

## WŁAŚCIWOŚCI WODNE I POWIETRZNE GLEB PARKU MIEJSKIEGO – OGRODU SASKIEGO W LUBLINIE

*Monika Jaroszuk-Sierocińska, Beata Kołodziej,  
Maja Bryk, Anna Słowińska-Jurkiewicz*

Instytut Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin  
e-mail: monika.jaroszuk@up.lublin.pl

**Streszczenie.** Przeprowadzono badania właściwości wodno-powietrznych gleb kulturoziemnych w parku miejskim – Ogródzie Saskim w Lublinie. Próbkę do badań pobrano z pięciu pedonów, z warstw 0-20, 20-40 i 40-60 cm do cylindrów o objętości 100 cm<sup>3</sup>. Wykonano oznaczenia gęstości objętościowej gleby, gęstości stałej fazy i pojemności wodnej w różnych stanach potencjału wody. Obliczono porowatość ogólną, retencję wody produkcyjnej i użytecznej dla roślin oraz pojemność powietrzną w poszczególnych stanach potencjału wody. Oceniając właściwości fizyczne badanych gleb, można stwierdzić, że są one w większości przypadków bardzo dobre. Gęstość objętościowa w analizowanym materiale glebowym była najczęściej mniejsza od 1,30 Mg·m<sup>-3</sup>, zaś porowatość ogólna większa od 0,500 m<sup>3</sup>·m<sup>-3</sup>. Parametry charakteryzujące właściwości wodne były również bardzo korzystne: połowa pojemność wodna (–15,54 kPa) przekraczała w większości przypadków 0,350 m<sup>3</sup>·m<sup>-3</sup>, a retencja wody użytecznej dla roślin (–1554 <Ψ< –15,54 kPa) była większa od 0,250 m<sup>3</sup>·m<sup>-3</sup>. Za zbyt niską należy jednak uznać połowę pojemność powietrzną gleby w warstwie 0-20 cm w pedonie 1, znajdującym się w strefie, w której osoby piesze przemieszczają się po trawniku. Połowa pojemność powietrzna okazała się tą cechą fizyczną, która jako pierwsza zareagowała na zagrożenie wynikające z nadmiernej antropopresji.

**Słowa kluczowe:** Lublin, Ogród Saski, gleby kulturoziemne, właściwości wodno-powietrzne

### WSTĘP

W skali globalnej liczba mieszkańców miast bardzo szybko wzrasta. W roku 1950 w miastach żyło 30% populacji ludzkiej, w roku 2014 – 54%, zaś prognozy na rok 2050 przewidują 66% (United Nations 2015). W roku 2010 obszary wyznaczone przez administracyjne granice miast zajmowały ok. 3% powierzchni łądów, obszary zabudowane, zdominowane przez elementy będące efektem działań człowieka – 0,65%, zaś sztuczne powierzchnie nieprzepuszczalne – 0,45% (Liu i in. 2014). Pokrywa glebowa pełni w miastach bardzo ważne funkcje: 1) istotne dla ochrony

przed zagrożeniami, 2) produkcyjne, 3) istotne dla kształtowania jakości środowiska, 4) związane z dziedzictwem kulturowym (Lehmann 2006, Lehmann i Stahr 2010). Zróżnicowanie antropopresji w obszarach miejskich skutkuje występowaniem w nich mozaiki różnych ekosystemów i różnymi poziomami transformacji (Kowarik 2011). W konsekwencji gleby miejskie istnieją w odmiennych warunkach kształtowania niż ich niemiejskie odpowiedniki, zarówno ze względu na bezpośrednie antropogeniczne zaburzenia, jak i pośredni środowiskowy wpływ urbanizacji (Pavao-Zuckerman 2008). Pouyat i in. (2007) podkreślają, że właściwości powierzchniowej strefy gleb w miejskich krajobrazach zmieniają się w szerokim zakresie, jest więc trudne zarówno zdefiniowanie, jak i opisanie typowej „miejskiej gleby”. Lehmann i Stahr (2007) dzielą gleby miejskie na będące pod wpływem człowieka, zmienione przez człowieka i ukształtowane przez człowieka. W obrębie miast na szczególną uwagę zasługują ogrody, parki, skwery, strefy wokół drzew, których użytkowanie trwa od wielu dziesięcioleci. Z badań Scharenbrocha i in. (2005) wynika, że w glebie obiektów parkowych w miarę upływu czasu następują korzystne zmiany, przejawiające się zmniejszeniem gęstości objętościowej, zwiększeniem zawartości związków próchnicznych i poprawą ich jakości oraz zwiększeniem biomasy i aktywności mikroorganizmów.

Celem pracy jest ocena właściwości wodnych i powietrznych antropogenicznie przekształconych gleb Ogródu Saskiego – najcenniejszego pod względem historycznym parku w Lublinie. Jest to bardzo ważne ze względu na często niedocenianą ekologiczną funkcję parków i ogrodów miejskich, równie istotną jak ich funkcja estetyczno-rekreacyjna.

