

WPLYW DODATKU MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH I ZMIAN  
TEMPERATURY NA RETENCJĘ WODNĄ I POROWATOŚĆ  
GLEBY PŁOWEJ WYTWORZONEJ Z LESSU

*Grzegorz Bowanko, Barbara Witkowska-Walczak, Mieczysław Hajnos*

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin  
e-mail: gbowanko@demeter.ipan.lublin.pl

**Streszczenie.** Przedstawiono wyniki badań wpływu dodatku miazgu z gruzu budowlanego i cykli termicznych na retencję i rozkład porów w glebie lessowej. Stwierdzono, że obecność materiałów budowlanych w modelowych mieszaninach, jak i przeprowadzone cykle termiczne, powodują zmiany właściwości wodnych, przy czym największe ich zmiany obserwowano po I i II cyklu termicznym. Zwiększanie ilości miazgu dodanego do gleby z 10 do 50% w niewielkim stopniu wpływa na retencję wodną. Spadek ilości średnich porów zarówno w glebie, jak i w jej mieszaninach z miazgiem pod wpływem cykli termicznych jest zjawiskiem wysoce niekorzystnym, gdyż w nich retencjonowana jest woda użyteczna dla roślin.

**Słowa kluczowe:** urbanoziemy, retencja wodna, porowatość

#### WSTĘP

Urbanoziemy należą do gleb antropogenicznych charakteryzujących się najwyższym stopniem degradacji. Gleby te powstają w wyniku oddziaływania na środowisko glebowe zabudowy przemysłowej i komunalnej. Pod wpływem wymienionych czynników zachodzą zasadnicze zmiany naturalnych właściwości morfologicznych, fizycznych i chemicznych gleb, które doprowadzają do zaburzenia w nich układów biologicznych, a w konsekwencji do ich zniekształceń i dewastacji. Do urbanoziemów zaliczane są także gleby, które zostały zniszczone mechanicznie albo hydrologicznie, jak również zapyłone w takim stopniu, że trwałe układy biofizyczne w profilu glebowym zostały zniszczone. Urbanoziemy występują na obszarach dużych aglomeracji miejskich, a ich przemiany są głównie związane z przekształceniami chemicznymi, tj. zasoleniem, zakwaszeniem, alkalizacją lub nagromadzeniem metali ciężkich. Powodem tych zjawisk może

być pozostawianie w glebie różnego rodzaju materiałów budowlanych, które w wyniku czynników atmosferycznych ulegają korozji i wpływają na zmianę właściwości gleby [1,4,6,13,14].

Dodanie do gleby materiałów budowlanych zmienia jej strukturę, powodując tym samym zmianę porowatości i dystrybuanty porów, warunkujących wiele istotnych zjawisk w nich zachodzących, m. in. retencję i przewodnictwo wodne, wymianę gazową, akumulację składników pokarmowych, penetrację korzeni roślin [2,3,8,10,15].

Zmiany temperatury otoczenia są istotnym czynnikiem oddziałującym na procesy glebotwórcze. Decydują one, m. in., o szybkości reakcji chemicznych i aktywności biologicznej gleb, właściwościach koloidów glebowych oraz procesach zamrażania i rozmarzania wody glebowej. Procesom tym towarzyszą zmiany objętości fazowej i związane z nimi znaczne gradienty ciśnienia powodujące zmiany stopnia dyspersji mineralnych składników gleby. Zamrażanie i rozmarzanie wpływa również na strukturalny rozwój gleby, jej konsolidację, deformację oraz przemieszczanie cząstek i są ściśle związane z ilością wody, zawartością w niej soli oraz siłami, jakimi woda jest wiązana w profilu [5,7,9,11,12].

Celem pracy było określenie wpływu dodatku miazgi z gruzu budowlanego i cyklicznych zmian temperatury na retencję wodną i porowatość gleby płowej wytworzonej z lessu.

