

**Andrzej GREINERT, Michał DRAB*

EFEKTY GLEBOTWÓRCZE REKULTYWACJI LEŚNEJ TERENÓW POGÓRNICZYCH W OKOLICY ŁĘKNICY

SOIL FORMING EFFECTS OF FOREST RECLAMATION ON POST-MINING AREAS IN THE ŁĘKNICA LOCALITY

Zakład Ochrony i Rekultywacji Gruntów, Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski

Abstract. Forest reclamation of the soil-less land, connected with opencast lignite mining brings effects exemplified many years after activities carried out during the technical and biological phases. The paper describes the post-mining areas characteristics located near Łęknica in western Poland, covered with Miocene sands, reclaimed in the forest direction, 20 years after the reclamation works. Within its framework, after leveling of the pit heaps plateau and the excavation bottom, slopes surface shaping, neutralization of the ground and start fertilizing, the additional fertilizing differentiating experimental plots of two objects has been done. After the 20 years of soil formation in profiles the following horizons have been observed (of thickness): O (2–3 cm), A (< 1 cm) and Cg (5–10 cm) covering the morphologically and chemically modified C1 horizon (10–30 cm), and the unchanged C2 horizon. There have been noted a tendency to re-acidification of the neutralized soil (to pH_{KCl} 3.5–5.0), and differentiation of the soil surface layers chemistry, to the greatest extent related to the litter level forming. The direction of ground development indicates the possibility of appearance in the coming years a symptoms of the podzolisation process.

Słowa kluczowe: gleby antropogeniczne, rekultywacja leśna.

Key words: anthropogenic soils, forest reclamation.

WSTĘP

Jednym z fundamentalnych celów rekultywacji terenów powydobywczych jest uformowanie gleby. Jest to warunek uzyskania stabilnej ekologicznie i produktywnej powierzchni. W niektórych technologiach, dla przyspieszenia powstania czynnej biologicznie pokrywy glebowej, stosuje się przykrycie gruntu glebowym materiałem próchnicznym (Frouz i in. 2006) lub sztucznie skomponowanym materiałem humusowym (Nietrzeba-Marcinonis 2007). Model PAN (Polskiej Akademii Nauk) koncentrował się z kolei na przyspieszeniu procesu glebotwórczego poprzez intensywne nawożenie mineralne, głównie azotowe (Bender 1980, 1995, Gilewska 1991, Bender i Gilewska 2004).

* Adres do korespondencji – Corresponding author: dr hab. inż. Andrzej Greinert, prof. UZ, Zakład Ochrony i Rekultywacji Gruntów, Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski, ul. Prof. Z. Szafrana 15, 65-516 Zielona Góra, e-mail: A.Greinert@iis.uz.zgora.pl.

Lasy, stanowiące 48,9% powierzchni województwa lubuskiego, w swojej strukturze gatunkowej wykazują 86% borów sosnowych, porastających siedliska borowe, zajmujące 55,5% powierzchni RDLP (Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych) w Zielonej Górze (dane RDLP w ZG 2011). Także tereny pokopalniane opisywanego obszaru, pokryte piaszczystym materiałem glebotwórczym o niskiej żyzności, wykazują zbliżone właściwości siedliskotwórcze. Właściwości siedlisk na terenach większości zachodniej części Polski tworzą warunki do intensywnego bielicowania gleb. W literaturze spotykane są trzy podstawowe teorie powstawania gleb bielicoziemnych – adsorpcji kwasów fulwowych/opadów, alofanowa i biodegradacji małocząsteczkowych kwasów organicznych (van Breemen i Buurman 1998, Lundström i in. 2000). Niektórzy badacze, jak Giesler i in. (1996) oraz Lundström i in. (1998) wskazują dodatkowo na istotne dla terenów Europy Północno-Zachodniej i Środkowej zakwaszające znaczenie antropogenicznej depozycji atmosferycznej. Na glebach bielicoziemnych Polski prowadzono przez wiele lat mniej lub bardziej intensywną gospodarkę rolną. Nawożenie organiczne, wapnowanie oraz uprawa mechaniczna spowodowały spowolnienie procesu bielicowania. Na terenach pokopalnianych, pokrytych gruntami o słabych właściwościach sorpcyjnych, słabych zdolnościach retencji wody i małej zasobności, najczęściej jednak nie wraca się do zagospodarowania rolniczego (Berkessy 2010). Wybór zadrzewienia borowego, jako formy zagospodarowania tych terenów, przywraca pierwotny ewolucyjny kierunek rozwoju gleb – można więc mówić o procesie renaturalizacji. Klarownych symptomów bielicowania można, zdaniem Stützera (1998), oczekiwać w okresie krótszym niż 100 lat, aczkolwiek pełne ukształtowanie gleby bielicoziemnej wymaga okresu znacząco dłuższego – 300–400 lat (Jauhiainen 1972, Nørnberg 1977), a nawet 600–700 lat (Emmerich 1994).