#### OBIEKT BADAŃ

Jeden z najstarszych publicznych parków w Polsce, park miejski w Lublinie – Ogród Saski, został założony w roku 1837 przez inżyniera wojewódzkiego Feliksa Bieczyńskiego na terenie nazywanym polami dominikańskimi. Był to obszar rozciągający się przy Trakcie Warszawskim, na który w pierwszych dekadach XIX w. wywożono śmieci. Pod względem fizycznogeograficznym ta część miasta zaliczana jest do mezoregionu Płaskowyż Nałęczowski, którego charakterystyczną cechą jest występowanie pokrywy lessowej o grubości od kilku do ponad 30 m. Ogród Saski, o powierzchni 12,76 ha, usytuowano na urzeźbionym stoku doliny rzeki Czechówki. Projektant wykorzystał walory lessowego krajobrazu, tworząc park w stylu angielskim. Współcześnie, biorąc pod uwagę dominację drzew i krzewów oraz ich zwarcie wynoszące 75%, zalicza się Ogród Saski do parków leśnych (Adamiec i Trzaskowska 2012). Drzewostan tworzą zarówno gatunki rosnące w warunkach naturalnych w lasach grądowych (*All. Carpinion betuli*), jak i rośliny egzotyczne (Trzaskowska i Adamiec 2014). Naturalną pokrywą glebową obszaru Ogródu Saskiego stanowiły gleby płowe typowe wytworzone z lessu (Haplic Luvisols), w różnym stopniu zerodowane. Jednakże w wyniku

utworzenia parku miejskiego i trwającego prawie 180 lat użytkowania parkowego zostały one silnie przekształcone antropogenicznie. Z poziomów genetycznych *Ap*, *Et* i górnej części *Bt* powstały wzbogacone w materię organiczną i węglan wapnia poziomy *A hortie* o miąższości ok. 60 cm (pedony 1, 3, 4 i 5). Wyjątek stanowi pedon 2, w którym głęboki poziom *A* charakteryzował się dużą zawartością węgla organicznego, ale był silnie zakwaszony, co nadaje mu cechy poziomu *plaggic* (tab. 1).

**Tabela 1.** Podstawowe właściwości gleb

**Table 1.** Basic properties of soils

Pedon	Warstwa Layer (cm)	Zawartość frakcji o średnicy w mm Content of fraction of diameter in mm			C org.	CaCO <sub>3</sub>	Gęstość stałej fazy Particle density (Mg·m <sup>-3</sup> )	Odczyn Reaction (pH <sub>KCl</sub> )
		2-0,05	0,05-0,002	≤ 0,002				
		g·100 <sup>-1</sup> ·g <sup>-1</sup>						
1. Hortisol	0-20	30	64	6	1,89	5,47	2,58	6,8
	20-40	28	65	7	0,66	4,37	2,64	6,9
	40-60	34	59	7	0,99	3,71	2,63	6,7
2. Plaggosol	0-20	24	69	7	1,94	0,00	2,59	4,7
	20-40	23	67	10	0,69	0,00	2,62	4,0
	40-60	24	64	12	0,69	0,00	2,64	4,4
3. Hortisol	0-20	26	69	5	1,83	0,55	2,59	6,5
	20-40	23	68	9	1,05	0,08	2,64	6,9
	40-60	19	70	11	0,30	5,87	2,67	7,0
4. Hortisol	0-20	29	70	1	3,48	3,27	2,48	6,5
	20-40	23	75	2	0,99	6,56	2,63	7,1
	40-60	23	72	5	0,84	6,73	2,66	7,2
5. Hortisol	0-20	27	71	2	1,83	1,34	2,60	6,7
	20-40	27	68	5	0,84	1,60	2,63	6,9
	40-60	27	68	5	0,69	1,51	2,62	7,0
1	Średnie dla pedonów Means for pedons	31	62	7	1,18	4,52	2,62	
2		24	66	10	1,11	0,00	2,62	
3		23	69	8	1,06	2,17	2,63	–
4		25	72	3	1,77	5,52	2,59	
5		27	69	4	1,12	1,48	2,62	
Średnie dla warstw Means for layers	0-20	27	69	4	2,19	2,13	2,57	
	20-40	25	68	7	0,85	2,52	2,63	–
	40-60	25	67	8	0,73	3,56	2,64	

We wszystkich pedonach występowały nieliczne artefakty w postaci okruczków rozdrobnionych cegieł o wymiarach 1-20 mm. Ich udział nie przekraczał 1% (v/v). Według Systematyki Gleb Polski badane gleby należy zaliczyć do rzędu gleb antropogenicznych, typu gleb kulturoziemnych, podtypów hortisoli i plaggosoli,

a zgodnie z IUSS Working Group WRB (2014) do Hortic i Plaggic Anthrosols. Odkrywki glebowe usytuowano na linii wschód-zachód, przechodzącej przez centralną część parku.