#### MATERIAŁ I METODY

Próbki do badań pobrano z warstwy ornej gleby płowej wytworzonej z lessu. W celu standaryzacji materiału badawczego glebę po jej wysuszeniu w temperaturze pokojowej przesiano przez sito o średnicy oczek 1 mm. Materiał glebowy został wymieszany z miazgą gruzu budowlanego. Gruz składał się z jednakowej ilości (wagowo) materiałów budowlanych (cegła, beton, beton komórkowy, zaprawa). Materiały budowlane przed wymieszaniem zostały zmielone i przesiane przez sito o średnicy oczek 1 mm. Mieszanki gleby i miazgi gruzu budowlanego przygotowano w relacjach wagowych 9:1 i 5:5, tj., 90% gleby + 10% miazgi oraz 50% gleby + 50% miazgi. Podstawowe właściwości badanej gleby i miazgi przedstawiono w tabeli 1.

W celu wstępnej standaryzacji próbek poddano je kilku cyklom osuszania-nawilżania. Następnie materiał badawczy o wilgotności 25% ( $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) zamrażano ( $t = -20^{\circ}\text{C}$ ) i ogrzewano ( $t = +30^{\circ}\text{C}$ ). Próbki przebywały przez 1 tydzień w temperaturze  $t = +30^{\circ}\text{C}$  i przez kolejny tydzień w temperaturze  $t = -20^{\circ}\text{C}$ . Proces ten powtarzano 3-krotnie i nazwano pojedynczym cyklem zamrażania-rozmrażania. W sumie przeprowadzono trzy takie cykle (I, II, III). Po upływie każdego cyklu pobierano część materiału potrzebną do przeprowadzenia analiz, a pozostałą część mieszanin poddawano następnemu cyklowi termicznemu. Doświadczenie trwało

18 tygodni, a materiał do badań pobierano po szóstym (I cykl), dwunastym (II cykl) i osiemnastym (III cykl) tygodniu.

**Tabela 1.** Podstawowe właściwości badanej gleby i miazgu gruzu budowlanego  
**Table 1.** Basic properties of the investigated soil and debris

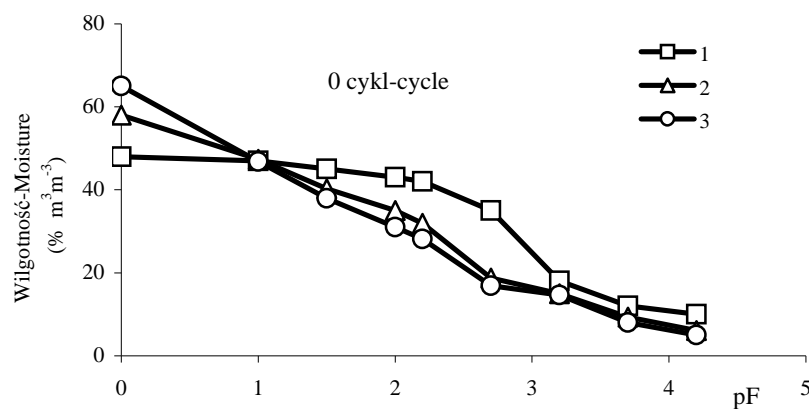
Materiał Material	Rozkład granulometryczny Granulometric composition (%, $\Phi$ in mm)			Powierzchnia właściwa Specific surface area ( $m^2 \cdot g^{-1}$ )	Zawartość Content (%)		pH w/in
	1-0,1	0,1-0,02	<0,02		CaCO <sub>3</sub>	C <sub>org.</sub>	
Gleba Soil	5	58	37	39,7	0,4	1,1	7,4
Miał Debris	67	21	12	3,4	–	–	10,2

Krzywe retencji wodnej wyznaczono przy użyciu aparatury firmy Soil Moisture Equipment – LAB 012 do pomiaru zależności pomiędzy ilością wody a jej potencjałem w procesie osuszania w zakresie potencjałów:  $98,1 J \cdot m^{-3}$  (pF 0) –  $1,5 \cdot 10^6 J \cdot m^{-3}$  (pF 4,2). Na podstawie uzyskanych charakterystyk potencjał wody – wilgotność wyliczono zawartości porów dużych ( $\Phi > 30 \mu m$ ), średnich (30-0,2  $\mu m$ ) i małych ( $\Phi < 0,2 \mu m$ ) znajdujących się w badanym materiale [16].