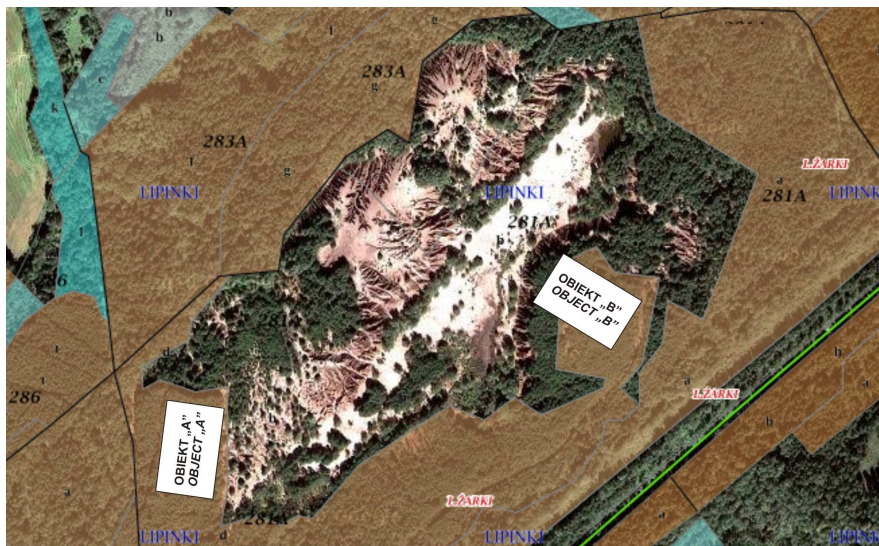
Na wstępnych etapach rekultywacji gruntów pokopalnianych należy się spodziewać zmian materiału zwałowanego jednak bez czytelnych oznak genetycznego różnicowania profili glebowych, na co zwracają uwagę m.in. Stützer (1998) oraz Certini i in. (1998).

Celem pracy było przedstawienie różnicowania właściwości gruntu bezglebowego w wyniku inicjowania procesów glebotwórczych w następstwie rekultywacji leśnej, prowadzonej zgodnie z założeniami Modelu PAN w okresie 1980–2010.

MATERIAŁ I METODY

Teren będący przedmiotem badań zlokalizowany jest w południowo-zachodniej części województwa lubuskiego, w gminie Trzebiel, powiecie Żary, na zwałowisku zewnętrznym byłej kopalni węgla brunatnego „Przyjaźń Narodów”. W najbliższym sąsiedztwie znajdują wsie: Nowe Czaple i Bronowice. Poletka doświadczalna zlokalizowano w obrębie powierzchni leśnych, odpowiednio: obiekt „A” – Oddział 281A, Pododdział d, obiekt „B” – Oddział 281A, Pododdziały b, d (rys. 1). Geneza pokładów węglowych zachodniej Polski i wschodnich Niemiec sięga trzeciorzędu, około 40 mln lat temu. Nowel i in. (1994) opisali genezę pokładów węgla brunatnego jako związaną z wielokrotnym zalewaniem i ustępowaniem z tego terenu wód morskich (dzisiejszego Morza Północnego), przy bogatym rozwoju różnorodnych formacji torfowiskowych w okresach międzylewowych i na podmokłych terenach brzeżnych. Na terenie Łużyckiego Zagłębia Węglowego pokłosem tego było

utworzenie się kilku warstw węglowych, przedzielonych osadami morskimi. Także po polskiej stronie Łuku Mużakowa budowa geologiczna jest podobna. Pokłady węgla brunatnego, jak też przedzielające je warstwy osadów mineralnych mają tutaj pochodzenie miocenijskie (Wróbel 1997).



Rys. 1. Lokalizacja powierzchni doświadczalnych (na wycinku mapy RDLP w Zielonej Górze)
Fig. 1. Location of the research areas (on the background of RDSF in Zielona Góra map fragment)

Rekultywację zasadniczą przeprowadzono na przełomie lat 70. i 80. XX wieku. Przeprowadzono zabiegi techniczne, neutralizację gruntów wapnem odpadowym z Huty Cynku w Miasteczku Śląskim w ilości $50 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w dwóch dawkach ($30 + 20 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$) oraz nawożenie mączką fosforytową w ilości $5 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w jednej dawce, saletrzakiem 25% w dawce $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, fosforanem amonu w dawce $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i solą potasową 60% w dawce $400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Na koniec całość terenu obsadzono sosną zwyczajną (*Pinus sylvestris* L.) – 1980 rok (obiekt „A”) i 1984 (obiekt „B”). W drugim i trzecim roku rozwoju roślin zastosowano dodatkowe nawożenie mocznikiem w dawce $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Uzyskano wówczas niezadowalający wynik działań, skutkujący wypadaniem drzew i słabym stanem pozostałych – wyraźne objawy niedoborów składników odżywczych (Greinert i in. 2009).