Pedon 1. Hortisol. Dolina w zachodniej części parku, stanowiąca fragment parku o najmniejszym udziale roślinności drzewiastej i krzewiastej, pokryty murawą z dominującym udziałem traw (strefa rekreacyjno-wypoczynkowa). Dno doliny nachylone jest pod kątem  $3^\circ$  w kierunku północnym. Maksymalne nachylenie zboczy wynosi  $8^\circ$ . Odkrywka wykonana była w dnie doliny ( $51^\circ 14' 58.7''\text{N}$ ,  $22^\circ 32' 40.7''\text{E}$ ). Pedon 2. Plaggosol. Zbocze o nachyleniu  $5^\circ$  w kierunku północno-wschodnim, teren pod roślinnością drzewiastą, słabo wykształcone runo (strefa rekreacyjno-wypoczynkowa). Odkrywka wykonana była w połowie długości zbocza ( $51^\circ 14' 59.1''\text{N}$ ,  $22^\circ 32' 44.9''\text{E}$ ). Pedon 3. Hortisol. Teren płaski w pobliżu salonu ogrodowego, trawnik z drzewami i krzewami (strefa rekreacyjno-wypoczynkowa) ( $51^\circ 14' 58.4''\text{N}$ ,  $22^\circ 32' 51.4''\text{E}$ ). Pedon 4. Hortisol. Teren płaski na obrzeżu salonu ogrodowego, trawnik z drzewami i krzewami (strefa reprezentacyjna) ( $51^\circ 14' 57.6''\text{N}$ ,  $22^\circ 32' 58.3''\text{E}$ ). Pedon 5. Hortisol. Dolina we wschodniej części parku, pomiędzy górnym i dolnym stawem, trawnik z drzewami i krzewami (strefa wypoczynkowa z układem wodnym). Odkrywka wykonana została w dolnej części zbocza o wystawie zachodniej i nachyleniu  $10^\circ$  ( $51^\circ 14' 57.6''\text{N}$ ,  $22^\circ 33' 2.4''\text{E}$ ).

#### METODY BADAŃ

Próbki do badań właściwości fizycznych gleby o zachowanej naturalnej strukturze pobrano z poziomów A w pięciu powtórzeniach z warstw 0-20, 20-40 i 40-60 cm do metalowych cylindrów o objętości  $100\text{ cm}^3$ . Gęstość objętościową gleby określono na podstawie stosunku masy gleby wysuszonej w temperaturze  $105^\circ\text{C}$  do jej objętości. Porowatość ogólną obliczono na podstawie gęstości stałej fazy i gęstości gleby. Pełną pojemność wodną (0,0 kPa) określono po całkowitym nasyceniu gleby wodą. Zawartość wody w stanach potencjału od  $-0,98$  do  $-49,03$  kPa oznaczono w komorach niskociśnieniowych, zaś w stanach potencjału od  $-155,4$  do  $-1554$  kPa w komorach wysokociśnieniowych, na porowatych płytach ceramicznych wyprodukowanych przez Eijkelkamp Agrisearch Equipment. Za stan połowej pojemności wodnej przyjęto potencjał wody  $-15,54$  kPa. Na podstawie wartości pojemności wodnych obliczono retencję wody użytecznej dla roślin (od  $-15,54$  do  $-1554$  kPa) i wody produkcyjnej (od  $-15,54$  do  $-490,3$  kPa). W pracy zamieszczono wartości pojemności wodnych i retencji wody wyrażone w  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ . Pojemność powietrzną w poszczególnych stanach potencjału wody obliczono na podstawie różnicy między pełną pojemnością wodną i odpowiednimi pojemnościami wodnymi wyrażonymi w  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ . Rozkład granulometryczny oznaczono metodą areometryczną Bouyoucosa-Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego. Zawartość podfrakcji

piasku o wymiarach  $0,1 < d \leq 2$  mm oznaczono metodą przemywania na sicie o średnicy oczek 0,1 mm. Pozostałe właściwości oznaczono: gęstość stałej fazy metodą piknometryczną, zawartość węgla organicznego metodą Tiurina w modyfikacji Simakowa, odczyn gleby potencjometrycznie, zawartość  $\text{CaCO}_3$  oznaczono metodą Scheiblera.

Wyniki analiz właściwości fizycznych gleb opracowano statystycznie, wykonując analizę wariancji dla klasyfikacji podwójnej ortogonalnej.

### OMÓWIENIE WYNIKÓW

Rozkład granulometryczny materiału glebowego spełniał kryteria pyłu gliniastego. Dominowała frakcja pyłu, której zawartość wynosiła  $59-75 \text{ g} \cdot 100^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ . Ilość frakcji piasku zawierała się w zakresie  $19-34 \text{ g} \cdot 100^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ , zaś frakcji iltu  $1-12 \text{ g} \cdot 100^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  (tab. 1). Zawartość węgla organicznego wynosiła  $0,30-3,48 \text{ g} \cdot 100^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ . Największą ilość węgla organicznego stwierdzono w warstwie 0-20 cm pedonu 4. Z wyjątkiem pedonu 2, w badanych glebach występował  $\text{CaCO}_3$ , którego obecność związana była z wprowadzaniem nawozów wapniowych w celu utrzymania odpowiedniego odczynu gleby. Układ wyników w warstwach w poszczególnych pedonach nie wykazywał wyraźnych prawidłowości, największe ilości  $\text{CaCO}_3$  wystąpiły w pedonie 4 w warstwach 20-40 i 40-60 cm (odpowiednio  $6,56$  i  $6,73 \text{ g} \cdot 100^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ). Odczyn gleby ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) był najczęściej obojętny lub bliski obojętnego, z wyjątkiem bezwęglanowego pedonu 2, w którym w warstwie 0-20 cm stwierdzono odczyn kwaśny, zaś w głębszych warstwach - silnie kwaśny.

Gęstość stałej fazy zawierała się w przedziale  $2,48-2,66 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Najmniejszą gęstość stałej fazy stwierdzono w najzasobniejszej w węgiel organiczny warstwie 0-20 cm pedonu 4.