#### WYNIKI BADAŃ

Krzywe retencji wodnej, tj. zależność pomiędzy potencjałem wody glebowej (pF) a zawartością wody (W) wyrażoną w %  $m^3 \cdot m^{-3}$ , dla badanej gleby i jej mieszanin z miazgiem po kolejnych cyklach termicznych przedstawiono na rysunkach 1-4. Analizując przebieg krzywych retencji materiału glebowego można stwierdzić, że zawartość wody w całym zakresie pF po kolejnych cyklach termicznych zmniejszyła się o 8-5%, z wyjątkiem pF 4,2, gdzie odnotowano wzrost o 2%. Przebieg krzywych retencji wodnej był typowy dla tak przygotowanego materiału glebowego i charakteryzował się minimalnym (mniejszym niż 5%) spadkiem wilgotności pomiędzy pF 0 a pF 2-2,2 oraz znaczącym jej zmniejszeniem (32-24%) w zakresie pF 2-2,2 – pF 4,2.

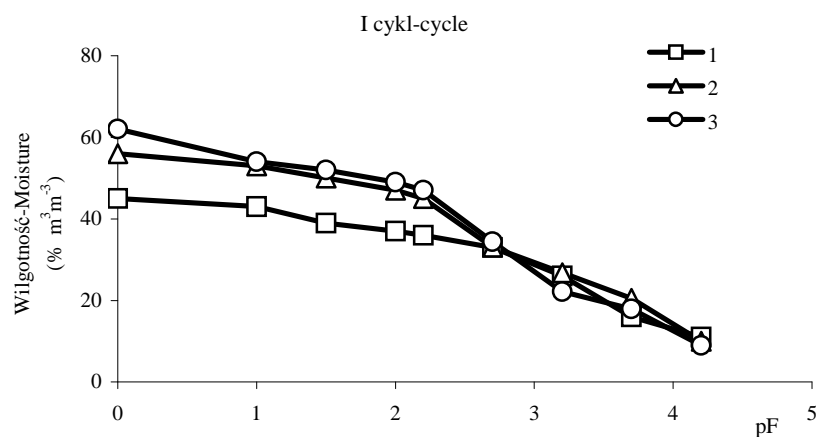
Dodanie do przesianej gleby miazgu spowodowało zwiększenie jej porowatości ogólnej, co uwidoczniło się gwałtownym wzrostem ilości wody przy pF0 (rys. 1). Jednak już przy pF1 ilość wody zawartej w glebie i jej mieszaninach z miazgiem wyrównała się (47%). Przy wyższych wartościach pF różnica w ilości wody zawartej w glebie i jej mieszaninach z miazgiem powiększyła się na korzyść gleby i wahała się w granicach od 18 do 14% przy pF 2,2-2,7 i od 3 do 5% przy pF większych od 2,7.



**Rys. 1.** Krzywe retencji wodnej dla badanego materiału glebowego (1) i mieszanin z miałem gruzu budowlanego (90% gleby + 10% miału) (2) oraz 50% gleby + 50% miału) (3) przed cyklami termicznymi

**Fig. 1.** Water retention curves for investigated soil material (1) and its mixtures with debris (90% soil + 10% debris) (2) as well as (50% soil + 50% debris) (3) before thermal cycles

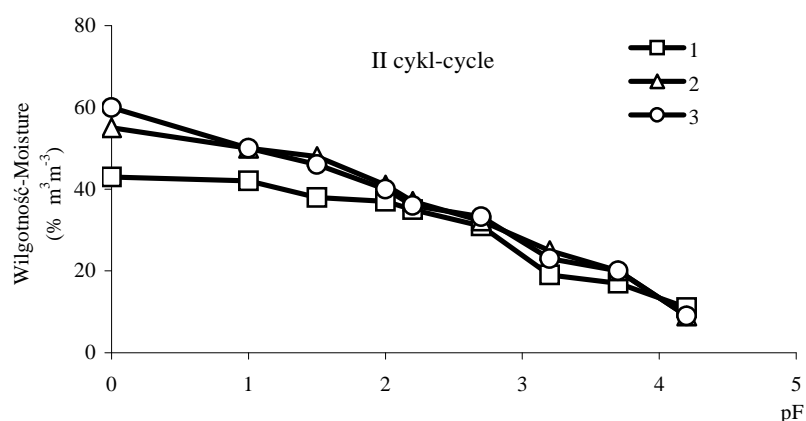
Po pierwszym cyklu termicznym (I) (rys. 2) zawartość wody w mieszaninach zwiększyła się w stosunku do gleby od 9 do 15% przy pF 0-2,2. Przy pF 2,7 i przy wyższych wartościach potencjału ilość wody zawartej w glebie i jej mieszaninach była praktycznie jednakowa.