Doświadczenie polowe założono w 1986 roku na gruntach rekultywowanych, różnicując poletka doświadczalne dwóch obiektów przez nawożenie NPK i dodatkowe wapnowanie – kombinacje: 0, 0 + Ca, NP, NK, NPK, 2NPK, NP + Ca, NK + Ca, NPK + Ca i 2NPK + Ca.

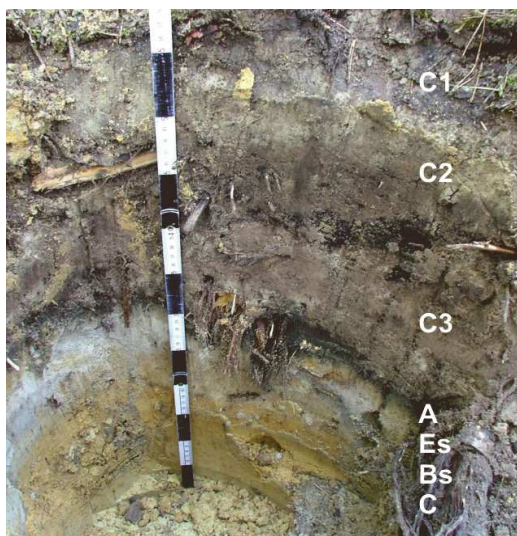
W pracy przedstawiono wyniki analiz wybranych właściwości gleb i gruntów bezglebowych w próbkach pobranych w 2010 roku. Profile glebowe wykonywano zgodnie z procedurą zapisaną w *Guidelines for soil description* (FAO 2006) i *Guidelines for forest soil description* (Mikkelsen i in. 2008). Równolegle pobierano powierzchniowe próbki zbiorcze, jako reprezentujące 30 próbek indywidualnych każda. Do celów klasyfikacyjnych wykorzystano czwarte oraz piąte wydanie Systematyki Gleb Polski (PTG 1989, 2011).

Próbki gruntu przeznaczone do analiz, po przewiezieniu do laboratorium, suszono w temperaturze 35°C , po czym przesiewano przez sito o średnicy oczek 2 mm (PTG 2008). Próbki ściółki leśnej przed przesianiem mielono, używając do tego celu Laboratoryjnej Kruszarki Szczękowej LKS-s ZPU „Tetchem”. Każdą z próbek dokładnie mieszano celem homogenizacji gruntu.

pH mierzono potencjometrycznie z wykorzystaniem elektrody WTW SenTix 41 w mieszaninie gleba : woda i gleba : 1 M KCl 1 : 2,5; przewodnictwo elektryczne (EC) – konduktometrycznie instrumentem Eutech Instruments Cyberscan w mieszaninie gleba : woda 1 : 2; zawartość węgla ogółem (TOC) z użyciem analizatora Shimadzu TOC-V_{CSN} z modułem SSM-5000A; zawartość azotu ogólnego węglug metody Kjeldahla z wykorzystaniem analizatora Gerhardt-Vapodest VAP 30; kwasowość hydrolityczną (H_h) i sumę kationów o charakterze zasadowym (S) – metodą Kappena. Pojemność sorpcyjną gleb wobec kationów (T) wyliczano jako sumę H_h i S, natomiast stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym (V) jako udział S w T (Mocek i in. 2006). Zawartość Fe i Al oznaczano metodą FAAS z wykorzystaniem spektrofotometru absorpcji atomowej Varian SpectrAA 10 w wyciągach w wodzie królewskiej (zgodnie z ISO 11466) oraz 0,1 M HCl (Page i in. 1982).

WYNIKI I DISKUSJA

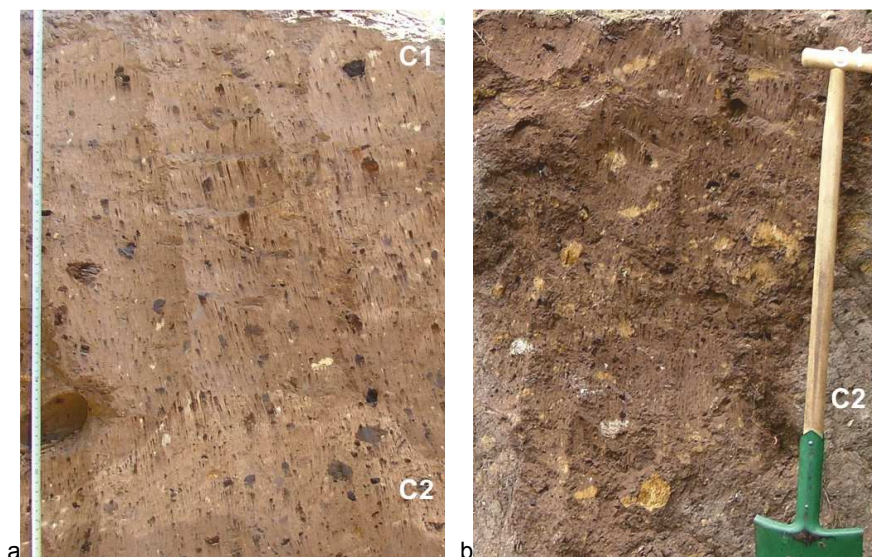
Przed rozpoczęciem eksploatacji węgla brunatnego opisywany obszar był zdominowany przez bory suche i świeże (około 90%), pozostałą część stanowiły inne typy zalesienia, gospodarstwa rolne i tereny zabudowane oraz komunikacyjne (Greinert i in. 2009). Ten rodzaj zagospodarowania sprzyjał bielicowaniu gleb, czego odzwierciedlenie w profilach glebowych znaleźć można także na terenie obecnych hałd pokopalnianych. W północno-zachodniej części, na terenach silnie zerodowanych, widoczne są odsłonięcia sięgające dawnych poziomów glebowych. W części zachodniej natomiast pogrzebane gleby bielicowe zalegają na niedużych głębokościach pod nadkładowym materiałem hałdy (fot. 1).