Gęstość objętościowa gleby zawierała się w przedziale  $0,82-1,39 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$  (tab. 2). Wartość najmniejsza wystąpiła w warstwie 0-20 cm w pedonie 4, zaś największa w warstwie 20-40 cm w pedonie 5. Porowatość ogólna przekraczała  $0,500 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  i tylko w jednym przypadku była mniejsza ( $0,473 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  w warstwie 20-40 cm w pedonie 5) (tab. 2). Największą porowatość ogólną,  $0,668 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ , statystycznie istotnie większą niż w pozostałych warstwach wszystkich pedonów, stwierdzono w warstwie 0-20 cm w pedonie 4.

Pełna pojemność wodna (0 kPa) zawierała się w przedziale  $0,490-0,664 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ . Wartość najmniejszą odnotowano w warstwie 0-20 cm w pedonie 1, zaś największą – w warstwie 0-20 cm pedonu 4 (tab. 3). Należy podkreślić, że we wszystkich kolejnych analizowanych stanach potencjału wody maksymalna wartość pojemności wodnej występowała również w tej warstwie. W stanie potencjału wody  $-0,98$  kPa pojemność wodna zmniejszyła się do  $0,442-0,588 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ , wartości graniczne występowały w tych samych warstwach jak poprzednio. Przy potencjale  $-9,81$  kPa zakres

pojemności wynosił 0,366-0,484  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ , wartość minimalną stwierdzono w warstwie 40-60 cm pedonu 5. Również dla kolejnych analizowanych stanów potencjału, aż do -49,03 kPa, najmniejsze wartości pojemności występowały w tej warstwie. Pojemność wodna przy -15,54 kPa, odpowiadająca połowej pojemności wodnej, wynosiła 0,347-0,462, przy -30,99 kPa 0,340-0,446, a przy -49,03 kPa 0,308-0,427  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ . Jedynie w stanie połowej pojemności wodnej oraz przy kolejnym potencjale -30,99 kPa różnice w interakcji pedon  $\times$  warstwa były nieistotne statystycznie.

**Tabela 2.** Gęstość objętościowa i porowatość ogólna gleb

**Table 2.** Bulk density and total porosity of soils

Pedon	Warstwa Layer (cm)	Gęstość objętościowa Bulk density ( $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	Porowatość ogólna Total porosity ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ )
1. Hortisol	0-20	1,29	0,501
	20-40	1,31	0,504
	40-60	1,22	0,534
2. Plaggosol	0-20	1,16	0,552
	20-40	1,13	0,567
	40-60	1,20	0,544
3. Hortisol	0-20	1,21	0,535
	20-40	1,16	0,559
	40-60	1,27	0,524
4. Hortisol	0-20	0,82	0,668
	20-40	1,12	0,573
	40-60	1,05	0,606
5. Hortisol	0-20	1,14	0,561
	20-40	1,39	0,473
	40-60	1,22	0,533
1		1,27	0,513
2	Średnie dla pedonów Means for pedons	1,16	0,554
3		1,21	0,539
4		1,00	0,616
5		1,25	0,522
Średnie dla warstw Means for layers		0-20	1,12
	20-40	1,22	0,535
	40-60	1,19	0,548
	Pedon $\times$ warstwa Pedon $\times$ layer	0,12	0,049
NIR ( $\alpha = 0,05$ )	Pedony	0,06	0,022
LSD ( $\alpha = 0,05$ )	Pedons		
	Warstwy	0,04	0,015
	Layers		

Pojemność wodna w stanie potencjału -155,4 kPa (punkt silnego zahamowania wzrostu roślin) zawierała się w zakresie od 0,087 (warstwa 40-60 cm w pedonie 4) do 0,200  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  (warstwa 0-20 cm w pedonie 4) (tab. 4). Taki sam układ maksymalnych i minimalnych wartości występował w kolejnych stanach potencjału.

Dla  $-490,3$  kPa (punkt całkowitego zahamowania wzrostu roślin) zakres wyników wynosił  $0,068-0,183 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ , zaś dla  $-1554$  kPa (punkt trwałego wędnięcia roślin, odpowiadający retencji wody niedostępnej dla roślin zawartej w porach o średnicy ekwiwalentnej  $< 0,2 \mu\text{m}$ )  $0,067-0,164 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ .

**Tabela 3.** Pojemności wodne w stanach wysokiego potencjału wody glebowej  
**Table 3.** Water contents at high soil water potentials

