

mgr inż. Katarzyna Gudelis-Taraszkiewicz,
dr hab. inż. prof. nadzw. Politechniki Gdańskiej Ziemowit Suligowski, dr inż. Roman Edel

Skrzynki i komory drenażowe – cz. II



Rys. 1. Schemat idealowy zastosowania komór drenażowych na parkingu

Publikujemy dalszy ciąg artykułu z nr 6/06 MA na temat retencjonowania i odprowadzania wód opadowych z powierzchni dróg, ulic i parkingów przy wykorzystaniu skrzynek i komór drenażowych. W aktualnym wydaniu autorzy omawiają zagadnienie projektowania systemu komór drenażowych oraz zastosowanie komór i skrzynek drenażowych w budownictwie drogowym.

PROJEKTOWANIE SYSTEMU KOMÓR DRENAŻOWYCH

Przed podjęciem prac projektowych należy określić funkcję, którą ma spełniać system komorowy, tzn.:

- infiltracja wód opadowych do gruntu,
 - retencja wód opadowych,
 - zatrzymanie pierwszej fali spływu ze zlewni,
- oraz dokonać oceny warunków gruntowo-hydrologicznych, a także prawnych.

Jako samodzielne rozwiązanie techniczne urządzenie retencyjno-infiltracyjne musi przejmować i przetrzymać do czasu ukończenia przesiąkania stosunkowo duże objętości wody. Wyniki przykładowych obliczeń w przeliczeniu na powierzchnię 1 ha podano w tab. 3. Opierając się na zaleceniach dla odwodnień drogowych [1, 5, 6], jako miarodajny można przyjąć deszcz piętnastominutowy. Wychodząc z ATV A-118 [8] będzie to opad:

- dla osiedli wiejskich roczny ($p = 100\%$),
- dla osiedli miejskich dwuletni ($p = 50\%$),
- dla obiektów w dzielnicach centralnych oraz ośrodkach produkcyjno-usługowych pięcioletni ($p = 20\%$),
- dla obiektów szczególnych (takich jak np.: ważne techniczne urządzenia podziemne, nisko posadowione obiekty centrów handlowych itp.) dziesięcioletni ($p = 10\%$).

Proponowane natężenie deszczu dla zlewni drogowej [1, 5, 6] przedstawiono w tab. 1.

Infiltracja może być rozwiązaniem stosowanym przy różnych warunkach gruntowych – przykładowo w wydawnictwie firmy WAVIN (tab. 2) podane są dane obejmujące również grunty słabo przepuszczalne (zakres współczynnika wodoprzepuszczalności w przedziale $k = 10^{-3} \div k = 10^{-4}$ m/s, tj. od piasku gruboziarnistego po drobnoziarniste oraz pylaste, gliniaste, mułki). Dla tych ostatnich zalecane jest 3-3,5-krotne zwiększenie liczby użytych elementów (zbliżony efekt może przynieść zastosowanie współczynnika bezpieczeństwa równego 1,5 - tab. 3 i 4). W dokumentacji firmy EKOBUDEX przyjmując się, że odległość dna urządzenia rozsączającego od najwyższego poziomu zwierciadła wody gruntowej wynosi co najmniej 1,0 m. Urządzenia powinny być umieszczane w bezpiecznej odległości od nara-

żonej na ich oddziaływanie zabudowy – przykładowo firma WAVIN zaleca przyjmować dla budynków z izolacją minimalną odległość urządzenia od budynku równą 2,0 m, a w przypadku budynku bez izolacji – 5,0 m. Dla materiałów o niedużej wodoprzepuszczalności, stosunkowo łatwo ulegających kolmatacji, szczególnie ważne jest ograniczenie spiętrzenia wody w urządzeniu.

