

**Sławomir Klatka\*, Marek Ryczek\*, Krzysztof Boroń\***

**KRZYWE CHARAKTERYSTYKI WODNEJ GLEB ZDEGRADOWANYCH  
PRZEZ PRZEMYSŁ WYDOBYWCZY**

**WATER CHARACTERISTICS CURVES OF SOILS DEGRADED BY COAL  
MINE INDUSTRY**

**Słowa kluczowe:** degradacja gleb, krzywa charakterystyki wodnej gleb.

**Key words:** soil degradation, soil water characteristics curve.

*The results of determination of water characteristics curves of soils on the area undergoing coal mining were presented in the work. Taking into account similar texture the determined curves were not very differentiated. The obtained results also show that examined soils are characterized by small water retention and high permeability. Soils of this type are taken as susceptible to hydrological degradation. During the following years increase of flood processes should be taken into consideration regarding deformation of ground surface.*

## **1. WPROWADZENIE**

Geomechaniczne przekształcenia powierzchni na obszarze Górnego Śląska są związane bezpośrednio z eksploatacją podziemną węgla kamiennego. Procesy zachodzące w górotworach, spowodowane działalnością górniczą, prowadzą bezpośrednio do osiadania i deformacji terenu, utrudniając uprawę lub powodując eliminację możliwości przyrodniczego użytkowania gleb. Zmianom tym towarzyszy zmniejszanie się odległości pomiędzy powierzchnią terenu a poziomem zwierciadła wód gruntowych i zawodnienie gleb [Boroń, Klatka 1999]. Dużemu zawilgoceniu gleb towarzyszą procesy bagienne, które najczęściej powodują konieczność zmiany użytkowania gruntów z rolniczego na łąkowy lub pastwiskowy.

---

\* *Dr inż. Sławomir Klatka, dr inż. Marek Ryczek., prof. dr hab. inż. Krzysztof Boroń – Katedra Rekultywacji Gleb i Ochrony Torfowisk, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków; kontakt: e-mail: rmboron@cyf-kr.edu.pl*

Na rozmiar i zróżnicowanie przestrzenne wymienionych zmian wpływają również właściwości hydrauliczne gleb, które w znacznym stopniu determinują ilość infiltrującej w głąb profili wody opadowej i powstawanie zawodnień wodnogruntowych gleb [Klatka i in 2007].

W pracy przedstawiono wyniki oznaczeń krzywych charakterystyki wodnej gleb zdegradowanych przez przemysł wydobywczy na przykładzie obszaru poeksploatacyjnego KWK „Szczygłowice” w Knurowie.

## 2. METODYKA BADAŃ

Badania prowadzono na obszarze około 28 ha, w rejonie ulic Ligonja i Korfanteo w miejscowości Szczygłowice. Teren ten podlega silnej degradacji spowodowanej działalnością KWK „Szczygłowice”. Badania prowadzono na poligonie o bokach 200 × 200 m, zawierającym 10 punktów pomiarowych. W punktach tych pobrano z głębokości 0–100 cm materiał glebowy do oznaczeń laboratoryjnych.

W laboratorium oznaczono skład granulometryczny pobranego materiału glebowego metodą areometryczną Casagrande’a w modyfikacji Prószyńskiego oraz inne właściwości fizyczne metodami standartowo stosowanymi w gleboznawstwie.

Współczynniki filtracji oznaczono w aparacie, którego działanie opierało się na prawie Darcy, z regulowaną wysokością ciśnienia wody i elektronicznym odczytem objętości.