Pedon	Warstwa Layer (cm)	Pojemność wodna w stanie potencjału wody w kPa Water contents at water potential in kPa ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ )					
		0	-0,98	-9,81	-15,54	-30,99	-49,03
1. Hortisol	0-20	0,490	0,442	0,429	0,421	0,409	0,394
	20-40	0,495	0,444	0,396	0,374	0,359	0,345
	40-60	0,516	0,461	0,394	0,371	0,356	0,345
2. Plaggosol	0-20	0,540	0,488	0,460	0,446	0,431	0,407
	20-40	0,544	0,483	0,405	0,380	0,368	0,355
	40-60	0,547	0,482	0,399	0,368	0,353	0,337
3. Hortisol	0-20	0,547	0,494	0,446	0,431	0,417	0,404
	20-40	0,545	0,479	0,380	0,358	0,351	0,331
	40-60	0,512	0,457	0,377	0,355	0,348	0,329
4. Hortisol	0-20	0,664	0,588	0,484	0,462	0,446	0,427
	20-40	0,570	0,487	0,393	0,375	0,362	0,339
	40-60	0,585	0,494	0,409	0,390	0,386	0,376
5. Hortisol	0-20	0,540	0,491	0,422	0,407	0,400	0,378
	20-40	0,502	0,445	0,382	0,369	0,366	0,346
	40-60	0,539	0,478	0,366	0,347	0,340	0,308
1	Średnie dla pedonów Means for pedons	0,500	0,449	0,406	0,389	0,375	0,362
2		0,544	0,484	0,421	0,398	0,384	0,366
3		0,535	0,476	0,401	0,381	0,372	0,355
4		0,606	0,523	0,429	0,409	0,398	0,381
5		0,527	0,471	0,390	0,374	0,368	0,344
Średnie dla warstw Means for layers	0-20	0,556	0,500	0,448	0,433	0,421	0,402
	20-40	0,531	0,468	0,391	0,371	0,361	0,343
	40-60	0,540	0,474	0,388	0,366	0,356	0,339
NIR ( $\alpha = 0,05$ ) LSD ( $\alpha = 0,05$ )	Pedon $\times$ warstwa Pedon $\times$ layer	0,049	0,043	0,038	n.s.	n.s.	0,047
	Pedony Pedons	0,022	0,020	0,017	0,019	0,020	0,021
	Warstwy Layers	0,015	0,013	0,012	0,012	0,013	0,014

Retencja wody produkcyjnej, zawartej w porach o średnicy ekwiwalentnej  $0,6-20 \mu\text{m}$  (potencjał wody  $-490,3 < \Psi < -15,54$  kPa), wynosiła od  $0,245$  (warstwa  $40-60$  cm w pedonie 1) do  $0,323$  (warstwa  $0-20$  cm w pedonie 2)  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  (tab. 4).

Retencja wody użytecznej dla roślin, zawartej w porach o średnicy ekwiwalentnej 0,2-20  $\mu\text{m}$  (potencjał wody  $-1554 < \Psi < -15,54$  kPa), była najczęściej tylko nieznacznie większa od retencji wody produkcyjnej. Największą różnicę stwierdzono w warstwie 0-20 cm pedonu 4. Maksymalne i minimalne wartości tej retencji wystąpiły w tych samych warstwach, jak w przypadku retencji wody produkcyjnej i wynosiły odpowiednio 0,326 i 0,257  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ .

**Tabela 4.** Pojemności wodne w stanach niskiego potencjału wody glebowej i retencje wodne gleb  
**Table 4.** Water contents at low soil water potentials and water retention of soils

Pedon	Warstwa Layer (cm)	Pojemność wodna przy potencjale wody w kPa			Retencja wody w zakresie potencjału wody w kPa		
		Water content at water potential in kPa			Water retention in the range of water potential in kPa		
		$\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$					
		-155,4	-490,3	-1554	-490,3 < $\Psi$ < -15,54	-1554 < $\Psi$ < -15,54	
1. Hortisol	0-20	0,174	0,152	0,144	0,269	0,277	
	20-40	0,135	0,100	0,093	0,275	0,281	
	40-60	0,153	0,126	0,114	0,245	0,257	
2. Plaggosol	0-20	0,135	0,123	0,120	0,323	0,326	
	20-40	0,098	0,076	0,074	0,304	0,307	
	40-60	0,106	0,079	0,078	0,289	0,291	
3. Hortisol	0-20	0,157	0,143	0,139	0,289	0,292	
	20-40	0,129	0,099	0,095	0,259	0,263	
	40-60	0,144	0,102	0,097	0,253	0,258	
4. Hortisol	0-20	0,200	0,183	0,164	0,279	0,298	
	20-40	0,103	0,083	0,081	0,291	0,293	
	40-60	0,087	0,068	0,067	0,322	0,323	
5. Hortisol	0-20	0,142	0,119	0,111	0,288	0,296	
	20-40	0,129	0,102	0,098	0,267	0,271	
	40-60	0,111	0,083	0,079	0,264	0,268	
1	Średnie dla pedonów Means for pedons	0,154	0,126	0,117	0,263	0,272	
2		0,113	0,093	0,091	0,305	0,308	
3		0,143	0,115	0,110	0,267	0,271	
4		0,130	0,111	0,104	0,297	0,305	
5		0,127	0,101	0,096	0,273	0,278	
Średnie dla warstw Means for layers	0-20	0,162	0,144	0,136	0,290	0,298	
	20-40	0,119	0,092	0,088	0,279	0,283	
	40-60	0,120	0,092	0,087	0,274	0,279	
NIR ( $\alpha = 0,05$ ) LSD ( $\alpha = 0,05$ )	Pedon $\times$ warstwa Pedon $\times$ layer	0,018	0,016	0,016	0,048	0,047	
	Pedony Pedons	0,008	0,008	0,008	0,022	0,021	
	Warstwy Layers	0,006	0,005	0,005	0,014	0,014	