Fot. 1. Rodzima gleba bielicowa pogrzebana pod materiałem zwalowym
Photo 1. Indigenous podzol soil covered under dump material

W trakcie eksploatacji pokładów węgla brunatnego formowano hałdy z materiału wydobytego z różnych głębokości, nie prowadząc przy tym selektywnego składowania dawnych materiałów glebowych. Efektem tak prowadzonych działań było utworzenie terenów pokrytych jałowym materiałem skalnym (gruntem bezglebowym) o skrajnie niekorzystnych właściwościach fizycznych (zagęszczenie w trakcie formowania hałd) i fizyczno-chemicznych.

Charakteryzowały je: pojemność powietrzna 1,71–25,72% (śr. 8,9%), lekki skład granulometryczny (ps), kwaśny odczyn (pH_{KCl} 3,2–3,6), brak węgla pedogenicznego, T poniżej $6 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$ i V poniżej 10% (Greinert i in. 2009). W profilach zdeponowanego gruntu widoczne jest zróżnicowanie składu litologicznego. Występują soczewki i przewarstwienia piasków o różnej zawartości frakcji drobniejszych oraz glin, a także nierównomiernie rozmieszczone domieszki węgla brunatnego (fot. 2).



Fot. 2. Grunt bezglebowy opisywanego terenu pokopalnianego: a) obiekt doświadczalny „A”, b) obiekt doświadczalny „B”
 Photo 2. Soilless ground of the described post-mining area: a) research object “A”, b) research object “B”

Po 20 latach od zadrzewienia zaobserwowano wytworzenie się w profilach glebowych poziomów o miąższości: O (2–3 cm), (A) (< 1 cm) i Cg (5–10 cm) zalegających na morfologicznie i chemicznie zmienionym poziomie C1 (10–30 cm). Poniżej stwierdza się obecność niezmiennego, w odniesieniu do gruntu wyjściowego, poziomu C2 (fot. 3).



Fot. 3. Glebotwórczy skutek prowadzonych działań rekultywacyjnych w latach 1986–2010; a) obiekt doświadczalny „A”, b) obiekt doświadczalny „B”
 Photo 3. Soil forming effect of reclamation works carried out in 1986–2010; a) research object “A”, b) research object “B”

Kierunek rozwoju gruntu wskazuje na możliwość pojawienia się w przyszłości objawów procesu bielnicowania. Mimo morfologicznego przejaśnienia poziomu zalegającego poniżej materii organicznej, nie można jeszcze wskazać utworzenia poziomu E. Wskazują na to charakterystyki fizyczno-chemiczne materiału zalegającego w tym poziomie (tab. 1).

Tabela 1. Podstawowe właściwości gleb obszaru rekultywowanych hałd pokopalnianych
Table 1. Basic soil properties of reclaimed dumps of the post-mining area

| Poziom Horizon | Głębokość Depth (cm) | Udział części mineralnych Mineral parts content (%) | | | TOC (%) | C/N |
|--|-------------------------|--|---------------|------------|---------|------|
| | | 2–0,05 mm | 0,05–0,002 mm | < 0,002 mm | | |
| Obiekt doświadczalny „A” – Research object „A” | | | | | | |
| O | 1,5(4)–0 | n.o. | n.o. | n.o. | 31,0 | 26,8 |
| (A) | 0–4(6,5) | 87 | 10 | 4 | 1,8 | 16,4 |
| C1g | 4(6,5)–25(34) | 85 | 9 | 6 | 1,4 | 20,5 |
| C2 | > 25(34) | 86 | 8 | 6 | 1,5 | 24,2 |
| Obiekt doświadczalny „B” – Research object „B” | | | | | | |
| O | 1,5(4)–0 | n.o. | n.o. | n.o. | 45,5 | 44,1 |
| (A) | 0–4(6,5) | 83 | 13 | 4 | 16,0 | 21,5 |
| C1g | 4(6,5)–25(34) | 84 | 10 | 6 | 1,0 | 12,6 |
| C2 | > 25(34) | 85 | 9 | 6 | 0,9 | 11,4 |

