Nr 3—4(36—37) 1988

Włodzimierz Wójcik

PROJEKTOWANIE SIECI KANALIZACJI SANITARNEJ W USA

Porównanie praktyki projektowej w różnych krajach daje inne spojrzenie na krajowe normy i wytyczne w tym zakresie. Nie jest jednak wskazane bezpośrednie adaptowanie zagranicznych doświadczeń do warunków polskich. Przykładowo, wytyczne w USA powstały w innych warunkach, odmiennej technologii, innej edukacji projektantów oraz w całkowicie różnym systemie prawno-finansowym. Niemniej jednak wiele doświadczeń amerykańskich może posłużyć do potwierdzenia słuszności rozwiązań krajowych lub do ich weryfikacji.

Problemy organizacyjno-formalne

Cechą charakterystyczną, odróżniającą wytyczne w USA od chyba wszystkich innych, jest ich wielość i różnorodność. Brak jest jednych wytycznych projektowania obowiązujących na terenie całego kraju. Również wiele wytycznych stanowych nie ma charakteru obligatoryjnego i poszczególne miasta opracowują własne wytyczne.

W wielu miastach kanalizacja deszczowa i ściekowa należą do różnych instytucji lub wydziałów miast. Każda z nich wydaje odrębne wytyczne, które czasami są z sobą sprzeczne. Należy zaznaczyć, że istnieją opracowania, na które powołują się autorzy wielu wytycznych, ale nie mają one mocy prawnej. W zakresie kanalizacji należy wymienić głównie wspólny skrypt amerykańskiego Zrzeszenia Inżynierów Budownictwa (ASCE) oraz Federacji Kontroli Zanieczyszczenia Wód (WPCF). Podobny charakter posiada wiele opracowań Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska (US EPA) oraz Korpusu Inżynierów Armii Amerykańskiej (US ACE). Sytuacja ta utrudnia pracę projektantów, którzy muszą stale śledzić i aktualizować wiedzę na temat obowiązujących przepisów. Również z tych powodów uprawnienia inżynierskie są wydawane i obowiązują tylko na terenie danego stanu.

Pomimo tych niedogodności, praca projektanta w USA jest jednak łatwiejsza niż w Polsce. W przypadku kłopotów interpretacyjnych może on bardzo szybko otrzymać wyjaśnienie od kompetentnej instytucji. Projektanci na bieżąco otrzymują katalogi materiałów, urządzeń, technologii, itp. Katalogi te są zredagowane w sposób umożliwiający łatwe korzystanie z nich.

Dr inż. W. Wójcik: Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków.

Podkłady geodezyjne oraz informacje o liczbie ludności, przemyśle, poborach wody itp., są w miastach dużo lepiej gromadzone i dostępne niż w Polsce. Wiele map i informacji statystycznych jest skomputeryzowanych oraz można korzystać ze zdjęć lotniczych terenu. Natomiast w mniejszych miejscowościach sytuacja jest dużo gorsza. Bardzo często projektant musi opierać się jedynie na danych literaturowych oraz na własnym doświadczeniu.

Powszechnie wykorzystuje się techniki komputerowe do zbierania i obróbki danych. Prawie całkowicie wyeliminowane jest odwiedzanie instytucji i odpisywanie danych przez projektanta. Najczęściej kopiuje się te dane na magnetyczny nośnik informacji (dyskietki) i obrabia je na własnym mikrokomputerze. W dużo mniejszym stopniu używana jest technika komputerowa do modelowania i symulacji całych systemów kanalizacyjnych. Wynika to z wielu przyczyn, a głównie finansowych i technicznych. Autor zauważył jednak duże zmiany w ostatnich latach i można się spodziewać, że w najbliższym czasie technika ta będzie powszechna również w projektowaniu kanalizacji.

Przepływy miarodajne

Studia ASCE wykazały, że kanalizacja jest projektowana na przepływy ścieków w perspektywie od 25 do 50 lat, przy czym obecnie dominuje perspektywa 50 lat. Wyliczanie ilości ścieków w tej perspektywie opiera się na sumowaniu ścieków z gospodarstw domowych, ścieków z przemysłu i obiektów komercyjnych oraz infiltracji i dopływów przypadkowych.

