

WYBRANE ASPEKTY BUDOWY I EKSPLOATACJI WODOCIĄGÓW WIEJSKICH

Redakcja naukowa:

dr hab. inż. Andrzej Eymontt, prof. ITP

prof. dr hab. inż. Krzysztof Wierzbicki

dr inż. Witold Jan Wardal



Autorzy rozdziałów i podrozdziałów

dr hab. inż. Andrzej Eymontt, prof. ITP-PIB¹⁾ (rozdz.: 1; 6.2.1; 6.2.2; 6.2.3; 6.2.4; 7.1, 7.2; 10.3; 11)

prof. dr hab. inż. Krzysztof Wierzbicki¹⁾ (rozdz.: 1; 4.2; 10.3)

dr inż. Witold Jan Wardal²⁾ (rozdz.: 1; 4.2)

mgr inż. Konrad Rudnik¹⁾ (rozdz. 4.2)

prof. dr hab. Stanisław Drupka¹⁾ (rozdz. 3.5)

prof. dr hab. Mikołaj Sikorski¹⁾ (rozdz. 3.5)

prof. dr hab. Tadeusz Macioszczyk⁹⁾ (rozdz.: 4.1; 4.2)

mgr inż. Andrzej Rodzoch³⁾ (rozdz.: 4.1, 4.2)

mgr inż. Edward Frączek⁴⁾ (rozdz.: 4.1; 4.2)

mgr inż. Sławomir Lasek⁵⁾ (rozdz.: 5.1; 5.2; 5.3; 5.4)

prof. dr hab. inż. Władysław Szaflik⁶⁾ (rozdz.: 9.1; 9.2; 9.3; 9.4)

mgr inż. Jerzy Nejrąnowski⁶⁾ (rozdz.: 9.1; 9.2; 9.3; 9.4)

dr inż. Jarosław Chudzicki⁷⁾ (rozdz. 2)

prof. dr hab. Elżbieta Nachlik⁸⁾ (rozdz. 2)

prof. dr hab. Grzegorz Barczyk⁹⁾ (rozdz.: 3.3; 3.4)

dr hab. inż. Jerzy Bykowski, prof. UPP¹⁰⁾ (rozdz.: 10.1; 10.2)

mgr inż. Krzysztof Tchorzewski¹⁰⁾ (rozdz.: 10.1; 10.2)

dr inż. Magdalena Sitariska¹¹⁾ (rozdz. 3.1; 3.2; 6.1; 8.1; 8.2; 8.3)

mgr inż. Lidia Gutowska-Siwiec¹²⁾ (rozdz. 2)

Afiliacje autorów

¹⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy – Państwowy Instytut Badawczy w Falentach; Oddział w Warszawie

²⁾ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Instytut Nauk Drzewnych i Meblarstwa, Katedra Technologii i Przedsiębiorczości w Przemysle Drzewnym; Warszawa

³⁾ HYDROEKO; Warszawa

⁴⁾ Ministerstwo Środowiska; Warszawa

⁵⁾ FERRO Spółka Akcyjna; Skawina

⁶⁾ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Katedra Ogrzewnictwa, Wentylacji i Ciepłownictwa; Szczecin

⁷⁾ Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska; Warszawa

⁸⁾ Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Środowiska Katedra Inżynierii i Gospodarki Wodnej; Kraków

⁹⁾ Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Warszawa

¹⁰⁾ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Instytut Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji; Poznań

¹¹⁾ Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska; Wrocław

¹²⁾ Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy; Warszawa.

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy – Państwowy Instytut Badawczy
Falenty, Oddział w Warszawie
Zakład Systemów Infrastruktury Technicznej Wsi

**WYBRANE ASPEKTY
BUDOWY I EKSPLOATACJI
WODOCIĄGÓW WIEJSKICH**

Redakcja naukowa

dr hab. inż. Andrzej Eymontt, prof. ITP
prof. dr hab. inż. Krzysztof Wierzbicki
dr inż. Witold Jan Wardal

Falenty – Warszawa 2022

**INSTYTUT TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

Dyrektor: dr Wacław Roman Strobel

Recenzenci

prof. Rafał Miłaszewski

prof. Janusz Łomotowski

Kierownik Działu Wydawnictw:

dr Adam Brysiewicz

Sfinansowano ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki
na podstawie umowy nr DNM/SP/514042/2021 z dn. 14.01.2022 r. ;
nazwa projektu: Monografia "Wybrane aspekty budowy i eksploatacji wodociągów wiejskich";
kwota środków: 15 119,60 zł

© Copyright by Instytut Technologiczno-Przyrodniczy – Państwowy Instytut Badawczy
w Falentach, 2022

ISBN 978-83-65426-49-9

Adres Redakcji: Falenty, al. Hrabka 3, 05-090 Raszyn
e-mail: wydawnictwo@itp.edu.pl; tel. +48 (22) 720 05 98
Realizacja wydania: Agencja Wydawniczo-Poligraficzna „Gimpo”
Ark. wyd. 9,1. Nakład 300 egz.