**Tabela 5.** Pojemności powietrzne gleb  
**Table 5.** Air contents of soils

Pedon	Warstwa Layer (cm)	Pojemność powietrzna w stanie potencjału wody w kPa Air content at water potential in kPa (m <sup>3</sup> ·m <sup>-3</sup> )				
		-0,98	-9,81	-15,54	-30,99	-49,03
1. Hortisol	0-20	0,048	0,061	0,068	0,081	0,096
	20-40	0,050	0,098	0,120	0,136	0,150
	40-60	0,055	0,122	0,144	0,160	0,170
2. Plaggosol	0-20	0,053	0,080	0,094	0,110	0,134
	20-40	0,061	0,139	0,163	0,175	0,188
	40-60	0,065	0,148	0,178	0,194	0,210
3. Hortisol	0-20	0,053	0,101	0,116	0,130	0,143
	20-40	0,066	0,165	0,187	0,194	0,214
	40-60	0,056	0,136	0,157	0,164	0,183
4. Hortisol	0-20	0,077	0,180	0,202	0,218	0,238
	20-40	0,083	0,177	0,195	0,208	0,231
	40-60	0,091	0,176	0,195	0,199	0,209
5. Hortisol	0-20	0,050	0,118	0,134	0,141	0,163
	20-40	0,058	0,120	0,133	0,136	0,157
	40-60	0,060	0,172	0,192	0,199	0,230
1	Średnie dla pedonów Means for pedons	0,051	0,094	0,111	0,126	0,138
2		0,060	0,122	0,145	0,160	0,177
3		0,058	0,134	0,153	0,163	0,180
4		0,084	0,178	0,198	0,208	0,226
5		0,056	0,137	0,153	0,159	0,183
Średnie dla warstw	0-20	0,056	0,108	0,123	0,136	0,155
Means for layers	20-40	0,063	0,140	0,160	0,170	0,188
	40-60	0,065	0,151	0,173	0,183	0,201
	Pedon × warstwa Pedon × layer	n.s.	0,041	0,045	0,049	0,055
NIR (α = 0,05)	Pedony	0,012	0,019	0,021	0,022	0,025
LSD (α = 0,05)	Pedons					
	Warstwy Layers	0,008	0,013	0,014	0,015	0,017

Pojemność powietrzna w stanie potencjału  $-0,98$  kPa, odpowiadająca objętości porów o średnicy ekwiwalentnej  $>300$   $\mu\text{m}$ , zawierała się w przedziale od  $0,048$  (warstwa  $0-20$  cm w pedonie 1) do  $0,091$   $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  (warstwa  $40-60$  cm w pedonie 4). W miarę obniżania potencjału wody pojemność powietrzna wzrastała, najmniejsze jej wartości występowały zawsze w warstwie  $0-20$  cm pedonu 1, a największe w warstwie  $0-20$  cm pedonu 4. Dla potencjału  $-9,81$  kPa (objętość porów o średnicy ekwiwalentnej  $> 30$   $\mu\text{m}$ ) zakres wynosił  $0,061-0,180$   $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ , dla potencjału  $-15,54$  kPa, czyli dla połowej pojemności powietrznej (objętość porów o średnicy ekwiwalentnej  $> 20$   $\mu\text{m}$ ),

0,068-0,202  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ , dla potencjału  $-30,99$  kPa (objętość porów o średnicy ekwiwalentnej  $>10 \mu\text{m}$ ) 0,081-0,218  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ , zaś dla potencjału  $-49,03$  kPa (objętość porów o średnicy ekwiwalentnej  $>6 \mu\text{m}$ ) 0,096-0,238  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ .

#### DYSKUSJA

Stan fizyczny gleb Ogrodu Saskiego należy ocenić pozytywnie. Gęstość objętościowa w analizowanym materiale glebowym była najczęściej mniejsza od  $1,30 \text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ , zaś porowatość ogólna większa od  $0,500 \text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ . Należy podkreślić, że w badanych glebach nie wystąpiły wartości gęstości objętościowej powyżej  $1,40 \text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ , często spotykane w obiektach parkowych (Ilyashenko i Semenyuk 2014, Prokof'eva i Poputnikov 2010, Słowińska-Jurkiewicz i Jaroszuk-Sierocińska 2015, Szombathová i in. 2009). Parametry charakteryzujące właściwości wodne były również bardzo korzystne: połowa pojemność wodna przekraczała w większości przypadków  $0,350 \text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ , a retencja, zarówno wody użytecznej dla roślin, jak i wody produkcyjnej, była większa od  $0,250 \text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ . W przypadku dwu najważniejszych cech – połowej pojemności wodnej i retencji wody użytecznej – średnie wartości uzyskane w warstwie 0-20 cm były statystycznie istotnie większe niż w warstwach głębszych. W glebach wytworzonych z lessu tak dobre wyniki uzyskuje się głównie w poziomach próchnicznych gleb ekosystemów leśnych (Słowińska-Jurkiewicz 1989). Wśród gleb użytkowanych rolniczo nawet w czarnoziemach należących do kompleksu przydatności rolniczej pszennego bardzo dobre wartości parametrów wodnych były gorsze (Paluszek 2016). Zgodnie z wartościami granicznymi podanymi przez Paluszka (2011), gęstość objętościową gleb Ogrodu Saskiego należy ocenić jako najczęściej bardzo małą i małą, porowatość ogólną jako dużą i bardzo dużą, połowę pojemność wodną i retencję wody użytecznej dla roślin jako bardzo dużą. Odmiennie przedstawiał się układ wyników pojemności punktu trwałego wędnięcia roślin (retencji wody niedostępnej dla roślin). Duża ilość koloidalnych związków organicznych zwiększała ilość wody związanej adsorpcyjnie. W najbardziej zasobnym w węgiel organiczny materiale z warstwy 0-20 cm wilgotność punktu trwałego wędnięcia była więc bardzo duża, duża lub średnia, a w głębszych, mniej próchnicznych warstwach, średnia lub mała. Zwiększenie retencji wody niedostępnej dla roślin było negatywnym aspektem dużej zawartości węgla organicznego w materiale glebowym, rekompensowanym jednak przez wzrost zawartości najcenniejszych kategorii wody.

