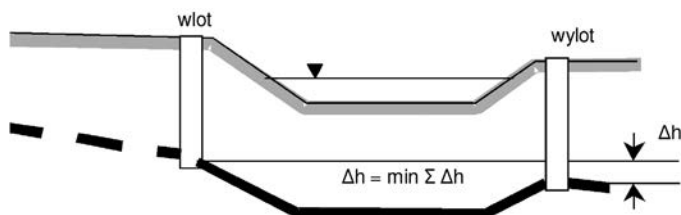


Syfon na kanalizacji grawitacyjnej

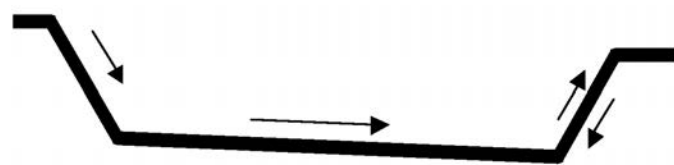
Prof. dr hab. inż. Ziemowit Suligowski
Instytut Politechniczny PWSZ w Elblągu

Syfony towarzyszą współczesnym rozwiązaniom kanalizacji grawitacyjnej praktycznie od chwili ich powstania, a więc od połowy XIX wieku. Stąd urządzenia są, wbrew niektórym opiniom, dość powszechnie znane i stosowane [2], jednak zawsze pozostają kłopotliwym elementem systemów. Przepływ w syfonie odbywa się pod ciśnieniem wywołanym przez różnicę poziomów pomiędzy komorą wlotową a wylotową (Δh) na poziomie przekraczającym wielkość sumaryczną strat ciśnienia – oporów liniowych i miejscowych ($\Sigma \Delta h$) – rys. 1. W zasadzie są to niewielkie wartości, jednak coraz częściej mamy do czynienia z rozwiązaniami kanalizacji tunelowej, gdzie różnice wysokości mogą być znaczne.

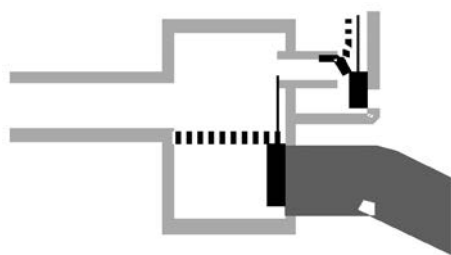
Niezależnie od nowych rozwiązań technicznych i technologii pojawiają się nowe problemy wynikające z utraty naturalnej ostrożności przy planowaniu i realizacji obiektów. Nadmierna wiara w dokładność i jednoznaczność wyników obliczeń komputerowych powoduje to, że nie zwraca się uwagi na nadal niewystarczającą znajomość strony fizycznej zjawisk, czy też ograniczenia informacji dotyczących warunków posadowienia, obciążeń hydraulicznych itp., itd. Ostatecznie wiele uproszczeń technologii „pójść na skróty” w projektowaniu musiało skutkować mniej lub bardziej spektakularnymi awariami.



Rys. 1. Schemat podstawowego rozwiązania syfonu na kanalizacji grawitacyjnej



Rys. 2. Układ przesuwania się zanieczyszczeń w klasycznym syfonie



Rys. 3. Pierwotne rozwiązanie głowicy syfonu w pierwszym współczesnym rozwiązaniu kanalizacji Gdańska [1], na wlocie piaskownik oraz system przeciwwag, pozwalający uruchomić zależnie od potrzeb przelew burzowy, względnie wlot dla wód przy ich wysokich stanach w rzece

