) poziom próchniczny, piasek gliniasty, bardzo silnie żwirowaty (65%); struktura nietrwała subangularna; silnie przerośnięty korzonkami; wyraźne nagromadzenia materii organicznej; <0,5% CaCO <sub>3</sub>
Bw	12–32	ciemnobrunatny (10YR 4/2) piasek gliniasty, silnie żwirowaty (56%); średnio trwała, gruba struktura angularna; średnio przerośnięty korzonkami; <0,5% CaCO <sub>3</sub>
BC	32–55	jasnobrunatna (10YR 4/3) glina piaszczysta, silnie żwirowata (60%); średnio gruba trwała struktura płytkowo-angularna; nieliczne korzonki; 1,5% CaCO <sub>3</sub> ; ostry kontakt
C1	55–140	piasek luźny, bardzo silnie żwirowaty (65%), szkielet z łupków chlorytowych, nie kwarcytów; brak korzeni; utwór luźny, bezstrukturalny; suchy
C2	140–180	żwir piaszczysty; bezstrukturalny, luźny; woda gruntowa na głęb. ok. 160 cm
R	180+	lita skała (łupki kwarcytowe)

### Profil NOT3

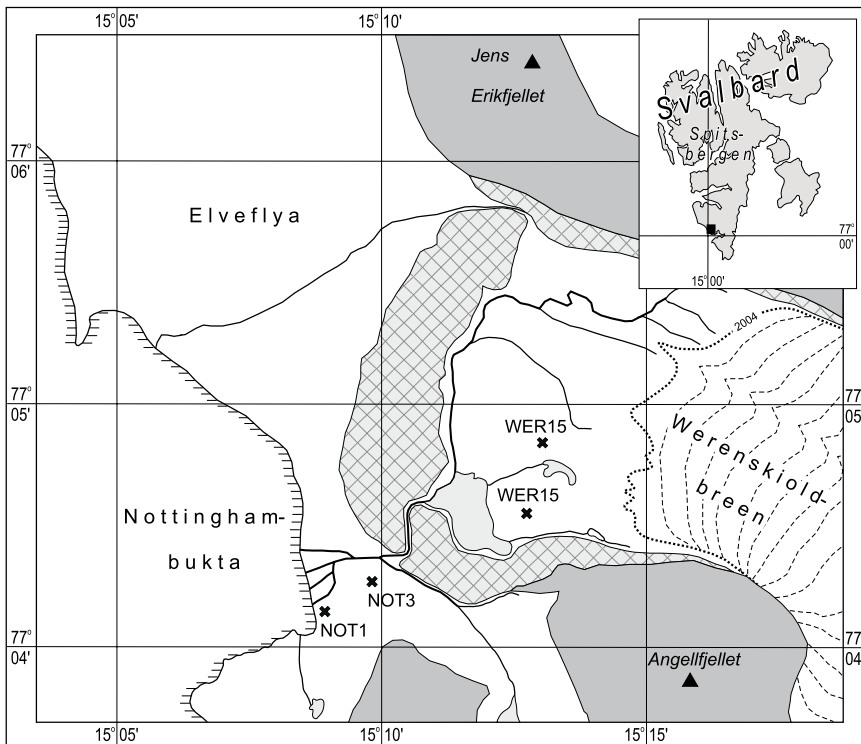
Równinna terasa morska 8–12 m n.p.m. na południe od ujścia Bratteggi do Rzeki Lodowcowej; drobnoziarniste piaski morskie z ławicami piasków średnioziarnistych pokryte drobnym brukiem z otoczków; bruk z cechami wietrzenia i sortowania mrozowego; powierzchnia podzielona na poligony o średnicy 6–12 m, odkrywkę zlokalizowano na styku 3 szczelin (klinów); głębokość klina >125 cm, szerokość przekroju klina do 40 cm przy powierzchni, głębiej 10–15 cm, wypełnienie klina kamienisto-żwirowo-organiczne, wyraźnie grubsze niż uziarnienie otaczającego materiału; pokrycie powierzchni roślinami >90%, dominują porosty *O. frigida*, *S. polaris*, *S. oppositifolia*, *S. caespitosa*, *S. acaulis*, *P. alpigena* i in.