| Poziom Horizon | Głębokość Depth (cm) | pH _{KCl} | pH-H ₂ O | Hh | S | T | V |
|--|-------------------------|-------------------|---------------------|------|------|------|------|
| | | | | EA | TEB | CEC | BS |
| (cmol · kg ⁻¹) | | | | | | | |
| (%) | | | | | | | |
| Obiekt doświadczalny „A” – Research object „A” | | | | | | | |
| O | 1,5(4)–0 | 3,5–3,8 | 4,0–4,5 | 23,6 | 9,0 | 32,6 | 27,5 |
| (A) | 0–4(6,5) | 3,9–4,2 | 4,4–4,9 | 7,5 | 24,1 | 31,6 | 74,3 |
| C1g | 4(6,5)–25(34) | 3,0–6,3 | 3,4–6,6 | 9,9 | 2,4 | 12,4 | 30,5 |
| C2 | > 25(34) | 2,9–4,4 | 3,3–5,0 | 11,1 | 2,4 | 13,4 | 18,3 |
| Obiekt doświadczalny „B” – Research object „B” | | | | | | | |
| O | 1,5(4)–0 | 3,9–4,4 | 4,4–5,0 | 22,1 | 17,9 | 40,0 | 43,6 |
| (A) | 0–4(6,5) | 3,5–5,0 | 3,9–5,6 | 14,3 | 9,3 | 23,6 | 69,8 |
| C1g | 4(6,5)–25(34) | 2,7–5,5 | 3,5–5,9 | 5,0 | 2,1 | 7,1 | 30,4 |
| C2 | > 25(34) | 2,4–4,5 | 2,9–5,2 | 6,2 | 1,9 | 8,1 | 27,7 |

Analogicznie sytuację opisał Stützer (1998), wskazując, że na powierzchniach 30-letnich nasadzeń sosnowych nie zawsze można wyodrębnić poziom eluwalny. Autor opisał występowanie 5–6 cm poziomu E na powierzchniach pod 40-letnim nasadzeniem sosny wydmowej i 8–10 cm pod 80–100-letnim *Pinus sitchensis*. Na powierzchni 80–100-letniej nie zaobserwował obecności poziomu B różnego wobec niżej zalegającej skały macierzystej C. Na obu powierzchniach autor wskazał nieregularność ukształtowania poziomów glebowych. Badania Certiniego i in. (1998) przyniosły w tej mierze jeszcze dalej idące wnioski. 50-letnie nasadzenie sosny czarnej opisali oni jako za młode dla uzyskania czytelnie wyodrębnionego poziomu eluwalnego w profilu glebowym zbudowanym z piasku gliniastego. Stwierdzone przejaśnienia w poziomie A, występujące w miąższości 6–8 cm, uznali oni za niewystarczające dla wyróżnienia poziomu E.

Zastosowane w trakcie rekultywacji zasadniczej wapnowanie, nawożenie mineralne oraz uprawa mechaniczna spowodowały zmianę chemizmu, która miała duże znaczenie startowe i stosunkowo małe następcze. Zmiany właściwości gleb zostały pogłębione w ramach doświadczalnego zróżnicowania nawozowego, z aplikacją wysokich dawek NPK i dodatkowej dawki wapna (Greinert i in. 2009).

Opisywane grunty pokopalniane okolic Łęknicy są w inicjalnej fazie działania procesów glebotwórczych. Zgodnie z Systematyką Gleb Polski (PTG 1989), są to utwory najbliższe glebom inicjalnym luźnym erozyjnym (IA2a). Posługując się V wydaniem Systematyki Gleb Polski (PTG 2011), można przyjąć ich odmienną klasyfikację, uwzględniając antropogeniczną zmienność materiału gruntowego. Tym samym można by je zaszeregować do rzędu gleb antropogenicznych – typu gleb industrioziemnych, podtypu gleb industrioziemnych inicjalnych.

W 25. roku prowadzenia doświadczeń polowych w badanych obiektach, a w 30 lat po rekultywacji zasadniczej, zakończonej posadzeniem sosen, odnotowano tendencję do ponownego zakwaszania zneutralizowanych gruntów (do pH_{KCl} 3,5–5,0), a także różnicowania chemizmu powierzchniowych warstw glebowych, w największym stopniu związanego z formowaniem poziomu ściółki (tab. 1).

