

Drenażowe oddziaływania kanalizacji deszczowej

Dr hab. inż. Zenon Szypcio, prof. nadzw. PB, mgr inż. Iwona Chmielewska
Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

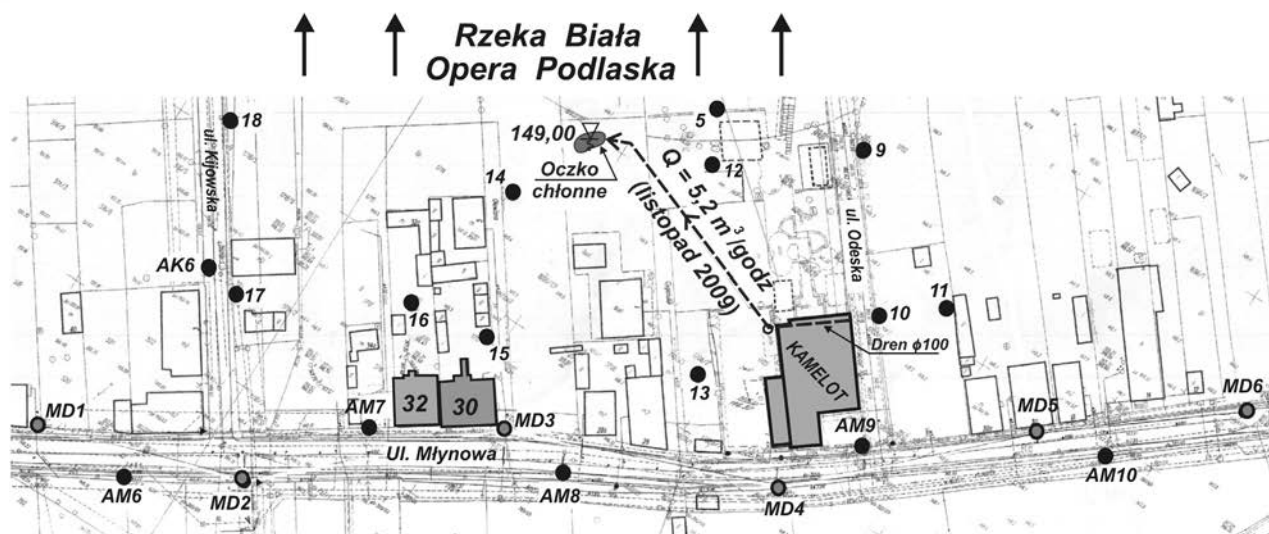
Kanalizacja deszczowa dróg i ulic zwykle pracuje w systemie grawitacyjnym [4, 10]. Zatem kanał deszczowy może być układany na pewnych odcinkach trasy nawet kilka metrów poniżej poziomu terenu. Ułożenie kanału wymaga wykonania wąsko-przestrzennego wykopu, który zwykle częściowo lub całkowicie jest zabudowywany dobrze zagęszczanym gruntem niespoistym. Jeżeli kanał deszczowy jest zaprojektowany poniżej zwierciadła wód gruntowych, konieczne jest obniżenie ich poziomu na czas budowy. Po zabudowaniu kanału gruntem niespoistym o dużym współczynniku filtracji kanał jest naturalnym drenem i może zmieniać na trwałe poziomy wód gruntowych w jego otoczeniu. Jeżeli kanał deszczowy przecina warstwy grunty nieprzepuszczalnych będących wododziałem wód gruntowych, to zmiany mogą być bardzo znaczące [9, 11, 12]. Analizując rozwiązania projektów wielu kanalizacji deszczowych należy stwierdzić, że projektanci nie są świadomi tego problemu i nieświadomie wpływają na środowisko. Zwykle uważają, że jeżeli zapewni się szczelność kanału i nie pozwoli na infiltrację wód z kanału do gruntu lub infiltrację wód gruntowych do kanału, to zapewniają ochronę środowiska.