## FAO-WRB 2006:

cały profil: Turbic Brunic Cryosol (Eutric, Skeletic, Arenic)

gleba kopalna: Brunic Regosol (Eutric, Skeletic, Arenic)

Ah	0–2 cm	poziom próchniczny bardzo silnie przerośnięty korzonkami roślin, w wypełnieniach wolnych przestrzeni między otoczkami bruku
A	2–4	ciemno szaro-brunatny (10YR 3/2) poziom próchniczny, piasek słaboliniasty, silnie żwirowy (55%); średnio gruba struktura subangularna; silnie przerośnięty korzonkami; nie zawiera $\text{CaCO}_3$
ABw	4–8	ciemno-szaro-brunatny (10YR 4/2) piasek luźny, drobno-żwirowy (35%); średnio-gruba nietrwała struktura subangularna; silnie przerośnięty korzonkami; nie zawiera $\text{CaCO}_3$
Bw	8–25	brunatny (10YR 4/3) piasek luźny, średnio żwirowaty (30%); średnio-gruba nietrwała struktura subangularna; przerośnięty korzonkami; nie zawiera $\text{CaCO}_3$
BC	25–45	jasno-brunatny (10YR 4/4) piasek luźny, średnio żwirowaty (25%); struktura bardzo nietrwała lub bezstrukturalny; przerośnięty nielicznymi korzonkami; nie zawiera $\text{CaCO}_3$
C	45–160	żółto-brunatny (10YR 5/4) piasek luźny, ławice słabo żwirowate (8–11%) przedzielone są piaskiem niemal bezszkieletowym (1,5–5%); bezstrukturalny; brak korzeni roślin; ślady $\text{CaCO}_3$ ; woda gruntowa na głęb. ok. 105 cm
I	160+	warstwa zmarzlinowa (permafrost)



Ryc. 1. Rozmieszczenie profili glebowych w rejonie zatoki Nottinghambukta.

Fig. 1. Situation of soil profiles in the proximity of the gulf Nottinghambukta.

Tabela 1. Podstawowe właściwości chemiczne gleb reliktowych i fosylnych w rejonie zatoki Nottinghambukta.

Table 1. Basic chemical characteristics of relict and fossil soils in the proximity of the gulf Nottinghambukta.

Poziom Horizon	Głębokość Depth [cm]	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	CaCO <sub>3</sub>	Corg. Org. C	Suma kation. zasad. Basic cations	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>o</sub>	Fe <sub>d</sub> /Fe <sub>d</sub>
			%	%	cmol(+) kg <sup>-1</sup>	%		
Profil WER15. Strefa proglacialna, 700 m na zachód od czoła lodowca Werenskiolda Profile WER15. Proglacial zone, 700 m west of Werenskiold Glacier terminus								
A	0–3	8,17	2,9	0,67	35,55	1,88	1,18	0,63
ABg	3–8	8,38	3,3	0,66	49,99	1,73	1,04	0,60
Cg1	8–18	8,35	3,6	0,55	34,85	1,99	0,90	0,45
Cg2	18–26	8,36	3,5	0,45	45,20	1,72	0,71	0,41
2BbC	26–35	8,10	2,2	0,38	47,85	1,71	0,56	0,33
2C	35–55	8,38	4,0	0,30	40,93	1,42	0,30	0,21
3Ab	55–65	8,31	3,5	0,58	23,65	0,86	0,48	0,56
3C1	65–80	8,33	3,0	0,40	30,88	0,22	0,26	0,12
Profil WER16. Strefa proglacialna, 750 m na zachód od czoła lodowca Werenskiolda Profile WER16. Proglacial zone, 750 m west of Werenskiold Glacier terminus								
Ag	0–3	7,73	0,9	1,33	20,78	1,31	0,81	0,62
AC	3–10	8,02	2,8	0,45	24,77	1,32	0,80	0,61
Cg	10–14	8,05	3,6	0,57	35,03	1,35	0,63	0,47
2Ab	14–20	7,31	1,7	1,46	34,63	1,48	0,87	0,59
2ABb	20–26	7,22	1,6	1,31	28,34	1,43	0,73	0,51
2Bwb	26–40	7,08	0,8	0,43	22,80	1,55	0,39	0,25
3C	40–70	7,09	0,6	0,33	22,54	1,40	0,25	0,18
Profil NOT1. Krawędź terasy morskiej 8–12 m n.p.m., przy ujściu Rzeki Lodowcowej Profile NOT1. Marine beach 8–12 m a.s.l., near Glacier River estuary								
Ah	0–2	7,09	<0,5	5,19	7,78	0,41	0,23	0,57
A	2–12	6,96	<0,5	3,00	2,89	0,75	0,25	0,33
Bw	12–32	7,50	<0,5	1,10	2,88	1,37	0,48	0,35
BC	32–55	8,12	1,5	0,52	8,74	1,21	0,64	0,53
C1	55–140	8,38	1,0	0,05	6,64	0,27	0,16	0,57
Profil NOT3. Terasa morska 8–12 m n.p.m., przy ujściu Bratleggi Profile NOT3. Marine beach 8–12 m a.s.l., near Bratlegg mouth								
Ah	0–2	4,88	0	4,96	0,63	0,51	0,35	0,69
A	2–4	4,95	0	1,15	0,76	0,43	0,25	0,59
ABw	4–8	5,01	0	0,58	1,68	0,46	0,26	0,57
Bw	8–15	5,34	0	0,46	1,38	0,46	0,25	0,55
Bw	15–25	5,26	0	0,32	1,65	0,53	0,28	0,52
BC	25–35	5,19	0	0,31	5,90	0,53	0,30	0,56
BC	35–45	5,38	0	0,31	9,13	0,62	0,33	0,52
C	45–60	6,80	<0,5	0,12	9,68	0,47	0,20	0,42
C	60–80	6,86	<0,5	0,26	19,67	0,44	0,22	0,50
C	80–160	6,93	<0,5	0,17	22,56	0,43	0,23	0,55