Ścieki bytowo-gospodarcze

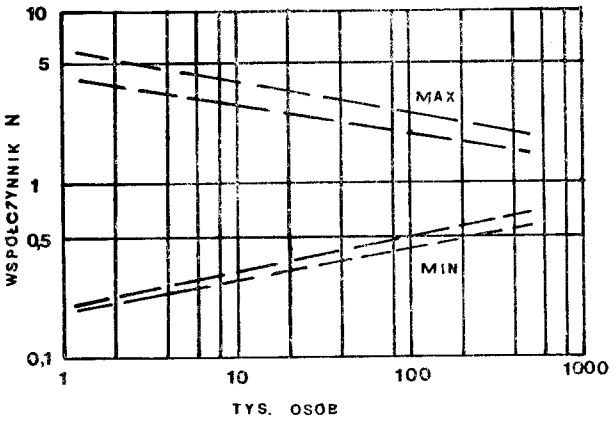
Ilość tych ścieków obliczana jest poprzez przemnożenie prognozowanej liczby mieszkańców przez ilość ścieków na jednego mieszkańca. Ilość mieszkańców określają planiści z wykorzystaniem szeregu technik, natomiast średnie ilości ścieków na mieszkańca w praktyce projektowej wahają się w granicach od 190 do 790 dm^3/d (najczęściej 370). Niektóre wytyczne (zwłaszcza dotyczące mniejszych miejscowości lub terenów podmiejskich dużych aglomeracji) określają ilość ścieków na przykanalik, a nie na jednego mieszkańca. Po przeliczeniu okazuje się jednak, że otrzymuje się podobną ilość do wyżej wymienionych, ale po przyjęciu od 2,5 do 3,5 osób na jeden przykanalik. Je-

szcze inne wytyczne zalecają przyjmowanie określonych ilości ścieków na jedną działkę budowlaną. Takie podejście jest prawdopodobnie podyktowane tym, że dużo łatwiej jest określić na danym terenie ilość domów w przyszłości, a stąd również ilość przykanalików.

Zalecane współczynniki nierównomierności pozwalają na wyliczanie maksymalnych godzinowych lub minimalnych ilości ścieków. Interesujące jest, że w bardzo wielu przypadkach współczynniki te nie są zróżnicowane w zależności od wielkości osiedla. Najczęściej wahają się od 2 do 3. W niektórych jednak przypadkach wytyczne zalecają wykresy podające współczynniki (lub maksymalne miarodajne przepływy) w zależności od wielkości osiedla. Na przykład w Tucson, Arizona, współczynniki te wynoszą od 1,5 dla 200 000 mieszkańców, do 3,8 dla 100 mieszkańców. Jeszcze inne wytyczne rozróżniają ilości ścieków w tzw. okresie suchym i mokrym i odpowiednio określają współczynniki nierównomierności. Stosuje się wtedy wzory o dość złożonej formie, jak np.:

$$N = \frac{18 + (0{,}01444\, Q_{śr})^{0,5}}{4 + (0{,}01444\, Q_{śr})^{0,5}} \qquad (1)$$

Można stwierdzić, że większość zalecanych współczynników opartych jest tylko o kilka materiałów źródłowych i można je sprowadzić do zakresu przedstawionego na rysunku 1.



Rys. 1. Zakresy współczynników nierównomierności przepływu ścieków.

Ścieki z obiektów komercyjnych

W wielu wytycznych ilość tych ścieków jest już ujęta w ilości ścieków na jednego mieszkańca. Dotyczy to zwłaszcza mniejszych miejscowości i terenów podmiejskich. Niektóre z normatywów zalecają aby dla silnie zurbanizowanych terenów przyjmować ilości ścieków na przedmiotowe cele przeliczając je na jednostkę powierzchni. Najczęściej rekomenduje się przeprowadzenie analizy istniejących danych dla określenia ilości ścieków. Przykładowe zalecane średnie dobowe ilości ścieków z obiektów komercyjnych i instytucji są następujące:

— hotele: 1500÷1900 dm³/pokój lub 35 dm³/m² pow. całego hotelu,
— biura: 150÷190 dm³/prac. lub 14 dm³/m² pow.,
— szkoły: 30÷100 dm³/ucznia,
— szpitale: 50÷800 dm³/łóżko.