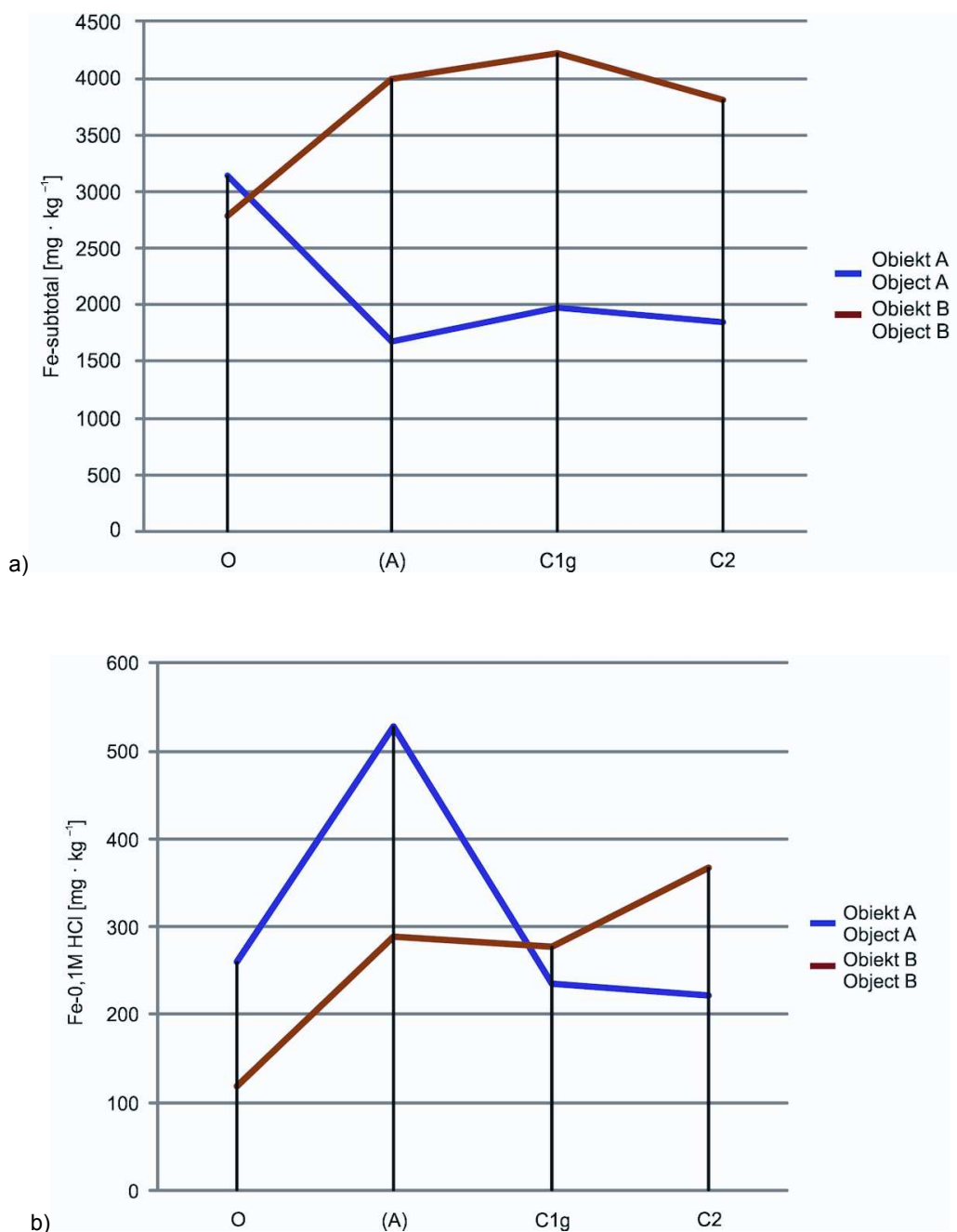
Stwierdzono przy tym stosunkowo duże zróżnicowanie odczynu przejaśnionego poziomu zalegającego poniżej poziomu mineralnego, wzbogaconego w materię organiczną (A). Efekt wtórnego zakwaszenia neutralizowanych podczas rekultywacji gruntów (zwłaszcza poziomu O) jest zgodny z opisanym przez Schaafa i Hüttla (2006). Autorzy ci przyczyn tego zjawiska upatrują w stałym powstawaniu kwasu siarkowego z utleniającego się pirytu, zawartego w gruncie, a także zmianie chemizmu atmosfery w wyniku silnej redukcji emisji pyłów (wyższej niż bezwodników kwasowych). Stützer (1998) zauważył systematyczne zakwaszanie materiału glebowego jako naturalny skutek bielcowania, obserwowalny już wobec ponad 20-letnich nasadzeń.

Na obu obiektach doświadczalnych najwyższą zawartość kationów o charakterze zasadowym w poziomach wierzchnich odnotowano odpowiednio w poziomie (A) na obiekcie „A” i O na obiekcie „B”.

