

## **BADANIE RÓWNOMIERNOŚCI WYPŁYWU ŚCIEKÓW Z PRZEWODÓW DRENAŻU ROZSĄCZAJĄCEGO O RÓŻNYM ROZSTAWIE OTWORÓW**

Marek Kalenik, Krzysztof Kozłowski

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

**Streszczenie.** Praca zawiera wyniki badań nad równomiernością wypływu ścieków z przewodów drenażu rozsączającego. Uwzględniono dwa typy przewodów z otworami nawierconymi w dnie: typ I – o rozstawie otworów 0,50 m, typ II – o rozstawie otworów 0,25 m, oraz sześć wartości obciążeń hydraulicznych od 24 do 120 dm<sup>3</sup>. Badania laboratoryjne, w których zamiast ścieków stosowano wodę, przeprowadzono w złożu gruntowym z piasku średniego. Stwierdzono, że rozsączanie z przewodu typu I o większym rozstawie otworów jest bardziej równomierne niż z przewodu typu II, przy czym równomierność wypływu z przewodów obu typów maleje wraz ze wzrostem obciążenia rurociągów.

**Słowa kluczowe:** ścieki, drenaż rozsączający, przewód rozsączający

### **WSTĘP**

W dostępnej literaturze naukowo-technicznej brak informacji o badaniach układu otworów w przewodach rozsączających stosowanych w przydomowych oczyszczalniach ścieków z drenażem rozsączającym. Niewiele jest również doniesień na temat równomierności rozsączania ścieków w złożu gruntowym pod drenażem rozsączającym [Błażejewski i Kalenik 1998, Kalenik i Błażejewski 1999, Sroka i Kalenik 1999, Kalenik 2000, 2003]. Liczne publikacje zawierają natomiast opis budowy i zasad działania systemów rozsączających, a także zalecenia i wytyczne ich projektowania oraz ocenę skuteczności oczyszczania ścieków w złożu gruntowym pod drenażem rozsączającym ścieki [CUGW 1971, Reed i in. 1989, Tabernacki i in. 1990, Kalenik 1998, Żytyński 1998, Kalenik i Grzyb 2001, Siemieniec i Krzanowski 2001, Van Cuyk i in. 2001, Kalenik i Ambroziak 2005].

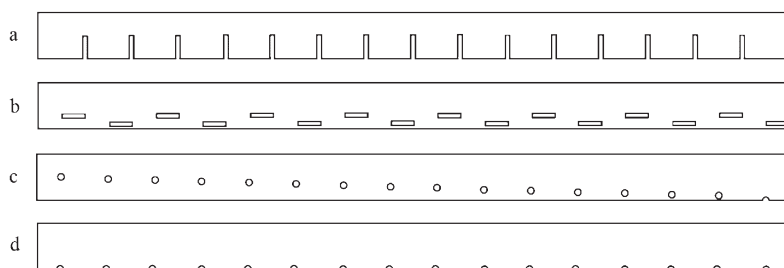
Wstępnie oczyszczone ścieki bytowo-gospodarcze można odprowadzać do gruntu, pod warunkiem że zostanie zachowana co najmniej 1,5-metrowa odległość między poziomem

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Marek Kalenik, Katedra Budownictwa i Geodezji, Zakład Wodociągów i Kanalizacji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, e-mail: marek\_kalenik@sggw.pl

rozsączania ścieków a maksymalnym poziomem zwierciadła wody gruntowej, a objętość doprowadzanych ścieków nie będzie przekraczała 5 m<sup>3</sup> na dobę [Rozporządzenie... 2006]. Ma to na celu doczyszczanie ścieków w strefie aeracji, w tym zatrzymanie bakterii i wirusów, oraz niedopuszczenie do skażenia środowiska naturalnego.

Oferowane na rynku przydomowe oczyszczalnie ścieków z drenażem rozsączającym różnią się perforacją przewodów służących do rozsączania (rys. 1). W dostępnej literaturze nie ma informacji, jaki rodzaj perforacji przewodu rozsączającego zapewnia najlepsze, równomierne rozproszczenie ścieków w złożu gruntowym. Kwestia ta jest bardzo ważna, gdyż prawidłowe działanie oczyszczalni z drenażem rozsączającym zależy od równomiernego rozproszczenia ścieków, nie dopuszczającego do miejscowego przeciążenia złoża gruntowego. Zbyt duża dawka ścieków w jednym miejscu drenażu powoduje bardzo szybką kolmatację złoża gruntowego, wskutek czego oczyszczalnia przestaje prawidłowo pracować [Łomotowski 1999].