Tabela 2. Uziarnienie gleb reliktowych i fosylnych w rejonie zatoki Nottinghambukta.  
Table 2. Texture of relict and fossil soils in the proximity of the gulf Nottinghambukta.

Poziom Horizon	Głębokość Depth [cm]	Procentowy udział frakcji granulometrycznych (średnice zastępcze w mm) Percentage grain-size distribution (grain diameters in mm)								
		>2	2-1	1-0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,02	0,02- 0,002	<0,002
Profil WER15. Strefa proglacialna, 700 m na zachód od czoła lodowca Werenskiolda Profile WER15. Proglacial zone, 700 m west of Werenskiold Glacier terminus										
A	0-3	35	9	11	9	8	11	20	23	9
ABg	3-8	44	7	11	10	10	10	19	25	11
Cg1	8-18	38	9	14	11	9	9	16	22	10
Cg2	18-26	43	10	14	9	8	9	14	27	9
2BbC	26-35	11	7	32	39	7	3	3	6	3
2C	35-55	12	12	42	32	6	2	3	2	1
3Ab	55-65	45	7	22	28	18	8	9	5	3
3C1	65-80	59	8	34	34	8	5	5	4	2
Profil WER16. Strefa proglacialna, 750 m na zachód od czoła lodowca Werenskiolda Profile WER16. Proglacial zone, 750 m west of Werenskiold Glacier terminus										
Ag	0-3	55	8	10	8	8	10	20	27	9
AC	3-10	50	8	10	7	7	8	17	31	12
Cg	10-14	6	3	4	4	8	14	40	22	5
2Ab	14-20	37	17	19	10	13	10	12	15	4
2ABb	20-26	37	23	20	8	12	9	10	14	4
2Bwb	26-40	36	16	22	10	9	11	14	15	3
3C	40-70	80	13	19	11	11	13	16	15	2
Profil NOT1. Krawędź terasy morskiej 8-12 m n.p.m., przy ujściu Rzeki Lodowcowej Profile NOT1. Marine beach 8-12 m a.s.l., near Glacier River estuary										
A	2-12	65	12	18	13	19	10	15	12	1
Bw	12-32	56	9	15	13	21	16	11	15	1
BC	32-55	60	11	11	10	18	16	15	16	3
C1	55-140	65	5	17	39	31	1	2	3	1
Profil NOT3. Terasa morska 8-12 m n.p.m., przy ujściu Bratleggi Profile NOT3. Marine beach 8-12 m a.s.l., near Bratlegg mouth										
A	2-4	55	5	7	19	54	3	3	8	1
ABw	4-8	35	3	5	20	63	3	2	3	1
Bw	8-25	30	3	6	20	60	5	1	4	1
BC	25-45	25	5	6	26	50	5	3	4	1
C	45-60	11	2	2	22	60	6	2	4	2
C	60-80	1,5	1	2	19	67	5	2	4	1
C	80-160	8	1	2	24	62	4	2	4	1