**Rys. 2.** Krzywe retencji wodnej dla badanego materiału glebowego (1) i mieszanin z miałem gruzu budowlanego (90% gleby + 10% miału) (2) oraz 50% gleby + 50% miału) (3) po I cyklu termicznym

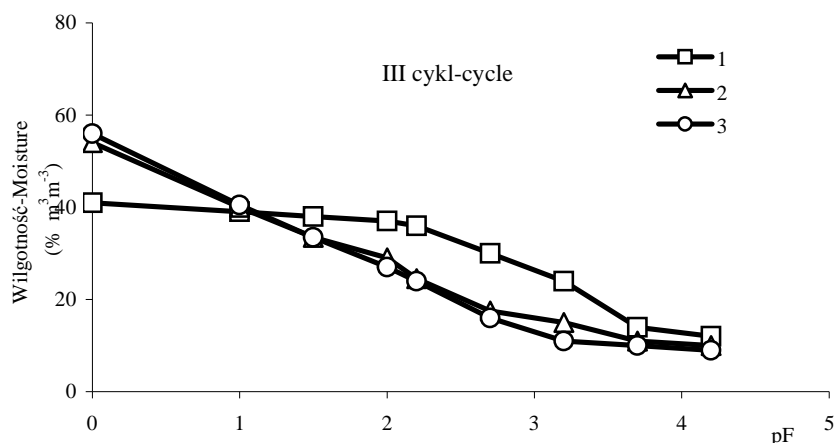
**Fig. 2.** Water retention curves for investigated soil material (1) and its mixtures with debris (90% soil+10% debris) (2) as well as (50% soil + 50% debris) (3) after 1st thermal cycle

Po kolejnym cyklu termicznym (II) (rys. 3) ilość wody w zakresie pF0-2 w mieszaninach była większa od 3 do 17% niż w glebie. Powyżej pF 2,2 ilość wody w glebie i modelowych mieszaninach była zbliżona. Łatwo też zauważyć, że charakter przebiegu krzywych retencji gleby i jej mieszanin z miałem po I i II cyklu termicznym był podobny.



**Rys. 3.** Krzywe retencji wodnej dla badanego materiału glebowego (1) i mieszanin z miałem gruzu budowlanego (90% gleby + 10% miału) (2) oraz 50% gleby + 50% miału (3) po II cyklu termicznym  
**Fig. 3.** Water retention curves for investigated soil material (1) and its mixtures with debris (90% soil + 10% debris) (2) as well as (50% soil + 50% debris) (3) after 2nd thermal cycle

Po trzecim cyklu termicznym (III) (rys. 4) różnica ilości wody zawartej w materiale glebowym i modelowych mieszaninach była bardzo zbliżona do stanu wyjściowego – przed przeprowadzonymi cyklami termicznymi. Przede wszystkim zauważalny był ogólny spadek ilości wody w całym zakresie pF zarówno w glebie, jak i w jej mieszaninach. Spadek ten średnio wynosił 5%. Podobnie jak to miało miejsce w próbach wyjściowych, jedynie w przedziale pF0-1 ilość wody zawartej w mieszaninach była większa niż w glebie. Przy pF1 ilość wody zawartej w glebie i jej mieszaninach z gruzem wyrównała się (ok. 40%). Natomiast przy wyższych wartościach pF ilość wody w glebie była znacząco większa w glebie niż w mieszaninach. Maksymalną różnicę odnotowano w przedziale pF 2,2-3,2 – od 8 do 14%. Przy wartościach pF równych i większych od 3,7 różnice w ilości wody były nieznaczne, ale nadal ilość wody w glebie była większa niż w jej mieszaninach z gruzem.