Rys. 1. Perforacja przewodów rozsączających: a – nacięcia poprzeczne, b – nacięcia podłużne, c – otwory nawiercone po obu stronach przewodu, d – otwory nawiercone w dnie przewodu

Fig. 1. Perforation of drain pipes: a – crosswise cuts, b – longitudinal cuts, c – holes drilled at both sides of drain pipe, d – holes drilled in bottom of drain pipe

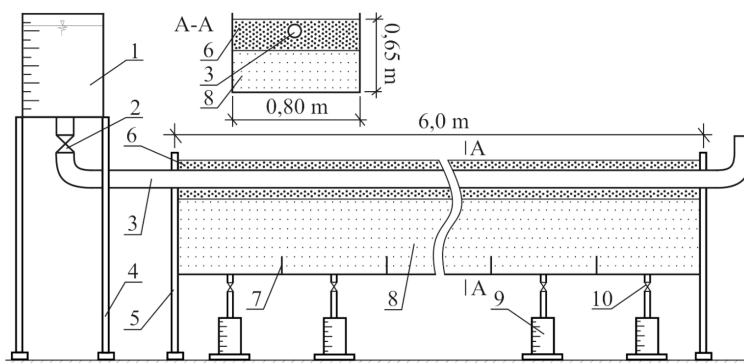
Praca miała na celu badania modelowe równomierności wypływu ścieków z przewodów rozsączających. Porównywano przewody rozsączające z otworami w dnie (rys. 1d) nawierconymi w rozstawie 0,50 i 0,25 m, ułożone w złożu gruntowym z piasku średniego.

## MATERIAŁ I METODY

Na potrzeby badania równomierności wypływu ścieków zbudowano w laboratorium stanowisko pomiarowe w postaci szczelnego zbiornika o długości 6,0 m, wysokości 0,65 m i szerokości 0,80 m (rys. 2).

Zbiornik wykonano ze stalowych płyt zamocowanych w metalowych ramach (5) i uszczelniono tak, aby zapobiec niekontrolowanemu wyciekowi wody. W dnie zbiornika zamontowano przegrody (7) w odległości 0,50 m od siebie, które podzieliły dno zbiornika na dwanaście sekcji. Na środku każdej sekcji nawiercono otwór, w którym zainstalowano zawór (10). Pod każdą sekcją umieszczono naczynie pomiarowe (9).

Zbiornik napełniano warstwami gruntu (8) o miąższości 5 cm, który zagęszczano przez ubijanie. W złożu rozsączającym (6) ułożono przewód rozsączający (3) z PVC o średnicy



Rys. 2. Schemat stanowiska pomiarowego: 1 – zbiornik z wodą, 2, 10 – zawór, 3 – przewód rozsączający, 4 – stelaż podtrzymujący zbiornik z wodą, 5 – rama metalowego zbiornika ze złożem, 6 – złożo rozsączające (żwir), 7 – przegroda między sekcjami, 8 – złożo gruntowe (piasek średni), 9 – naczynie pomiarowe

Fig. 2. Scheme of measuring stand: 1 – tank with water, 2, 10 – valve, 3 – drain pipe, 4 – frame supporting water tank, 5 – frame of metal tank with bed, 6 – seepage bed (gravel), 7 – barrier between sections, 8 – ground bed (medium sand), 9 – collecting vessel

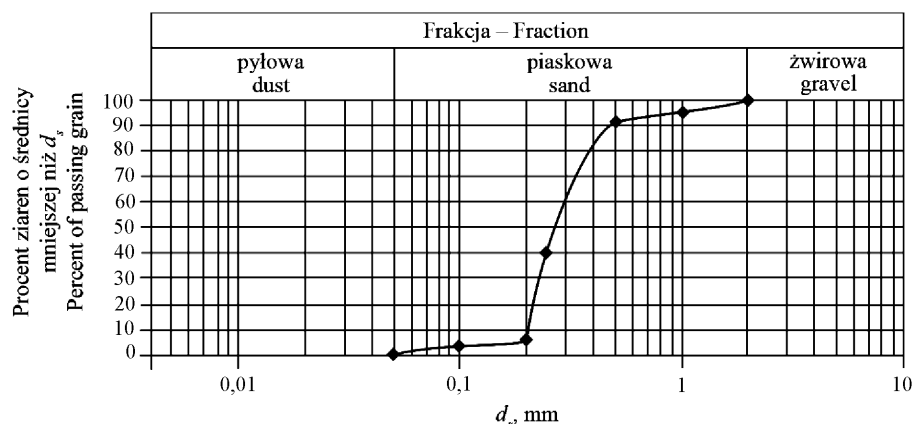
100 mm i minimalnym spadku 5%, w którego dnie nawiercono otwory o średnicy 8 mm, w rozstawie 0,50 lub 0,25 m.