## Wyniki i dyskusja

Gleby tworzące się w najmłodszych glinach morenowych na przedpolu lodowca Werenskiolda reprezentują inicjalne stadia rozwojowe. W powierzchniowej warstwie tych gleb zaznacza się wymycie  $\text{CaCO}_3$ , wymiennego wapnia i magnezu, obniżenie pH oraz nagromadzenie substancji organicznej (tab. 1). Jednak przeobrażeniu fizykochemicznemu osadów nie towarzyszą na razie wyraźne zmiany morfologiczne, na przykład zmiany barwy wietrzejących poziomów glebowych.

Organiczne szczątki subfosalnej roślinności tundrowej były odkryte i scharakteryzowane przez Baranowskiego i Szerszenia (1968), Fabiszewskiego (1975) oraz Baranowskiego (1977). Tym razem udało się jednak odsłonić i scharakteryzować kompletny profil fosylnej gleby brunatnej (profil WER16), której wiek należy utożsamiać z wiekiem próbek organicznych datowanych przez Baranowskiego na 750–1500 lat. Wyraźnie wykształcony poziom próchniczny A oraz poziom przeobrażenia *in situ* Bw (*cambic*), wyróżniający się intensywną brunatną barwą, podwyższoną zawartością próchnicy oraz pedogeniczną strukturą, świadczą, że gleba ta wytworzyła się w okresie długotrwałego (trwającego przynajmniej kilka wieków) ocieplenia klimatycznego. Brak jakichkolwiek cech bielcowania potwierdza tworzenie się tej gleby bez udziału drzew iglastych oraz brzozy, w warunkach tundry podobnej do współczesnej (Fabiszewski 1975). Fosylna gleba tundrowa odpowiada kryteriom zasobnych, choć niecałkowitych i szkieletowych gleb brunatnych (Haplic Cambisols – Calcaric, Ruptic, Skeletic), lecz obecność warstwy zmarzlinowej w podłożu oraz współczesne zjawiska mrozowe na powierzchni determinują zaliczenie tej gleby (uwzględniając pokrywę najmłodszej gliny morenowej) do kriosoli (Bockheim i in. 2006, IUSS 2006). W profilu WER15 nie odsłonięto kompletnej gleby kopalnej, lecz jedynie resztki dawnego poziomu rdzawienia (2BbC). Brak jednoznacznych argumentów, oprócz słabej struktury agregatowej, że poziom ten jest zachowany *in situ*, gdyż mógł też powstać z rozmycia podobnego materiału w sąsiedztwie. Jednak na głębokości ok. 55–65 cm, to jest ok. 30 cm poniżej spągu gliny morenowej, występuje szaro-brunatny piasek gliniasty, wzbogacony w próchnicę (w stosunku do warstw niżej i wyżej położonych) i przykryty brukiem z grubego żwiru i kamieni. Poziom ten zidentyfikowany został jako poziom próchniczny fosylnej gleby słabo wykształconej (regosolu) ze śladami brunatnienia (rdzawienia) w warstwie podścielającego żwiru.

Głębokie poziomy A i Bw gleb na terasie morskiej 8–12 m (profile NOT1 i NOT3) nie mogły wytworzyć się w ciągu zaledwie ostatnich 100 lat względnego ocieplenia, toteż należy uznać, że opisywane gleby są występującymi na powierzchni glebami reliktowymi (Ruellan 1971). Poprzez analogię do profilu WER16 przyjmujemy, że powstały – lub zostały ostatecznie ukształtowane – w ostatnim cieplejszym okresie przed Małą Epoką Lodową. Duża miąższość przepuszczalnych żwirowatych piasków oraz brak wstawek osadów pyłowych i ilastych uchroniły profil tych gleb przed krioturbacyjnymi zaburzeniami. Powierzchnia terasy pocięta jest na poligony 6–12 m średnicy pseudomorfozami szczelin i klinów, sięgającymi na głębokość 80–125 cm, wypełnionymi materiałem