Wszystkie urządzenia do infiltracji mogą być stosowane pojedynczo lub w zespołach. Studnie tworzą układy szeregowe w postaci tzw. galerii, natomiast skrzynki występują w układach szeregowych lub równoległych (rys. 3 – cz. I artykułu). Mogą być one układane pojedynczymi warstwami, względnie spiętrzane. Komory tworzą na ogół równoległe układy złożone z szeregu segmentów (rys. 8 i 9 – cz. I artykułu). Dość swobodne tworzenie różnych kombinacji stwarza możliwość dowolnego modelowania systemów.

Określenie wielkości systemu

W początkowej fazie projektowania należy dokonać wyboru funkcji systemu, który zostanie zastosowany, tj.: infiltracja do gruntu, retencja lub zatrzymanie pierwszej fali spływu. Określenie wielkości systemu retencyjnego polega na wyznaczeniu ilości segmentów komorowych, ilości potrzebnego tłucznia, materiału filtracyjnego, geosiatki, pokryw (tarcz zatrząskowych) oraz objętości wykopu. Na podstawie tak określonych ilości wyznacza się orientacyjne koszty systemu retencyjnego.

Czas trwania deszczu [min]	Natężenie [$\text{dm}^3/(\text{s} \times \text{ha})$] dla prawdopodobieństwa p [%]			
	10	20	50	100
5	450	390	300	240
10	285	250	200	150
15	220	190	150	115

Tab. 1. Proponowane [5, 6] wartości obliczeniowego natężenia deszczu dla zlewni drogowej

Rodzaj gruntu	Opad $100 \text{ dm}^3/(\text{s} \times \text{ha})$ dla dachu o powierzchni		Opad $150 \text{ dm}^3/(\text{s} \times \text{ha})$ dla dachu o powierzchni	
	100 m^2	150 m^2	100 m^2	150 m^2
przepuszczalny	4	6	6	8
słabo przepuszczalny	13	20	20	26

Tab. 2. Zalecała w dokumentacji firmy WAVIN liczba skrzynek odwadniających zależna od rodzaju gruntu, wielkości opadu oraz powierzchni dachu

Czas trwania deszczu (min)	Objętość (m ³), dla prawdopodobieństwa p (%)			
	10	20	50	100
5	182	158	122	97
10	231	203	162	122
15	267	231	182	140

Tab. 3 Orientacyjne jednostkowe zapotrzebowanie na pojemność retencyjną urządzeń do infiltracji (dla natężeń q wg tab. 1, $F = 1$ ha, $\varphi = 0,9$ i $C = 1,5$)

Wymagana objętość komór drenażowych jest równa objętości spływu wód deszczowych. Dla obliczenia orientacyjnych kosztów przyjęto wzór 1.

Wstępnie zakłada się, że powierzchnia zlewni zredukowanej F_{Zr} równa jest powierzchni całkowitej zlewni F (tzn. współczynnik spływu $\varphi = 1$). Stąd wzór na objętość komór drenażowych przyjmuje postać 2. Szacowaną ilość komór wyznacza się ze wzoru 3.

Powierzchnię dna wykopu (łożyska) wyznacza się na podstawie wzoru 4.

Powierzchnię wykopu powiększono o 30 cm wokół systemu komór, w celu umożliwienia wykonania robót montażowych oraz wykonania obsypki. Dla każdej komory przyjmuje się obsypkę z tłuczni o uziarnieniu 4/5 mm, której objętość wynosi 0,65 m³/szt. Dodatkowo w obliczeniach należy uwzględnić 10-proc. zapas obsypki. Wymagana objętość obsypki z tłuczni przedstawiona jest we wzorach 5 i 6.

Do obliczeń wymaganej objętości wykopu przyjęto minimalną głębokość posadowienia komór, tzn. sklepienie komory znajduje się o 0,46 m poniżej projektowanej powierzchni terenu (np. pod chodnikiem lub parkingiem). Przy takim założeniu objętość wykopu na 1 komorę wynosi 1,53 m³. Parametr ten nie uwzględnia jednak powiększenia wykopu o 30 cm wokół łożyska. Przy powyższych założeniach minimalną objętość wykopu obrazuje wzór 7.