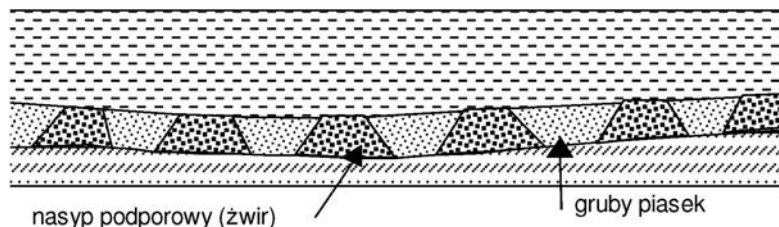
EKSPLOATACJA SYFONU

Szczególnym problemem eksploatacji syfonów są wytrącające się ze ścieków osady. W standardowym rozwiązaniu dąży się do możliwego ułatwienia przesuwania osadów (rys. 2), starając się, aby spadki były zgodne z kierunkiem przepływu ścieków. Konflikt występuje na odcinku wznoszącym, gdzie z jednej strony działa siła grawitacji, z drugiej wymuszenie wynikające z ruchu pod ciśnieniem. W efekcie od początku starano się usuwać osady jeszcze przed wprowadzeniem ścieków do syfonu poprzez użycie na wlocie specjalnego piaskownika [8]. Zasada ta jest nadal praktykowana [3]. Piaskownik początkowo wraz z systemem przeciwwag (rys. 3, Wiebel 1864) stanowi od około 140 lat element pierwszego syfonu.

Problem osadów jest nadal bardzo aktualny, również w przypadku kanalizacji rozdzielczej. Praktyka wskazuje na szczególne zagrożenia pojawiające się na zagłębionych kolektorach tunelowych (v. awaria gdańskiej przepompowni ścieków Ołowianka). Równocześnie **nawet najlepsze kraty** nie są w stanie zastąpić piaskownika. Nie oznacza to lekceważenia urządzenia, jest ono szczególnie ważne w warunkach kolektorów tunelowych, jednak eliminuje ono zupełnie inne zanieczyszczenia. I znowu trzeba się odwołać do realiów lokalnych – w **polskich warunkach klimatycznych** konieczne jest wielokrotne w ciągu sezonu powtarzanie posypywania nawierzchni drogowych.

Równocześnie ostatecznie około 80 ÷ 90% piasku użytego w akcji zima trafi do kanalizacji odprowadzającej wody opadowe. Nawet jeśli jest to kanalizacja rozdzielcza, to trzeba się spodziewać sezonowego wzrostu zawartości zawieszin w ściekach sanitarnych. Przy tym wszystkim od około 30 lat mamy do czynienia z jednoznacznym wzrostem koncentracji zanieczyszczeń w ściekach. W konsekwencji tradycyjne reguły empiryczne po prostu się zdezaktualizowały. Zwraca uwagę tendencja do lekceważenia problemu osadów w nowoprojektowanych syfonach, nawet na kanalizacji ogólnospławnej. Charakterystycznym przykładem może być syfon warszawski, którego przewody ułożono z przeciwsпадkiem, ograniczając zabezpieczenie do krat.

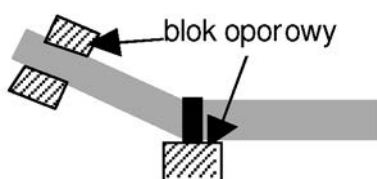
Tradycyjnym rozwiązaniem pozwalającym do pewnego stopnia uprościć eksploatację poprzez poprawę jest prowadzenie syfonu przy zmiennych przepływach (przede wszystkim kanalizacja ogólnospławna i tam, gdzie jest to niezbędne, kanalizacja wód opadowych) w postaci dwóch (lub trzech) równoległych przewodów (tzw. nitek) [3]. Ze względów eksploatacyjnych sterowanie nimi powinno być możliwie proste na zasadzie swobodnego przelewania się nadmiaru wody. Na tym tle mogą wzbudzać poważne zastrzeżenia rozwiązania sprowadzające się do sztucznego sterowania przepływami (np. warszawskie), ostatecznie w kanalizacji sprawdzają się przede wszystkim rozwiązania możliwie proste. W powiązaniu z przeciwsпадkiem przełączanie pracy przewodów stwarza warunki szczególnie sprzyjające rozwojowi procesów gnilnych.