Złożo rozsączające o długości 6,0 m, szerokości 0,20 m i wysokości 0,20 m wykonano ze żwiru o średnicy ziaren 10–20 mm. Dawki wody do przewodu rozsączającego (3) wprowadzano ze zbiornika (1), umieszczonego na stelażu (4), kilka centymetrów powyżej zbiornika ze złożem gruntowym. Na przewodzie doprowadzającym wodę ze zbiornika do rurociągu rozsączającego zamontowano zawór (2) do regulacji jej dopływu do drenażu rozsączającego.

Rodzaj materiału złoża gruntowego (8) określono według normy PN-B-04481 : 1988. Wyniki analizy uziarnienia wykazały, że jest to piasek średni (rys. 3). Współczynnik filtracji dla złoża określono według normy PN-B-04492 : 1955 w aparacie Z. Wiłuna ITB-ZW-K2. Pomiar wykonano dla sześciu próbek, a oznaczony współczynnik filtracji ( $k$ ) wyniósł  $0,0002 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Do badań użyto wody, gdyż ścieki wypływające z osadnika gnilnego w przydomowej oczyszczalni ścieków nie zawierają zanieczyszczeń stałych, które są w całości zatrzymywane w osadniku gnilnym [CUGW 1971, Tabernacki i in. 1990]. Znając rodzaj gruntu i wartości współczynnika filtracji, obliczono dobową dawkę wody – wyniosła ona  $120 \text{ dm}^3$ . Ponieważ w ciągu doby drenaż rozsączający pracuje losowo, badania przeprowadzono dla następujących dawek wody ( $Q$ ): 24, 32, 40, 72, 96 i  $120 \text{ dm}^3$ .

Do zbiornika na wodę (rys. 2) wlewano odpowiednią jej dawkę i otwierano zawór (2) na szerokość ok. 15%. Woda ze zbiornika (1) wypływała z niewielką wydajnością do przewodu rozsączającego (3), z którego przez otwory w dnie filtrowała do złoża rozsączającego (6), a następnie w głąb złoża gruntowego (8). Przelfiltrowaną wodę (odciek  $q$ ) zbierano do naczyń pomiarowych (9) umieszczonych pod każdą sekcją. Dla każdej dawki wody wykonano po trzy serie pomiarowe.



Rys. 3. Krzywa uziarnienia piasku średniego;  $d_s$  – średnica zastępcza ziaren

Fig. 3. Grain-size distribution curve for medium sand;  $d_s$  – sedimentation diameter of grain