Wartość połowej pojemności powietrznej związana jest z porowatością strukturalną, którą Dexter (2004) definiuje jako zespół mikro- i makroporów i makrostruktur wytwarzanych podczas uprawy. Porowatość strukturalna jest bardzo wrażliwa na działanie czynników agrotechnicznych oraz ugniatanie gleby, znacznie bardziej niż porowatość teksturalna, którą tworzą pory występujące między

cząstkami elementarnymi. Wyniki polowej pojemności powietrznej badanych gleb potwierdzają tę prawidłowość. Połowa pojemność powietrzna wykazywała większe zróżnicowanie niż połowa pojemność wodna, a jej wartości występowały w każdej z wyróżnionych przez Paluszka (2011) klas (bardzo duża – 5 wyników, duża – 4, średnia – 4, mała – 1, bardzo mała – 1). Biorąc pod uwagę fakt, że połowa pojemność powietrzna powinna wynosić co najmniej  $0,100 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  (Kirkham 2005), za zbyt niską należy uznać jej wartość w warstwie 0-20 cm w pedonie 1 ( $0,068 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ). Jest to niekorzystne następstwo przemieszczania się osób pieszych po zadarnionym obszarze, na którym nie ma formalnych alejek. Połowa pojemność powietrzna okazała się więc tą cechą fizyczną, która jako pierwsza zareagowała na nadmierną antropopresję. Również średnie wartości pojemności powietrznej w poszczególnych stanach potencjału wody obliczone dla warstw wskazywały, że warstwa najgłębsza, 40-60 cm, charakteryzowała się lepszymi parametrami powietrznymi niż warstwa powierzchniowa, a różnice były statystycznie istotne. Na zagrożenia dla stanu fizycznego gleb w parkach, wynikające z nadmiernego ruchu pieszych, rowerów i innych pojazdów, zwracają uwagę Millward i in. (2011) oraz Sikorski i in. (2013).

Na szczególną uwagę wśród gleb Ogrodu Saskiego zasługuje niewątpliwie pedon 4, znajdujący się w reprezentacyjnej strefie parku. Średnie wartości najważniejszych cech fizycznych w tym pedonie można uznać za wzorcowe dla gleb parków i ogrodów (gęstość objętościowa  $1,00 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ , pełna pojemność wodna  $0,606 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ , połowa pojemność wodna  $0,409 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ , retencja wody użytecznej dla roślin  $0,305 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ , połowa pojemność powietrzna  $0,198 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ). Wartości te najczęściej różniły się istotnie statystycznie od uzyskanych średnio w pozostałych pedonach. Ten korzystny stan był efektem umiejętnej pielęgnacji gleb w strefie reprezentacyjnej parku, a przede wszystkim systematycznego wprowadzania znacznych ilości substancji organicznej, co jest podstawowym warunkiem utrzymania środowiska glebowego w optymalnej kondycji.

## WNIOSKI

1. Gleby Ogrodu Saskiego w Lublinie należą do rzędu gleb antropogenicznych, typu gleb kulturoziemnych. Są to w większości gleby z podtypu hortisoli (Hortic Anthrosols), a jeden pedon reprezentuje podtyp plaggosoli (Plaggic Anthrosols).

2. Biorąc pod uwagę badane parametry fizyczne, stan gleb należy ocenić jako korzystny. Gęstość objętościowa była najczęściej bardzo mała i mała, porowatość ogólna duża i bardzo duża, połowa pojemność wodna i retencja wody użytecznej dla roślin bardzo duża.

3. Najlepszy stan fizyczny wykazywała gleba znajdująca się w reprezentacyjnej części parku (pedon 4), zawierająca najwięcej węgla organicznego.

4. Najlepsze wartości właściwości wodnych wykazywała warstwa 0-20 cm, a najlepsze wartości właściwości powietrznych warstwa 40-60 cm.

5. Polowa pojemność powietrzna okazała się czułym wskaźnikiem niekorzystnych zmian zachodzących w glebie w wyniku nadmiernej antropopresji. Niekorzystne zmniejszenie jej wartości było związane z przemieszczaniem się osób pieszych po obszarze zadarnionym.