SPIS TREŚCI

Streszczenie.....	5
1. Wstęp.....	6
2. Zasoby wodne w Polsce i ich zagospodarowanie	8
3. Wody ujmowane na cele wodociągowe	13
3.1. Wody powierzchniowe	13
3.2. Uzdatnianie wód powierzchniowych.....	14
3.3. Podstawowe pojęcia z hydrogeologii	17
3.4. Sposoby ujmowania wody z pierwszej warstwy wodonośnej.....	20
3.5. Dezynfekcja i zabezpieczenie studni przed skażeniem	20
4. Ogniska zanieczyszczeń stanowiące zagrożenia dla jakości wód podziemnych.....	23
4.1. Rodzaje zanieczyszczeń i ich migracja w środowisku skalnym.....	23
4.2. Ogólna charakterystyka ognisk zanieczyszczeń.....	24
5. Metody racjonalizacji zużycia wody	31
5.1. Wstęp.....	31
5.2. Zużycie wody w Polsce i Europie	31
5.3. Normy PN-EN dotyczące armatury sanitarnej	33
5.4. Armatura wodooszczędna.....	34
6. Materiały stosowane do budowy sieci wodociągowo-kanalizacyjnej.....	37
6.1. Materiały techniczne wykorzystywane do budowy sieci wodociągowych i ich wpływ na jakość przesyłanej wody	37
6.2. Wybrane materiały stosowane do budowy sieci instalacji wodociągowo-kanalizacyjnej	41
6.2.1. Żeliwo.....	41
6.2.2. Rury stalowe.....	42
6.2.3. Rury miedziane	42
6.2.4. Rury i kształtki z tworzyw sztucznych.....	42
7. Podłączenia wody do budynków	44
7.1. Dobór właściwej wielkości wodomierza	45
7.2. Dobór rodzaju przepływomierza	47
8. Stabilność chemiczna i biologiczna wody wodociągowej	54
8.1. Wprowadzenie	54
8.2. Czynniki wpływające na utratę stabilności wody wodociągowej	55
8.3. Obrosty mikrobiologiczne (biofilm) w sieciach wodociągowych.....	61
9. Rozwój metod wymiarowania wewnętrznych instalacji wodociągowych.....	70
9.1. Rys historyczny obliczeń stosowanych w USA i w Niemczech	70
9.2. Metody stosowane w Polsce.....	76
9.3. Norma DIN 1988–300.....	77
9.4. Norma DIN 1988–300 – przykład obliczeń i doboru instalacji rozbiorczej cieplej wody.....	79
9.5. Analiza porównawcza wybranych metod wymiarowania instalacji ciepłej wody	81
10. Przykłady analizy kosztów wykonania indywidualnych systemów wodociągowych	84
10.1. Informacje wprowadzające.....	84
10.2. Ocena normatywnych i rzeczywistych nakładów rzeczowych robocizny	85
10.3. Przykładowe analizy kosztowe.....	91

11. Rola gminy w kształtowaniu rozwoju infrastruktury	11809
11.1. Funkcje gminy	109
11.2. Problem kosztów dostawy wody do odbiorców	113
11.3. Formalnoprawne warunki wykonania instalacji wodociągowych i kanalizacyjnych	118
11.4. Wybrane terminy i definicje dotyczące budowy i eksploatacji instalacji wodociągowych oraz mikrobiologicznych badań wody	119
12. Podsumowanie	121
Literatura	122
Dokumenty prawne	134
Normy.....	135

STRESZCZENIE

Niniejsza monografia stanowi kompendium specjalistycznej wiedzy publikowanej głównie przez „Wydawnictwo Seidel-Przywecki sp. z o.o.” oraz w czasopiśmie „INSTAL-Teoria i Praktyka w Instalacjach”, w dużym stopniu uzupełniające informacje zawarte w dostępnych publikacjach książkowych (podręcznikach akademickich). Przedstawiono w niej stan gospodarki wodnej w Polsce i globalnych zasobów wodnych ułatwiając planowanie budowy, a także eksploatację instalacji wodociągowych oraz zaopatrzenie mieszkańców obszarów wiejskich w wodę zdatną do spożycia.

Obserwowane zmiany klimatyczne na świecie mogą spowodować m.in. zmniejszenie natężenia opadów atmosferycznych w Polsce, a w efekcie drastycznie zmniejszyć ilość wody obecnie dostępnej dla gospodarstw wiejskich, wykorzystujących ją do celów produkcyjnych, w tym chowu zwierząt i produkcji roślinnej.

Jednocześnie znaczne opóźnienia w budowie kanalizacji na tych obszarach oraz odprowadzanie ścieków nadal zawierających komponenty po lekach zagrażają zwiększeniem zanieczyszczenia wód powierzchniowych z pierwszej warstwy wodonośnej.

Stąd też konieczność podjęcia działań – zarówno globalnych, jak i na terenie gospodarstw – zmniejszających wpływ tych zagrożeń na jakość wody pitnej, tym bardziej, że jakość ta będzie uzależniona od doboru materiałów stosowanych w instalacjach wodociągowych, a także od sposobu ich eksploatacji.

Właściwy dobór urządzeń i armatury umożliwi bardziej racjonalne gospodarowanie coraz cenniejszą wodą.

W celu ułatwienia wyboru najwłaściwszego rozwiązania technicznego instalacji wodociągowej dla danego gospodarstwa, wskazano w monografii na nowoczesne procesy projektowania, podając przykładowe koszty wykonania i odbioru od wykonawcy.

1. WSTĘP

Celem monografii jest przedstawienie analizy i oceny tematycznej literatury z zakresu budowy i eksploatacji wodociągów zlokalizowanych głównie na obszarach wiejskich oraz wyeksponowanie wybranych aspektów, których znaczenie dla funkcjonowania ochrony sanitarnej obszarów wiejskich, ujawniono w wyniku postępu technicznego i technologicznego w ostatnim dziesięcioleciu.

Informacje o nowych osiągnięciach technicznych i technologicznych nie zawsze są dostępne dla specjalistów zatrudnionych w samorządach na obszarach wiejskich, którzy często muszą podejmować istotne decyzje inwestycyjne dotyczące remontu czy też budowy nowych instalacji wodociągowych. Zgromadzone w monografii informacje będą również przydatne przedsiębiorcom budującym instalacje wodociągowe, a także ich użytkownikom.

Upowszechnienie problematyki stanowiącej treść monografii uzasadniają znaczne różnice w rozwoju instalacji wodociągowych i kanalizacyjnych na obszarach wiejskich i miejskich. Różnice te wynikają m.in. z rozproszonej kolonijnej zabudowy obszarów wiejskich, gdzie tylko 6% wsi jest zasiedlona przez 1000 i więcej mieszkańców, a najwięcej bo aż 66% to wsie liczące zaledwie od 100 do 500 mieszkańców. Stąd też liczba gmin wiejskich wynosi 1606, miejsko-wiejskich 564 i jedynie 316 miejskich.