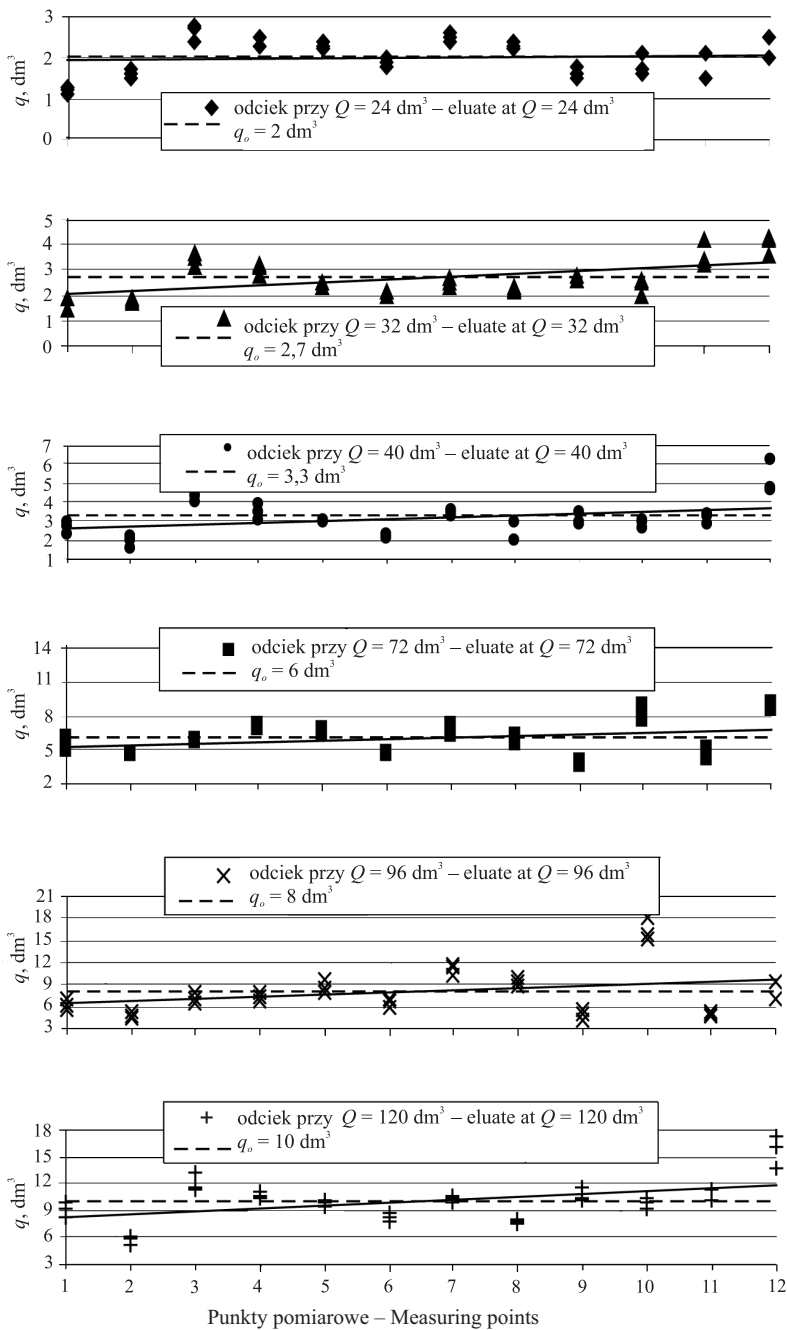
## WYNIKI I DYSKUSJA

Na rysunku 4 przedstawiono wyniki badań objętości odcieku z przewodu rozsączającego typu I (rozstaw otworów 0,50 m), a na rysunku 5 – z przewodu typu II (rozstaw otworów 0,25 m). W przypadku przewodu typu I (rys. 4), dla poszczególnych obciążeń hydraulicznych ( $Q$ ) objętości odcieku ( $q$ ) w kolejnych punktach pomiarowych przewodu różnią się od wartości oczekiwanej, przy czym układają się stosunkowo równomiernie po obu jej stronach. Dla wszystkich obciążeń  $Q$  linia trendu pokazuje niewielki wzrost objętości odcieku  $q$  zgodnie ze spadkiem przewodu rozsączającego (od początku przewodu rozsączającego ku końcowi).

W przypadku przewodu rozsączającego typu II (rys. 5), objętości odcieku zmierzone w kolejnych punktach przewodu także różnią się od wartości oczekiwanej dla poszczególnych obciążeń hydraulicznych, ale nie układają się równomiernie po obu jej stronach. Dla wszystkich obciążeń  $Q$  linia trendu wskazuje na duży spadek objętości odcieku  $q$  zgodnie ze spadkiem przewodu rozsączającego. Na początku przewodu rozsączającego (w pierwszych czterech punktach pomiarowych) przy wszystkich obciążeniach występuje bardzo duży odciek w porównaniu z pozostałymi punktami pomiarowymi.