żwirowo-piaskowo-organicznym. Zwarte pokrycie roślinnością górnej powierzchni wypełnienia klinów świadczy o fosylnym charakterze klinów, powstałych prawdopodobnie w najzimniejszym okresie Małej Epoki Lodowej. Jeśli przyjąć reliktowy charakter form szczelinowych na powierzchni, wówczas możliwe byłoby zaliczenie opisywanych gleb do regosoli z poziomem przeobrażenia *in situ* Bw – Brunic Regosols. Jednak w profilu NOT3 na głębokości ok. 160 cm występuje wieloletnia zmarzlina, co – razem z przejawami krioturbacji w warstwach powierzchniowych – wymusza zaliczenie tej gleby do kriosoli (Turbic Brunic Cryosols). Mimo wyraźne piaskowego uziarnienia (tab. 2), zaliczenie tej gleby do arenosoli jest wykluczone z powodu zbyt dużej ilości frakcji żwirowej w warstwie przypowierzchniowej (IUSS 2006).

## Literatura

- Baranowski S., 1977, *Results of dating of the fossil tundra in the forefield of Werenskioldbreen*, Acta Univ. Wratislav. 387, 31–37.
- Baranowski S., Szerszeń L., 1968, *Some properties of sub-fossil mineral and organic deposits from the region of Werenskioldbreen, Vestspitsbergen*, Polish Spitsb. Exped. 1957–1960, Wyd. Geolog., Warszawa, s. 239–247.
- Bockheim J. G., Mazhitova G., Kimble J. M., Tarnocai C., 2006, *Controversis on the genesis and classification of permafrost-affected soils*, Geoderma 137, 33–39.
- Bukowska-Jania E., 2003, *Rola systemu lodowcowego w obiegu węgla wapnia w środowisku przyrodniczym*, Wyd. UŚ, Katowice, 2103, 247.
- Fabiszewski J., 1975, *Migracja roślinności na przedpolu lodowca Werenskiolda (Spitsbergen Zachodni)*, Mat. Symp. Spitsbergeńskiego, Wrocław, 29–30.03.1974, 81–88.
- IUSS, 2006, *World Reference Base for Soil Resources 2006. 2<sup>nd</sup> edition*, World Soil Resources Reports, 103, FAO, Rome, 122.
- Lindner L., Marks L., Roszczyńko W., Semil J., 1991, *Age of raised marine beaches of northern Hornsund Region, South Spitsbergen*, Pol. Polar Research, 12, s. 161–182.
- Marsz A. A., Styszyńska A., 2007, *Klimat rejonu Polskiej Stacji Polarnej w Hornsundzie*, Akademia Morska, Gdynia, 376.
- Ruellan A., 1971, *The history of soils: some problems of definition and interpretation*, [w:] D. H. Yaalon (red.), *Paleopedology – Origin, Nature and Dating of Paleosols*, Int. Soc. Soil Sci., 3–13.
- Ziaja W., Skiba S. (red.), 2002, *Sorkapland landscape structure and functioning (Spitsbergen, Svalbard)*, Wyd. UJ, Kraków, 18–50.

## Summary

### Relict and fossil soils in the proximity of gulf Nottinghambukta, SW Spitsbergen

Morphology and basic physico-chemical properties of the well developed soils located in the forefield of Werenskiold glacier and on the raised marine beaches in the proximity of Nottinghambukta gulf were characterized in the paper. Soils involving relatively deep humic A and Bw horizons situated on marine beach 8–12 m a.s.l. and in the proglacial

---

zone (under the cover of the youngest moraine till) are relict soils (locally fossil – buried soils) developed before the Little Ice Age. Soils under investigation have the horizonation, morphology and properties of typical, but very gravelly Haplic Cambisols and Brunic Regosols (according to FAO-WRB classification). However, the occurrence of permafrost layer (at the depth less than 200 cm below soil surface) and cryoturbation features near the surface imply an inclusion of some of these soils into Cryosols.