Rys. 4. Przygotowanie podłoża pod syfon posadowiony na dnie cieku

POSADOWIENIE SYFONU

Podobnie jak w przypadku wszystkich innych przewodów również syfony wymagają posadowienia gwarantującego stabilność położenia – zarówno odpowiednich podpór, jak też zakotwień. W tradycyjnym rozwiązaniu stosowano przede wszystkim syfony posadawiane na dnie cieku, parowu itp., przy



Rys. 5. Przykład stabilizacji położenia syfonu w podłożu gruntowym

czym konieczne było odpowiednie przygotowanie posadowienia (rys. 4). Wprawdzie próbowano różnych uproszczeń zarówno w zakresie bezpośredniego przygotowania podłoża (roboty podwodne), jak też dociążenia obiektu (w tym obniżenie współczynnika bezpieczeństwa, rezygnacja z obciążników na rzecz dociążenia od góry materacem faszynowo-kamiennym) oraz technologii zatapiania rurociągów, jednak kończyło się to dość spektakularnymi awariami.

Syfon musi być ustabilizowany, w efekcie dla syfonów posadowionych w ciekach konieczne jest użycie odpowiednich obciążników. Z kolei tradycyjne syfony posadawiane w podłożu gruntowym stabilizowano odpowiednimi blokami oporowymi (rys. 5).

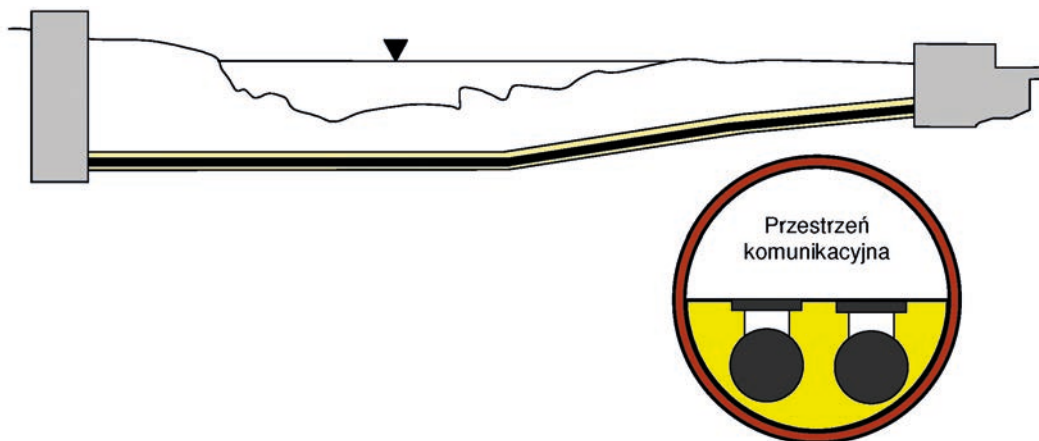
Nowym elementem pozwalającym na łatwiejsze wykonywanie syfonów stały się technologie bezwykopowe. Możliwe są tu dwa rozwiązania – albo od razu realizowana jest nitka syfonu, albo w pierwszej fazie realizowany jest tunel, będący odpowiednikiem tradycyjnego wykopu. Wówczas wewnątrz tunelu – wykopu realizowane są właściwe przewody syfonowe. Rozwiązanie to stosowane było od wielu lat przy budowie galerii – na przykład w warszawskim systemie wodociągowym od ponad 50 lat eksploatowana jest galeria łącząca ujęcie Gruba Kaśka z zakładem mieszczącym się na praskim brzegu. Wówczas pojawia się



Rys. 6. Rurociąg posadowiony w tunelu będącym odpowiednikiem tradycyjnego wykopu, rury GRP, na przykład materiałów firmy HOBAS



Rys. 7. Ogólny schemat kanalizacji warszawskiej



Rys. 8. Schemat funkcjonalny syfonu pod Wisłą

problem właściwego wykonania wewnętrznego przewodu [4], w aspekcie statycznym „zawieszonego” w przestrzeni (rys. 6).