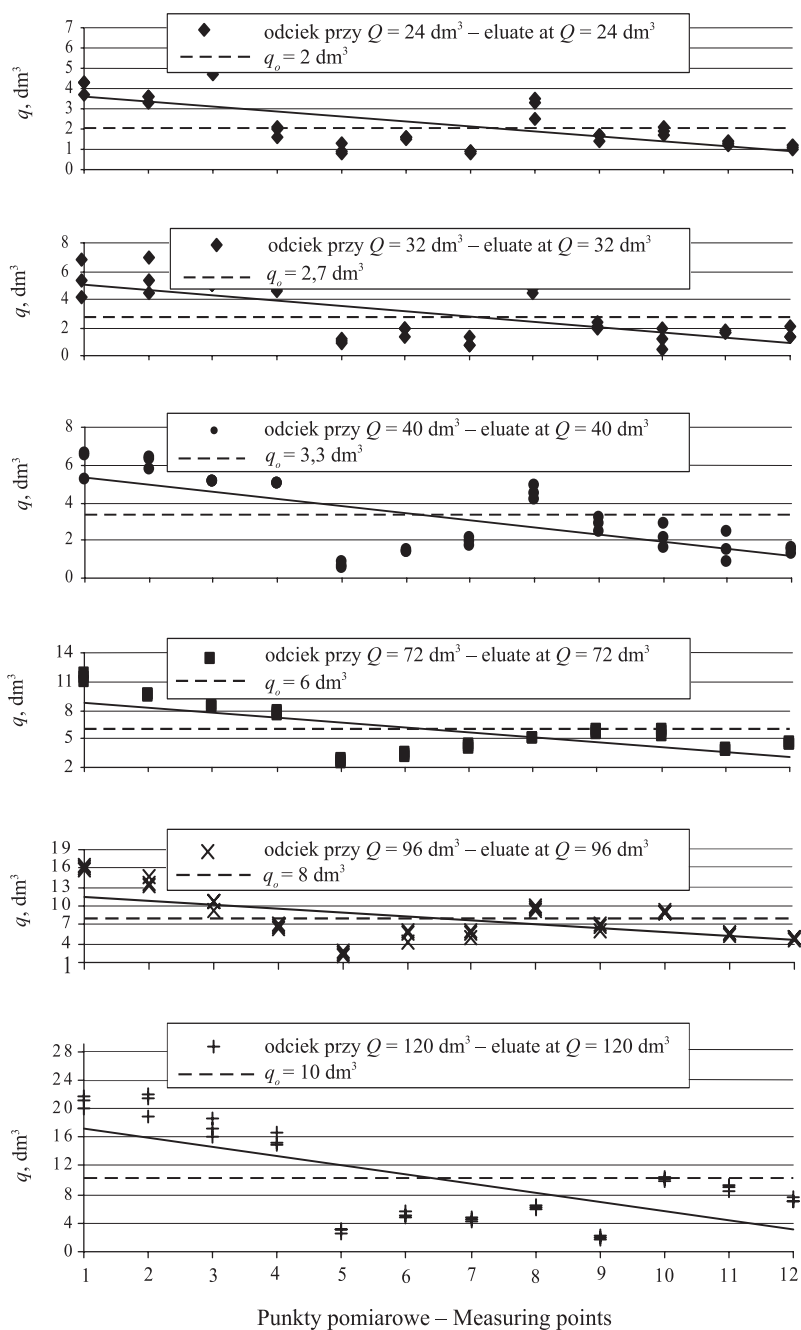
W tabeli zestawiono zmierzone minimalne i maksymalne wartości odcieku ( $q_{\min}$ ,  $q_{\max}$ ) z przewodów rozsączających obu typów, ich rozrzut w stosunku do wartości oczekiwanej oraz współczynniki zmienności. W przypadku przewodu typu I, wraz ze wzrostem obciążenia  $Q$  zwiększają się wartości  $q_{\min}$  i  $q_{\max}$ , natomiast w przypadku przewodu typu II wartości  $q_{\min}$  kształtują się średnio na poziomie 1,4, a wartości  $q_{\max}$  rosną. Rozrzuty wartości zmierzonych w stosunku do oczekiwanych ( $q_{\min} < q_o$ ,  $q_{\max} > q_o$ ) dla przewodu typu I są mniejsze niż dla przewodu typu II.

