

Kanalizacja podciśnieniowa jako rozwiązanie systemów kanalizacji na terenach zagrożonych powodzią oraz o trudnych warunkach gruntowo-wodnych

Mgr inż. Jarosław Piętka, dyrektor ds. kontraktów Envirotech Sp. z o.o.

1. Wprowadzenie

Ciągły rozwój urbanistyki, powiększanie się obszarów zajmowanych pod zabudowę mieszkaniową często kosztem terenów, które ze względu na uwarunkowania topograficzne i geologiczne jeszcze kilkadziesiąt lat temu nie były zupełnie uwzględniane w sferze terenów zamieszkałych przez ludzi powoduje, że inżynierowie muszą się zmagać z coraz to nowymi wyzwaniami.

Jednym z takich problemów jest zabezpieczenie odbioru ścieków sanitarnych z terenów zagrożonych powodzią czy też podtopieniami również w okresie występowania tych zjawisk przy jednoczesnym zapewnieniu ochrony środowiska naturalnego.

Systemem, który wpisuje się w te potrzeby, wydaje się być system kanalizacji podciśnieniowej.

2. Historia kanalizacji podciśnieniowej

Kanalizacja podciśnieniowa w porównaniu z najpopularniejszym i najstarszym znanym systemem kanalizacji sanitarnej, jakim jest kanalizacja grawitacyjna, jest systemem bardzo młodym. Początki kanalizacji podciśnieniowej są datowane na koniec XIX wieku. Pierwsze zastosowanie systemów kanalizacji podciśnieniowej zawdzięczamy holenderskiemu inżynierowi Charles T. Liernur (1828–1893). Pierwsze systemy kanalizacji podciśnieniowej wybudowane w oparciu o patent Ch. T. Liernura powstały w miastach Haarlem, Amsterdam, Lejda, Dordrecht w Holandii oraz w Pradze i Sankt-Petersburgu. Na uwagę zasługuje fakt, że wybudowana w oparciu o patent Liernura w miasteczku Trouville sur Mer (Francja) kanalizacja działała przez 95 lat do 1987r [1]. Również w Polsce podjęto próby wdrożenia systemu podciśnieniowego do transportu ścieków. Pierwszym polskim systemem był system kanalizacji próżniowo-lewarowej opracowany przez zespół pod przewodnictwem dr. inż. Witolda Olszewskiego i opatentowany w roku 1992. System ten ze względu na różne mankamenty nie znalazł uznania u szerszego grona odbiorców i praktycznie zaprzestano jego stosowania. Obecnie na rynku polskim i światowym należy wyróżnić następujących producentów/systemy: Roediger, Airvac, Redivac, Flovac, Qua-Vac, Schluff. Pod względem wielkości produkcji oraz obsługiwanych rynków największym producentem systemów kanalizacji podciśnieniowej jest firma Roediger Vacuum należąca do grupy Aqseptence Group GmbH, Hanau.

3. Budowa i zasada działania systemu kanalizacji podciśnieniowej

System kanalizacji podciśnieniowej składa się z instalacji kanalizacyjnej oraz sieci kanalizacji podciśnieniowej. Pamiętać należy, że kanalizacja podciśnieniowa to nie tylko sieć, ale może to być również instalacja kanalizacyjna. Na temat instalacji kanalizacyjnej podciśnieniowej należałoby poświęcić osobny artykuł. Jest to jednak rozwiązanie rzadko stosowane w budownictwie mieszkaniowym, zarówno jedno- jak i wielorodzinnym, dlatego w tym miejscu tylko wspomniano o możliwości wykonania również takiej instalacji, ale nie będzie ona przedmiotem tego artykułu.

Sieć kanalizacji podciśnieniowej składa się z następujących podstawowych elementów:

- kanalizacji grawitacyjnej doprowadzającej ścieki z budynku,
- studni zaworowych,
- przewodów podciśnieniowych,
- stacji podciśnieniowej wraz ze zbiornikiem podciśnieniowym i pompownią tłoczną.

Ścieki z budynku odprowadzane są grawitacyjnie do studni zaworowej, z której pod wpływem podciśnienia są transportowane do zbiornika podciśnieniowego zlokalizowanego na terenie stacji podciśnieniowej. Stąd ścieki dzięki zastosowaniu pomp tłocznych transportowane są bezpośrednio do oczyszczalni lub trafiają do sieci kanalizacyjnej.