Wzór 1

$$V_s = Q = q \times F_{ZR} \text{ [m}^3\text{]}$$

gdzie:

V_s - objętość komór drenażowych [m³],

Q - objętość spływu wód deszczowych [m³],

q - natężenie deszczu ($q = 0,131 \text{ m}^3/(\text{s} \times \text{ha})$),

F_{ZR} - powierzchnia zredukowana zlewni [ha],

F - powierzchnia rzeczywista zlewni [ha].

Wzór 2

$$V_s = 0,131 \times F \text{ [m}^3\text{]}$$

Wzór 3

$$C = V_s / 0,68 \text{ [szt.]}$$

gdzie: V_s jest wymaganą objętością komór drenażowych.

Wzór 4

$$S = C \times 1,64 \text{ [m}^2\text{]}$$

gdzie C jest ilością komór drenażowych

Wzór 5

$$V_{st} = C \times 0,65 \text{ [m}^3\text{]}$$

lub

Wzór 6

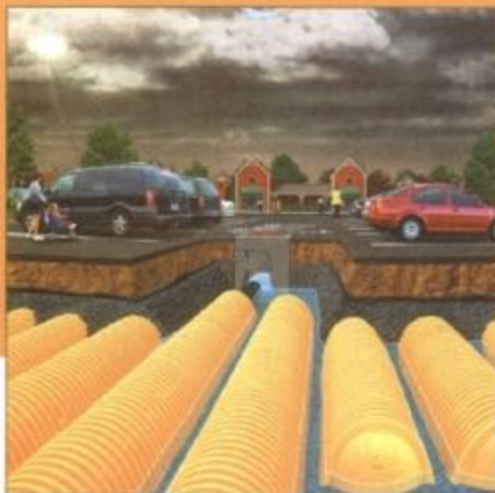
$$V_{st} = C \times 0,65 \times 1,4 \text{ [t]}$$

gdzie C jest ilością komór drenażowych.

Wzór 7

$$E_x = C \times 1,53 \text{ [m}^3\text{]}$$

gdzie C jest, podobnie jak powyżej, ilością komór drenażowych.



Komory drenażowe

Skuteczny i wytrzymały system odwodnień dróg i autostrad

14,5 tony/oś samochodu

Ekobudex Sp. z o.o.

80-328 Gdańsk, ul. Kościarska 7

tel. 058 554 85 65/66, fax 058 552 36 58

www.ekobudex.com.pl

Typ urządzenia rozszczepiającego	Liczba jednostek dla deszczu o prawdopodobieństwie p (%)			
	10	20	50	100
Studnia chłonna o średnicy \bar{R} 1,0 m [mb]	340	294	232	178
Skrzynka rozszczepiająca, w granicach zależnych od gabarytów charakterystycznych dla konkretnego rozwiązania [szt.]	1000-1670	870-1450	690-1140	530-880
Komora infiltracyjna na przykładzie H-20 [szt.]	530	460	365	280

Tab. 4. Obliczone na podstawie tab. 3 zapotrzebowanie na urządzenia rozszczepiające dla jednostkowej powierzchni 1 ha i deszczu piętnastominutowego

Ilość materiału filtracyjnego zależy od wymiarów łóżyska, głębokości oraz zakładek dla kolejnych rolek. Standardowo przyjmuje się zakładki o wielkości 60 cm. Wymagana ilość materiału filtracyjnego powiększa się o 10% - mnożnik 1,1 we wzorze 8. Wymagana ilość materiału filtracyjnego wyliczona jest za pomocą wzoru 8.

Do wykonania komór drenazowych stosuje się geosiatkę Tensar BX 1100 lub ISI 14,000. Wymagana ilość geosiatki zależy od wymiarów systemu komorowego powiększonego o 150 cm oraz ilości zakładek dla kolejnych rolek. Standardowo przyjmuje się zakładki o wielkości 60 cm. Wymaganą ilość geosiatki powiększa się o 10% (mnożnik 1,1). Wymaganą ilość geosiatki wyznacza się ze wzoru 9.

