

Władysław MATUSIEWICZ

Katedra Geoinżynierii SGGW w Warszawie
Department of Geotechnical Engineering WULS – SGGW

Odwodnienia instalacji sanitarnych zlokalizowanych pod posadzkami pomieszczeń przyziemia

Dewatering of sanitary installations located under building basement

Słowa kluczowe: fundament, wykopy, podtopienie, instalacje sanitarne, parametry geotechniczne, drenaż, infiltracja do gruntu, kanał instalacyjny

Key words: foundation, excavation, excessive rise in ground water level, sanitary installation, geotechnical parameters, drainage, infiltration of into the soil, channel installation

Wprowadzenie

Kanalizacje bytowo-gospodarcze, technologiczne, przemysłowe oraz sieci wodociągowe i inne zlokalizowane są często wewnątrz budynków pod posadzkami pomieszczeń przyziemia i poniżej posadowienia. Wykopy, w których układane są przewody instalacyjne, zasypuje się na ogół gruntem, który wcześniej odspojono z podłoża, lub innym nasypowym (np. piaski, pospółki lub żwiry). Po kilkuletnim okresie od zakończenia budowy, w przypadku gdy obiekt

nie ma trwałego systemu odwodnienia, w wymienionym środowisku gromadzi się woda, powodując trwałe podtopienia gruntów przyległych i elementów konstrukcji obiektu budowlanego. W przypadku gruntów spoistych występuje nadmierne nasycenie wodą, co pogarsza ich parametry geotechniczne.

Przykładem może być budynek przy ulicy Flory w Warszawie, gdzie przystąpiono do wymiany niedrożnej i zdeformowanej podposadzkowej kanalizacji technologicznej. Po częściowym usunięciu posadzki okazało się, że rury zalane są wodą. Na ścianach pionowych przyległych do instalacji pojawiły się mikropęknięcia szerokości do 0,3 mm. W miejscach, gdzie rury kanalizacji przeznaczone do wymiany położone były poniżej posadowienia, istniała obawa, że w trakcie robót wykonawczych może wystąpić naruszenie stateczności łąw i ścian fundamentowych obiektu. W celu

oceny aktualnego stanu podłoża (Kostrzewski, 2001), sposobu odwodnienia gruntu (Matusiewicz, 1993, 2003a, 2003b, 2005, 2009, 2011, 2013; Dąbrowski, 2015; Kotowski, 2011; Krężolek, 2014) z umocnieniem skarp wykopu (Rychlewski, 2015) i wymiany kanalizacji przeprowadzono niezbędne badania geotechniczne. Na podstawie uzyskanych wyników zaproponowano sposób naprawy zamulonej i zdeformowanej kanalizacji. Aby zapobiec ponownemu podtopieniu, zalecono trwałe wewnętrzny drenaż kanalizacji (Loughney, 2001).

Przedstawiony przypadek podtopienia i przyjęty, jak się okazało po wykonaniu, skuteczny sposób odwodnienia pozwoliły na zaproponowanie zaleceń odnośnie do metod odwodnienia podposadzkowych kanalizacji gospodarczo-bytowych, technologicznych i innych w różnych warunkach gruntowo-wodnych. Należy zaznaczyć, że problem ten dotyczy większości obiektów budowlanych, gdzie trwałych odwodnień podposadzkowych instalacji nie wykonano, a przepisy odnośnie do opisanego przypadku nie są jednoznacznie sprecyzowane.

Charakterystyka obiektu

Analizowany budynek położony jest przy ulicy Flory w Warszawie. W 2004 roku przeprowadzono w nim generalny remont. Ma trzy piętra oraz pomieszczenia użytkowane przyziemia. Na poziomie parteru znajduje się restauracja. Jest posadowiony na ławach fundamentowych. Wewnątrz budynku pod posadzkami pomieszczeń przyziemia znajduje się kanalizacja technologiczna tłuszczu i skrobi spożywczej z separatorem. Z powodu

zamulenia i deformacji podjęto decyzję o jej wymianie. Po zdemontowaniu fragmentu posadzki okazało się, że kanalizacja znajduje się w wodzie. Wysokość podtopienia przewodu ściekowego wynosiła 0,68 m. Na ścianach działowych przyległych wystąpiły mikropęknięcia o szerokości do 0,3 mm i długości do 1,5 m, co świadczy o nieznacznym osiadaniu obiektu. Teren przyległy do budynku na 62% obwodu stanowią trawniki, a na 34,5% chodniki i parkingi z kostki betonowej. Na pozostałych 3,5% obwodu do budynku przylegają dwa świetliki okienne piwnic z warstwą żwiru w dnie (rys. 1) i dwie komory do zewnętrznego zaopatrzenia restauracji (rys. 2) z otworami pionowymi w dnie (rys. 3). Wody opadowe z drenażu żwirowego świetlików i drenażu pionowego komór oraz z nawierzchni trawiastych, odprowadzane są do gruntu przyległego bezpośrednio do ścian fundamentowych obiektu. Pionowe ściany fundamentowe uszczelnione są zewnętrzną izolacją przeciwwilgociową i przeciwwodną (Brachczak, 2015; Frossel, 2007). Budynek nie ma trwałego systemu odwodnienia gruntów na poziomie posadowienia. Plan ław fundamentowych z wewnętrzną kanalizacją technologiczną tłuszczów i skrobi spożywczej przedstawiono na rysunku 4, a profil podłży instalacji z zaznaczeniem wysokości podtopienia – na rysunku 5.