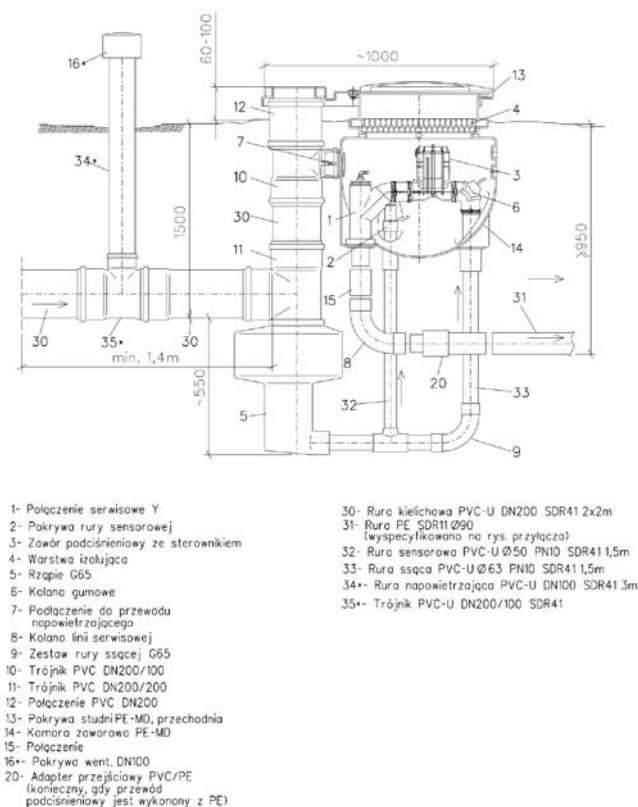
3.1. Kanalizacja grawitacyjna

Instalacja kanalizacji sanitarnej w budynku oraz odcinek łączący budynek ze studnią zaworową ma istotny wpływ na prawidłowe działanie całego systemu kanalizacji podciśnieniowej.

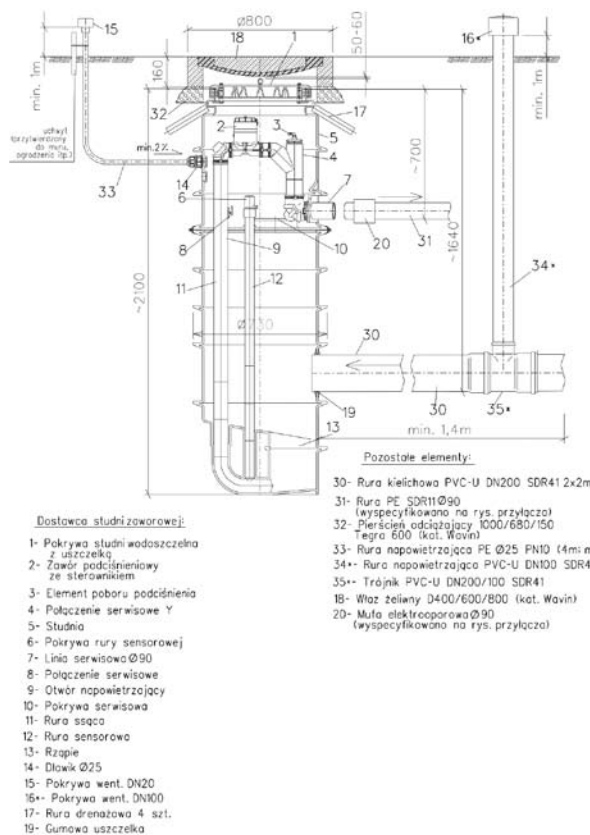
W Polsce instalacje kanalizacji sanitarnej projektuje się zgodnie z:

- Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowani;
- PN-EN12056-2: Systemy kanalizacji grawitacyjnej wewnątrz budynków. Część2: Kanalizacja sanitarna. Projektowanie układu i obliczenia;
- PN-92/B-01707: Instalacje kanalizacyjne. Wymagania w projektowaniu.