Ilość ścian przednich/tylnych zależy od ilości ciągów komór drenazowych. Dla obliczenia orientacyjnych kosztów przyjęto, że liczba ciągów z komorami równa się pierwiastkowi z powierzchni obiektu (tzn. że jego przekrój poziomy ma kształt kwadratu). Orientacyjną liczbę ścian przednich/tylnych (tzw. tarcz zatraskowych) wyznacza się ze wzoru 10.

Obliczenie wielkości odpływu w systemie infiltracji do gruntu

Odpływ w takim systemie równa się wielkości spływu burzowego (deszczowego), który jest obliczony w punkcie dotyczącym wymaganej objętości komór drenazowych. Po obliczeniu odpływu w systemie infiltracji do gruntu niezbędne jest obliczenie wymaganej powierzchni A do infiltracji wód zgromadzonych w systemie komór drenazowych. Przepływ w gruncie według prawa Darcy'ego wyznacza się ze wzoru 11.

Na zakończenie obliczeń należy sprawdzić, czy powierzchnia podłoża obiektu jest wystarczająca do opróżnienia go przez infiltrację do gruntu. Opróżnianie łóżyska powinno nastąpić w określonym czasie (według zaleceń Ekobudexu przyjmuje się okres 10 dni). W tym celu wzór 11 należy przekształcić tak, aby uzyskać czas opróżniania łóżyska (wzór 12).

Zaleca się sprawdzenie obliczeń dla deszczu długotrwałego (np. 72 godz.), którego całkowita objętość dopływająca do systemu komór drenazowych nie może przekroczyć przyjętej objętości retencyjnej V_r systemu. Przykładowe wartości natężenia deszczu na zachodniej granicy Polski według Atlasu Kostra przedstawia tab. 5 [10].

Obliczenie wielkości odpływu w systemie zatrzymania pierwszej fali spływu

Objętość ta zależy od wysokości opadu P , jaki chcemy przechwycić. Zazwyczaj wynosi on 25 mm. Stąd znając powierzchnię zlewni (tzn. powierzchnię utwardzoną, z której spływają wody zanieczyszczone) możemy obliczyć wymaganą objętość systemu przechwytyjącego V_p (wzór 13).

ZASTOSOWANIE KOMÓR I SKRZYNEK DRENAŻOWYCH W BUDOWNICTWIE DROGOWYM

Komory i skrzynki drenazowe można stosować w budownictwie drogowym zarówno do odwodnienia budowli liniowych (tzn. dróg), jak też większych powierzchni (np. parkingów). Schemat ideowy zastosowania komór drenazowych do odwodnienia parkingu centrum handlowego przedstawia rys. 1. Ze względu na wysoką wytrzymałość na zgniatanie, komory i skrzynki drenazowe można umieszczać bezpośrednio pod powierzchniami komunikacyjnymi, na przykład miejscami postojowymi dla samochodów osobowych oraz drogami wewnętrznymi na parkingach. Ze względu na brak długookresowych badań nad funkcjonowaniem komór i skrzynek drenazowych w obrębie miejsc postojowych samochodów ciężarowych oraz dróg o dużym ruchu tych pojazdów (np. bazy przeładunkowe lub kontenerowe), należy projektowane systemy na takim obszarze umieszczać na większej (ale dopuszczalnej według producenta) głębokości lub na terenie sąsiadującym z nimi, lecz nie obciążonym ruchem ciężkim. Pewne obawy można tu żywić w stosunku do zachowania się skrzynek jako brył prostopadłościennych. Ponadto późniejsze interwencje (w tym zabiegi eksploatacyjne - zwłaszcza likwidacja skutków kolmatacji podłoża) nie są tu możliwe bez stosunkowo dużych robót.