Warunki geologiczne i geotechniczne

Teren w obrębie podtapianej wewnętrznej kanalizacji sanitarnej, według Szczegółowej mapy geologicznej Polski, arkusz Warszawa Wschód (Sarnac-



RYSUNEK 1. Światlik okienny pomieszczenia przyziemia
FIGURE 1. Skylight window of basement room



RYSUNEK 2. Komora zewnętrzna otwarta
FIGURE 2. Opened outer chamber



RYSUNEK 3. Komora zewnętrzna z drenem pionowym
FIGURE 3. The outer chamber with vertical drain

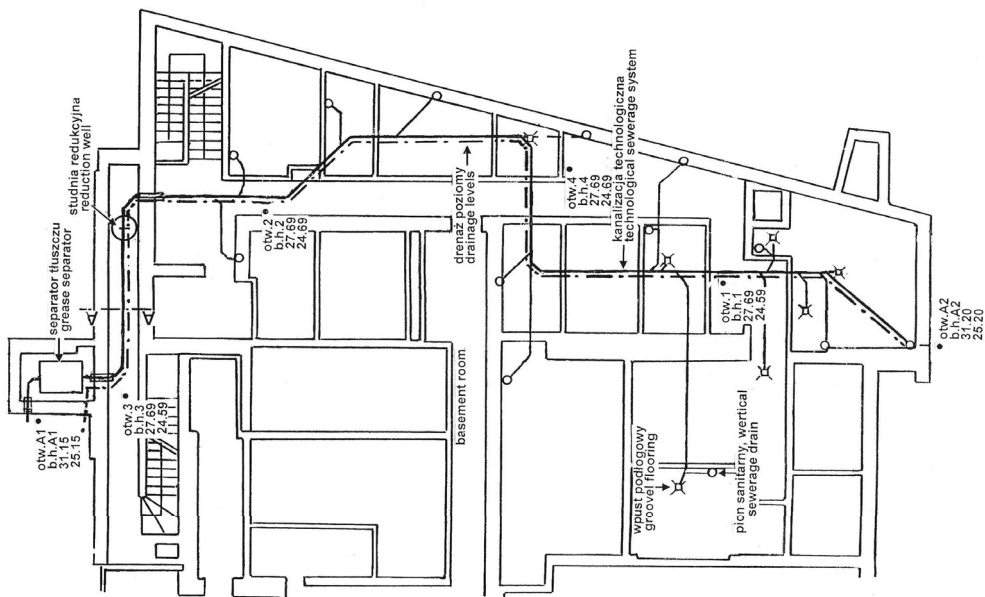
ka, 1979), położony jest w strefie kra-
wędziowej polodowcowej plioceniowej
wysoczyzny morenowej. Wysoczyzna
ma wysokość względną 20 m, przebiega
od południa przez Służew, Królikarnię,
Łazienki, Agrykołę, Stare Miasto i Cyta-
delę. Jest rozcięta dolinami i parowami.
Rzędne położenia wahają się od 100 do
110 m. W rejonie Królikarni i parku Ła-
zienkowskiego znajdują się wychodne
iłłów zastoiska warszawskiego. Główną
rzeką obszaru arkusza jest Wisła. Le-
wostronnym jej dopływem jest rzeka
Wilanówka, do której ma ujście Kanał
Służewiecki. Występują tutaj wzdłuż
skarpy wiślanej liczne jeziora. Część
z nich jest bezodpływowa, a część ma uj-
ście do Jeziora Czerniakowskiego i Po-
toku Łazienkowskiego. Na powierzchni
zalegają plejstoceniowe gliny zwałowe
stadiału mazowiecko-podlaskiego zło-
dowacenia środkowopolskiego. Miąż-
szość tych osadów wynosi od 1,5 m
do kilku metrów. Są to gliny zawałowe
na piaskach wodnolodowcowych dol-
nych i na iłach zastoiskowych stadiału
mazowiecko-podlaskiego.

Z powodu braku w oryginalnej do-
kumentacji geotechnicznej do projektu
budynku oraz badań laboratoryjnych
cech fizycznych gruntów (dostępny opis
w projekcie budowlanym) przeprowa-
dzono badania geotechniczne w obrębie
podtopionej podposadzkowej kanalizacji
technologicznej. W ramach badań wy-
wiercono z poziomu pomieszczeń przy-
ziemia cztery otwory geotechniczne.
Wykonano je w odkrywkach wyciętych
w posadzce za pomocą tarczy diamento-
wej. W trakcie wierceń pobrano próbki
gruntu do badań laboratoryjnych, dla
których określono: wilgotność naturalną
gruntu (w_n), rodzaj gruntu zilustrowany

wykresami krzywych uziarnienia, granicę plastyczności gruntu (w_p), granicę płynności gruntu (w_L). Do analizy geotechnicznej wykorzystano dwa otwory archiwalne o głębokości 6 m, bazujące jedynie na makroskopowej ocenie rodzaju gruntu (rys. 4 i rys. 5). Według wierceń archiwalnych zwierciadło wody podziemnej układało się w warstwie piasków drobnych o miąższości 0,15 m (rys. 5). W ramach badań zainstalowano wewnątrz obiektu dwa piezometry do pomiaru zwierciadła wody w gruncie zasypowym kanalizacji. Badania i obliczenia wykonano według norm: PN-88/04481, PKN-CEN ISO/TS 17892-4 i PKN-CEN ISO/TS 17892-12. Na podstawie uzyskanych wyników określono wskaźnik plastyczności gruntu (I_p), stan gruntu (I_L) oraz wskaźnik konsystencji gruntu (I_C). Lokalizację otworów pokazano na planie rzutu ław fundamentowych z instalacją

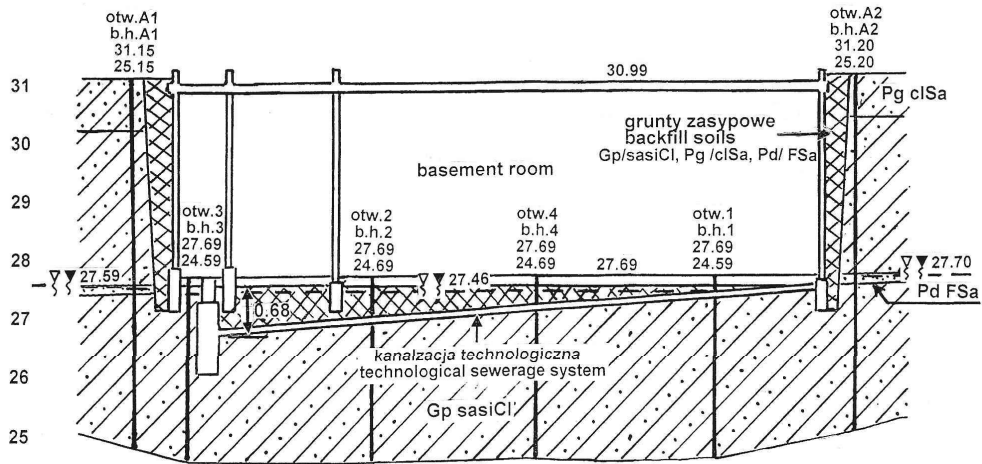
podposadzkowej kanalizacji technologicznej (rys. 4), a profile otworów wiertniczych i przekrój geotechniczny na rysunku 5. Charakterystyczne rodzaje gruntów podłoża określonych metodą laboratoryjną przestawiono na krzywej uziarnienia (rys. 7). Wyniki z badań i obliczeń zestawiono w tabeli 1 i tabeli 2, pomiary zwierciadła wody podtopionej kanalizacji w tabeli 3.