Zgodnie z powyższymi dokumentami oraz wiedzą inżynierską instalacja kanalizacji sanitarnej powinna być odpowiednio wentylowana, co w przypadku podłączenia instalacji do



- 1- Połączenie serwisowe Y
 2- Pokrywa rury sensorowej
 3- Zawór podciśnieniowy ze sterownikiem
 4- Warstwa izolująca
 5- Rzędzie G65
 6- Kolano gumowe
 7- Podłączenie do przewodu napowietrzającego
 8- Kolano linii serwisowej
 9- Zestaw rury ssącej G65
 10- Trójnik PVC DN200/100
 11- Trójnik PVC DN200/200
 12- Połączenie PVC DN200
 13- Pokrywa studni PE-MD, przechodnia
 14- Komora zaworowa PE-MD
 15- Połączenie
 16- Pokrywa went. DN100
 20- Adapter przejściowy PVC/PE (końcowy, gdy przewód podciśnieniowy jest wykonany z PE)
- 30- Rura kielichowa PVC-U DN200 SDR41 2x2m
 31- Rura PE SDR11 Ø90 (wyspecyfikowano na rys. przyłącza)
 32- Rura sensorowa PVC-U Ø50 PN10 SDR41 1,5m
 33- Rura ssąca PVC-U Ø63 PN10 SDR41 1,5m
 34- Rura napowietrzająca PVC-U DN100 SDR41 3m
 35- Trójnik PVC-U DN200/100 SDR41



- Dostawa studni zaworowej:
 1- Pokrywa słudni wodoszczelna z uszczelką
 2- Zawór podciśnieniowy ze sterownikiem
 3- Element poboru podciśnienia
 4- Połączenie serwisowe Y
 5- Studnia
 6- Pokrywa rury sensorowej
 7- Linia serwisowa Ø90
 8- Połączenie serwisowe
 9- Otwór napowietrzający
 10- Pokrywa serwisowa
 11- Rura ssąca
 12- Rura sensorowa
 13- Rzędzie Ø25
 14- Dłwisk Ø25
 15- Pokrywa went. DN20
 16- Pokrywa went. DN100
 17- Rura drenatowa 4 szt.
 19- Gumowa uszczelka
- Pozostałe elementy:
 30- Rura kielichowa PVC-U DN200 SDR41 2x2m
 31- Rura PE SDR11 Ø90 (wyspecyfikowano na rys. przyłącza)
 32- Pierścienie odciążające 1000/680/150 Tegra 600 (kat. Wavin)
 33- Rura napowietrzająca PE Ø25 PN10 (4m; max. 10m)
 34- Rura napowietrzająca PVC-U DN100 SDR41 3m
 35- Trójnik PVC-U DN200/100 SDR41
 18- Właz żelazny D400/600/800 (kat. Wavin)
 20- Muła elektrooporowa Ø90 (wyspecyfikowano na rys. przyłącza)

Rys. 1. Studnia zaworowa Roevac® typu G-65 prod. Roediger [2]

Rys. 2. Studnia zaworowa Roevac® typu Z-65 prod. Roediger [2]

sieci kanalizacji podciśnieniowej ma bardzo duże znaczenie. Instalacja wewnętrzna oraz odcinek grawitacyjny pomiędzy budynkiem, a studnią zaworową stanowią „źródło” powietrza, które jest niezbędne do prawidłowej pracy systemu. Prawidłowa wentylacja zabezpiecza również przed wpływem podciśnienia na pracę instalacji przez np. wysysanie wody z syfonów.

Zaleca się również zastosowanie dodatkowego napowietrzania odcinka grawitacyjnego pomiędzy budynkiem a studnią zaworową w celu zapewnienia dostawy do systemu niezbędnej ilości powietrza. Odcinek grawitacyjny stanowi jednocześnie objętość, którą można wykorzystać jako dodatkową rezerwę – zgodnie z normą PN-EN 1091:2002: Zewnętrzne systemy kanalizacji podciśnieniowej. Dlatego zaleca się wykonywanie tego odcinka z rur o średnicy 200 mm. W przypadku terenów, które są zagrożone zalaniem rura napowietrzająca odcinek grawitacyjny powinna być wyprowadzona na wymaganą wysokość, aby uniemożliwić zalanie w przypadku powodzi. Jednocześnie należy pamiętać o zgodności z wymaganiami obowiązujących przepisów dotyczących lokalizacji wentylacji instalacji kanalizacyjnych.

3.2. Studnie zaworowe

Studnia zaworowa podzielona jest na dwie części: część mokrą (zbiornik ścieków) i część suchą. Do części mokrej trafiają ścieki z odcinka grawitacyjnego. Stąd też są odsysane i rurociągiem transportowane do stacji podciśnieniowej. Różni się kilka rodzajów studni zaworowych, ale wszystkie z nich wyposażone są w poniżej wyszczególnione elementy.