W pracy wskazano, jak budowa kanalizacji deszczowej w ulicy Młynowej w Białymstoku wpłynęła na zmianę wód gruntowych w otoczeniu ulicy.

CHARAKTERYSTYKA INWESTYCJI I WARUNKI GRUNTOWO-WODNE

Modernizacja ulicy Młynowej w Białymstoku była jednym z elementów przebudowy układu komunikacyjnego w otoczeniu Opery Podlaskiej. W ramach modernizacji zaprojektowano kanał deszczowy z nienasyconej żywic poliestrowej wzmocnionej włóknem szklanym z rur o średnicy 600 i 500 mm i z PVC z rur o średnicy 400 i 300 mm. Na odcinku ulicy Młynowej od ul. Kijowskiej do ul. Pięknej o długości około 320 m kanał deszczowy zaprojektowano na głębokości 2,8 ÷ 3,6 m poniżej powierzchni jezdni (rys. 1 i 2).

Badania podłoża były wykonywane w dwóch etapach. W pierwszym etapie na analizowanym odcinku ulicy Młynowej wykonano 5 otworów badawczych oznaczonych na rys. 2 i 3



Rys. 1. Ulica Młynowa i jej otoczenie

jako AM6-AM10. Otwory te wykonano do głębokości około 3,5 m w październiku 2007 roku. W otworach: AM8, AM9 i AM10 pod warstwą nasypów o miąższości $0,6 \div 1,5$ m znajdują się piaski drobne średnio zagęszczone. W otworach AM6 i AM7 pod warstwą piasków stwierdzono grunty spoiste. Ustabilizowane zwierciadło wody gruntowej znajdowało się na poziomie 146,6 m powyżej poziomu morza, natomiast w otworach AM7-AM10 na poziomie około 145,7 m. Świadczyło to o tym, że pomiędzy otworem AM6 a AM7 prawie w osi ul. Kijowskiej wypiętrzenie glin jest wododziałem wód gruntowych płynących w kierunku rzeki Białej (rys. 1 i 2).

Po awaryjnym podniesieniu się poziomów wód gruntowych w otoczeniu budowanej Opéry Podlaskiej [14] na analizowanym odcinku w czerwcu 2010 roku wykonano 6 dodatkowych otworów badawczych oznaczonych na rys. 1 i 2 jako MD1-MD6. We wszystkich otworach dowercono się do warstw gruntów spolistych (rys. 2). Z profilu geotechnicznego (rys. 2) wynika, że w osi ulicy Odeskiej znajduje się również wypiętrzenie stropu gruntów spolistych, które także jest wododziałem wód gruntowych. W otworze MD1 usytuowanym w pobliżu otworu AM6 zwierciadło wody gruntowej znajdowało się na tym samym poziomie, co świadczyło o tym, że budowa Opéry Podlaskiej nie wpłynęła na zmianę poziomów wód gruntowych w obszarze leżącym poza ul. Kijowską. Na odcinku ulicy Młynowej, pomiędzy ulicą Kijowską a Odeską poziom zwierciadła wody gruntowej w czasie budowy Opéry Podlaskiej w czerwcu 2010 roku był o około 0,8 m wyższy niż poziom zwierciadła wody gruntowej w październiku 2007 roku. Konstrukcja Opéry Podlaskiej wpłynęła na znaczący wzrost poziomu wód gruntowych na tym odcinku ulicy Młynowej.