Inną możliwością zastosowania komór i skrzynek drenazowych jest ich umieszczenie w odwodnieniach liniowych jako podziemnych zbiorników retencyjno-chłonnych. Można w ten sposób zastąpić istniejący rów przydrożny o stosunkowo dużej głębokości (docho- dzącej nawet do 1 m) systemem muldy chłonnej o wysokim stopniu przepuszczalności z urządzeniem chłonno-retencyjnym na pewnej głębokości poniżej dna muldy (np. dla komór drenazowych od 0,46 m do 2,43 m), w postaci skrzynek lub komór drenazowych. Podobnym rozwiązaniem jest wykorzystanie pasa rozdzielającego na drogach dwujezdniowych lub pasa między jezdnią i chodnikiem (rys. 2) do wykonania ciągu komór lub skrzynek chłonnych. Zaletą tych systemów jest oszczędność terenu potrzebnego do zatrzymania opadu do czasu całkowitej infiltracji wody oraz zwiększenie bezpie-

Miejscowość	Natężenie [$\text{dm}^3/(\text{s}\cdot\text{ha})$] dla prawdopodobieństwa p (%)			
	10	20	50	100
Szczecin	1,3	1,6	2,0	2,4
Kostrzyń	1,3	1,7	2,3	2,7
Ślubice	1,4	1,9	2,4	2,8
Gubin	1,7	2,3	3,2	3,8
Zgorzelec	1,4	1,9	2,4	2,8
Bogatynia	1,4	1,8	2,2	2,5

Tab. 5. Natężenia deszczu długotrwałego według Atlasu Kastro dla czasu trwania $t_s = 72$ godz. [10]

czeństwa na drodze, na której głęboki rów zastąpi się muldą o niewielkiej głębokości lub oszczędność na skutek uniknięcia ewentualnej budowy innych urządzeń odwadniających, jak np. kanalizacji deszczowej, zbiorników chłonnych lub retencyjnych itp.

Po zastąpieniu istniejących rowów przydrożnych systemem muld i komór lub skrzynek drenażowych w większości przypadków możliwe jest wykonanie poszerzenia jezdni przy przebudowie lub modernizacji drogi. Zazwyczaj w takich przypadkach konieczny jest wykup gruntu potrzebnego na inwestycję, a niekiedy także konieczność wycięcia przylegającego drzewostanu.

PODSUMOWANIE

Infiltracja stanowi rozwiązanie alternatywne dla tradycyjnej kanalizacji wód opadowych, a przedstawione urządzenia są przykładami rozwiązań technicznych w tym zakresie. Oczywiście można dyskusować, czy rzeczywiście jako rozwiązanie systemowe są one tańsze niż tradycyjna kanalizacja, jednak po pierwsze można je realizować w miarę potrzeb, po drugie są od siebie praktycznie niezależne – budowa kolejnych nie narzuca konieczności przebudowy wcześniejszych. Przy tym wszystkim urządzenia jako jednostkowy obiekt są relatywnie tanie i – o ile pozwalają na to miejscowe stosunki gruntowo-wodne – mieszczą się one w możliwościach poszczególnych inwestorów. Ponadto w przypadku tradycyjnej kanalizacji bardzo trudno jest zachować standardy normy EN752, nawet w złagodzonej wersji ATV A118 (1999) [8].

Wzór 8

$$F = 1,1 (S + 2,4 \times S^{1/2} + 0,36) [\text{m}^2]$$

gdzie S jest powierzchnią dna wykopu.

Wzór 9

$$G = 1,1 (S + 6 \times S^{1/2} + 9) [\text{m}^2]$$

gdzie S jest, podobnie jak poprzednio, powierzchnią dna wykopu.

Wzór 10

$$E_p = 2 \times S^{1/2} [\text{szt.}]$$

gdzie S jest, podobnie jak poprzednio, powierzchnią dna wykopu.