Na obiekcie „A” odnotowano równomierny rozkład stosunku C : N w profilu glebowym, z nieznacznym obniżeniem w poziomie (A). Na obiekcie „B” wskaźnik ten systematycznie zmniejsza swoją wartość ze wzrastającą głębokością poboru próbek. Trudno wskazać proces powodujący różne kształtowanie się opisywanej właściwości na obu obiektach. Różnica w wieku drzewostanu to 4 lata wobec ponad 20-letniego czasu wzrostu. Jako prawdopodobną przyczynę można wskazać zróżnicowanie materiału hałdowanego (może też sposobu zwałowania nadkładu) po obu stronach odkrywki kopalni. Porębska i in. (2008) zauważyli kształtowanie się stosunku C : N w kolejnych poziomach gleb rdzawych (O, AE i Bv), jak: 32, 24 i 16, w glebach bielcowych (O, A, E, Bfe), jak: 32, 21, 14 i 19, natomiast w glebach brunatno-rdzawych (O, A, Bbr, C), jak: 24, 15, 12, 12. Podstawowa tendencja jest zgodna z odnotowaną w doświadczeniu łęknickim. Zauważyć należy jednak różnice w materiale skalnym na terenach pokopalnianych – o różnej zawartości węgla geogenicznego. Widoczna jest różnica zawartości węgla ogólnego w glebach obiektów „A” i „B” (tab. 1). Rozkład pionowy wartości analizowanego wskaźnika C : N znajduje potwierdzenie w pracy Rumpela i in. (1998).

Analizując rozkład żelaza w profilach glebowych, również dostrzec można różnice między obiektami „A” i „B” (rys. 2), wywołanymi głównie nierównomiernością zwałowania gruntu. Forma żelaza zbliżona do ogólnej na obiekcie „A” wykazuje najwyższą zawartość w poziomie O, spada w poziomie A, aby ponownie lekko wzrosnąć w poziomie C1g i znów lekko zmaleć w poziomie C2. Na obiekcie „B” wzrost zawartości tej formy Fe jest wyraźny zarówno

w poziomie A, jak C1g (wobec poziomu O), po czym następuje spadek w poziomie C2, względem C1g. W poziomie C2 jest on jednak nadal wyższy niż w poziomie O (rys. 2a). Także wobec formy rozpuszczonej w 0,1 M HCl zaobserwowano różnice między obiektami. Na obiekcie „A” najwyższa zawartość tej formy Fe stwierdzona została w poziomie A, podczas gdy na obiekcie „B” – w poziomie C2 (rys. 2b).



Rys. 2. Rozkład w profilu glebowym zawartości Fe w formach: a) zbliżonej do ogólnej oraz b) rozpuszczonej w 0,1 M HCl

Fig. 2. The distribution of content of forms of Fe in the soil profile: a) subtotal and b) dissolved in 0.1 M HCl

PODSUMOWANIE

– Grunty pokopalniane rejonu Łęknicy odznaczają się piaszczystym składem granulometrycznym i w dużej mierze antropogenicznie ukształtowanymi właściwościami fizyczno-chemicznymi.

– W 30 lat po rekultywacji zakończonej nasadzeniem sosny zwyczajnej i 25 lat po różnicującym chemizm gruntów nawożeniu, zgodnym z modelem rekultywacji PAN, zaczynają zaznaczać się zmiany ilustrujące inicjowanie procesów glebotwórczych, głównie w poziomach wierzchnich, wzbogaconych w biogenną materię organiczną. Nadal jednak gleby znajdują się w fazie inicjalnej, czego efektem powinno być zaklasyfikowanie do gleb industrioziemnych inicjalnych, zgodnie z Systematyką Gleb Polski PTG 2011.

– Sposób zagospodarowania terenu oraz lekki skład granulometryczny gleb predestynują do ich ewolucji w kierunku bielicowania.