W części mokrej studni znajdują się następujące elementy:

- rura ssawna ścieków – służy do odbioru ścieków i mieszania ścieków z powietrzem ze zbiornika ścieków;
- rura sensorowa – jest ona poprzez trójnik włączona w rurę ssawną ścieków, spiętrzanie się ścieków w zbiorniku studni powoduje wzrost ciśnienia powietrza w rurze sensorowej, co jest sygnałem do otwarcia zaworu w studni;
- pływak (opcja) – pływak w studni zaworowej kanalizacji podciśnieniowej jest elementem monitoringu pracy sieci. Pływak jest lokalizowany w taki sposób, aby jego praca pozwalała stwierdzić nieprawidłowości w pracy studni, czyli np. przepiętnienie i nieodprowadzanie z niej ścieków.

W części suchej studni znajdują się następujące elementy:

- zestaw zaworowy – w skład zestawu wchodzi zawór podciśnieniowy, sterownik pneumatyczny zaworu oraz przewody pneumatyczne sterujące pracą zaworu;
- monitoring studni zaworowej – w studni zaworowej zainstalowany jest układ monitoringu, w który oprócz pływaka jest wpięty kontaktron zaworu. Monitoring studni umożliwia przesyłanie do centralnej dyspozytorni sygnałów o stanie pływaka (poziom ścieków) oraz o stanie zaworów (otwarty/zamknięty);
- rurociągi podciśnieniowe z PE oraz elementy połączeniowe;
- przewód doprowadzający powietrze atmosferyczne do komory suchej – funkcją rurociągu jest doprowadzenie świeżego powietrza do komory suchej, które jest niezbędne

do pracy sterownika pneumatycznego.

W celu zobrazowania różnorodności asortymentu w zakresie studni zaworowych do kanalizacji podciśnieniowej posłużono się przykładem studni firma Roediger. Firma ta oferuje następujące studnie zaworowe:

- standardowa studnia zaworowa Roevac® G65 i G75 – nieprzejezdna,
- studnia zaworowa Roevac® G65 – przejezdna,
- podwójna studnia zaworowa Roevac® G65-II – nieprzejezdna,
- studnia zaworowa Roevac® Z65 – przejezdna.

Studnie typu G są produktem standardowym zalecanym do montażu w terenach nienarażonych na ruch kołowy. Schemat studni zaworowej wraz z odcinkiem grawitacyjnym pokazano na rysunku 1. Studnie G65 i G75 różnią się między sobą tylko wielkością zaworu podciśnieniowego, który jest dobierany w zależności od ilości dopływających do studni ścieków.

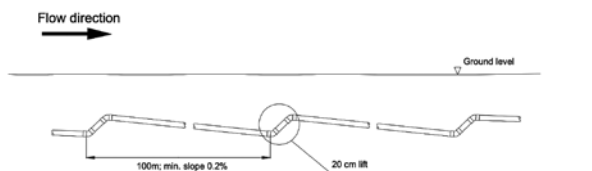
Studnie typu Z są przystosowane do montażu w terenach narażonych na ruch kołowy. W połączeniu z odpowiedniej klasy włazem żeliwnym oraz pierścieniem odciążającym mogą swobodnie być zamontowywane w terenach, na których wymagana jest praca przy klasie obciążenia D400. Przykład zabudowy studni Z-65 z włazem klasy D400 przedstawia rysunek 2.

3.3. Sieć przewodów podciśnieniowych

Sieć przewodów podciśnieniowych jest kolejnym elementem systemu, który wyróżnia ten system kanalizacji spośród innych systemów, a jednocześnie jest jego niewątpliwą zaletą, która pozwala na obniżenie kosztów inwestycyjnych.

Sieć podciśnieniowa jest układana w charakterystyczny sposób, tzw. profil zębaty ze spadkiem (minimalny spadek 0,2%) w kierunku stacji podciśnieniowej oraz ze stosowaniem tzw. uskoków. Taki układ wysokościowy sieci umożliwia układanie sieci na bardzo małych głębokościach (poniżej głębokości przemarzania) nawet w terenach płaskich. Na rysunku 3 przedstawiono schematyczny przebieg rurociągu podciśnieniowego.