Z uzyskanych wyników rozpoznania podłoża w linii przewodu technologicznego wynika, że podłoże zabudowane jest gruntem zasypowym. Miąższość zasypu zależy od spadku przewodu i waha się od 0,36 do 0,95 m poniżej spodu posadzki. Grunt zasypowy stanowią piaski gliniaste i gliny piaszczyste. Miejscami pod posadzką zalega 0,12-metrowa warstwa pospółki przemieszanej z gruzem ceglany i betonowy (rys. 5). Poniżej dna przewodu kanalizacji, do głębokości



RYSUNEK 4. Plan kanalizacji technologicznej i lokalizacja otworów geotechnicznych

FIGURE 4. Technological sewerage plan with levels drainage and location of geotechnical boreholes



24

RYSunEK 5. Kanalizacja sanitarna technologiczna oraz warunki geotechniczne podłoża
 FIGURE 5. Sewerage system technology and geotechnical conditions substrate

TABELA 1. Wyniki badań laboratoryjnych cech fizycznych gruntów
 TABLE 1. Laboratory test results of index properties

Nr otworu No. b.h.	Przelot warstwy Layer dept [m]	Wilgotność naturalna Moisture content [%]	Zawartość frakcji wg PN Fraction kontent by PN [%]				Rodzaj gruntu wg PN Soil type by PN	Zawartość frakcji wg EC7 Fraction kontent by EC7 [%]				Rodzaj gruntu wg EC7 Soil type by EC7
			f_i	f_π	f_p	f_{z+k}		Gr	Sa	Si	Cl	
1	0,2–0,65	4,62	1	2	51	46	Po	46	50	33	11	grSa
	0,65–1,5	13,19	16	23	60	1	Gp	1	56	27	16	sasiCl
	1,5–2,3	11,19	–	–	–	–	Gp	–	–	–	–	sasiCl
	2,3–3,1	11,88	14	25	61	–	Gp	–	57	29	14	sasiCl
2	0,2–0,6	13,19	13	26	59	2	Gp	2	54	31	13	sasiCl
	0,6–0,8	18,89	7	14	77	2	Pg	2	73	18	7	clSa
	0,8–0,95	22,58	9	16	68	7	Pg	7	64	20	9	clSa
	0,95–1,5	13,06	17	22	60	1	Gp	1	54	28	17	sasiCl
	1,5–2,2	12,62	15	25	59	1	Gp	1	52	32	15	sasiCl
	2,2–2,9	12,68	–	–	–	–	Gp	–	–	–	–	sasiCl
3	0,2–0,6	11,54	–	–	–	–	Pg	–	–	–	–	clSa
	0,6–1	17,45	12	18	64	6	Gp	6	60	22	12	clSa
	1–1,9	12,50	15	24	61	–	Gp	–	55	30	15	sasiCl
	1,9–3	11,58	16	23	61	–	Gp	–	54	31	15	sasiCl
4	0,2–0,85	13,73	1	6	42	51	Ż	51	41	7	1	saGr
	0,85–1,7	12,06	14	26	59	1	Gp	1	55	30	14	sasiCl
	1,7–3	12,34	15	23	61	1	Gp	1	60	24	15	sasiCl

b.h. – borehole.

TABELA 2. Wyniki badań laboratoryjnych i obliczeń parametrów gruntów
TABLE 2. Laboratory test and determination of geotechnical parameters

Nr otworu No. b.h.	Przelot warstwy Layer dept [m]	Granica plastyczności Plastic limit w_p [%]	Granica płynności Liquid limit limit w_L [%]	Wskaźnik plastyczności Plasticity index I_p [%]	Stopień plastyczności Liquidity index I_L [-]	Wskaźnik konsystencji Consistency index I_C [-]	Stan gruntu Consistency [-]	Zawartość $CaCO_3$ Content [%]
1	0,65–1,5	11,99	23,38	11,39	0,105	0,895	tpl, stiff	3–5
	2,3–3,1	14,26	24,50	10,24	-0,232	1,232	pzw/very stiff	1–3
2	0,2–0,6	13,35	23,57	10,22	0,26	0,74	pl/firm	3–5
	0,6–0,8	14,08	19,48	5,4	0,89	0,11	mpl/very soft	1–3
	0,8–0,95	13,33	19,20	5,87	1,59	-0,59	pł	1–3
	0,95–1,5	11,93	24,68	12,75	0,09	0,91	tpl/stiff	3–5
	1,5–2,2	11,92	24,70	12,78	0,055	0,945	tpl/stiff	3–5
3	0,6–1	13,11	21,70	8,59	0,505	0,495	mpl/soft	1–3
	1–1,9	12,11	25,32	13,22	0,0295	0,9705	tpl/stiff	3–5
	1,9–3	11,65	26,03	14,52	-0,005	1,005	pzw/very stiff	> 5
4	0,85–1,7	12,58	25,47	12,89	0,008	0,992	tpl/stiff	3–5
	1,9–3	11,96	24,71	12,75	0,03	0,97	tpl/stiff	3–5

TABELA 3. Wyniki pomiarów zwierciadła wody podziemnej pod posadzą przyziemia
TABLE 3. Results of measurements of geotechnical table beneath the floor of basement

Punkt pomiaru Measurement point	Data pomiaru: luty 2014 / Measurement date: February 2014							
	10	12	13	15	17	19	21	23
	Rzędne zwierciadła wody / Ordinate of the water table [m]							
Studnia/Vells	27,00	27,01	27,03	27,04	27,055	27,055	27,06	27,055
Wykop/Excavation	27,13	27,14	27,15	27,16	27,165	27,165	27,17	27,165