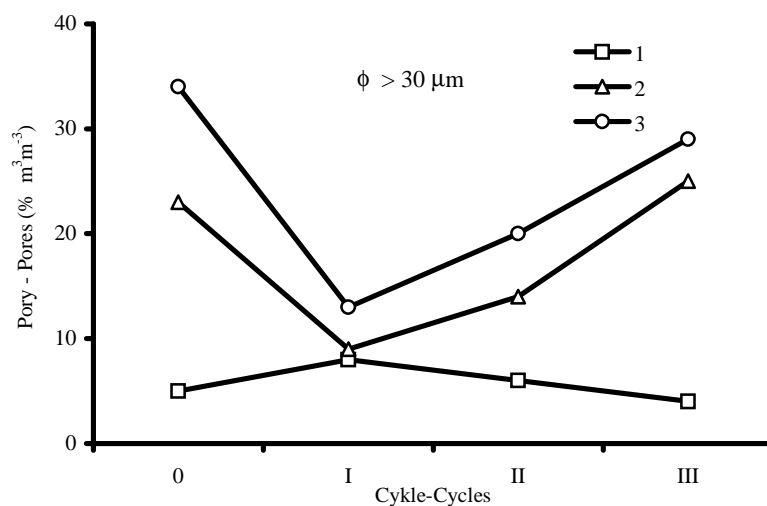
**Rys. 4.** Krzywe retencji wodnej dla badanego materiału glebowego (1) i mieszanin z miałem gruzu budowlanego (90% gleby + 10% miału) (2) oraz 50% gleby + 50% miału) (3) po III cyklu termicznym

**Fig. 4.** Water retention curves for investigated soil material (1) and its mixtures with debris (90% soil + 10% debris) (2) as well as (50% soil + 50% debris) (3) after 3rd thermal cycle

Analizując przebieg porowatości różnicowej, tj. zawartości porów dużych, średnich i małych w badanych próbkach, pod wpływem cykli termicznych można stwierdzić, że największe różnice pomiędzy glebą i jej mieszaninami z miałem odnotowano w przypadku porów o największych średnicach ( $\Phi > 30 \mu\text{m}$ ) (rys. 5). Mieszanina zawierająca 50% miału charakteryzowała się największą ilością porów dużych, ponad 30%; mieszanina z 10% miału zawierała ponad 20% porów dużych, natomiast gleba – 5%. Taki układ zawartości porów o  $\Phi > 30 \mu\text{m}$  był zachowany we wszystkich cyklach termicznych. W cyklu I zaobserwowano zbliżenie się ilości porów dużych we wszystkich analizowanych próbkach. Jednocześnie punkt ten odpowiadał minimalnej ilości porów w przypadku obu mieszanin i maksimum ilości porów w przypadku gleby naturalnej. Kolejne cykle termiczne powodowały wzrost ilości porów w mieszaninach, z zachowaniem różnicy w ilości porów pomiędzy obiema próbkami oraz spadek ilości porów w glebie naturalnej.

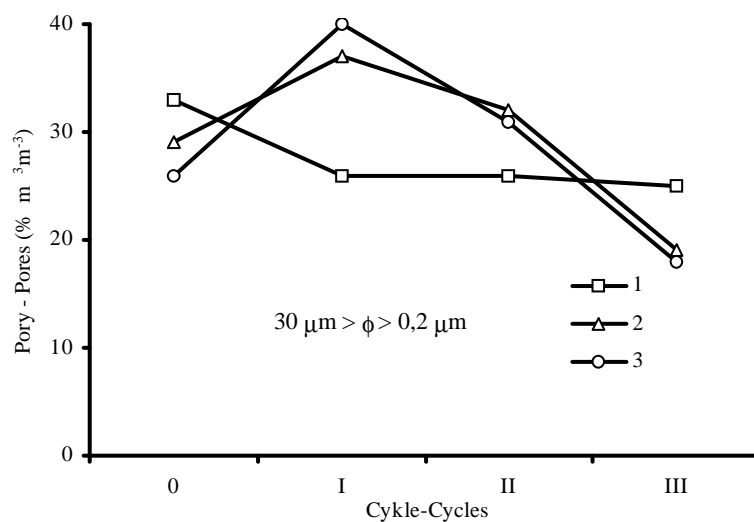
W przypadku porów średnich ( $30 \mu\text{m} > \Phi > 0,2 \mu\text{m}$ ) (rys. 6) stwierdzono również istotne różnice w ilości porów pomiędzy materiałem glebowym a modelowymi mieszaninami. W próbach wyjściowych gleba zawierała 30% porów średnich, a w miarę zwiększania się zawartości miału ilość porów średnich malała i wynosiła odpowiednio 29% i 26%. Pierwszy cykl termiczny spowodował gwałtowny wzrost ilości porów średnich w modelowych mieszaninach w stosunku do gleby. Następne cykle powodowały zmniejszenie się ilości porów w mieszaninach. W ostatnim trzecim cyklu ponownie gleba zawierała największą ilość porów średnich