W miarę wzrostu obciążenia przewodu typu I, procent wartości niższych od oczekiwanych ( $q_{\min} < q_o$ ) średnio kształtuje się na poziomie 46, a procent wartości wyższych



Rys. 4. Objętość odciek (q) dla przewodu rozsączającego typu I; Q – obciążenie hydrauliczne,  $q_o$  – odciek oczekiwany

Fig. 4. Eluate volume (q) for drain pipe type I; Q – hydraulic load,  $q_o$  – expected eluate



Rys. 5. Objętość odcieku ( $q$ ) dla przewodu rozsączającego typu II;  $Q$  – obciążenie hydrauliczne,  $q_o$  – odciek oczekiwany

Fig. 5. Eluate volume ( $q$ ) for drain pipe type II;  $Q$  – hydraulic load,  $q_o$  – expected eluate

Tabela. Zestawienie wyników pomiarów i wyników analizy statystycznej  
Table. Results of measurements and statistical analysis

Obciążenie Load $Q, \text{dm}^3$	Przewód typu I – Drain pipe type I						Przewód typu II – Drain pipe type II					
	Objętość odcieku Eluate volume			Współczynnik zmienności			Objętość odcieku Eluate volume			Współczynnik zmienności		
	$q, \text{dm}^3$		$q_{\min} < q_o$ %	$q_{\max} > q_o$ %	Coefficient of variation V, %		$q, \text{dm}^3$		$q_{\min} < q_o$ %	$q_{\max} > q_o$ %	Coefficient of variation V, %	
	oczekiwana expected	zmierzona measured					oczekiwana expected	zmierzona measured				
	$q_o$	$q_{\min}$	$q_{\max}$				$q_o$	$q_{\min}$	$q_{\max}$			
24	2,0	1,1	2,4	45	20	22	2,0	0,9	5,0	55	150	59
32	2,7	1,4	4,3	48	59	28	2,7	0,7	6,9	74	156	65
40	3,3	1,5	6,2	54	88	30	3,3	0,5	6,5	85	97	60
72	6,0	3,6	9,2	40	53	26	6,0	2,5	11,9	58	98	44
96	8,0	4,7	15,9	41	98	40	8,0	2,0	16,6	75	106	48
120	10,0	5,1	17,3	49	73	25	10,0	1,7	21,8	83	118	66

od oczekiwanych ( $q_{\max} > q_o$ ) ma tendencję rosnącą. Przy wzrastającym obciążeniu przewodu typu II, procent wartości mniejszych od oczekiwanych wykazuje tendencję rosnącą, a procent wartości większych od oczekiwanych – tendencję malejącą. Wartości współczynnika zmienności (V) dla przewodu typu I są mniejsze niż dla przewodu typu II i w zależności od obciążenia wynoszą 22–40% w porównaniu z 44–66%.

## WNIOSKI

1. Sposób perforacji przewodów rozsączających ma istotny wpływ na równomierność rozsączania ścieków w gruncie. Dowodzi tego lepsza równomierność rozsączania w przypadku przewodu z otworami nawierconymi w rozstawie 0,50 m niż w rozstawie 0,25 m.
2. Wraz ze wzrostem obciążenia hydraulicznego zwiększa się rozrzut objętości odcieku w poszczególnych punktach pomiarowych, a odchylenie linii trendu objętości odcieku zwiększa się w stosunku do poziomu oczekiwanego. Oznacza to, że im większe jest obciążenie hydrauliczne, tym mniejsza równomierność wydatku odcieku ze złoża. Dlatego w przydomowych oczyszczalniach ścieków z drenażem rozsączającym należy tak zaprojektować studzienkę dozującą ścieki do przewodów rozsączających, aby zapewniała ich równomierny dopływ do poszczególnych przewodów w możliwie jak najmniejszych dawkach.
3. Niezbędne są dalsze badania w celu opracowania odpowiedniej perforacji przewodów rozsączających, która by zapewniała największą równomierność rozsączania ścieków. Równomierne rozprowadzanie ścieków na całej długości złoża gruntowego będzie zapobiegało jego kolmatacji, a dzięki temu znacznie wydłuży żywotność przydomowych oczyszczalni ścieków z drenażem rozsączającym.