Gdzie/Where: 27,69 m – rzędna posadzki przyziemia/basement floor ordinate, 26,89 m – rzędna dna studni rewizyjnej/ordinate the bottom of the wells revision.

rozpoznania wynoszącej 3 m, zdeponowane są gliny piaszczyste (rys. 5 i rys. 7). Grunty spójne zasypowe (Pg, Gp) są w stanie plastycznym i miękkoplastycznym, a naturalne gliny piaszczyste podłoża w stanie twardeplastycznym i zwartym (tab. 2). Poziom wody podziemnej, według badań z 2004 roku, układał się

na rzędnych w zakresie 27,70–27,59 m (rys. 5). Z opisu do projektu kanalizacji technologicznej wynika, że na rzędnych poziom wody podziemnej podtapiającej kanalizację w okresie między 10 a 23 lutego 2014 roku, przy dodatnich wartościach temperatury powietrza i odwilży, podniósł się o 0,06 m (rys. 5, tab. 3).

Przyczyny podtopienia kanalizacji i koncepcja odwodnienia

Posadowiona poniżej posadzki przyziemia wewnętrzna kanalizacja technologiczna, według informacji użytkownika, wykonana była w suchym wykopie i zasypana gruntem rodzimym. Po dziewięciu latach eksploatacji stwierdzono mikropęknięcia ścian w obrębie kanalizacji technologicznej, która uległa deformacji oraz zamuleniu tłuszczami i skrobiami. Grunt zasypowy jest podtapiany do wysokości 0,68 m (rys. 5). Analiza terenu przyległego bezpośrednio do obiektu oraz badania geotechniczne wykazały, że grunt zasypowy stanowią piaski gliniaste i gliny piaszczyste z gruzem budowlanym. Przyczyną podtopienia są wody opadowe infiltrujące do gruntu z powierzchni terenu oraz wody podziemne. Infiltracja wód opadowych spod posadzki odbywa się przez grunty zasypowe ścian fundamentowych zewnętrznych porośniętych trawą i krzewami, świetliki okienne zasypane żwirem i otwory chłonne w betonowych dnach komór zaopatrzenia restauracji. Zasilanie podziemne odbywa się poprzez wychodnię warstwy piaszczystej na poziomie ław fundamentowych na rzędnej 27,70 m (rys. 5 i rys. 6).

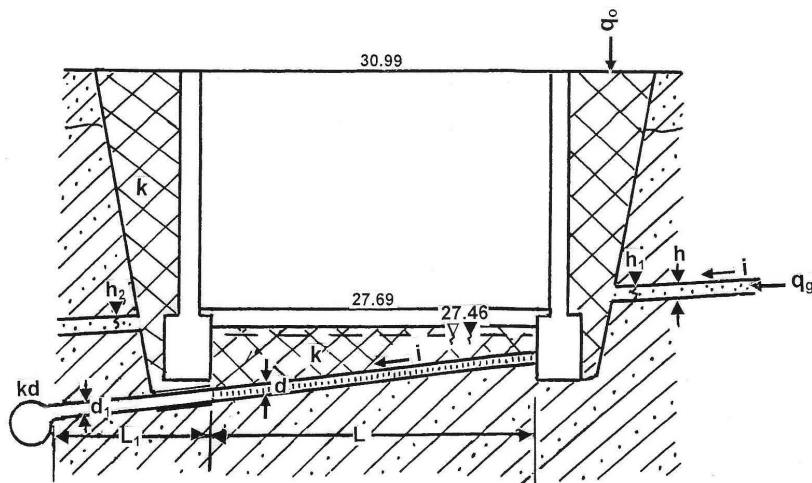
Po przeanalizowaniu zakresu podtopienia oraz rodzaju i stanu gruntów podłoża zaproponowano wymianę rur kanalizacyjnych odcinkami długości 8 m i szerokości 0,7 m. Po wycięciu posadzki skarpy między gruntem zasypowym a gruntami naturalnymi będą ubezpieczone płytami pełnymi, z jednoczesnym czasowym odwodnieniem gruntu rzapiami. Grunty zasypowe w stanie miękkoplastycznym i płynnym oraz rury nie-

sprawnej kanalizacji zostaną usunięte, a na odwodnionym podłożu ułożone nowe rury kanalizacji z podłączeniami bocznymi z umywalek i zlewozmywaków pomieszczeń przyległych (rys. 4).

Aby nie dopuścić do ponownego podtapiania przebudowanej kanalizacji technologicznej, zaproponowano drenaż wewnętrzny trwały. Zlokalizowany będzie w wykopie obok rur kanalizacji technicznej (rys. 4). Wykonany zostanie z sączków karbowanych perforowanych o średnicy $d = 0,113$ m ze szczelinami wlotowymi szerokości $s = 1,5$ mm i ułożony na warstwie geowłókniny. Geowłóknina pełni tutaj funkcję separacyjną oddzielającą dren od gliniastego gruntu podłoża. Sączek zabezpieczony będzie od zamulenia filtrem z kruszywa mineralnego. Dobór gruntu na filtr drenażu określono według formuły Terzagiego, która zapewnia optymalny dopływ wody i stabilizację gruntu chronionego przyległego do sączka. Sprawdzono również warunek ograniczający kolmatację drenu w zależności od szerokości szczelin wlotowych w sączku (Sokołowski i Żbikowski, 1993). Kruszywo na filtr drenażu projektowano dla gruntów zalegających w obrębie instalacji, tj. piasek gliniasty gruntu zasypowego (Pg-z), glina piaszczysta gruntu zasypowego (Gp-z) oraz glina piaszczysta gruntu naturalnego (Gp-n) – rysunek 7.

Obliczenia drenażu

W ramach obliczeń drenażu nawiązanej kanalizacji technologicznej określono wydatek (Pazdro, 1983), przepustowość (Mielcarzewicz, 1971) oraz filtr odwrotny (Sokołowski i Żbikowski,



RYSUNEK 6. Schemat do projektowania drenażu: d – sączek, d_1 – rura bez perforacji, k_d – kanalizacja deszczowa

FIGURE 6. Scheme for drain design: d – drain, d_1 – pipe no perforation, k_d – storm water system

1993). Schemat do obliczeń przedstawiono na rysunku 6.