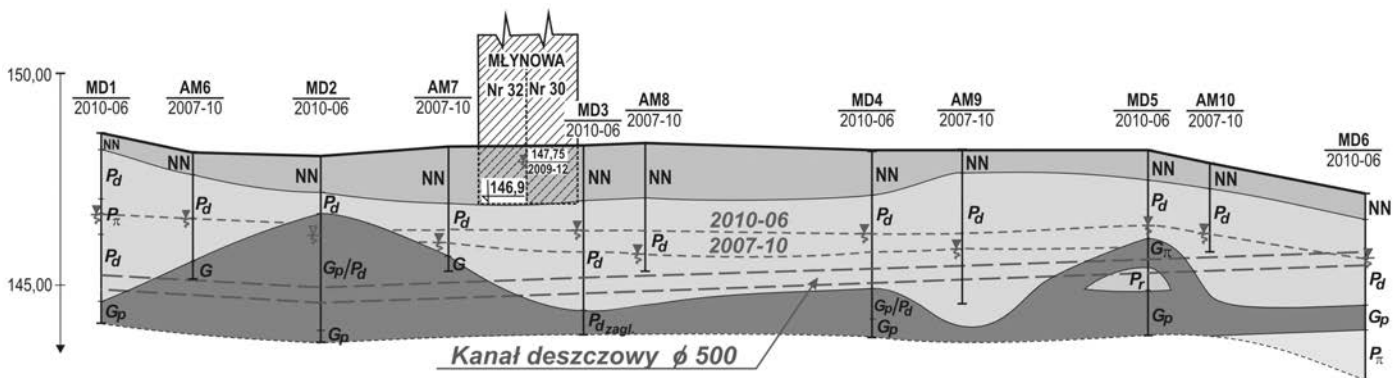
W czerwcu 2010 roku poziom wody w zatopionych piwnicach domów przy ulicy Młynowej 30 i 32 wyniósł około 147,75 m powyżej poziomu morza, czyli około 1,2 m powyżej poziomu stwierdzonego w otworze MD3 leżącym najbliżej tych piwnic. Świadczyło to o tym, że zwierciadło wód gruntowych miało spadek odwrotny niż przed rozpoczęciem budowy Opéry Podlaskiej [14].

Latem 2010 roku zbudowano kanał deszczowy w ulicy Młynowej. Przy budowie kanału zwierciadło wód gruntowych znajdowało się około 1,5 m powyżej projektowanego kanału. Celem odwodnienia wykopu w podсыpcie ułożono dren $\phi 100$ zbierający wodę do studni osadnikowych, którą odpompowano do wcześniej wykonanej kanalizacji deszczowej. Przy wykonywaniu kanału napotkano znaczne trudności zachowania stateczności ścian i dna wykopu. Po wykonaniu kanału deszczowego w ulicy Młynowej, pomiędzy ulicą Kijowską a Odeską, zaobserwowano szybki spadek poziomu zwierciadła wód gruntowych. Zniknęła woda w piwnicach domów przy ulicy Młynowej 30 i 32 oraz piwnicy restauracji KAMELOT.

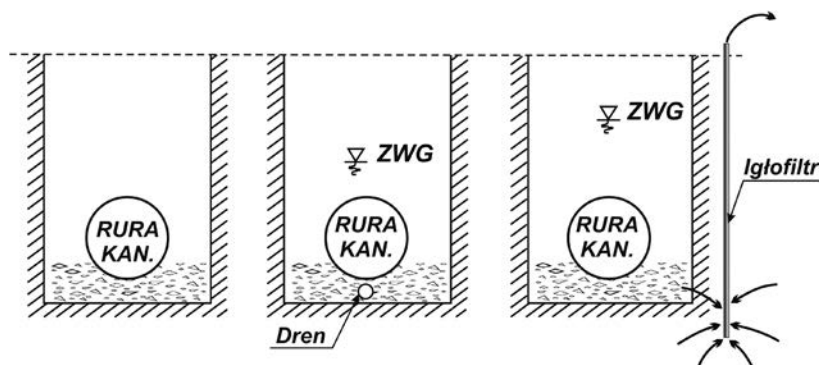
Wody gruntowe płynące po stropie warstw gruntów spolistych w kierunku Opéry Podlaskiej i dalej do rzeki Białej były przechwycone przez dren $\phi 100$ ułożony w podсыpcie pod kanałem i zasypce kanału deszczowego. Należy zauważyć, że kanał deszczowy zlikwidował lokalne wododziały wód podziemnych w osi ulicy Kijowskiej i Odeskiej (rys. 2).