Wzór 11

$$Q = k_f \times A \times i \times t [\text{m}^3]$$

gdzie:

Q - objętość przepływu (w tym przypadku objętość przechowywanej wody) [m^3]

k_f - przepuszczalność gruntu nasyconego [m/s]

i - spadek hydrauliczny (liczba niemianowana)

A - powierzchnia udostępniona do infiltracji (powierzchnia łazyska) [m^2]

t - czas przepływu w gruncie [s]

Wzór 12

$$t = Q / (A \times i \times k_f) [\text{s}] < t = 10 \text{ dni} = 864000 \text{ s}$$

Wzór 13

$$V_{st} = P \times F [\text{m}^3]$$

gdzie:

V_{st} - objętość retencyjna pierwszej fali splywu [m^3]

P - wysokość opadu [m]

F - powierzchnia zlewni [m^2]

System komór drenazowych powstał w Stanach Zjednoczonych 17 lat temu. Na całym świecie, w tym także w Polsce, pracuje ponad 600 000 systemów do miejscowego odprowadzania wód deszczowych. Obecnie montuje się ich ok. 12 000 układów komorowych miesięcznie. Zainteresowanie systemem i rosnąca sprzedaż komór pozwala na ciągle udoskonalanie produktu.

W wyniku prowadzonych badań i doświadczeń, oprócz zaprezentowanej komory H-20, wprowadzono na rynek komory o większej pojemności. Największa komora ma pojemność 2,16 m³ – można więc budować systemy komorowe zajmując coraz mniej miejsca. Zaprezentowane systemy komór i skrzynek drenazowych do miejscowego odprowadzania wód deszczowych mogą zastąpić w wielu miejscach:

- powierzchniowe zbiorniki retencyjne,
- trawiaste rowy odwadniające,
- studnie chłonne,
- rurowe drenáže rozsączające.

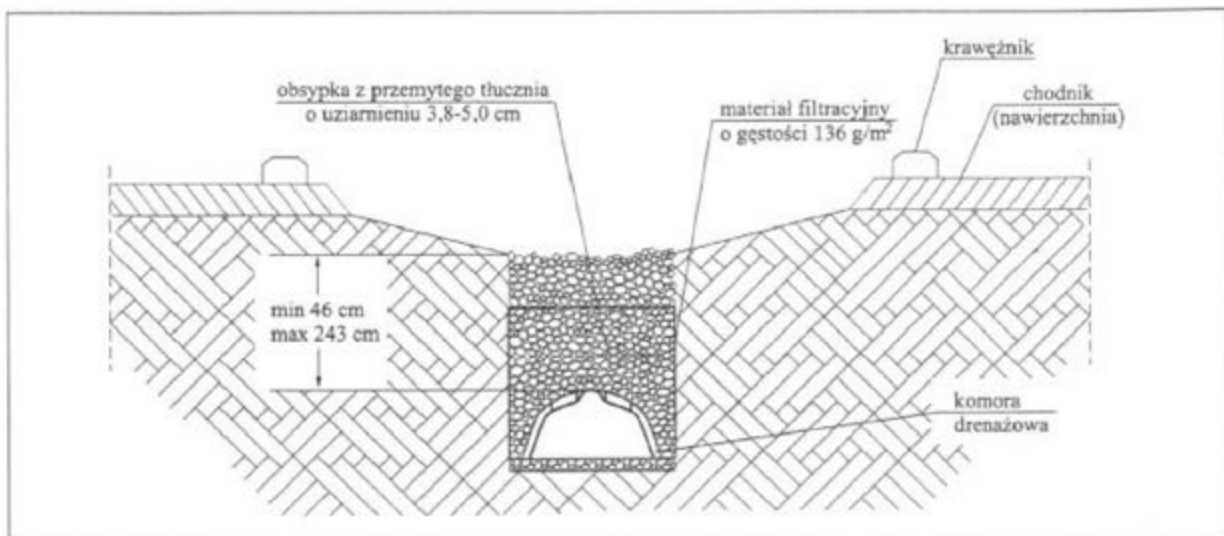
Pozwala to na zaoszczędzenie terenu bądź wykorzystanie go w podwójny sposób, oraz na zaoszczędzenie pieniędzy, które trzeba by przeznaczyć na budowę kanalizacji, a także na zagospodarowanie wody deszczowej na terenie zlewni. □