Jednostkowy wydatek drenażu (q_j) obliczono ze wzoru:

$$q_i = q_o + q_g \text{ [m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}] \quad (1)$$

gdzie:

q_o – jednostkowe natężenie deszczu według prawdopodobieństwa [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$],
 q_g – jednostkowy dopływ wód gruntowych do drenażu [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$].

Jednostkowe natężenie deszczu (q_o) obliczono ze wzoru (Edel, 2006; Królikowska i Królikowski, 2012):

$$q_o = \frac{470 \cdot \sqrt[3]{c}}{t^{0,67}} \text{ [m]} \quad (2)$$

gdzie:

c – częstotliwość występowania deszczu [lata],

$$c = \frac{100}{p} \text{ [m]} \quad (3)$$

t – czas trwania opadu [min],

p – prawdopodobieństwo pojawiania się deszczu [%].

Jednostkowy dopływ wód gruntowych do drenażu (q_g) obliczono ze wzoru:

$$q_g = k \cdot i \cdot h \text{ [m]} \quad (4)$$

gdzie:

k – współczynnik filtracji gruntu warstwy zasilającej [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$],

i – spadek hydrauliczny warstwy [-],

$$i = \frac{h_1 - h_2}{L} \text{ [-]} \quad (5)$$

h_1 – wyższy poziom zwierciadła wody gruntowej w warstwie [m],

h_2 – niższy poziom zwierciadła wody gruntowej w warstwie [m],

L – odległość między punktami pomiaru wody w gruncie [m],

h – miąższość warstwy nawodnionej [m].

Całkowity wydatek drenażu (Q_c) obliczono ze wzoru:

$$Q_c = q_j \cdot l_c \text{ [m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (6)$$

gdzie:

l_c – długość drenażu [m].

Sprawdzenie maksymalnej przepustowości drenażu (Q_o):

$$Q_o = F_o \cdot V_o = \frac{\Pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{1}{6}} \cdot \sqrt{d \cdot i_1} \text{ [m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (7)$$

gdzie:

F_o – powierzchnia przekroju sączka [m²],

V_o – prędkość przepływu [m·s⁻¹],

d – średnica drenu [m],

n – współczynnik szorstkości sączka [-],

i_1 – spadek drenażu [%o].

Na podstawie wyników badań laboratoryjnych gruntów do obliczeń hydrogeologicznych i hydraulicznych drenażu przyjęto parametry: $c = 5$ lat, $p = 20\%$, $h_1 = 27,50$ m, $h_2 = 27,59$ m, $i = 1,76$ ‰, $k = 2,5$ m·d⁻¹, $L = 62,5$ m, $l_c = 180$ m, $d = 0,113$ m, $n = 0,013$, $i_1 = 15$ ‰.

Wyniki obliczeń: $q_o = 1,72 \cdot 10^{-5}$ m³·s⁻¹·m⁻², $q_g = 7,639 \cdot 10^{-9}$ m³·s⁻¹·m⁻¹, $q_j = 1,721 \cdot 10^{-5}$ m³·s⁻¹, $Q_C = 3,1 \cdot 10^{-3}$ m³·s⁻¹, $Q_o = 8,74 \cdot 10^{-3}$ m³·s⁻¹.

Warunek przepustowości drenażu $Q_o \geq Q_C = 8,74 \cdot 10^{-3}$ m³·s⁻¹ $\geq 3,1 \cdot 10^{-3}$ m³·s⁻¹ jest spełniony.

Filtr drenażu kanalizacji sanitarnej technologicznej według Terzagiego:

Warunek I gwarantujący wystarczającą przepuszczalność filtru:

$$\frac{D_{15}}{d_{15}} \geq 4, \quad D_{15} = 4 \cdot d_{15} \text{ [mm]} \quad (8)$$

Warunek II zapewniający stabilizację gruntu chronionego:

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 4, \quad D_{15} = 4 \cdot d_{85} \text{ [mm]} \quad (9)$$

Warunek 3 według Sokołowskiego i Żbikowskiego (1993), zabezpieczający drenaż przed kolmatacją:

$$D_{80} \geq s \text{ [mm]} \quad (10)$$

gdzie:

d_{15} ; d_{85} – średnica ziaren gruntu chronionego, których zawartość wraz z mniejszymi wynosi w próbie 15% i 85% [mm],

D_{15} ; D_{80} – średnica ziaren gruntu filtru [mm],

s – szerokość szczeliny wlotowej [mm].

Grunty chronione i filtrów zestawiono w tabeli 4.

Dobór gruntu na 1. warstwę filtru między gruntami chronionymi a piaskiem wiślanym Ps (rys. 7):

$$\text{Pg-z Warunek I: } \frac{0,24}{0,018} = 13,33 \geq 4,$$

$$\text{Warunek II: } \frac{0,24}{1,35} = 0,18 \leq 4.$$

$$\text{Gp-z Warunek I: } \frac{0,24}{0,004} = 60 \geq 4,$$

$$\text{Warunek II: } \frac{0,24}{0,24} = 1 \leq 4.$$

$$\text{Gp-n Warunek I: } \frac{0,24}{0,0015} = 160 \geq 4,$$

$$\text{Warunek II: } \frac{0,24}{0,25} = 0,96 \leq 4.$$

Ps Warunek 3: 1 mm \neq $\geq 1,5$ nie spełnia wymogów, potrzebna jest druga warstwa filtru.

TABELA 4. Charakterystyczne średnice zastępcze gruntów chronionych i na filtry drenażowe
TABLE 4. Characteristic particle size of protected soils and drainage filters

Rodzaj gruntu Type of soil	Średnice ziarn guntu The grain diameter of soils				Szerokość szczeliny wlotowej The width of inlet slot s [mm]
	Grunt chroniony Protected soils [mm]		Materiał filtru Filter material [mm]		
	d_{15}	d_{85}	D_{15}	D_{80}	
Pg – backfill	0,018	1,35			1,5
Gg – backfill	0,004	0,24			
Gp – natural	0,0015	0,25			
Ps – filtr warstwy 1, filter of layer 1	0,24	1,3	0,24	1	
Ż 0,5/10 mm – filtr warstwy 2, filter of layer 2			1,7	5,6	

Wyznaczenie przedziału frakcji dopuszczalnych dla piasku wiślanego Ps, grunty chronione: Pg-z, Gp-z, Gp-n:

Warunek I: $D_{15} = 4 \cdot 0,24 = 0,96$ mm,

Warunek II: $D_{15} = 4 \cdot 1,3 = 5,2$ mm.