BUDOWA KANAŁU DESZCZOWEGO

Można wyróżnić trzy podstawowe warunki gruntowo-wodne schematycznie pokazane na rys. 3.



Rys. 2. Przekrój geotechniczny w ulicy Młynowej



Rys. 3. Schemat podstawowych warunków gruntowo-wodnych
a) ZWG poniżej poziomu dna wykopu, b) odwodnienie wykopu drenem, c) odwodnienie wykopu igłofiltrami

Jeżeli zwierciadło wód gruntowych jest poniżej dna wykopu lub, w wyniku sączeń, ilości wody dopływającej do wykopu są bardzo małe (rys. 3a), nie ma konieczności odwodnienia wykopu. Jeżeli zwierciadło wody gruntowej znajduje się powyżej dna wykopu i ilości wody dopływającej do wykopu są znaczne, często w podsypce jest układany jeden lub dwa dreny [1, 2, 11] (rys. 3b). Woda jest odprowadzana do studni osadnikowej drenem i ze studni wypompowywana do wcześniej wykonanych odcinków kanalizacji lub na przyległy teren. W niektórych przypadkach w celu zapewnienia stateczności ścian i dna wykopu jest konieczne obniżenie zwierciadła wód gruntowych na czas budowy. Zwykle wystarcza jednostronne zainstalowanie igłofiltrów (rys. 3c). Po ułożeniu rur kanalizacyjnych i zabudowaniu wykopu demontuje się instalację odwodnieniową.

W literaturze dotyczącej budowy kanalizacji stosowana terminologia nie jest jednoznaczna [1, 5, 10, 13]. W pracy przyjęto terminologię przedstawioną na rys. 4 [5].

Wykop wąskoprzestrzenny musi zapewnić prawidłowe ułożenie rur kanalizacyjnych i zagęszczenie obsypki i zasyпки. Zwykle minimalna szerokość wykopu B jest $0,6 \div 0,8$ m większa od średnicy rury D. Głębokość wykopu zależy od położenia rury kanalizacyjnej poniżej terenu, grubości podsypki i warstwy nośnej [5, 10].

Gdy grunt rodzimy jest mało odkształcalny, to można zrezygnować z warstwy nośnej. Celem zapewnienia dobrej współpracy rury kanalizacyjnej ze słabym podłożem jest konieczne wykonanie warstwy nośnej, zwykle z kruszywa drogowego [3, 7, 8]. Warstwa nośna, nawet najlepiej wykonana, nie zapewnia dobrego kontaktu rury kanalizacyjnej z gruntem. Zatem nad warstwą nośną jest układana warstwa podsypki z piasku zwykle o grubości 15 cm. Warstwa podsypki może być wyprofilowana, aby w czasie układania rur kanalizacyjnych zwiększyć maksymalnie powierzchnię kontaktu rury z gruntem. W warstwie podsypki, w razie konieczności, jest układany dren do odwodnienia wykopu. W strefie rury kanalizacyjnej początkową warstwą jest obsypka. Zgodnie ze wskazówkami podanymi w instrukcji wykonania kanalizacji z rur z tworzyw sztucznych [2, 5] powinna być wykonana do połowy wysokości rury. W Polsce obsypka jest wykonywana na całej wysokości rury kanalizacyjnej. Na obsypkę stosuje się zwykle grunty niespoiste dobrze zagęszczane. Z punktu widzenia współpracy rury z otaczającym gruntem bardzo ważne jest całkowite wypełnienie pachwin i dobre za-