(25%), natomiast mieszaniny zachowały układ z próbek wyjściowych, przy czym ilość porów średnich w obu mieszaninach była zbliżona.



Rys. 5. Zawartość dużych porów w badanym materiale po cyklach termicznych

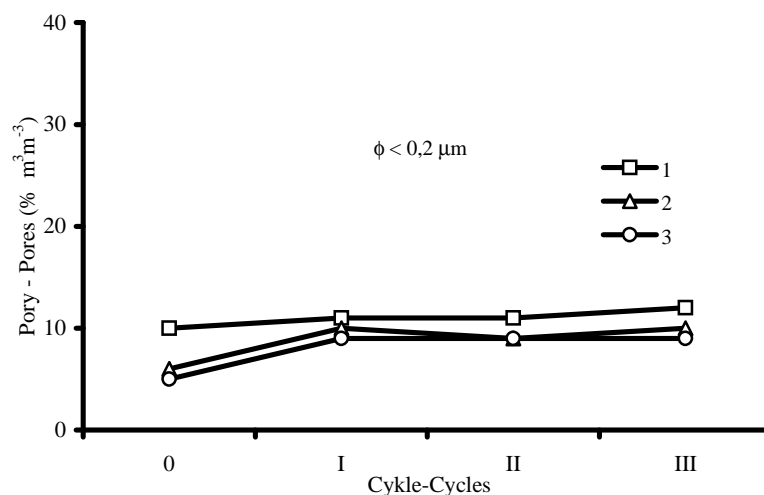
Fig. 5. Content of large pores in investigated materials after thermal cycles



Rys. 6. Zawartość średnich porów w badanym materiale po cyklach termicznych

Fig. 6. Content of medium pores in investigated materials after thermal cycles

W przypadku porów małych ( $\Phi < 0,2 \mu\text{m}$ ) (rys. 7) zarówno w próbkach wyjściowych, jak i w kolejnych cyklach termicznych gleba charakteryzowała się największą ich ilością (10-11%), przy czym prowadzone cykle nie powodowały znaczących różnic w ich ilości.



**Rys. 7.** Zawartość małych porów w badanym materiale po cyklach termicznych  
**Fig. 7.** Content of small pores in investigated materials after thermal cycles

W przypadku mieszanin największy wzrost ilości małych porów, sięgający blisko 50%, przypadła na cykl I, po którym różnica ilości porów między glebą a jej modelowymi mieszaninami była najmniejsza. Kolejne cykle termiczne nie spowodowały istotnych zmian ilości małych porów oraz różnic pomiędzy glebą i jej mieszaninami z miazem.

#### WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych modelowych badań można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Obecność miazu materiałów budowlanych w materiale glebowym, jak i przeprowadzone cykle termiczne, powodowały zmiany właściwości wodnych – największe po I i II cyklu termicznym.
2. Zwiększanie ilości miazu gruzu budowlanego dodanego do gleby z 10% do 50% w niewielkim stopniu wpływało na retencję wodną.
3. Dodatek miazu materiałów budowlanych powodował przede wszystkim wzrost ilości dużych porów w glebie, niewielki spadek porów średnich i znaczący spadek zawartości małych porów.



4. Cykle termiczne (I i II) powodowały znaczące zmiany w zawartości poszczególnych kategorii porów, jednak po III cyklu termicznym odnotowano układ zależności podobny do cyklu kontrolnego (przed cyklami termicznymi). Ostatecznie cykle spowodowały nieznaczny spadek ilości porów dużych, wzrost ilości porów małych oraz znaczący spadek ilości średnich porów.