Z wyznaczonego przedziału wartości dopuszczalnych przyjęto na filtr 2. warstwy pospółkę płukaną o frakcji 0,5/10 mm (rys. 7).

Gp-n Warunek I: $\frac{1,7}{0,0015} = 1133,3 \geq 4$,

Warunek II: $\frac{1,7}{0,25} = 6,8 \neq 4$.

Warunek II dla glin piaszczystych nie jest spełniony. W takim przypadku w dnie wykopu między gruntem naturalnym a filtrem ze żwiru płukanego 0,5/10 mm należy ułożyć warstwę z geowłókniny zgrzewanej szerokości 0,7 m i współczynnika filtracji $k > 2,9 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Sprawdzenie warunków doboru gruntu między filtrem warstwy 1. Ps a warstwy 2. z pospółki płukaną 0,5/10 mm (rys. 7):

Warunek I: $\frac{1,7}{0,24} = 7,08 \geq 4$,

Warunek II: $\frac{0,24}{1,35} = 0,18 \leq 4$,

Warunek 3: $5,6 \text{ mm} \geq 1,5 \text{ mm}$.

Warunki I, II i 3 zostały spełnione.

Sprawdzenie warunków doboru gruntu między gruntami chronionymi Pg-z, Gp-z, Gp-n a filtrem warstwy 2. z pospółki płukaną 0,5/10 mm:

Pg-z Warunek I: $\frac{1,7}{0,018} = 94,4 \geq 4$,

Warunek II: $\frac{1,7}{1,5} = 1,26 \leq 4$.

Gp-z Warunek I: $\frac{1,7}{0,004} = 60 \geq 4$,

Warunek II: $\frac{1,7}{0,24} = 7,8 \neq 4$.

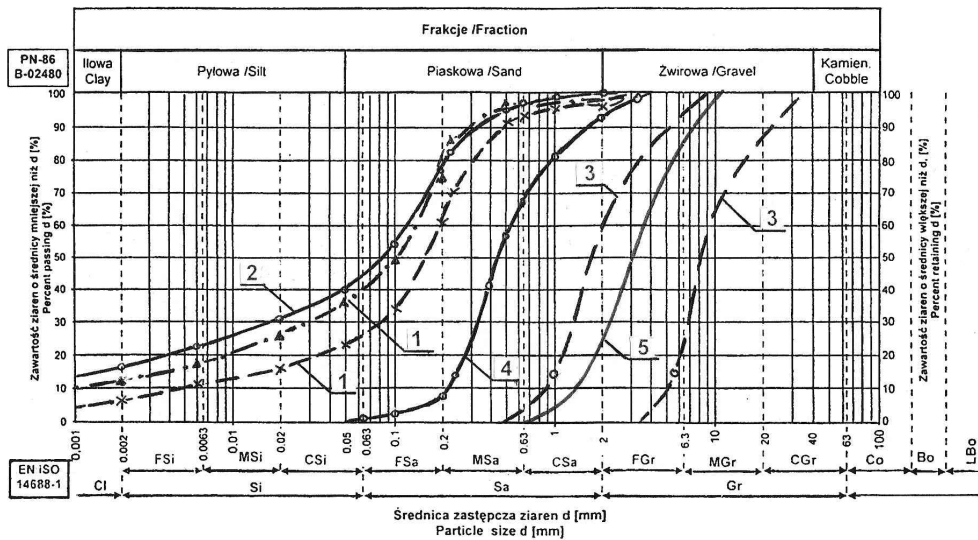
Gp-n Warunek I: $\frac{1,7}{0,0015} = 1133,3 \geq 4$,

Warunek II: $\frac{1,7}{0,25} = 6,8 \neq 4$.

Warunek II dla glin piaszczystych nie jest spełniony. W takim przypadku w dnie wykopu między gruntem naturalnym a filtrem ze żwiru płukanego 0,5/10 mm należy ułożyć warstwę z geowłókniny zgrzewanej szerokości 1 m i o współczynniku filtracji $k > 2,9 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Ostatecznie 1. warstwę filtru drenażu o szerokości szczelin wlotowych $s = 1,5 \text{ mm}$ będzie stanowił piasek średni płukany, a warstwę 2. przyległą do sączka – filtr ze żwiru płukanego o frakcji 0,5/10 mm. Między 2. warstwą filtru a glinami piaszczystymi podłoża w dnie wykopu ułożona będzie geowłóknina zgrzewana pełniąca funkcję separacyjną. Krzywe uziarnienia gruntów chronionych i filtru dwuwarstwowego drenażu pokazano na rysunku 7.

Podsumowanie

Instalację sanitarną technologicznej kanalizacji gastronomicznej analizowanego budynku wykonano pod posadzkami pomieszczeń przyziemia na głębokości maksymalnie 1,24 m, tj. 4,54 m poniżej terenu. Po dziesięciu latach eksploatacji kanalizacja ściekowa uległa w 90% zmuleniu tłuszczami i skrobią spożywczą oraz częściowo nierównomiernie osiadła. Po odkopaniu okazało się, że rury i grunt zasypowy są podtopione w najniższym punkcie do wysokości 0,68 m. Badania geotechniczne wykazały, że grunty zasypowe stanowią piaski gliniaste i gliny piaszczyste w stanie plastycznym i miękkoplastycznym. Poniżej rur do głębokości 3 m podłoża jest zbudowane z naturalnych glin piaszcz-