Literatura

1. Burszta-Adamiak E., Łomotowski J.: *Problemy infiltracji wód opadowych do gruntu*. „Przegląd Komunalny” 11/2004.
2. Dąbrowski W.: *Metodyka wymiarowania odwodnień dróg w USA i Wielkiej Brytanii*. [W:] *Odwodnienia drogowe z uwzględnieniem autostrad i dróg szybkiego ruchu*. Alias, Poznań 2000.
3. Dohmann M.: *Materialien zur Vorlesung: Abwasserbeseitigung*. Red. R. Haussmann i K.H. Pecher. Rheinisch-Westfälische Hochschule Aachen 1993.
4. Edel R.: *Odwodnienie dróg*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, wyd. II, Warszawa 2002.
5. Edel R., Suligowski Z.: *Wpływ parametrów wpustów deszczowych na sprawność odwodnienia powierzchniowego dróg i ulic*. WBWiS Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2004.
6. Edel R., Suligowski Z.: *Zalecenia w zakresie rozmieszczania wpustów deszczowych*. Cz. 1 i cz. 2, „Wiadomości Izby Projektowania Budowlanego” 10/2004 i 11/2004.
7. Horstmann F., Töws R.: *Praxisversuch: D-Raintank unter Extrembelastung*. „Straßen- und Tiefbau” 11/2003.
8. *Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystem*. ATV Regelwerk Abwasser – Abfall. Arbeitsblatt ATV – A118. ATV GFA, Hennef 1999.
9. Imhoff K., Imhoff K.-R.: *Kanalizacja miast i oczyszczanie ścieków*. Poradnik. Arkady, Warszawa 1982.
10. KOSTRA (Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertung). *Starkniederschlagshöhen für Deutschland*. Deutscher Wetterdienst. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes. Offenbach am Main, 1997.
11. Suligowski Z.: *Infrastruktura kanalizacyjna w gospodarce komunalnej*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2006.
12. Suligowski Z., Gudelis-Taraszkiewicz K.: *Alternatywne rozwiązania kanalizacji wód opadowych*. „Gaz, Woda, i Technika Sanitarna”, 12/2003.
13. Suligowski Z., Gudelis-Taraszkiewicz K.: *Infiltracja do gruntu – alternatywa dla tradycyjnej kanalizacji wód opadowych*. „Przegląd Komunalny”, 5/140/2003.
14. Suligowski Z., Gudelis-Taraszkiewicz K.: *Kanalizacja wód opadowych, elementy rozwiązań alternatywnych*. „Inżynieria Morska i Geotechnika”, 2/2004.
15. Suligowski Z., Gudelis-Taraszkiewicz K.: *Propozycje w zakresie projektowania kanalizacji wód opadowych (cz. 1)*. Wiadomości IPB 12 (167) 2004.
16. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. „Prawo ochrony środowiska”. Dziennik Ustaw 62/2001.

Wydawnictwa firmowe

1. Funke Gruppe: *Wytłaczanie rur, formowanie wtryskowe, wytłaczanie profili, budowa form wtryskowych*. FUNKE Polska (Prusy).
2. *Infiltrator Systems. Komory drenazowe. Wytyczne do projektowania i instalowania systemów magazynowania i odprowadzania wód opadowych do gruntu za pomocą komór drenazowych*. EKOBUX (Gdańsk).
3. *Regenwassernutzanlagen. KESSEL Entwässerungstechnik Abscheidetechnik* (Lenting, Niemcy).
4. *Schachtsysteme KESSEL. Schachtsystem 1000. KESSEL Entwässerungstechnik Abscheidetechnik* (Lenting, Niemcy).
5. *System studzienek KESSEL. Studzienna rewizyjna i kontrolna UNIVA-Standard gotowa do zamontowania w wykopie*. KESSEL (Lenting, Niemcy).
6. *System zagospodarowania wody deszczowej AZURA*. WAVIN (Buk).



Rys. 2. Mulilo chłonna z komorą drenazową jako elementem retencyjno-filtracyjnym