Jeszcze inne wytyczne podają, aby do ilości ścieków z gospodarstw domowych dodawać od 250 do 550 dm³/M jako ilość ścieków z obiektów komercyjnych i instytucji.

Ścieki przemysłowe

Ilość tych ścieków jest podobnie jak w Polsce przyjmowana na podstawie danych z zakładów istniejących lub planowanych. Dotyczy to oczywiście większych zakładów, gdyż ścieki dla mniejszych zakładów są najczęściej ujmowane w ilości ścieków z gospodarstw domowych. W niektórych przypadkach, najczęściej gdy brak dokładnych danych, zalecane jest dodawanie na cele przemysłowe od 10 do 1800 m³/d·ha.

Wody infiltracyjne i przypadkowe

Do wymienionej ilości ścieków dodawane są wody infiltrujące do kanałów oraz wody przypadkowe, dostające się z powierzchni (w tym tzw. dzikie podłączenia rynien). Sprawa ta jest aktualnie przedmiotem intensywnych studiów i prac wdrożeniowych w wielu miejscach w USA. Wynika to z programów oszczędnościowych jak również z jedynej czasami możliwości technicznej usunięcia ścieków z danego terenu bez budowania nowych kolektorów. Zalecane wielkości infiltracji są zróżnicowane, najczęściej w granicach od 1,5 do 3,8 m³/d·ha. Część wytycznych, w tym zalecenia ASCE, bardziej precyzyjnie określa wielkość infiltracji i wiąże ją ze średnicą oraz długością kanałów, a także niekiedy z usytuowaniem zwierciadła wód gruntowych. Najczęściej zaleca się przyjęcie wielkości infiltracji w zakresie od 90 do 490 dm³/dobę i cm średnicy oraz km długości kanału, chociaż można spotkać wartości wielokrotnie mniejsze. Wiele wytycznych, w tym Tennessee Dept. of Health i Metropolitan Sanitary District of Greater Chicago, mają jeszcze inne podejście. Mianowicie wielkości infiltracji są wliczane w ogólną ilość ścieków liczoną na 1 mieszkańca. Obie wymienione instytucje zalecają, aby bez względu na wyliczoną ilość ścieków z gospodarstw i instytucji, nie przyjmować mniejszej ilości niż 1500 dm³/M·d dla kanalizacji bocznej i 950 dm³/M·d dla kolektorów zbiorczych. Wymienione wartości są podawane z założeniem, że kanały wypełnione są w całości. Wiele miast nie uwzględnia infiltracji (np. El Paso, Las Vegas), co wiąże się głównie z ich pustynnym klimatem.

Należy nadmienić, że w praktyce wymienione zasady ustalania ilości ścieków stosowane są dla mniejszych miejscowości lub dla osiedli podmiejskich. Dla celów modernizacji więk-

szych układów kanalizacyjnych oraz dla śródmieść i kanałów zbiorczych, dużych przepompowni itp., z reguły prowadzone są indywidualne studia i badania. Otrzymuje się wtedy zgodę na odstępstwa od wytycznych.

Prędkości przepływu i napełnienia kanałów

Najczęściej zalecaną prędkością minimalną dla kanalizacji grawitacyjnej jest wartość 0,6 m/s. Obok minimalnych prędkości prawie zawsze podawane są minimalne spadki, które wynikają z przeliczania minimalnych prędkości na spadek, przy użyciu równania Manninga (współczynnik n=0,013, rzadziej 0,014 lub 0,015). Wymienione kryteria dotyczą napełnień od połowy do pełnego przekroju kanału. Maksymalne prędkości dopuszczalne wahają się od 3 do 5 m/s. Dla przewodów ciśnieniowych minimalne prędkości przepływu wynoszą od 0,6 do 1 m/s, natomiast maksymalne dopuszczalne od 1,6 do 3 m/s.

Interesujące jest, że wiele wytycznych nie podaje maksymalnych dopuszczalnych prędkości dla kanałów grawitacyjnych. Również często nie wiąże się tych prędkości z rodzajem materiału z jakiego zbudowany jest kanał. Prawdopodobnie wynika to stąd, że normy dość dokładnie określają zalecany materiał oraz wykończenie wewnętrznych powierzchni kanału.