PIŚMIENNICTWO

- Bender J.** 1980. Biologiczna rekultywacja zwałowisk pokopalnianych. Międzynar. Czas. Rol. RWPG 3, 50–55.
- Bender J.** 1995. Rekultywacja terenów pogórnich w Polsce. Zesz. Probl. Postęp. Nauk Rol. 418, 142–152.
- Bender J., Gilewska M.** 2004. Rekultywacja w świetle badań i wdrożeń. Roczn. Glebozn. Tom LV, nr 2, 29–46.
- Berkessy P.G.** 2010. Complex rehabilitation of surface mining (quarries) exploitation Comparative study Köflach-Austria, Lausitz-Germany, Aghireșu-Romania. Doctorate thesis. Babeș-Bolyai University Faculty Of Geography, Cluj-Napoca.
- Certini G., Ugolini F.C., Corti G., Agnelli A.** 1998. Early stages of podzolization under Corsican pine (*Pinus nigra* Arn. ssp. *laricio*). Geoderma 83, 103–125.
- Emmerich K.H.** 1994. Podsole im Buntsandstein–Odenwald. Geol. Jb. Hessen 122, 173–184.
- FAO.** 2006. Guidelines for soil description. ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/guidel_soil_descr.pdf, Rome. Dostęp 5.11.2012.
- Frouz J., Elhottová D., Kuráz V., Šourkova M.** 2006. Effects of soil macrofauna on other soil biota and soil formation in reclaimed and unreclaimed post mining sites: Results of a field microcosm experiment. Appl. Soil Ecol. 33, 308–320.
- Giesler R., Moldan F., Lundström U.S., Hultberg H.** 1996. Reversing acidification in a forested catchment in southwestern Sweden: effects on soil solution chemistry. J. Environ. Qual. 25, 110–119.
- Gilewska M.** 1991. Rekultywacja biologiczna gruntów pogórnich na przykładzie KWB „Konin”. Roczn. AR Pozn. Rozpr. Nauk. 211, 5–52.
- Greinert H., Drab M., Greinert A.** 2009. Studia nad efektywnością leśnej rekultywacji zwałowisk fitotoksycznie kwaśnych piasków mioceńskich po byłej kopalni węgla brunatnego w Łęknicy. Oficyna Wydaw. Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra.
- Jauhiainen E.** 1972. Rate of podzolization in a dune in northern Finland. Comm. Phys.-Math. Soc. Sci. Fenn. 42, 33–44.
- Lundström U.S., Nyberg L., Danielsson R., Van Hees P.A.W.** 1998. Forest soil acidification: monitoring on the regional scale exemplified by Värmland, Sweden. Ambio 27, 551–556.

- Lundström U.S., Van Breemen N., Bain D.C., Van Hees P.A.W., Giesler R., Gustafsson J.P., Ilvesniemi H., Karlton E., Melkerud P.-A., Olsson M., Riise G., Wahlberg O., Bergelin A., Bishop K., Finlay R., Jongmans A.G., Magnusson T., Mannerkoski H., Nordgren A., Nyberg L., Starr M., Tau Strand L. 2000. Advances in understanding the podzolization process resulting from a multidisciplinary study of three coniferous forest soils in the Nordic Countries. *Geoderma* 94, 335–353.
- Mikkelsen J.H., Cools N., Langohr R. 2008. Guidelines for forest soil description. <http://www.inbo.be/docupload/3668.pdf>. Dostęp 5.11.2012.
- Mocek A., Drzymała S., Maszner P. 2006. *Geneza, analiza i klasyfikacja gleb*. Wydaw. AR w Poznaniu.
- Nietrzeba-Marcinonis J. 2007. Stymulacja procesów glebotwórczych jako jedno z podstawowych zadań rekultywacji gruntów bezglebowych. *Studia na przykładzie zwałowiska zewnętrznego nadkładu BOT Kopalni Węgla Brunatnego Turów S.A.* pr. dokt. Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Inżynierii Łądowej i Środowiska, Zielona Góra.
- Nørnberg P. 1977. Soil profile development in sands of varying age in Vendsyssel, Denmark. *Catena* 4, 165–179.
- Nowel W., Bönisch R., Schneider W., Schulze H. 1994. *Geologie des Lausitzer Braunkohlenreviers*. Festschrift der LAUBAG zum 500. Geburtstag von Georg Agricola, 1–102.
- Page A.L., Miller R.H., Keeney D.R. (Eds.) 1982. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methods*. Am. Soc. Agronomy/Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI, 323–336.
- Porebska G., Ostrowska A., Borzyszkowski J. 2008. Changes in the soil sorption complex of forest soils in Poland over the past 27 years. *Sci. Total Environ.* 399, 105–112.
- PTG 1989. *Systematyka Gleb Polski*, wydanie czwarte. *Rocz. Glebozn.* Tom XL, nr 3/4. PWN Warszawa.
- PTG 2008. *Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych*. *Rocz. Glebozn.* Tom LX, nr 2. PWN Warszawa, 5–16.
- PTG 2011. *Systematyka Gleb Polski*, wydanie piąte. *Rocz. Glebozn.* Tom LXII, nr 3. PWN Warszawa.
- Rumpel C., Knicker H., Kögel-Knabner I., Skjemstad J.O., Hüttl R.F. 1998. Types and chemical composition of organic matter in reforested lignite-rich mine soils. *Geoderma* 86, 123–142.
- Schaaf W., Hüttl R.F. 2006. Direct and indirect effects of soil pollution by lignite mining. *Water. Air. Soil. Pollut. Focus* 6, 353–364.
- Stützer A. 1998. Early stages of podzolisation in young aeolian sediments, western Jutland. *Catena* 32, 115–129.
- Van Breemen N., Buurman P. 1998. *Soil formation*. Kluwer Ac. Publ., Dordrecht, Boston, London, 245–268.
- Wróbel I. 1997. Zmieniające się krajobrazy. *Zesz. Nauk. Politechniki Zielonogórskiej*, 114, 7–28.