## PIŚMIENNICTWO

- Błażejowski R., Kalenik M., 1998. Analiza porównawcza metod bilansowania wody w systemach podziemnego rozsączania oczyszczonych ścieków. *Prz. Nauk. Wydz. Melior. Inż. Środ. SGGW* 16, 46–53.
- CUGW, 1971. Budownictwo oczyszczalni ścieków. Wytyczne techniczne projektowania drenaży rozsączających i filtrów piaskowych. Wydawnictwo Katalogów i Cenników Warszawa.
- Kalenik M., 1998. Wymiarowanie urządzenia do podziemnego rozsączania ścieków po osadniku gnilnym. *Prz. Nauk. Wydz. Melior. Inż. Środ. SGGW* 15, 269–279.
- Kalenik M., 2000. Tendencje zmian zwierciadła wody gruntowej pod drenażem rozsączającym ścieki. *Prz. Nauk. Wydz. Melior. Inż. Środ. SGGW* 18, 61–118.
- Kalenik M., 2003. Eksperymentalne badania rozkładu wilgotności gruntu pod drenażem rozsączającym ścieki. *Wiad. Melior. Łąk., Zag. Inż. Środ. Wiej.* 3, 142–144.
- Kalenik M., Ambroziak R., 2005. Skuteczność oczyszczania ścieków w złożu gruntowym ze żwiru pod drenażem rozsączającym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 506, 221–226.
- Kalenik M., Błażejowski R., 1999. Water budget of subsurface sewage disposal field. *Rocz. AR Pozn., Melior. Inż. Środ.* 20 (II), 263–272.
- Kalenik M., Grzyb A., 2001. Eksperymentalne badania skuteczności oczyszczania ścieków w złożu gruntowym pod drenażem rozsączającym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 475, 73–80.
- Łomotowski J., 1999. Kolmatacja drenaży rozsączających. V Ogólnopol. Symp. Szkol. „Projektowanie i eksploatacja przydomowych oczyszczalni ścieków”, 02.1999, Poznań – Kiekrz, Eko-Tech, 11–20.
- PN-B-04492 : 1955 Grunty budowlane. Badania właściwości fizycznych. Oznaczenie wskaźnika wodoprzepuszczalności
- PN-B-04481 : 1988 Grunty budowlane. Badania próbek gruntu
- Reed B.E., Matsumoto M.R., Wake A., Iwamoto H., Takeda F., 1989. Improvements in soil absorption trench design. *J. Environ. Eng.* 115 (4), 853–857.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. *Dz. U.* 2006 Nr 137, poz. 984.
- Siemieniec A., Krzanowski S., 2001. Ocena skuteczności oczyszczania ścieków przez filtry gruntowe w warunkach terenowych. VII Ogólnopol. Symp. Szkol. „Projektowanie i eksploatacja przydomowych oczyszczalni ścieków”, 28.02–01.03.2001, Poznań – Kiekrz, Eko-Tech, 77–89.
- Sroka Z., Kalenik M., 1999. Prognozowanie zmian poziomu zwierciadła wody gruntowej pod systemami podziemnego rozsączania ścieków. *Rocz. AR Pozn., Melior. Inż. Środ.* 20 (II), 359–371.
- Tabernacki J., Heidrich Z., Sikorski M., Kuczewski K., Łomotowski J., Jasiński P., Lipowski K., 1990. Album wzorcowych rozwiązań odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków bytowo-gospodarczych z wiejskich gospodarstw zagrodowych. IMUZ Falenty.
- Van Cuyk S., Siegrist R., Logan A., Masson S., Fisher E., Figueroa L., 2001. Hydraulic and purification behaviors and their interaction during wastewater treatment in soil infiltration systems. *Water Res.* 35 (4), 953–964.
- Żytyński W., 1998. Skuteczność oczyszczania ścieków w złożu gruntowym pod drenażem rozsączającym. IV Ogólnopol. Symp. Szkol. „Projektowanie, wykonawstwo i użytkowanie przydomowych oczyszczalni ścieków”, 02.1998, Poznań – Kiekrz, Eko-Tech., 1–14.



## **RESEARCH ON UNIFORMITY OF SEWAGE FLOW FROM DRAIN PIPES OF SOIL INFILTRATION SYSTEM WITH DIFFERENT SPACING OF HOLES**

**Abstract.** The study provides the results of research on the uniformity of sewage flow from drain pipes of a soil infiltration system. The research compared two types of pipes with holes drilled in the bottom: type I – with holes spaced at 0.50 m, type II – with holes spaced at 0.25 m, and used six levels of hydraulic loads from 24 to 120 dm<sup>3</sup>. Laboratory experiments were carried out in a ground bed from medium sand, using water in place of sewage. The flow from the drain pipe type I, with a larger spacing of holes, was found to be more uniform than that from the drain pipe type II. For both types, the uniformity of flow decreased with the increasing load of pipes.

**Key words:** sewage, soil infiltration system, drain pipe

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 6.06.2007*