gęszczenie obsypki. Obciążenie pionowe rury kanalizacyjnej nie może spowodować jej nadmiernej deformacji. Inżynierowie czasami proponują wykonanie obsypki z gruntocementu. Początkowa warstwa zasyпки do wysokości (a), $15 \div 30$ cm ponad rurą, wykonana z gruntu niespoistego nie zawierającego kamieni lub z gruntu zmrożonego, ma zapewnić równomierne przekazywanie obciążeń na rurę bez możliwości jej uszkodzenia w czasie budowy i eksploatacji [3, 5, 6, 10]. Do zagęszczenia tej warstwy nie może być używany sprzęt ciężki. Końcową warstwę zasyпки można wykonać z gruntu uzyskanego z wykopu lub dowiezionego. Jeżeli kanał jest układany w jezdni szczególnie istotne jest dobre zagęszczenie warstwy końcowej zasyпки, aby w czasie eksploatacji drogi nie deformowała się nawierzchnia nad kanałem. W takim przypadku do tej warstwy zasyпки stosuje się grunty niespoiste dobrze zagęszczane lub kruszywa drogowe [5, 6, 7, 8].

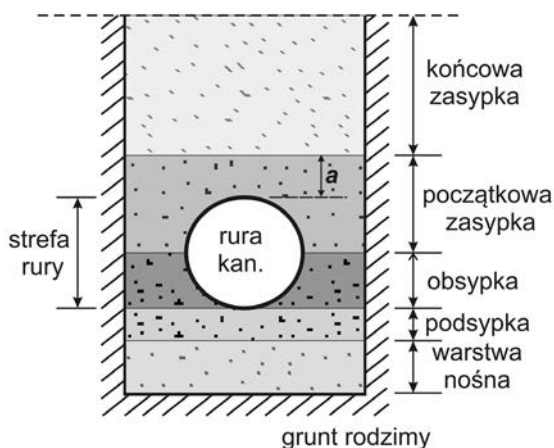
W większości przypadków grunty stosowane przy zabudowie wykopu mają duży współczynnik filtracji. Kanał deszczowy ułożony w spadku, nawet bez drenu ułożonego w warstwie podsypki, stanowi pewnego rodzaju dren żwirowy.

Wymaga się, aby ułożony kanał był szczelny [2, 5, 6, 10], po to, by nie było możliwości dopływu wody gruntowej do kanału i infiltracji wód z kanału do podłoża.

KANALIZACJA DESZCZOWA JAKO DREN

Zwykle grunty wypełniające wykop kanału deszczowego mają współczynnik filtracji wielokrotnie większy niż grunty naturalne, w których jest wykonywany kanał. Płynące wody gruntowe przecinające kanał zmieniają kierunek i płyną wzdłuż kanału w kierunku jego spadku. Problem jest szczególnie istotny, gdy kanał deszczowy jest budowany w gruntach spoistych przykrytych gruntami niespoistymi. Wody gruntowe płynące po stropie gruntów spoistych są przechwytywane przez „dren” kanalizacji deszczowej i płyną w zasyпce wykopu zgodnie ze spadkiem kanału. Może to być przyczyną trudności wykonania dolnych warstw podbudowy nawierzchni podtapianych wodami gruntowymi w miejscach obniżen niwelety.

W czasie budowy układanie rur kanalizacyjnych i zabudowa wykopu musi być wykonywana na sucho, stąd konieczność bezpośredniego odwadniania wykopu za pomocą drenu ułożonego w podsypce lub obniżenia zwierciadła wód gruntowych za pomocą igłofiltrów. Po zakończeniu robót kanał jest swoistym drenem żwirowym i jeżeli ilość wody dopływającej przekracza wodochłonność „drenu”, to kanał deszczowy jest barierą dla płynących wód gruntowych. Wody gruntowe nie mogą przekroczyć tej bariery i po stronie przeciwnej kanału na trwałe obniża się poziomy wód gruntowych. Na analizowanym odcinku ulicy Młynowej w znacznym procencie wykop kanału deszczowego sięga stropu warstw gruntów spoistych i wody gruntowe płynące w kierunku Opery Podlaskiej i rzeki Białej są prawie w całości przechwytywane przez dobrze przepuszczalne grunty wypełniające wykop kanału. Kanał deszczowy zbudowany w ulicy Młynowej zlikwidował podtopienia piwnic domów leżących przy ulicy Młynowej i restauracji KAMELOT [14], obniżył poziomy wód gruntowych w sąsiedztwie Opery Podlaskiej. Po ponad 4 latach można stwierdzić, że kanał deszczowy w ulicy Młynowej całkowicie zlikwidował niekorzystne oddziaływanie



Rys. 4. Terminologia

budynku Opery Podlaskiej na zmiany poziomów wód gruntowych w jej otoczeniu.