Zbiorcze zestawienie uzyskanych wyników oraz szczegółowy opis lokalizacji punktów pomiarowych zamieszczono w pracy Klatki [2001]. Krzywe charakterystyki wodnej zostały oznaczone w komorach ciśnieniowych z porowatą płytą ceramiczną [Kowalik 1972] oraz sparametryzowane do równania van Genuchtena [Wösten i van Genuchten 1988, Boroń i Ryczek 1999]:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left(1 + |\alpha \cdot h|^n\right)^m} \quad (1)$$

gdzie:

$\theta$  – objętościowa zawartość wody w glebie aktualna,  $\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$ ,

$\theta_r$  – objętościowa zawartość wody w glebie w stanie powietrzno-suchym,  $\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$ ,

$\theta_s$  – objętościowa zawartość wody w glebie w stanie pełnego nasycenia,  $\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$ ,

$h$  – ciśnienie ssące, cm,

$\alpha, n$  – parametry równania, wyznaczone metodami statystycznymi:

$$m = 1 - \frac{1}{n} \quad (2)$$

Zawartość wody łatwo dostępnej określono w przedziale ciśnień ssących od 316 cm ( $pF=2,5$ ) do 1585 cm ( $pF=3,2$ ).

### 3. WYNIKI BADAŃ

Według systematyki Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego badane gleby należą do działu gleb autogenicznych, rzędu brunatnoziemnych, typu gleb brunatnych właściwych, w podtypie gleb brunatnych oglejonych i brunatnych właściwych. W ich składzie granulometrycznym dominują różne podgrupy piasku (piasek gliniasty lekki, piasek słabogliniasty, piasek gliniasty mocny i piasek luźny). Wyznaczone metodą laboratoryjną współczynniki filtracji gleb wahały się w granicach od  $1,9 \times 10^{-5}$  do  $10,5 \times 10^{-3} \text{ cm} \times \text{s}^{-1}$ . Najwyższe wartości zanotowano dla piasków luźnych [Klatka 2001].

Wynik oznaczeń krzywych charakterystyki wodnej w komorze ciśnieniowej zamieszczono w pracy Klatki [2001], w tabeli 1 natomiast przedstawiono obliczone parametry do modelu van Genuchtena. Na rysunku 1 zamieszczono wykreślone, przykładowe krzywe charakterystyki wodnej badanych gleb, dotyczące wiercenia 1 i wiercenia 5.

Wyniki obliczeń i wykresy wskazują, że wyznaczone krzywe były mało zróżnicowane ze względu na zbliżony skład granulometryczny gleb. Jedynie w poziomach próchnicznych oraz próbkach o składzie piasków luźnych krzywe odbiegały nieco od pozostałych.

Wartości objętościowej zawartości wody w stanie pełnego nasycenia wahały się od 0,3302 do 0,3648  $\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$  w poziomach próchnicznych i od 0,3056 do 0,3578  $\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$  w poziomach leżących poniżej. Objętościowa zawartość wody w punkcie połowej pojemności wodnej mieściła się przedziale od 0,1885 do 0,2607  $\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$  w poziomach próchnicznych i od 0,0759 do 0,2244  $\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$  w poziomach położonych niżej. Objętościowa zawartość wody w glebie w punkcie hamowania wzrostu roślin ( $pF=3,2$ ) wyniosła od 0,1165 do 0,1795  $\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$  w poziomach próchnicznych i od 0,0548 do 0,1512  $\text{cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$  w innych poziomach.

Zawartości wody łatwo dostępnej były zbliżone w poziomach próchnicznych i wahały się od 20,6 do 23,1 %. W poziomach niżej leżących wielkości były uzależnione głównie od składu granulometrycznego i zawierały się w granicach od 6,8 % dla piasków luźnych do 28,4% dla piasków gliniastych mocnych. Analiza uzyskanych wyników wskazuje, że nie odbiegają one od podawanych w literaturze przedmiotu dla danych gatunków gleb [Dobrzański 1993, Zawadzki 1999].