Analizując rozwój wodociągów na obszarach wiejskich warto podkreślić, że jeszcze w 2002 roku liczba studni na tych obszarach wynosiła 1,7 mln [GUS 2020], natomiast nie wiemy jaka jest liczba studni obecnie. Woda czerpana z tych studni na ogół nie spełniała wymogów sanitarnych. Ponadto w tym samym 2002 roku do 90 tys. gospodarstw wodę dowożono z innych źródeł, nie badanych wówczas pod kątem przydatności do spożycia. Obecnie woda – zarówno dowożona jak i czerpana ze studni – jest badana pod względem przydatności do spożycia jedynie na wniosek i koszt użytkownika.

Faktem jest, że już od wielu lat na obszarach wiejskich obserwuje się dynamiczny rozwój wodociągów zbiorowych i niektóre gminy są dziś zwodociągowane w 95% gospodarstw. Wzrostowi temu nie towarzyszył niestety rozwój zbiorowej kanalizacji, a budowa indywidualnych oczyszczalni ścieków nie była proporcjonalna do rozwoju zaopatrzenia gospodarstw w wodę. W efekcie zwiększyło się zanieczyszczenie wód podziemnych, niekiedy również w wyniku szokujących przypadków wykorzystania nieczynnych studni jako odbiornika ścieków bytowych [EYMONTT, WIERZBICKI 2014].

Łatwy pobór wody z wodociągu zbiorowego spowodował znaczne zwiększenie jej zużycia, które po wielu latach ma tendencję spadkową [MIKOŁAJCZYK 2012], ale do niedawna nikt nie rozpatrywał problemu racjonalizacji zużycia wody [STEC 2015]. Obecnie widoczna jest tendencja znacznego wzrostu ceny dostawy wody i odbioru ścieków [BAZA... 2020].

Stan taki, a także brak rewitalizacji wodonośnych ekosystemów wodnych zgodnie z Ustawą z dnia 9 października 2015 r. o rewitalizacji (Dz.U. 2015, poz. 1777), brak przestrzegania dobrych praktyk, m.in. w nawożeniu, brak gospodarki odpadami i prawidłowej eksploatacji systemów melioracyjnych, przyczyniły się do zwiększenia zanieczyszczenia wód podziemnych i powierzchniowych, którymi niekiedy zasila się wodociągi zbiorowe. Przy bardzo niskich zasobach wody (jedno z ostatnich miejsc w Europie) dbanie o jej jakość u źródeł powinno być priorytetem, a generalnie jest w sprzeczności z koncepcją trwałego i zrównoważonego modelu rozwoju rolnictwa [EYMONTT, WIERZBICKI 2015]. Zagrożenia wód zanieczyszczeniami na obszarach wiejskich w miarę rozwoju rolnictwa, turystyki, drobnego przemysłu rolno-spożywczego itp. są inne niż na obszarach miejskich i być może groźniejsze, gdyż wiele zanieczyszczeń jest utylizowanych bezpośrednio na całych obszarach wiejskich. Stan ten dostrzegli m.in.: WIERZBICKI [1969], WIERZBICKI, SZPINDOR [1978], CHUDZICKI, SOSNOWSKI [2011], DENCZEW, KRÓLIKOWSKI [2012].

Dynamiczny od wielu lat rozwój rozwiązań technicznych i technologicznych (m.in. w zastosowaniu nowych materiałów do budowy instalacji wodociągowych), a także rozwój metod badawczych ujawniły ogromny obszar wiedzy na temat zagrożeń chemicznych i bakteriologicznych w odniesieniu do jakości wody. Konieczne jest upowszechnienie tej wiedzy, aby unikać pogorszenia jakości wody, szczególnie na obszarach wiejskich, gdzie nowe informacje docierają na ogół z opóźnieniem.

2. ZASOBY WODNE W POLSCE I ICH ZAGOSPODAROWANIE

Zasoby wodne w Polsce zostały syntetycznie opisane przez GUTOWSKĄ-SIWIEC [2011] następująco: „Średnia roczna suma opadu na obszar Polski to 629 mm, czyli 220 km³ wody. Z tej objętości ponad 70% tracimy na skutek parowania, reszta, tzn. średnio 62 km³, odpływa rzekami (głównie do Bałtyku). W przeliczeniu na jednego mieszkańca daje to 1580 m³/rok – trzykrotnie mniej niż średnia europejska i pięciokrotnie mniej niż średnia na Ziemi. Jeszcze gorzej niż wartości średnie przedstawiają się wartości realnie dostępne. Od objętości odpływu rzecznoego trzeba odjąć ok 8 km³ jakie stanowi woda dopływająca spoza granic naszego kraju. Z pozostałych 54 km³ (174 mm) należy pozostawić w rzekach mniej więcej 1/3, aby zapewnić przetrwanie ekosystemów rzecznych. Daje to średnio 36 km³ wody w roku. Szczupłe zasoby wodne pogłębia niedobór retencji zbiornikowej. Ponad 1/3 średniego odpływu rzecznoego odpływa bezużytecznie w czasie wezbrań. Nasze zbiorniki retencyjne są w stanie magazynować jedynie 6% średniego odpływu rzecznoego. To mało, zarówno w stosunku do innych krajów jak i istniejących, i stale rosnących potrzeb zaopatrzenia w wodę i ochrony przeciwpowodziowej. Niewielka jest też retencja gruntowa z uwagi na przewagę gleb lekkich. Możemy więc przyjąć, że średnie dyspozycyjne zasoby wodne naszego kraju to około 22 km³ wody w roku (560 m³ w roku na jednego mieszkańca). Przedstawione zasoby stawiają Polskę na jednym z ostatnich miejsc w Europie. Charakterystyczną cechą reżymu hydrologicznego naszych rzek jest występowanie lat suchych i mokrych oraz nierównomierny rozkład zasobów wodnych na terenie kraju, który powoduje trudności w zaopatrzeniu w wodę w niektórych obszarach. Niedobór wody w Polsce zaznacza się najsilniej w regionach o wysokiej koncentracji wodochłonnego przemysłu i w dużych aglomeracjach miejskich, obejmując w latach suchych znaczny zasięg terytorialny. Nasze rzeki zaspakajają 84% zapotrzebowania na wodę, tylko 16% pobierane jest z wód gruntowych. Przemysł i energetyka zużywają łącznie 69% krajowego poboru wody, a gospodarka komunalna 20%. Rolnictwo i leśnictwo odpowiada za 11% zużycia wody w Polsce. Szczyt przypada zazwyczaj na okres letni, kiedy wody jest najmniej. Z uwagi na fakt, że rolnicy kontrolują obieg wody w warunkach lokalnych poprzez irygacje lub osuszanie, odpowiednie praktyki rolne mogą korzystnie wpływać na cykl hydrologiczny jako część systemu klimatycznego. Rozwiązania dające większą produkcję przy mniejszym zużyciu wody są priorytetem na przyszłość, a jeśli rolnictwo nadal ma przynosić korzyści społeczne, środowiskowe i ekonomiczne musi mieć zapewniony dostęp do wystarczających źródeł wody. Tylko 13% odpływu rzecznoego z terytorium naszego kraju formuje się poza granicami Polski, a więc, za jakość wody w naszych rzekach odpowiadamy my sami. Radykalna i pilna poprawa stanu jakości naszych wód oraz poprawa bilansu wodnogospodarczego w obliczu ubogiej zasobności wodnej kraju wymagają kompleksowych rozwiązań i działań systemowych.”