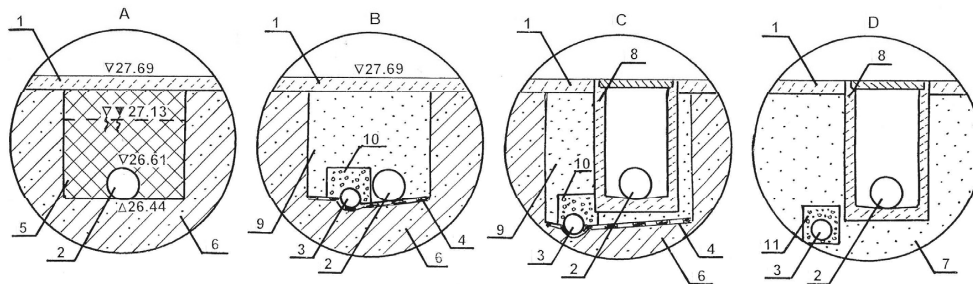


RYСУNEK 7. Wykresy uziarnienia badanych gruntów i dobór kruszywa na filtr drenażowy według Terzagiego: 1 – grunt zsypany Pg-z i Gp-z, 2 – grunt naturalny Gp-n, 3 – przedział dopuszczalnych frakcji filtru, 4 – filtr warstwy 1. Ps płukany, 5 – filtr warstwy 2. Ż o frakcji 0,5/10 mm płukany
 FIGURE 7. Grain size distribution and designed granular two-layers filter: 1 – backfill soils cI Sa and sasi Cl, 2 – natural soils sasi Cl, 3 – fraction range for filter, 4 – filter layer 1. MSa rinsed, 5 – filter layer 2. Gr mix. 0,5/10 mm rinsed

czystych w stanie twardoplastycznym i półzwardłym. Podtapianie kanalizacji technologicznej występuje z powodu infiltracji wód opadowych oraz roztopowych przez grunt zasypowy ścian zewnętrznych fundamentowych, przez dna świetlików okiennych zasypanych żwirem, przez zewnętrzne komory zapotrzenia gastronomicznego odprowadzające wody opadowe pionowymi rurami w rejon ław fundamentów i z warstwy piasków drobnych na poziomie posadowienia. W celu zabezpieczenia wymienionej instalacji przed ponownym podtapianiem zaproponowano trwały drenaż liniowy. Podano metody obliczeń zasilania powierzchniowego i podziemnego drenażu, obliczania parametrów i zabezpieczania sączków filtrami odwrotnymi z gruntów mineralnych niespoistych przed kolmatacją, odprowadzenie wód drenażowych do odbiornika. Wykazano potrzebę określania parametrów geotechnicznych gruntów na podstawie

badń laboratoryjnych, które gwarantują podjęcie trafnych rozwiązań projektowych. Przykładem może być wykonany drenaż wewnętrzny kanalizacji podposadzkowej analizowanego budynku, który całkowicie osuszył podtapianą instalację i grunty przyległe. Wykonywany był odcinkami długości ośmiu metrów, czasowym odwodnieniem wykopu pompą zatapialną odporną na ziarna gruntu do 5 mm, pełnym umocnieniem skarp, wymianą nadmiernie nawodnionego gruntu spoistego zasypowego gruntem z piasku średniego płukanego.

Zamieszczony przykład podtopienia wewnętrznej podposadzkowej kanalizacji ściekowej budynku gastronomicznego oraz inne liczne przypadki podtapiania instalacji wewnątrz obiektów inżynierskich głęboko posadowionych wodami infiltracyjnymi i podziemnymi (Matusiewicz, 2011, 2013) pozwoliły na zaproponowanie trzech sposobów zabezpieczenia (rys. 8). Czynnikiem decy-



RYSUNEK 8. Propozycja odwodnienia podposadzkowych wewnętrznych instalacji sanitarnych: A – stan aktualny, B – drenaż wykopu po wymianie kanalizacji, C – drenaż kanału w gruntach spoistych, D – drenaż kanału w gruntach piaszczystych; 1 – posadzka, 2 – przewód sanitarny, 3 – sączek, 4 – geowłóknina, 5 – grunt zasypowy, 6 – grunt spoisty, 7 – grunt piaszczysty, 8 – kanał betonowy, 9 – filtr warstwy 1. Ps płukany, 10 – filtr warstwy 2. o frakcji 0,5/10 mm, 11 – filtr jednowarstwowy 0,5/10 mm

FIGURE 8. Proposals for dewatering under the flooring indoor installation: A – current state, B – drainage trench after sewer replacing, C – drainage of channel in cohesive soils, D – drainage of channel in sandy soils; 1 – floor, 2 – sanitary pipe, 3 – drain, 4 – geotextile, 5 – backfill soil, 6 – cohesive soil, 7 – sandy soil, 8 – concrete channel, 9 – filter layer 1. MFs rinsed, 10 – filter layer 2. Gr mix. 0,5/10 mm, 11 – single layer filter of 0,5/10 mm

dującymi o sposobie odwodnienia były: układ warstw geotechnicznych, typy wód podziemnych i sposób zasilania oraz rodzaje gruntów podłoża. Zaproponowane trzy sposoby ujęcia:

1. Drenaż z filtrem odwrotnym dwuwarstwowym gruntów naturalnych spoistych i zasypowych, przyległy do instalacji podpodłogowej. Sięga do spodu posadzki przyziemia. Zasilanie wodami opadowymi i roztopowymi przez grunty zasypowe ścian fundamentowych zewnętrznych oraz wody podziemne. W dnie wykopu warstwa separacyjna z geowłókniny. Rozwiązanie zastosowane w praktyce w analizowanym obiekcie gastronomicznym. Na rysunku 8A pokazano kanalizację podtopioną, a na rysunku 8B wykonane w lutym 2014 roku odwodnienie.

2. Kanał betonowy z ułożonymi wewnątrz rurami kanalizacji w gruntach spoistych. Obok drenaż z filtrem dwuwarstwowym gruntu i filtr jednowarstwowym kanału. Zasilanie wodami opadowymi i roztopowymi przez grunty zasypowe ścian fundamentowych zewnętrznych oraz wody podziemne. W dnie wykopu warstwa separacyjna z geowłókniny (rys. 8C).

3. Kanał betonowy z ułożonymi wewnątrz rurami kanalizacji lub innych instalacji w gruntach piaszczystych. Drenaż z filtrem jednowarstwowym mineralnym najczęściej ze żwiru płukanego (rys. 8D). Zasilanie wodami opadowymi i podziemnymi o horyzoncie swobodnym. W przypadku pospółek i żwirów gliniastych może wystąpić konieczność zaprojektowania filtru dwuwarstwowego.

Sączków, ze względu na żelazo i mangan, nie należy owijać geowłókninami. Po utlenieniu związku żelaza i man-

ganu zatykają pory geowłókniny, która w krótkim okresie jest nieprzepuszczalna.