Przewidywane skutki degradacji górniczej ma użytkach rolnych oraz konieczność projektowania zabiegów rekultywacyjnych na tych obszarach stwarzają konieczność poznania właściwości wodnych gruntów, a także możliwości regulowania ich stosunków wodnych. Na terenach pogórnicznych zdolność gleb do retencjonowania wody opadowej oraz ich przepuszczalność decyduje w znacznym stopniu o rozmiarach i natężeniu degradacji hydrologicznej. Przeprowadzone badania pozwalają na stwierdzenie, że gleby w badanych profilach charakteryzuje mała retencyjność wodna, co w latach kolejnych może prowadzić do nasilenia procesów zawodnienia wodogrunтового wraz z nasileniem procesów osiadania powierzchni.

**Tabela 1.** Obliczone parametry do modelu van Genuchtena i zapasów wody łatwo dostępnej  
**Table 1.** Calculated parameters for the van Genuchten's model and easy available water storage amounts

Nr wierce- nia	Poziom [cm]	Gatunek gleby	Parametry modelu van Genuchtena		$\theta_r$	$\theta_s$	$\theta_{pF=2,5}$	$\theta_{pF=3,2}$	Zapas wody łatwo do- stępnej [%]
			$\alpha$	$n$					
1	0–10	pgl	0,01479	1,39728	0,0313	0,3512	0,1993	0,1223	21,9
	10–25	pgl	0,01491	1,39039	0,0194	0,3245	0,1809	0,1079	22,5
	25–50	pgl	0,01160	1,41080	0,0182	0,3212	0,1884	0,1094	24,6
	50–100	pgl	0,01625	1,37548	0,0198	0,3345	0,1855	0,1124	21,8
2	0–15	pgl	0,01604	1,35561	0,0227	0,3501	0,2015	0,1300	21,6
	15–25	pgl	0,01102	1,46451	0,0185	0,3148	0,1768	0,0966	25,4
	25–50	pgl	0,00738	1,32800	0,0102	0,3078	0,2205	0,1418	25,6
	50–100	ps	0,00823	1,47922	0,0153	0,3113	0,1898	0,1011	28,4
3	0–10	pgm	0,01589	1,36651	0,0430	0,3627	0,2151	0,1407	20,5
	10–25	pgl	0,01152	1,42181	0,0186	0,3217	0,1868	0,1072	24,7
	25–50	pgl	0,01151	1,43605	0,0183	0,3274	0,1867	0,1050	25,0
	50–100	ps	0,02561	1,37859	0,0110	0,3421	0,1588	0,0923	19,4
4	0–10	pgl	0,01419	1,40440	0,0227	0,3544	0,1976	0,1165	22,9
	10–25	pgl	0,01559	1,38763	0,0194	0,3178	0,1756	0,1512	22,2
	25–50	pgl	0,01521	1,38659	0,0207	0,3156	0,1767	0,1066	22,2
	50–100	pgl	0,01456	1,38993	0,0154	0,3278	0,1823	0,1069	23,0
5	0–25	pgl	0,01382	1,40340	0,0227	0,3648	0,2051	0,1208	23,1
	25–50	pgl	0,01460	1,40698	0,0187	0,3427	0,1871	0,1086	22,9
	50–100	ps	0,01228	1,44185	0,0156	0,3195	0,1759	0,0971	24,7
6	0–25	pgl	0,01551	1,36467	0,0187	0,3600	0,2044	0,1245	22,2
	25–50	pl	1,01398	1,28631	0,0090	0,3056	0,0658	0,0448	6,9
	50–100	pl	0,01623	1,26786	0,0084	0,3103	0,1984	0,1344	20,6
7	0–25	pgl	0,01444	1,32299	0,0230	0,3621	0,2244	0,1459	21,7
	25–50	pgl	0,01487	1,37806	0,0122	0,3578	0,1989	0,1164	23,0
	50–100	ps	0,01397	1,41876	0,0201	0,3224	0,1770	0,1024	23,1
8	0–25	pgm	0,01374	1,35940	0,0233	0,3610	0,2159	0,1345	22,6
	25–50	pgl	0,01620	1,37070	0,0234	0,3522	0,1980	0,1218	21,6
	50–100	ps	0,01581	1,42064	0,0236	0,3237	0,1718	0,1008	22,0
9	0–25	pgm	0,00865	1,32287	0,0445	0,3612	0,2607	0,1795	22,5
	25–50	ps	0,01316	1,40187	0,0084	0,3213	0,1786	0,1004	24,3
	50–100	pl	1,72515	1,24101	0,0103	0,3100	0,0759	0,0548	6,8
10	0–25	ps	0,01694	1,38272	0,0364	0,3302	0,1885	0,1203	20,6
	25–50	pgm	0,01315	1,37140	0,0202	0,3522	0,2089	0,1272	23,2
	50–100	ps	0,01577	1,41469	0,0250	0,3214	0,1730	0,1028	21,8