Te kompleksowe i systemowe działania uzależnione są od globalnej polityki wobec prognozowanych zmian klimatycznych. Nadal nie ma zgody na fundamentalną kwestię pomiędzy specjalistami i politykami dotyczącą potencjalnych zagrożeń, jakie mogą zaistnieć pod wpływem zmian klimatycznych w Polsce i na świecie. Powstaje pytanie czy wobec zauważonych symptomów tych zmian obserwowanych w ostatnich latach nie jest zagrożone bezpieczeństwo żywnościowe Polski. Dostępne prognozy [KOWALCZYK 2019] wskazują, że do 2050 r. liczba głodujących na świecie zwiększy się z aktualnej liczby 200 mln o 200 mln, a do 2080 r. o kolejne 500 mln. Osiągniemy wówczas ok. 1,5 mld głodujących, a więc cofniemy się do poprzedniego wieku. Jednym z powodów ww. stanu będzie brak wody spowodowany m.in. wzrostem temperatury, a w konsekwencji nastąpi wzrost cen żywności. W obecnym

stanie klimatu wg KOWALCZYKA [2019] ceny te wzrosną od 35 do 45%. Jeśli nastąpi dalszy wzrost temperatury o 2-3°C to ceny niektórych płodów, jak np. kukurydzy, zwiększą się nawet o 90%, ryżu o 75%.

Zmiany klimatyczne będą miały znaczny wpływ także na produkcję zwierzęcą. Do wyprodukowania jednej kalorii w mięsie, potrzeba 6-7 kalorii z produkcji roślinnej na potrzeby żywnościowe zwierząt.

Wiadomo, że roślin bez wody nie da się wyprodukować, dlatego należy przewidywać bardzo znaczny wzrost cen mięsa. Prognozowane wzrosty cen produktów roślinnych i mięsnych mogą zagrozić rozwojowi handlu rolnego. Handel ten rozwija się bardzo dynamicznie, i tak w 2005 roku zanotowano obroty rzędu 850 mld dolarów, w 2017 r. obroty te wzrosły do 1 bln 790 mld dolarów. Dzięki temu były wyrównywane braki produktów rolnych na rynkach krajów biorących udział w tym globalnym handlu. Ewentualny spadek produkcji rolnej z powodu zmian klimatu spowoduje urzeczywistnienie się groźnego scenariusza dotyczącego wzrostu liczby głodującej ludności [KOWALCZYK 2019].

Przedstawione prognozy i ich skutki powinny uzmysłowić odpowiedzialnym instytucjom jak istotne jest racjonalne gospodarowanie zasobami wodnymi. Wobec obecnego stanu gospodarki zasobami wodnymi w Polsce i zasobami prognozowanymi, szczególnego znaczenia nabiera właściwe podejście do tej problematyki w praktyce inżynierskiej. W tabeli 2.1 zestawiono proponowaną zmianę z dotychczasowego podejścia do oczekiwanego, dającego nadzieję na wdrożenie w życie korzystnych zmian.

Tabela 2.1. Wybrane różnice w podejściu dotychczasowym i oczekiwanym do gospodarowania zasobami wodnymi

Gospodarowanie zasobami wodnymi	
dotychczasowe podejście	oczekiwane podejście
<i>1</i>	<i>2</i>
<p>Gnojówka/gnojowica – stosowane nawożenie bez zachowania odpowiednich dawek i terminów mogą stanowić zagrożenie dla jakości wody z pierwszej warstwy wodonośnej.</p> <p>Również nawożenie (np. kukurydzy) cieczami uzyskanymi w wyniku procesu fermentacji metanowej gnojowicy i innych substancji może stanowić zagrożenie czystości wody, gdyż ich skład fizyczny i chemiczny nie zawsze jest kontrolowany na bieżąco,</p>	<p>Szczególnie gnojowica – przestrzeganie obowiązujących przepisów oraz współpraca pomiędzy dysponentami płynnych nawozów organicznych a przedsiębiorstwami wodociągowymi czerpiącymi wody głębinowe lub powierzchniowe do zasilania wodociągów, aby dostosować proces nawożenia i dawki NPK do potrzeb roślin w konkretnym okresie ich wegetacji. Wprowadzane obecnie dodawanie kwasu siarkowego do gnojowicy w celu zmniejszenia emisji amoniaku do atmosfery nie jest dostatecznie zbadane pod względem wpływu na jakość wody z pierwszej warstwy wodonośnej, szczególnie na glebach lekkich. Należy więc przeprowadzić dalsze badania.</p> <p>Prawidłowe postępowanie z nawozami naturalnymi reguluje Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” (Dz. U. 2018, poz. 1339). Program Azotanowy zawiera m. in. zasady dotyczące: obowiązku opracowania planów nawożenia azotem albo obliczania maksymalnych dawek azotu, stosowania nawozów, czy też przechowywania nawozów naturalnych/odchodów zwierzęcych.</p>
<p>Zwierzęta padłe, czy też odpadowa tkanka zwierzęca, zakwalifikowane są pod trzema kodami: 020180, 020181, 020182 i powinny być odbierane z terenów poszczególnych gmin zgodnie z aktami prawa. Znane są praktyki zakopywania tych odpadów.</p>	<p>Wzorowe uporządkowanie istniejącego stanu zbierania zwierząt padłych jest realizowane np. w dwóch gminach (Mszczonów i Głowaczów), a wskazane jest ujednoczenie tego systemu na terenie całej Polski.</p>