Do budowy przewodów podciśnieniowych wykorzystuje się rurociągi z PVC-U oraz PE. Ze względu na małe spadki przewodów minimum 0,2% konieczne jest zachowanie dużego reżimu technologicznego podczas ich montażu. Na sieci przewodów podciśnieniowych oprócz uskoków montowane są zasowy strefowe, inspekcje sieciowe, inspekcje końcowe oraz stacje napowietrzające. W sieci podciśnieniowej



Sytuacja typowa dla płaskiego terenu: odcinki 100 m ze spadkiem 0.2% + 1 uskok 20 cm

Rys. 3. Profil rurociągu podciśnieniowego [2]

elementem niezbędnym jest system monitoringu. Najczęściej spotykany jest kablowy system monitoringu (względny niezawodności oraz niższe koszty inwestycyjne). Kable monitoringu są układane w tym samym wykopie co rurociągi podciśnieniowe.

3.4. Stacja podciśnieniowa

W układ stacji podciśnieniowej wchodzi następujące elementy/obiekty:

- budynek stacji podciśnieniowej, który w zależności od uwarunkowań może być nadziemny, nadziemny podpiwniczony lub podziemny;
- zbiornik podciśnieniowy: pionowy lub poziomy, zlokalizowany w budynku stacji lub podziemny zlokalizowany poza budynkiem;
- pompy próżniowe, które są odpowiedzialne za wytworzenie odpowiedniego poziomu podciśnienia w celu umożliwienia transportu ścieków do zbiornika podciśnieniowego. Liczba oraz wielkość pomp podciśnieniowych jest ściśle uzależniona od hydrauliki i wielkości sieci podciśnieniowej;
- pompy tłoczne – ścieki zgromadzone w zbiorniku podciśnieniowym odprowadzane są rurociągiem tłocznym bezpośrednio na oczyszczalnię ścieków lub do kolejnego odcinka kanalizacji;
- biofiltr powietrza, który zapewnia unieszkodliwienie odorów powstających w kanalizacji podciśnieniowej;
- układ monitoringu i sterowania siecią kanalizacji podciśnieniowej;

Na rysunku 4 przedstawiono poglądowo widok stacji podciśnieniowej ze zbiornikiem pionowym podziemnym zlokalizowanym poza budynkiem stacji podciśnieniowej.

W stacji podciśnieniowej zlokalizowany jest układ monitoringu i sterowania pracą całej sieci kanalizacji podciśnieniowej. System ten umożliwia analizę pracy całej sieci oraz korektę parametrów pracy pomp próżniowych oraz tłocznych. Możliwości monitorowania pracy sieci i poszczególnych urządzeń oraz ich dalsze przesyłanie są bardzo rozbudowane i dostosowywane do potrzeb użytkownika.

3.5. Kanalizacja podciśnieniowa – zasada działania



Rys. 4. Stacja podciśnieniowa [3]

Ścieki sanitarne odprowadzane z budynku trafiają odcinkiem gravitacyjnym do części mokrej studni zaworowej. Spiętrzanie się ścieków w zbiorniku powoduje wzrost ciśnienia w rurze sensorowej. Rura sensorowa jest połączona przewodami pneumatycznymi ze sterownikiem zaworu podciśnieniowego. W sterowniku można ustawić następujące parametry: nadciśnienie w rurze sensorowej, które powoduje otwarcie zaworu, czas otwarcia zaworu. Czas otwarcia zaworu podciśnieniowego jest uzależniony od wielkości podciśnienia panującego w sieci i musi zapewnić odessanie wymaganej ilości ścieków oraz zassanie wymaganej ilości powietrza. W momencie osiągnięcia ustawionego ciśnienia w rurze sensorowej następuje otwarcie zaworu i odessanie odpowiedniej porcji mieszaniny ścieków. W przypadku gdy ciśnienie w rurze sensorowej nie spadnie poniżej zadanej wartości, następuje powtórzenie cyklu otwórz/zamknij zaworu podciśnieniowego. W ostatnim cyklu następuje zassanie pewnej ilości powietrza. W rurociągach podciśnieniowych ma miejsce transport mieszaniny ścieków i powietrza. Prędkości przepływu w rurociągach wahają się w przedziale 5–7 m/s. Tak duże prędkości zapobiegają sedymentacji zawiesin oraz umożliwiają budowę przewodów o stosunkowo małych średnicach. Ścieki trafiają do zbiornika podciśnieniowego, który jest jednocześnie zbiornikiem retencyjnym dla pomp tłocznych, które odprowadzają ścieki bezpośrednio na oczyszczalnię ścieków lub przetrzaczają je do dalszego transportu przewodami kanalizacji gravitacyjnej.