**Objaśnienia:**

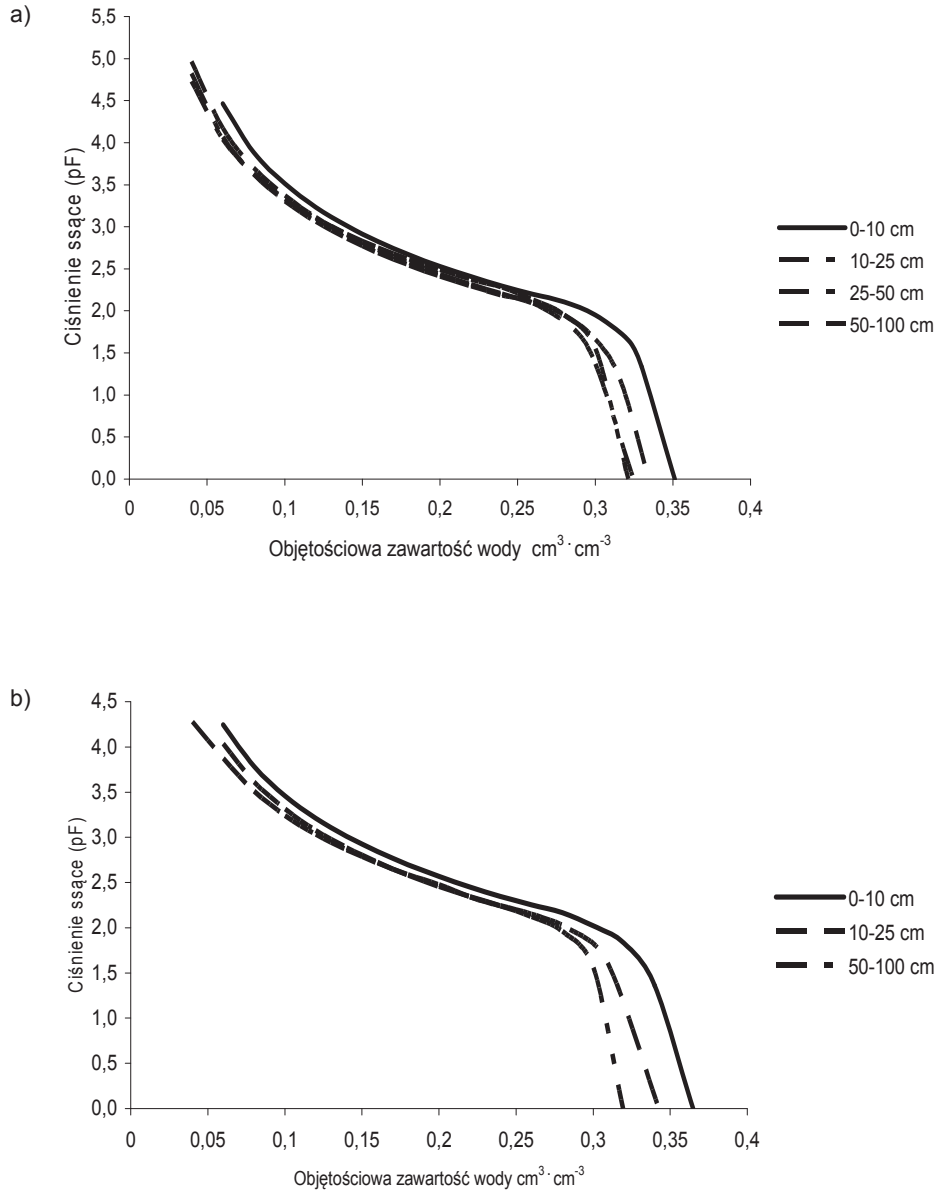
$\theta_{pF=2,5}$  – objętościowa zawartość wody w punkcie polowej pojemności wodnej [cm<sup>3</sup>×cm<sup>-3</sup>],