1	2
<p>Ścieki bytowo-gospodarcze ! Ścieki bytowo-gospodarcze z systemów kanalizacji zbiorczej są w obecnie stosowanych technologiach rozdzielane na wody pościekowe oraz osady ściekowe. Wody pościekowe zasilają na ogół wody powierzchniowe, często zwiększając ich zanieczyszczenie chemiczne, fizyczne i bakteriologiczne. Podobnie osady ściekowe również stanowią zagrożenie dla pierwszej warstwy wodonośnej. ! Ścieki z indywidualnych gospodarstw w większości nie są poddawane technologiom gwarantującym ich właściwą utylizację, zarówno w odniesieniu do frakcji stałej jak i płynnej, i dlatego też mogą zagrażać jakości wody z pierwszej warstwy wodonośnej.</p>	<p>Ścieki bytowo-gospodarcze są zasobem. Ścieki bytowo-gospodarcze mogą być cennym zasobem wodnym, po ich rozdzieleniu na frakcję stałą i płynną. Obie frakcje powinny być poddane procesom eliminującym związki szkodliwe dla środowiska łącznie z zagrożeniami bakteriologicznymi. Frakcja płynna powinna być poddana rozdzieleniu na ścieki czarne i szare. Ścieki szare powinno się wykorzystywać do spłukiwania toalet. Frakcja stała (osady) ze względu na zawartość części organicznych i mineralnych, po poddaniu procesowi stabilizacji, może być wykorzystana do wzbogacenia gleby, a części mineralne w budownictwie. Ścieki bytowo-gospodarcze z indywidualnych instalacji kanalizacyjnych powinny być bezwzględnie poddawane skutecznemu procesowi utylizacji, szczególnie gdy w pobliżu ich powstawania znajdują się studnie zasilające wodociąg. Rozwiązanie tych problemów wymaga kontynuowania prac badawczo wdrożeniowych i przestrzegania przepisów.</p>
<p>Wody opadowe są uciążliwymi. Należy je odesłać jak najszybciej i jak najdalej od obszaru zabudowanego</p>	<p>Wody opadowe są zasobem. Należy je traktować jako źródło zaopatrzenia obszaru w wodę, retencjonować je, a następnie przez infiltrację wspomagać warstwy wodonośne</p>
<p>W celu zaspokojenia popytu na wodę należy budować nowe obiekty Konieczne jest zapewnianie większej pojemności dyspozycyjnej zasobów w miarę wzrostu popytu na wodę</p>	<p>Zarządzać bardziej racjonalnie popytem na wodę Należy analizować wszystkie opcje z realnego zakresu budowy, kosztów i korzyści przed podjęciem decyzji o zwiększaniu pojemności dyspozycyjnej wody</p>
<p>Popyt na wodę jest kwestią jej ilości O ilości wody potrzebnej, a zatem o parametrach niezbędnej infrastruktury, decyduje suma jej odbiorców, a wody zużyte są łączone w jeden system ich odprowadzania i oczyszczania</p>	<p>Popyt na wodę jest wielorodzajowy Urządzenia infrastruktury powinny być odrębne i zróżnicowane w zależności od parametrów wody niezbędnej dla różnych odbiorców, tj. ilościowo i jakościowo (biologicznie, fizycznie, chemicznie, poziomem niezawodności)</p>
<p>Jednokrotne i nie zawsze racjonalne użycie wody – jako najbardziej rozpowszechnione podejście i dostosowana do niego infrastruktura dystrybucji wody i odbioru ścieków</p>	<p>Wielokrotne użycie wody i regeneracja wód zużytych Woda może być użyta wielokrotnie, poprzez tzw. kaskadowe podejście – od wysokiej do niskiej potrzebnej jej jakości (użycie domowe, spłuczki toaletowe), a także poprzez regenerację i powtórne użycie (ścieki szare i czarne)¹⁾</p>
<p>Szara infrastruktura – zalicza się do niej obiekty i urządzenia wykonane z materiałów sztucznych (beton, metal, plastik itp.)</p>	<p>Zielona infrastruktura – zbudowana lub zawierająca materiały naturalne o określonej pojemności wodnej (grunt, rośliny, rumosze drzewny); obok funkcji podstawowych – absorbuje i oczyszcza wody zużyte</p>
<p>Skale analiz i działań odrębne i „zamknięte” Analizy i działania prowadzone w określonej skali, adekwatnej do rozwiązania danego pojedynczego problemu</p>	<p>Integracja zróżnicowanych przestrzennie skali Narzędzia i rozwiązania adresowane do naturalnej mnogości skali przestrzennych – zależnie od rodzaju i zasięgu skutecznych analiz problemowych dla określenia gospodarowania wodą – są to powierzchnie od liczonych w ha do dziesiątków km²</p>

cd. tab. 2.1.