4. Kanalizacja podciśnieniowa w praktyce

W latach 2011–2014 konsorcjum firm Envirotech Sp. z o.o. oraz WUPRINŻ S.A. z Poznania oraz przedsiębiorstwo Hydrobiel z Żar zrealizowało budowę największej w ostatnich latach instalacji kanalizacji podciśnieniowej w Polsce. Zadanie inwestycyjne pt. „Uporządkowanie gospodarki ściekowej na terenie Aglomeracji Odolanów” obejmowało w swoim zakresie budowę oczyszczalni ścieków w miejscowości Raczyce oraz budowę sieci podciśnieniowej kanalizacji sanitarnej dla miasta Odolanów oraz przyległej miejscowości Raczyce o łącznej długości ponad 26 kilometrów. Zbudowany system kanalizacji podciśnieniowej objęty jest systemem pełnego monitoringu parametrów pracy wszystkich, 807 sztuk, studni zaworowych. Na każdej stacji podciśnieniowej zainstalowano szafę sterowniczą z panelem dotykowym, umożliwiającą kontrolę i sterowanie siecią. Dodatkowo, w budynku oczyszczalni ścieków, ulokowano stanowisko dyspozytorskie z pełną wizualizacją sieci. Dzięki zastosowaniu nowatorskiej technologii kanalizacji podciśnieniowej ścieki podczas transportu są dodatkowo napowietrzane, przez co mają znacznie lepsze parametry niż ścieki odprowadzane tradycyjną kanalizacją gravitacyjną czy też dostarczane taborem asenizacyjnym. Zastosowanie technologii podciśnienia w transporcie ścieków pozwoliło ponadto na zmniejszenie głębokości ułożenia sieci oraz na rezygnację z kilkunastu przepompowni ścieków. Zbudowany system obsługiwany jest bowiem tylko przez dwie stacje podciśnieniowe – pierwsza z nich zlokalizowana jest w Odolanowie, a druga w Raczycach (rys.



Rys. 5. Wnętrze stacji podciśnieniowej w Raczycach (zdj. własne)

5). Ścieki ze stacji podciśnieniowej są transportowane rurociągami tłocznymi wykonanymi w ramach tej inwestycji, ze stacji podciśnieniowej w Raczycach na oczyszczalnię ścieków. Ścieki ze stacji podciśnieniowej w Odolanowie tłoczne są do istniejącej przepompowni ścieków. Przed podjęciem decyzji o skanalizowaniu dużej części miasta Odolanów oraz całej miejscowości Raczyce w oparciu o system kanalizacji podciśnieniowej Inwestor przeprowadził szereg analiz technicznych i ekonomicznych. Ze względu na ukształtowanie terenu (bardzo małe różnice wysokości) wysoki poziom wód gruntowych, niekorzystne warunki gruntowe (torfy), układ urbanistyczny miasta Odolanów (wąskie ulice) analizy wykazały, że najkorzystniejszym wariantem będzie budowa kanalizacji podciśnieniowej. W dniu dzisiejszym należy stwierdzić, że wybór ten był słuszny i w gminie Odolanów realizowany jest kolejny etap kanalizacji gminy w oparciu o system kanalizacji podciśnieniowej.

5. Podsumowanie

Kolejne inwestycje polegające na budowie systemów kanalizacji podciśnieniowej pozwalają sądzić, że jest to system, który może rozwiązać część problemów związanych z odprowadzaniem ścieków z budynków położonych na terenach zagrożonych powodzią, podtopieniami czy też o trudnych warunkach gruntowo-wodnych. Producenci ciągle udoskonalają oferowane przez siebie systemy, które ciągle należy traktować jako nowatorskie. Każdą zakończoną inwestycję należy traktować jako lekcję i naukę z niej płynącą wykorzystywać do udoskonalania systemów kanalizacji podciśnieniowej. Artykuł w świadomy sposób został napisany prostym językiem praktyka w celu zachęcenia jak największego grona do podjęcia tematyki kanalizacji podciśnieniowej.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Matz R., Błażejowski R., Nawrot T., Kalenik M., Hydraulika transportu ścieków i zasady projektowania kanalizacji podciśnieniowej. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2/2017, str. 52–56
- [2] Katalog firmy Roediger Vacuum
- [3] Materiały szkoleniowe firmy Roediger Vacuum