Literatura

- Brachaczek, W. (2015). Jak osuszyć budynek z wilgoci kapilarnej? *Inżynier budownictwa*, 2, 75–82.
- Dąbrowski, A. (2015). Drenaże z keramzytu. *Inżynier budownictwa*, 6, 68–69.
- Edel, R. (2006). *Odwodnienie dróg*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- Frossel, F. (2007). *Osuszenie murów i renowacja piwnic*. Warszawa: Wydawnictwo Polcen.
- Kostrzewski, W. (2001). *Parametry geotechniczne gruntów budowlanych oraz ich oznaczenia*. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.
- Kotowski, A. (2011). *Podstawy bezpiecznego wymiarowania odwodnień terenów*. Warszawa: Wydawnictwo Seidel-Przywecki.
- Krężolek, K. (2014). Zrównoważone systemy drenażu. *Inżynier budownictwa*, 3, 88–91.
- Królikowska, J. i Królikowski, A. (2012). *Wody opadowe. Odprowadzenie, podczyszczanie i wykorzystanie*. Warszawa: Wydawnictwo Seidel-Przywecki.
- Loughney, R.W. (2001). Seepage, drainage and dewatering. W: R.K. Rowe (red.), *Geotechnical and Geoenvironmental engineering handbook* (s. 196–220). Kingston, Ontario: Kluwer Academic Publisher.
- Matusiewicz, W. (1993). Przykłady obliczeń odwodnień zabezpieczających szczelne zbiorniki betonowe przed skutkami wyporu wody. *Przegląd Naukowy Melioracje i Inżynieria Środowiska*, 2, 49–55.
- Matusiewicz, W. (2003a). Działanie systemu kanalizacji deszczowej w zlewni miejskiej w warunkach deszczu nawalnego. *Acta Sci. Pol., Architectura*, 2, 83–95.
- Matusiewicz, W. (2003b). Zabezpieczenie obiektów budowlanych przed skutkami dreszczów nawalnych w warunkach ograniczonego odpływu. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej*, 2, 22–27.
- Matusiewicz, W. (2005). Odwodnienie dużego wykopu fundamentowego Świątyni Świętej Opatrzności Bożej w Warszawie. *Acta Sci. Pol., Architectura*, 4, 4–20.

- Matusiewicz, W. (2009). Odwodnienie budowli posadowionej na gruntach spoistych w rejonie skarpy wiślanej. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 43, 49–60.
- Matusiewicz, W. (2011). Zagrożenie bezpieczeństwa budowli w wyniku nieprawidłowych metod odwodnienia. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 54, 344–354.
- Matusiewicz, W. (2013). Osuszenie murów fundamentowych i odwodnienie gruntu przyległego do pałacu Ursyna Niemcewicza. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 60, 208–221.
- Mielcarzewicz, E. (1971). *Melioracje terenów miejskich i przemysłowych*. Warszawa: Wydawnictwo ARKADY.
- Pazdro, P. (1983). *Hydrogeologia ogólna*. Warszawa: Wydawnictwa Geologiczne.
- PKN-CEN ISO/TS 17892-4:2009. Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 4 – Oznaczanie składu granulometrycznego.
- PKN-CEN ISO/TS 17892-12:2009. Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 12 – Oznaczanie granic Atterberga.
- PN-B-04481:1988. Grunty budowlane. Badanie próbek gruntu.
- Rychlewski, P. (2015). Ścianki szczelne w budownictwie. *Inżynier budownictwa*, 3, 104–108.
- Sarnacka, Z. (1979). *Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50000, arkusz Warszawa Wschód*. Warszawa: Wydawnictwa Geologiczne.
- Sokołowski, J., Żbikowski, A. (1993). *Odwodnienia budowlane i osiedlowe*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.

Streszczenie

Odwodnienie instalacji sanitarnych zlokalizowanych pod posadzkami pomieszczeń przyziemia. Podposadzkowa kanalizacja technologiczna tłuszczów i skrobi obiektu gastronomicznego po dziesięciu latach działania uległa zamuleniu i deformacji. Po odkopaniu okazało się, że rury i grunty zasypowe zalane są wodą. Badania geotechniczne wykazały, że przyczyną podtopienia

są wody opadowe, przypowierzchniowe oraz wody z warstwy piasków drobnych. Infiltrują one gruntem zasypowym fundamentów w obręb kanalizacji. Grunty przyległe do kanalizacji stanowią piaski gliniaste w stanie plastycznym i miękkoplastycznym. Wystąpiły mikropełnięcia ścian wewnętrznych spowodowane osiَادaniem budynku. Kanalizację zakwalifikowano do wymiany. W celu niedopuszczenia do ponownego podtapiania zaproponowano drenaż kanalizacji. Będzie on zabezpieczony od zamulenia filtrem dwuwarstwowym sięgającym spodu posadzki. Zaproponowano również dwa inne sposoby instalowania rurociągów kanalizacji w kanale technologicznym. Pierwszy system zalecono w gruntach spoistych z filtrem dwuwarstwowym drenażu kanału i filtrem jednowarstwowym kanału, drugi w gruntach piaszczystych z filtrem jednowarstwowym drenażu.

Summary

Dewatering of sanitary installations located under building basement. Under floor plumbing technology system of grease food catering facilities after 10 years of operation has been soiled and deformation. After digging out, it turned out that the pipe and backfill soils are flooded. Geotechnical studies have shown that the cause of flooding are rain water and water from subsurface as well as from fine sand layer. They infiltrated the foundation backfill in precinct. Soils adjacent to the sewage system are loamy sands and sandy clays in plastic firm and soft plastic states. Microcracks occur due to settling of internal walls, of the building. Sewage was qualified for replacement. In order to prevent re-undercuts drainage was proposed. It will be protected from clogging the dual-layer filter reaching to the bottom floor. Two structures have also been proposed to install server pipes in the channel technology. First system was proposed in cohesive soils with two-layer filter for drain and single-layer filter for channel, however in sandy soils second system as only-layer filter for drain.

Author's address:

Władysław Matusiewicz
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Katedra Geoinżynierii
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
Poland
e-mail: wladyslaw_matusiewicz@sggw.pl