Należy zauważyć, że kanał deszczowy w ulicy Młynowej przecina i likwiduje naturalne wododziały wód gruntowych w osi ulicy Kijowskiej i Odeskiej oraz znacząco zmienia poziomy wód gruntowych w otoczeniu ulicy Młynowej.

Skutki zmian poziomów wód gruntowych wywołane drenażowym oddziaływaniem kanalizacji mogą być zauważone dopiero po wielu latach od zakończenia budowy.

W analizowanym przypadku do chwili obecnej widzi się tylko korzystne oddziaływanie kanalizacji deszczowej zbudowanej w ulicy Młynowej likwidujące podtopienia piwnic, a nie widzi się niekorzystnych efektów trwałych zmian poziomów wód gruntowych i niekontrolowanego przepływu wód w zasypce kanału.

BLOKADA DRENAŻOWEGO ODDZIAŁYWANIA KANALIZACJI

Aby nie zmieniać na trwałe poziomu wód gruntowych w sąsiedztwie wybudowanej kanalizacji, należy uniemożliwić przepływ wód gruntowych w zasypce kanału [11]. Ideę takiego rozwiązania pokazano na rys. 5.

Na trasie kanału, w określonych spadkiem kanału odległościach, należy zbudować szczelne przepony uniemożliwiające przepływ wód gruntowych w zasypce wykopu kanału. Przepona powinna być zbudowana do poziomu stropu warstw nieprzepuszczalnych lub warstw o małej przepuszczalności. Materiałem użytym do budowy przepony może być naturalny grunt spisty lub grunt o małej przepuszczalności z dodatkiem cementu, bentonitu itp. Wody gruntowe zablokowane pomiędzy przeponami będą całkowicie niwelowały drenażowe oddziaływanie kanalizacji, nie blokując naturalnego kierunku przepływu wód gruntowych.

Jeżeli do odwodnienia wykopu w podsypce ułożono dren, to po wykonaniu kanału deszczowego powinien on być zaczopowany (rys. 5).

Rozwiązanie przedstawione na rys. 5 jest proste technicznie i tanie, a całkowicie eliminuje drenażowe oddziaływanie kanalizacji w czasie eksploatacji. Zmiany naturalnych poziomów wód gruntowych będą tylko chwilowe, na czas budowy kanalizacji.

ZAKOŃCZENIE I WNIOSKI

Grunty stosowane do zabudowy wykopu kanalizacji deszczowej zwykle mają wielokrotnie większy współczynnik filtracji niż grunty naturalne podłoża, w których jest wykonywany wykop.

Kanalizacja deszczowa układana poniżej zwierciadła wód gruntowych jest swoistym drenem żwirowym, który na trwałe może zmienić poziomy wód gruntowych.

Kanalizacja deszczowa, przecinając wzniesienia gruntów nieprzepuszczalnych, niszczy naturalne wododziały wód gruntowych.

Badania podłoża powinny umożliwić analizę nie tylko wymagań konstrukcyjnych budowy kanalizacji deszczowej, ale również jej wpływ na zmianę poziomów wód gruntowych jako jednego z elementów zmian środowiskowych. Badania podłoża wykonane na potrzeby projektu modernizacji ulicy Młynowej nie wykazały dwóch stref wypiętrzeń gruntów spistych (rys. 2). Utrudniło to przy projektowaniu kanalizacji deszczowej właściwą ocenę uwarunkowań hydrogeologicznych.