$\theta_{pF=3,2}$  – objętościowa zawartość wody w punkcie hamowania wzrostu roślin [cm<sup>3</sup>×cm<sup>-3</sup>],

$\theta_r$  – objętościowa zawartość wody w glebie w stanie powietrzno-suchym cm<sup>3</sup>×cm<sup>-3</sup>,

$\theta_s$  – objętościowa zawartość wody w glebie w stanie pełnego nasycenia cm<sup>3</sup>×cm<sup>-3</sup>,

$\alpha, n$  – parametry równania, wyznaczone metodami statystycznymi.



**Rys 1.** Przykładowe krzywe charakterystyki wodnej badanych gleb:  
a – w punkcie nr 1, b – w punkcie nr 5

**Fig. 1.** Example of water characteristics curves of investigated soils:  
a – point no 1, b – point no 5

#### 4. WNIOSKI

1. Badany teren podlega oddziaływaniu szkód górniczych spowodowanych działalnością eksploatacyjną KWK „Szczygłowice”. Wśród gleb przeważają piaski luźne i słabogliniaste o dużej przepuszczalności i małej retencyjności wodnej. Gleby o takim składzie granulometrycznym są podatne na procesy degradacji hydrologicznej i zawodnienia wodogruntowe.
2. Niewielkie zróżnicowanie w uziarnieniu gleb na badanej powierzchni wpłynęło na małe różnice we właściwościach wodnych analizowanych profili gruntów pogórnich. Pomimo niewielkiej różnorodności, wyznaczone krzywe charakterystyki wodnej badanych gleb mogą stanowić podstawę do prognozowania wielu niekorzystnych zjawisk lub zmian zachodzących w badanym środowisku glebowym spowodowanych degradacją hydrologiczną. Powinny być one uwzględnione także na etapie opracowania projektu rekultywacji tego terenu.

#### PIŚMIENNICTWO

- BOROŃ K., KLATKA S. 1999. Evaluation of farmland degradation induced by coal mine activity. 10 th International Soli Conference, May 23–28, 1999, Purdue University, USA, 118–121.
- BOROŃ K., RYCZEK M. 1999. Hydraulic conductivity in unsaturated zone of silt and ash. Proceedings of the International Symposium on Advances in water science, vol. I: Physics of soil water. Stara Lesna. Slovakia.
- DOBRZAŃSKI B. 1993. Gleboznawstwo. PWRiL, Warszawa.
- KLATKA S. 2001. Waloryzacja gleb zdegradowanych w wyniku działalności górnictwa na przykładzie Kopalni Węgla Kamiennego „Szczygłowice” w Knurowie. Praca doktorska. KRGIOT AR, Kraków (maszynopis).
- KLATKA S., BOROŃ K., LIPKA K. 2007. Zmienność powierzchniowa wybranych właściwości gleb na obszarze szkód górniczych. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 31: 160–165.
- KOWALIK P. 1972. Podstawy teoretyczne pomiarów potencjału wody glebowej. Problemy Agrofizyki.
- WÖSTEN J., H., M., VAN GENUCHTEN M., TH. 1988. Division s-6-soil and water management and conservation. Soil Sci. Soc. AM. J., Vol. 52. The Netherlands.
- ZAWADZKI S. 1999. Gleboznawstwo. PWRiL, Warszawa.