Najczęściej stosowaną formułą do obliczania kanałów grawitacyjnych jest wzór Manninga. Natomiast dla kanalizacji ciśnieniowej stosuje się wzór Hazena-Williamsa, przyjmując współczynnik $C \leqslant 100$.

Rodzaje materiałów i średnice kanałów

Rekomendowane rodzaje materiałów nie odbiegają od polskich wytycznych, natomiast w zakresie średnic do 0,5 m zleceniodawcy i projektanci preferują kanały plastikowe (najczęściej PCW). Te średnice zresztą przeważają w ogólnej długości wszystkich kanałów. Wynika to z małej gęstości zabudowy osiedli amerykańskich. Wybór zaś PCW wynika głównie z jego zalet w zakresie zapobiegania infiltracji — połączenia są szczelne i jest ich mniej. W zakresie średnic do 0,9 m trudno określić, czy kanały betonowe (lub żelbetowe) dominują nad żeliwnymi (lub z żeliwa sferoidalnego). Powyżej wymienionych średnic oczywiście dominują kanały betonowe lub żelbetowe.

Wiele norm dopuszcza znacznie mniejsze średnice kanałów niż w Polsce. Można spotkać minimalne średnice już od 0,15 m dla kanalizacji grawitacyjnej i 0,07 m dla ciśnieniowej.

Obiekty na sieci kanalizacyjnej

Studzienki rewizyjne projektuje się w podobny sposób jak w Polsce, ale zdecydowanie różnie ustala się odstępy między nimi. Bardzo często nie uzależnia się odstępów od średnic kanałów i zaleca się odległości od 90 do 300 m. W przypadku, gdy uwzględnia się wielkości średnic kanałów, normy są zróżnicowane. Z pewnym przybliżeniem można je sprowadzić do następujących zakresów:

— poniżej 0,6 m: 160÷200 m (rzadziej 300 m),
— do 0,9 m: 230÷360 m,
— powyżej 1,2 m: 300÷600 m.

Podobnie jak w polskich wytycznych, zaleca się również lokalizację studzienek na połączeniach kanałów. Przy lokalizacji studzienek zwraca się uwagę, aby nie sytuować ich w miejscach zalewania wodami opadowymi. Jeżeli nie jest to możliwe, to przykrywy muszą mieć uszczelki. Jeżeli na dłuższym odcinku są zamontowane szczelne pokrywy, to bardzo często zaleca się, aby w co około trzeciej instalowana była wentylacja wyprowadzona powyżej poziomu zalewania wodami powierzchniowymi.

Przypadki tak niekorzystnych lokalizacji kanałów zdarzają się dość często pod dnem lub na brzegach koryt potoków. Można spotkać się jednak z przykładami, gdzie dopuszczalne było niemontowanie wentylacji lub gdy całe ciągi studzienek nie miały otworów w przykrywach (np. były zalane asfaltem na jezdni). Projektanci i eksploatatorzy tłumaczyli, że dotychczas nie obserwuje się problemu z tworzeniem siarkowodoru i korozją kanałów. Należy jednak oczekiwać, że gdy zwiększą się ilości ścieków, a stąd napełnienia, wtedy problem ten na pewno się pojawi.

Prawie wszystkie wytyczne mają bardzo rozbudowaną część dotyczącą przepompowni ścieków. Wynika to z dużej popularności tych obiektów (w niektórych miastach jest ich kilkaset). Można nawet zauważyć, że są budowane w miejscach, gdzie istniałyby techniczne możliwości wykonania kanału grawitacyjnego. Wytyczne określają szczegółowo sposób obliczania miarodajnych ilości ścieków, konstrukcji, wyposażenia i instalacji pompowni (w tym instalacji elektrycznej). Wiele uwagi poświęca się wentylacji oraz zapobieganiu tworzenia się siarkowodoru w rurociągu tłocznym.

Z dużą ilością przepompowni wiąże się duża ilość przewodów ciśnieniowych, którym również poświęca się wiele uwagi. Często wytyczne powtarzają podstawowe zasady z podręczników, np. dotyczące sposobu obliczania uderzenia wodnego. Określają usytuowanie i rodzaj zaworów odpowietrzających, sposób płukania, jak również dopuszczalne ciśnienie w rurociągu.