5. Spadek ilości średnich porów, zarówno w materiale glebowym, jak i w mieszaninach z miałem gruzu budowlanego, pod wpływem cykli termicznych jest zjawiskiem wysoce niekorzystnym, gdyż w tych porach retencjonowana jest woda użyteczna dla roślin.

#### PIŚMIENNICTWO

1. **Beyer L., Blume H.P., Elsner D. C., Willow A.:** Soil organic matter composition and microbial activity in urban soil. *The Science of the Total Environment*, 168, 267-278, 1995.
2. **Bowanko G. Hajnos M., Witkowska-Walczak B.:** The impact of building materials and addition of peat on water retention in model urban soil. *Polish J. Soil Sci.*, XXXVI/2, 103-110, 2003.
3. **Braun S., Flückiger W.:** Soil amendments for planting of urban trees. *Soil & Tillage Research*, 49, 201-209, 1998.
4. **Golany G. S.:** Urban design morphology and thermal performance. *Atmospheric Environment*, 30, 455-465, 1996.
5. **Hajnos M., Bowanko G., Józefaciuk G., Głowacki R.:** Effect of solid phase wettability on water transport and retention in peat enriched soil affected by freezing-thawing. *Int. Agrophysics*, 16, 103-109, 2002.
6. **Hillel D.:** 1998. *Environmental soil physics*. Academic Press, San Diego-London
7. **Hoyano A., Iino A., Ono M., Taniguchi S.:** Analysis of influence of urban form and materials on sensible heat flux – a case study of Japan’s largest housing development “Tama New Town”. *Atmospheric Environment*, 33, 3931-3939, 1999.
8. **Huinik J. Th. M.:** Soil quality requirements for use in urban environments. *Soil & Tillage Research*, 47, 157-162, 1998.
9. **Kok H., McCol D.K.:** Quantifying freeze/thaw – induced variability of soil strength. *Transaction of the ASAE*, 33, 501-506, 1990.
10. **Kutilek M., Nielsen D.:** *Soil hydrology*. Catena Verlag, Cremlingen-Destedt, 1994.
11. **Serzysko T.:** Wpływ działania mrozu na regenerację struktury gleby i fizyczne właściwości gleb zdegradowanych. Praca doktorska (maszynopis), Akademia Rolnicza w Lublinie, 2000.
12. **Shepard M.I., Kay B.D., Loch J.P.G.:** The coupled transport of water and heat in freezing soil: a field study. *Can. J. Soil Sci.*, 61, 417-429, 1981.
13. **Słowińska-Jurkiewicz A.:** Structure and water-air properties of soils derived from loess (in Polish). *Annals of Agricultural Sciences, D-Monographs*, 218, 1989.
14. **Uwe S., Wu Q, Blume H.P.:** Variability of soils in urban and periurban areas in Northern Germany. *Catena*, 33, 255-270, 1998.
15. **Walczak R., Ostrowski J., Witkowska-Walczak B., Sławiński C.:** Hydrophysical characteristics of mineral soils in Poland (in Polish). *Acta Agrophysica*, 79, 5-99, 2002.
16. **Zawadzki S. (Red.):** *Gleboznawstwo*. PWRiL, Warszawa, 1999.

IMPACT OF CONSTRUCTION MATERIAL DEBRIS ADDITION  
AND THERMAL CYCLES ON WATER RETENTION AND POROSITY  
OF LIGHT BROWN SOIL

*Grzegorz Bowanko, Barbara Witkowska-Walczak, Mieczysław Hajnos*

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin  
e-mail: gbowanko@demeter.ipan.lublin.pl

**Abstract.** The results of investigations on the impact of debris addition and thermal cycles on water retention and porosity of a light brown soil are presented. It was observed that debris addition and thermal cycles change the water retention and distribution of different groups of pores in the soil. The biggest changes were observed after the 1st and 2nd thermal cycles. The increase of rubble amount from 10 to 50% in the soil did not cause big differences in water retention. The decrease of medium pores amount under thermal cycles causes a decrease of soil water available for plants.

**Key words:** urban soil, water retention, porosity