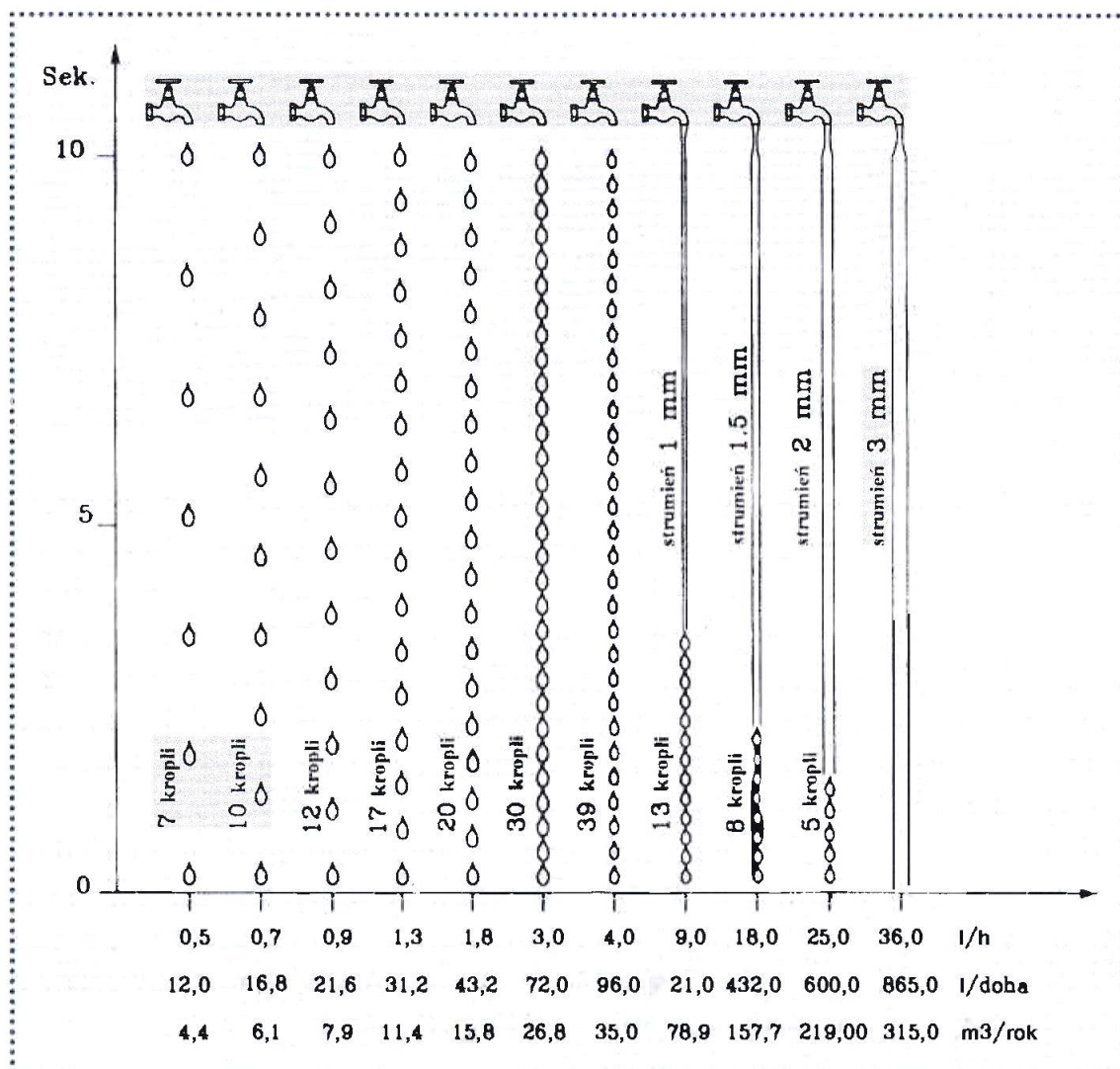
1	2
<p>Integracja pozorna – nieefektywna Centralistyczne (w jednym ręku) podejście do realizacji działań dla rozwiązania różnych problemów. W wyniku wewnętrznej konkurencji i „dbałości o swoje” następuje umacnianie się sektorowego podejścia a nie współpracy i wspomaganie</p>	<p>Fizyczna i instytucjonalna integracja przez planowanie Realizacja zróżnicowanych zadań przez różne podmioty według kompetencji sprzyja współpracy przez konieczność jej planowania „na styku”, wymusza także jednoznaczny zakres kompetencji oraz określonych rozwiązań „na styku”</p>

Źródło: NACHLIK [2011] ze zmianami wprowadzonymi przez autorów [DOWGIALLO, EYMONT, WIERZBICKI 2013a].

¹⁾ Już obecnie w wielu krajach UE są dostępne technologie umożliwiające oczyszczanie ścieków szarych z łazienki i kuchni, a następnie ich powtórne wykorzystanie. Powoduje to globalne zmniejszenie zapotrzebowania na wodę nawet o 50%, np. w hotelach.

Większość użytkowników instalacji wodociągowych nie zdaje sobie sprawy ze strat wody powodowanych niesprawnością zainstalowanych urządzeń. W sposób wyrazisty ilustruje to rysunek 2.1 [CHUDZICKI 2015].

Warto tu wskazać, że maksymalna objętość przecieków rys. 2.1 (315 m³/rok) to równoważna objętość zapotrzebowania dobowego wody dla ok. 3150 osób w skali roku (100 dm³/osobę/dobę).