6. Brak węgla wapnia i zakwaszenie gleby nie wpłynęły negatywnie na jej stan fizyczny.

#### PIŚMIENNICTWO

- Adamiec P., Trzaskowska E., 2012. Diagnoza stanu i walorów parków miejskich Lublina oraz wytyczne do ich kształtowania. *TeKa Kom. Arch. Urb. Stud. Krajobr. – OL PAN*, VIII/1, 7-18.
- Dexter A.R., 2004. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, 120, 201-214.
- Ilyashenko M.A., Semenyuk O.V., 2014. Physical properties of park soils of the objects of landscape architecture. *Moscow Univ. Soil Sci. Bull.*, 69,1, 23-28.
- IUSS Working Group WRB, 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports No. 106*, FAO, Rome, 191 pp. ISBN 978-92-5-108369-7.
- Kirkham M.B. 2005. Principles of soil and plant water relations. Elsevier Academic Press., pp. 500.
- Kowarik I., 2011. Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation. *Environ. Poll.*, 159, 1974-1983.
- Lehmann A., 2006. Technosols and other proposals on urban soils for the WRB (World Reference Base for Soil Resources). *Int. Agrophys.*, 20, 129-134.
- Lehmann A., Stahr K., 2007. Nature and significance of anthropogenic urban soils. *J. Soils Sedim.*, 7, 4, 247-260.
- Lehmann A., Stahr K., 2010. The potential of soil functions and planner-oriented soil evaluation to achieve sustainable land use. *J. Soils Sedim.*, 10, 1092-1102.
- Liu Z., He C., Zhou Y., Wu J., 2014. How much of the world's land has been urbanized, really? A hierarchical framework for avoiding confusion. *Landscape Ecol.*, 29, 763-771.
- Millward A.A., Paudel K., Briggs S.E., 2011. Naturalization as a strategy for improving soil physical characteristics in a forested urban park. *Urban Ecosyst.*, 14, 261-278.
- Paluszek J., 2011. Kryteria oceny jakości fizycznej gleb uprawnych Polski. *Acta Agrophys.*, Rozpr. i Monogr., 191, ss. 138.
- Paluszek J., 2016. Comparing the physical quality of Polish chernozems classified in various complexes of agricultural suitability. *Pol. J. Environ. Stud.*, 25,1, 259-271.
- Pavao-Zuckerman M., 2008. The nature of urban soils and their role in ecological restoration in cities. *Restor. Ecol.*, 16,4, 642-649.
- Pouyat R.V., Yesilonis I.D., Russel-Anelli J., Neerchal N.K., 2007. Soil chemical and physical properties that differentiate urban land-use and cover types. *Soil. Sci. Am. J.*, 71, 1010-1019.
- Prokof'eva T.V., Poputnikov V.O., 2010. Anthropogenic transformation of soils in the Pokrovskoe-Streshnevo Park (Moscow) and adjacent residential areas. *Eurasian Soil Sci.*, 43, 6, 701-711.
- Scharenbroch B.C., Lloyd J.E., Johnson-Maynard J.L., 2005. Distinguishing urban soils with physical, chemical, and biological properties. *Pedobiologia*, 49, 283-296.

- Sikorski P., Szumacher I., Sikorska D., Kozak M., Wierzba M., 2013. Effects of visitor pressure on understory vegetation in Warsaw forested parks (Poland). *Environ. Monit. Assess.*, 185, 5823-5836.
- Słowińska-Jurkiewicz A., 1989. Struktura i właściwości wodno-powietrzne gleb wytworzonych z lesu. *Rocz. Nauk Roln.*, s. D Monografie, 218, ss. 76.
- Słowińska-Jurkiewicz A., Jaroszuk-Sierocińska M., 2015. Stan fizyczny gleb parku dworskiego w Kozłowie, w województwie lubelskim. *Acta Agrophys.*, 22(4), 445-456.
- Szombathová N., Supuka J., Šimanský V., Tobiašová E., 2009. Ecological conditions of selected woody plants in the urban area Nitra. *Ekológia (Bratislava)*, 28, 1, 82-93.
- Trzaskowska E., Adamiec P., 2014. Wartości przyrodnicze parków historycznych Lublina na tle struktury ekologicznej miasta. *Prace Kom. Kraj. Kultur.*, 25, 57-69.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2015. *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision (ST/ESA/SER. A/366)*, pp. 493.

## WATER AND AIR PROPERTIES OF SOILS OF URBAN PARK – SASKI GARDEN IN LUBLIN (POLAND)

*Monika Jaroszuk-Sierocińska, Beata Kołodziej,  
Maja Bryk, Anna Słowińska-Jurkiewicz*

Institute of Soil Science, Environment Engineering and Management  
University of Life Sciences in Lublin, ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin, Poland  
e-mail: monika.jaroszuk@up.lublin.pl

**Abstract.** The water-air properties of Anthrosols were studied in a city park – the Saski Garden in Lublin. Samples for analyses were taken from five pedons, from three horizons: 0-20, 20-40 and 40-60 cm, into metal cylinders with volume of 100 cm<sup>3</sup>. The analyses included determination of bulk density of the soil, density of the solid phase and water capacity in various states of water potential. Values of total porosity, retention of productive water and water usable for plants, and air capacity in different states of water potential were calculated. Analysing the physical properties of the soils we can conclude that they are, in most cases, very good. The bulk density of the soil in the analysed material was usually less than 1.30 Mg m<sup>-3</sup>, while the total porosity greater than 0.500 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>. The parameters characterising the properties of water were also very beneficial: field water capacity (-15.54 kPa) exceeded in most cases the level of 0.350 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, and the retention of water usable for plants (-1554 < Ψ < -15.54 kPa) was higher than 0.250 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>. The field air capacity of the soil layer of 0-20 cm in pedon 1, located in the zone in which persons walk on the lawn, should be considered as too low. The field air capacity proved to be the physical feature that first responded to the risks arising from excessive anthropopressure.

**Keywords:** Lublin, Saski Garden, Anthrosols, soil water and air properties