Studzienki spadowe oraz syfony projektuje się w sposób nie odbiegający od polskich norm. Na przykład minimalna prędkość przepływu w syfonie prawie we wszystkich spotkanych przypadkach wynosiła 1 m/s. Natomiast minimalna dopuszczalna średnica rurociągu najczęściej wynosiła 0,15 m.

Odległości kanałów od sieci wodnej są również projektowane podobnie jak w Polsce. Najczęściej zaleca się, aby odległość ta wynosiła minimum 3 m. W przypadku krzyżowania się, kanały powinny przebiegać co najmniej 50 cm poniżej rurociągów wodnych.

Wnioski

1. Wytyczne projektowe w USA są bardzo zróżnicowane, w zależności od stanu, a nawet miasta, jak również klimatu. Projektanci w większym stopniu muszą uwzględnić lokalne warunki, a przede wszystkim bardzo poważnie traktować opinię społeczną.

2. Szczegółowe parametry oraz stosowane materiały nie różnią się istotnie od stosowanych w Polsce. W gromadzeniu danych oraz ich obróbce prawie wyłącznie wykorzystuje się mikrokomputery, natomiast w mniejszym stopniu wykonuje się symulacje całych systemów kanalizacyjnych. W rozwiązaniach systemów usuwania ścieków zdecydowanie dominuje kanalizacja rozdzielcza.

LITERATURA

1. City of Arlington: The Subdivision Rules and Regulations of the City of Arlington, Texas, May 1984.
2. City and Country of Denver, Department of Public Works, Wastewater Management Division: Sanitary Sewer Desing, August 1982.
3. City of Houston, Department of Public Works, General Design Requirements for Sanitary Sewers, Storm Sewers, Water Lines and Paving, August 1983.
4. Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers. ASCE Manual No. 37 and WPCF Manual No. 9, 1974.
5. G. H. FAIR, J. C. GEYER: Elements of Water Supply and Wastewater Disposal, John Wiley and Sons, 1958.
6. Fort Worth Water Department. Policy and Procedure for Processing Water and Sewer Design, June 1984.
7. H. W. GEHM, I. I. BREGMAN: Handbook of Water Resources and Pollution Control, van Nostrand, 1976.
8. Gravity Sanitary Sewer Design and Construction. ASCE Manual No. 60 and WPCF Manual No. FD5, 1982.
9. W. G. HAMAN: Forecasting Sewage at Toledo under Dry Weather Conditions, Eng. News-Rec. 80. 123. 1978.
10. K. K. KIENOW, R. D. POMEROY: Corrosion Resistant Design of Sanitary Sewer Pipe. Proc. of ASCE Convention, Chicago, Illinois, October 1978.
11. Metcalf and Eddy, Inc.: Wastewater Engineering. McGraw-Hill Book Company, 1972.
12. Nie publikowane materiały z sondażu wykonanego przez Systems Planning Division. Water and Wastewater Utility, City of Austin, Texas, 1986.
13. R. D. POMEROY: Process Design Manual for Sulfide Control in Sanitary Sewers. Environmental Protection Agency, October 1974.
14. J. A. SALVATO: Environmental Engineering and Sanitation. Wiley-Interscience, 1972.
15. Tennessee Department of Health and Environment, Division of Water Management. Design Criteria for Community Public Water Systems. Nashville, Tennessee, March 1984.
16. The Public Utilities Department, City of Releigh. Public Utilities Handbook. March 1984.

ON THE SANITARY SEWER DESIGN PRACTICE IN THE UNITED STATES

The design recommendations and practice differ from one State (or city) to another. In this paper, consideration is given to separate sewage systems. There are also substantial differences in determining some major design parameters between Polish and US engineering practice. This holds particularly for the calculated sewage flow, irregularity of flow, or incidental infiltration. The spacing of control wells is markedly greater in the USA than in Poland. Many of the US design parameters are similar to those applied in Polish engineering practice. Here are some examples — minimal and maximal sewage flow rates in the sewer, design methods for siphons and wells. The building materials which are in use now are also similar in the two countries; only at diameters up to 0.50 m, plastic materials are preferred in the United States. Application of pressure pipes and intermediate pumping stations for sewage has become a frequent practice in the USA.