Rys. 2.1. Skala przecieków wody w instalacjach wodociągowych

Źródło: CHUDZICKI [2015]

Oprócz dążenia do zmniejszenia zużycia wody w wielu państwach zwraca się szczególną uwagę na jej wpływ na zdrowie. W USA powstała rządowa Agencja ds. Rejestracji Substancji Toksycznych i Chorób, w skrócie ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) [MICHALKIEWICZ 2013]. Agencja ta opracowała 250 charakterystyk obecnych w środowisku najgroźniejszych substancji zagrażających zdrowiu i życiu człowieka. Dzięki pracy ATSDR opinia publiczna oraz lekarze otrzymują wyczerpujące informacje na temat każdej ze szkodliwych substancji: jej opis, narażenie, losy w organizmie, skutki zdrowotne, badania lekarskie pozwalające wykryć narażenia i ich poziomy szkodliwe dla człowieka, a także środki podjęte przez władze w celu przeciwdziałania zagrożeniu. Powstanie powyższego rejestru spowodowało, że lekarzom w USA łatwiej teraz szukać przyczyn licznych chorób, szczególnie tych związanych z wodą. Niestety w Polsce i na świecie niewiele jest lekarzy, którzy wiążą choroby ludzi z jakością wody. O konkretnych diagnozach w ogóle nie można mówić, bowiem szczegółowe wyniki badań wody nie zawsze są dostępne.

3. WODY UJMOWANE NA CELE WODOCIĄGOWE

3.1. WODY POWIERZCHNIOWE

Powierzchnia Ziemi pokryta jest w około 70% wodą, jednak ponad 98% tych zasobów stanowią wody słone zgromadzone w oceanach i morzach. Wody te w bardzo małym procencie są wykorzystane do celów komunalnych, z uwagi na zbyt wysokie koszty odsalania i uzdatniania. Pozostałe 2% to wody słodkie, jednak znaczna ich część, bo 96-98% to czapy lodowe na biegunach, lądolody i lodowce. Ostatecznie wody, które mogą być ujmowane do celów konsumpcyjnych, przemysłowych i rolniczych stanowią jedynie 0,04% wodnych zasobów ziemskich [KLAUS-DIETER 2005; KOWAL, ŚWIDERSKA-BRÓZ 2000; ZARZYCKI, IMBIEROWICZ, STELMACHOWSKI 2007].

Wody słodkie ujmowane na cele wodociągowe dzielimy na wody powierzchniowe i wody podziemne. Wody podziemne, w szczególności wgłębne, czyli zbiorniki wodne znajdujące się poniżej kilku nieprzepuszczalnych warstw gruntu i zawierające poniżej jednego g/dm^3 substancji rozpuszczonych, stanowią cenne źródło wody do picia o wysokiej jakości. W szczególnych przypadkach woda powierzchniowa zostaje poddawana procesowi filtracji przez warstwy drenażowe, w wyniku czego nabiera cech wody podziemnej i określana jest jako woda infiltracyjna [ZARZYCKI, IMBIEROWICZ, STELMACHOWSKI 2007]. W warunkach naturalnych woda nigdy nie występuje w stanie czystym chemicznie, gdyż rozpuszcza wiele substancji, z którymi ma kontakt, przenosząc je w postaci rozpuszczonej, koloidalnej lub zawieszanej. Jest ona jednocześnie środowiskiem bytowania wielu organizmów żywych. W wyniku ich działalności życiowej zachodzą liczne skomplikowane procesy biochemiczne, co prowadzi do zmian składu chemicznego wody. Często konsekwencją tych zmian jest zwiększenie bioróżnorodności i liczebności zasiedlających ją organizmów [PALUCH 1973].

Dostępność wody słodkiej na świecie nie jest równomierna. W Polsce ilość słodkich wód powierzchniowych to ok. $47,1 \text{ km}^3$, natomiast zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych 16 km^3 . Oznacza to że na 1 mieszkańca w Polsce przypada 1600 m^3 i jest to jeden z najniższych wskaźników w Europie [ZARZYCKI, IMBIEROWICZ, STELMACHOWSKI 2007]. Według danych z 2004 roku wodociągi polskie pobierają rocznie ok. 21 km^3 wody z zasobów powierzchniowych i podziemnych. W ostatnich latach udział wody podziemnej pobieranej na potrzeby komunalne stale wzrastał i obecnie wynosi on około 86% całkowitego poboru wód w Polsce, pokrywając w 66,6% potrzeby wodociągów komunalnych, natomiast pozostałe 33,3% to pobór wód powierzchniowych [KŁOS-TRĘBACZKIEWICZ, OSUCH-PAJDZIŃSKA 2007]. Znaczna część zasobów wód powierzchniowych w Polsce cechuje się dużym stopniem zanieczyszczenia, co kwalifikuje je na ogół do III klasy czystości. Są to wody zadawalającej jakości, spełniające wymagania określone dla wód powierzchniowych wykorzystywanych do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia, po ich uzdatnianiu sposobem właściwym dla kategorii A2 oraz wartości biologicznych wskaźników jakości wody wykazujących umiarkowany wpływ oddziaływań antropogenicznych [KOWALSKI 2007]. Wymagania jakościowe stawiane wodzie są uzależnione od jej przeznaczenia i często ściśle określone przez użytkownika. Jakość wody określają tzw. wskaźniki jakości wody, a ich ilość oraz dopuszczalne wartości są różne w zależności od kraju. W Polsce jakość wód wykorzystywanych w rolnictwie i różnych gałęziach przemysłu określona jest w odpowiednich normach branżowych, natomiast woda przeznaczona do picia i na potrzeby gospodarcze przez rozporządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej [KOWAL, ŚWIDERSKA 2000].

Wody powierzchniowa i infiltracyjna ujmowane przez zakłady uzdatniania (tzw. woda surowa) z uwagi na swój skład chemiczny i jakość mikrobiologiczną poddawane są wielu proce-

som uzdatniania. Układ technologiczny stosowanych procesów oczyszczania wody projektowany jest na podstawie wiadomości o składzie wody i jego zmienności w ciągu roku. Postęp techniczny ostatnich lat daje możliwość oczyszczania nawet bardzo zanieczyszczonej wody i zapewnienia utrzymania jej parametrów jakościowych zgodnych z wymaganiami dotyczącymi wody przeznaczonej do picia, podczas jej przesyłu do odbiorcy. Są to jednak często procesy bardzo kosztowne, dlatego wiele zakładów produkujących wodę do picia poszukuje źródeł wody o możliwie jak najlepszych parametrach jakościowych [KOWAL, ŚWIDERSKA 2000].