Rozwiązanie polegające na wybudowaniu dwunitkowego syfonu we wcześniej wykonanym tunelu przyjęto w rozwiązaniu warszawskim – przy przyłączeniu części kanalizacji lewobrzeżnej Warszawy (w tym odpływ z kanalizacji ogólnospławnej) do Oczyszczalni Czajka – rys. 7. Rozważano szereg koncepcji rozwiązania, decydując się ostatecznie na bardzo kontrowersyjne rozwiązanie [4] powiązane z zabetonowaniem nitek syfonu w dolnej części tunelu (rys. 7). Górna część tunelu tworzy przestrzeń roboczą dla eksploatorów. Kolejnym kontrowersyjnym elementem jest wykonanie obetonowania – wprawdzie w dokumentacji projektowej przewidziano użycie lekkiego betonu, to jednak zdecydowano się o użyciu wypełniania z pianobetonu.

Tu pojawiają się kolejne kontrowersje, w publicznych wystąpieniach zwraca się uwagę na to, że duże syfony na kanalizacji nie są stosowane i rozwiązanie warszawskie powinno opierać się na 2 oczyszczalniach – oddzielnej dla lewobrzeżnej i oddzielnej dla prawobrzeżnej części miasta. Nie wchodząc w szczegóły koncepcja budowy oczyszczalni na lewym brzegu Wisły od kilkudziesięciu lat jest po prostu nierealna. Z opiniami dotyczącymi stosowania syfonów rozprawia się Kolonko [2], w tym miejscu trzeba podkreślić, że na przykład w Krakowie od wielu lat funkcjonuje duży syfon kanalizacyjny pod Wisłą.

Oddzielny problem stanowi materiał rurowy użyty do budowy syfonu. W rozwiązaniu warszawskim do konstrukcji przyjęto rury ciśnieniowe GRP, co zostało jednoznacznie skrytykowane przez Kulickowskiego [4]. GRP to szczególne rozwiązanie materiałowe – w oparciu o nie powstają zarówno dość przeciętne rury, jak też rozwiązania o cechach wytrzymałościowych porównywalnych z wysokiej jakości wyrobami stalowymi. Mogą one pracować również przy braku ciągłego podparcia (rys. 9), jednak wymaga to ścisłej współpracy z biurem konstrukcyjnym producenta oraz stosowania adekwatnych złączy. Oczywiście można mieć różne preferencje materiałowe, w aspekcie długowieczności rury z tworzyw oceniane są różnie, w odniesieniu do GRP okres ich użytkowania jest nadal względnie krótki, aby uzyskać obiektywne oceny.

PROBLEM SIŁ OSIOWYCH

W rurociągach ciśnieniowych bardzo ważnym zagadnieniem jest występowanie sił osiowych. Co najmniej znacząca część współczesnych złączy rurowych, niekiedy wbrew reklamom, nie jest w stanie przenosić sił osiowych. Przede wszystkim w tej kategorii mieszczą się wszystkie połączenia kielichowe, co najmniej znacząca część opaskowych oraz połączenia nasuwko-



Rys. 9. Rurociąg ciśnieniowy – rury GRP, podparcie punktowe, na przykład materiałów firmy HOBAS

we [7]. Brak odpowiednich zabezpieczeń prowadzi do awarii (rozsunięć) przewodów, które mogą wystąpić ze stosunkowo znacznym opóźnieniem.

W syfonach siły te mogą być znaczne, w przypadku dużych różnic poziomów bardzo duże. Jako zabezpieczenie stosowane są bloki oporowe, względnie tak zwane blokowanie (stabilizowanie) złączy. Bloki oporowe należą do znanych od dawna elementów uzbrojenia sieci ciśnieniowych [5, 9], które jednak w miarę upływu czasu traktowano często mniej poważnie. Szeręg zaleceń w zakresie zastosowania zawierają materiały poszczególnych producentów rur.