Skutki niekorzystnego oddziaływania kanalizacji deszczowej mogą być widoczne dopiero po wielu latach od zakończenia budowy.

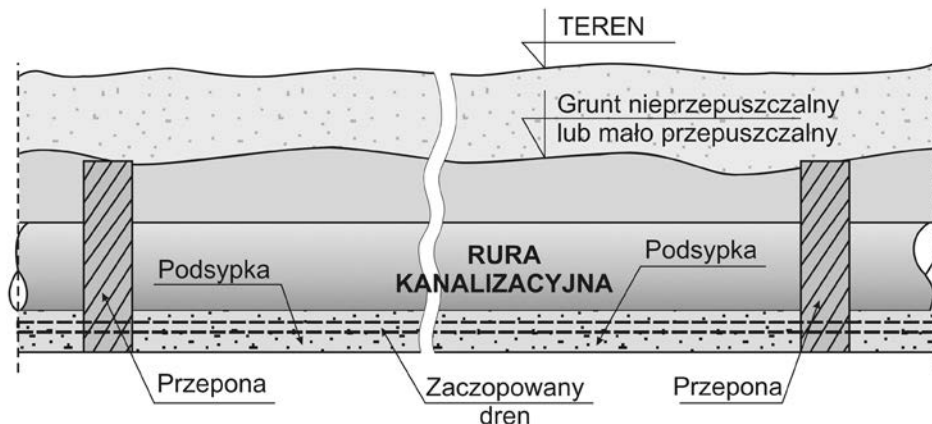
Podobne zagadnienia występują przy budowie grawitacyjnej kanalizacji sanitarnej.

Czopowanie drenu układanego w podsypce w celu odwodnienia wykopu na czas budowy i budowa nieprzepuszczalnych przepon w wykopie kanału skutecznie eliminuje negatywne oddziaływanie kanału na środowisko.

Zagadnienia drenażowego oddziaływania kanalizacji deszczowej są w większości przypadków ignorowane przez projektantów i inwestorów.

LITERATURA

1. American Iron and Steel Institute: Modern Sewer Design. Washington, 1999.
2. ASTM Standard D2321: Underground Installation of Flexible Thermoplastic Sewer Pipe.



Rys. 5. Idea blokady filtracyjnego oddziaływania kanalizacji

3. BN-83/8836-02: Roboty ziemne. Przewody podziemne. Wymagania i badania przy odbiorze.
4. Edel R.: Odwodnienia dróg. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2000.
5. IMPEX. PVC Server Pipe Instalation Guide, 2013.
6. PKN-CEN/TS 14758-3: 2006: Plastic piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage. Polypropylene with mineral modiferris – Part 3. Guidance for instalation.
7. PN-B-11112: 1996: Kruszywa łamane do nawierzchni drogowych.
8. PN-B-11111: 1996: Kruszywa mineralne do nawierzchni drogowych; Żwir i mieszanka.
9. PN-EN 752-4: 2001: Zewnętrzne systemy kanalizacyjne. Obliczenia hydrauliczne i oddziaływanie na środowisko.
10. PN-EN 1444: 2002: Przewody włókno-cementowe. Wytyczne dotyczące układania i wykonania na budowie.
11. Powers J. P., Corwin A. B.: Construction Dewatering and Groundwater Control. New methods and applications. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, 2007.
12. Rinke M.: Wpływ budowy metodą mikrotunelingu kolektora ścieków odcinka VI Śląza we Wrocławiu na kształtowanie się pierwszego poziomu wód podziemnych. GEOLOGOS. Współczesne problemy geologii inżynierskiej w Polsce. Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, (11) 2007.
13. Sokołowski J., Żbikowski A.: Odwodnienia budowlane i osiedlowe. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 1993.
14. Szypcio Z., Dołżyk K.: Wpływ budowy Opery Podlaskiej na zmianę poziomów wód gruntowych w jej otoczeniu. Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 3/2015.