Charakterystyczne są tu zapisy normy PN-C-89224 [6], zgodnie z którymi w systemach ciśnieniowych stosuje się bloki oporowe jako zabezpieczenie połączeń przed rozłączeniem oraz przed przemieszczeniami na skutek sił osiowych występujących w rurociągu, spowodowanych na przykład uderzeniem hydraulicznym. Zwraca uwagę, że syfony układane wewnątrz tuneli są szczególnie narażone na występowanie sił osiowych, w praktyce podejmowane przeciwdziałania są bardzo różne.

PODSUMOWANIE

Syfony były, są i będą ważnym elementem tradycyjnej kanalizacji, równocześnie stwarzającym problemy eksploatacyjne. Jedynym sposobem rozwiązania pozostaje ich właściwe projektowanie, przy czym sprawdzają się przede wszystkim możliwie proste rozwiązania techniczne. Ostatecznie lepiej lub gorzej eksploatuje się tysiące obiektów, tylko niewielka część z nich ulega mniej lub bardziej spektakularnym awariom.

Bardzo ważnym elementem jest staranne przygotowanie inwestycji, w tym prace przedprojektowe. Nie jest sytuacją normalną, gdy na przykład określone w projekcie budowlanym warunki gruntowe są zasadniczo inne niż te na budowie. Warunki posadowienia są przecież bardzo ważnym parametrem, który powinien decydować o szczegółach rozwiązania technicznego.

Oczywiście najczęściej uwagi przykuwają zdarzenia najświeższe, obecnie jest to awaria warszawskiego syfonu. Wcześniej była to seria awarii syfonów na instalacjach przemysłowych, jeszcze wcześniej – bardzo malowniczy przypadek, gdy syfony zamiast dać się zatopić w Wiśle po prostu popłynęły w stronę morza. Wspólną cechą tych zdarzeń pozostają uproszczenia fazy projektowania i wykonawstwa, chęć uproszczeń i „pójścia na skróty”.

LITERATURA

1. Genzmer E.: Die Entwässerung der Städte. W: Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Dritter Teil: Der Wasserbau. Wilhelm Engelmann Verlag, Leipzig 1924.
2. Kolonko A.: Nie tylko Czajka – przerzut ścieków żelbetowym syfonem tunelowym pod Elbą w Hamburgu. Instal 11/2020.
3. Kotowski A.: Podstawy bezpiecznego wymiarowania odwodnień terenów. T 1. Seidel – Przywecki, Warszawa 2015.
4. Kulickowski A.: Informacja dotycząca opinii Politechniki Świętokrzyskiej w sprawie oceny wstępnej koncepcji syfonu „Czajka” pod Wisłą opracowanej w 2006 r. Instal 11/2020.
5. Petrosolin W.: Projektowanie sieci wodociągowych. Arkady, Warszawa 1974.
6. PN-C-89224: Systemy przewodów rurowych z tworzyw termoplastycznych. Zewnętrzne ciśnieniowe i bezciśnieniowe systemy z nieplastyfikowanego poli(chlorku winylu) (PVC-U), polipropylenu (PP) i polietylenu (PE) do przesyłania wody, odwadniania i kanalizacji. Warunki techniczne wykonania i odbioru.
7. Suligowski Z., Fudala – Książek S.: Wykonanie i odbiór sieci kanalizacyjnych. Wydawnictwo Seidel – Przywecki, Warszawa 2016.
8. Wiebe F.: Die Reinigung und Entwässerung der Stadt Danzig. Ernst und Korn Verlag, Berlin 1865.
9. Wodociągi i kanalizacja. Poradnik. Red. M.Chudzik. Arkady, Warszawa 1971.