Wprowadzana do systemu dystrybucji woda ulega zmianom jakościowym pod względem fizyczno-chemicznym jak i mikrobiologicznym w czasie jej przesyłu do odbiorcy. Wielkość tych zmian zależy w dużym stopniu od jakości wody wprowadzonej, gdyż wraz ze wzrostem niestabilności chemicznej i biologicznej, szybkość pogarszania jej parametrów znacznie wzrasta [BESNER i in. 2001].

Ujmowana nieoczyszczona woda zawiera organizmy patogenne (np. *Vibrio fulvis*) oraz oportunistyczne (np. *Aeromonas* sp., *Bacillus cereus*, *Flavobacteria* czy *Pseudomonas* spp.).

W wodzie oczyszczonej obecne są głównie bakterie Gram-ujemne stanowiące aż 448 wśród 495 zidentyfikowanych, wśród których obecne były między innymi *Alcaligenes* spp., *Pseudomonas* spp., *Flavobacterium*, *Achromabacter*, *Klebsiella*, *Bacillus* *Conyobacterium*, *Mycobacterium*, *Spirillum*, *Clostridium*, *Arthrobacter*, *Gallionella* i *Leptothrix* [COSTERTON, STEWART, GREENBERG 1999; LAPPIN-SCOTT, COSTERTON 2003; PALUCH 1973].

Wody powierzchniowe stanowią element środowiska przyrodniczego, przez co są narażone na zanieczyszczenia, w tym głównie antropogeniczne. Ich skład cechuje się znacznymi zmianami parametrów fizyczno-chemicznych oraz bakteriologicznych w ciągu roku, a nawet doby, czego przyczyną jest intensywny rozwój organizmów wodnych w okresach zwiększonej temperatury wody i nasłonecznienia oraz przemiany biochemiczne wynikające z działalności mikroorganizmów w niej występujących oraz zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego [BALCERZAK 2004; GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA 2006; KOWAL, ŚWIDERSKA-BRÓŻ 2000; PALUCH 1973].

Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) za jedno z dziesięciu największych zagrożeń zdrowia człowieka uznała zanieczyszczoną wodę do picia.

3.2. UZDATNIANIE WÓD POWIERZCHNIOWYCH

Wody ujmowane do celów wodociągowych zawierają zarówno szkodliwe związki chemiczne jak i drobnoustroje, dlatego nie mogą być wprowadzane do systemu dystrybucji bezpośrednio z ujęcia. Należy je uprzednio poddać procesom uzdatniania. W tym celu projektowane są układy technologiczne oparte na jednostkowych procesach oczyszczania, dobieranych na podstawie rodzaju i stopnia zanieczyszczenia ujmowanej wody [KOWAL, ŚWIDERSKA-BRÓŻ 2000; PRÉVOST i in. 1998]. Celem uzdatniania wód jest uzyskanie wymaganej jakości pod względem parametrów fizyczno-chemicznych i mikrobiologicznych, jak również ich utrzymanie na odpowiednim poziomie podczas dystrybucji do odbiorców, tak aby nie dochodziło do wtórnego zanieczyszczenia wody [Rozporządzenie MZ 2017; ŚWIDERSKA-BRÓŻ 2001; 2003a].

Zastosowane w układzie technologicznym procesy jednostkowe są dobierane na podstawie analiz chemicznych i mikrobiologicznych ujmowanej wody, gdyż muszą one zapewnić optymalny technicznie i ekonomicznie proces oczyszczania z jednoczesnym uzyskaniem dużej sprawności usuwania zanieczyszczeń [KOWAL, ŚWIDERSKA-BRÓŻ 2000; WILMAŃSKI, KUZIARA 2007]. Należy pamiętać, aby woda wprowadzana do sieci nie tylko spełniała wymagania jakościowe odbiorców, ale również nie stanowiła zagrożenia dla systemu dystrybucji przez intensyfikację procesów korozji oraz zwiększone wytrącanie się osadów [ŚWIDERSKA-BRÓŻ 2003a; VOLK i in. 2000a, b].

Zjawiskiem często występującym w systemach dystrybucji wody do picia jest jej wtórne zanieczyszczenie. Dochodzi wówczas do pogorszenia fizyczno-chemicznych parametrów jakościowych wody jak również zwiększenia zagrożenia epidemiologicznego przez wzrost liczebności drobnoustrojów. Przyczyną tego zjawiska jest wprowadzanie do rurociągów niestabilnej chemicznie i biologicznie wody, w wyniku czego zachodzą liczne procesy chemiczne oraz zwiększa się intensywność rozmnażania drobnoustrojów [KOWAL 2003; ŚWIDERSKA-BRÓZ 2003b]. Przyczynia się to do powstawania błon biologicznych na powierzchniach wewnętrznych rur, a metabolity tworzących je bakterii i grzybów często stanowią dodatkowe zanieczyszczenie wody [EVANS 2000; GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA 2006]. Na zwiększanie się liczby bakterii i grzybów w wodzie wodociągowej wpływa przede wszystkim stężenie oraz rodzaj substancji organicznych i nieorganicznych biogenów, takich jak związki fosforu i azotu, ale również mętność wody. Zawiesiny zawarte w wodzie umożliwiają osadzanie się na nich mikroorganizmów tworzących aglomeraty, dzięki czemu mają one bardzo dobre warunki do rozmnażania się i jednocześnie ochronę przed środkami dezynfekcyjnymi [KUNICKI-GOLDFINGER 2008; SCHLEGEL 2005].

Jednym z podstawowych procesów stosowanych do oczyszczania wód powierzchniowych jest koagulacja. Wykorzystuje ona zjawiska destabilizacji i agregacji organicznych oraz nieorganicznych cząstek koloidalnych o rozdrobnieniu $d = 10^{-7}$ – 10^{-5} cm, prowadząc do powstawania większych aglomeratów, które następnie usuwane są w procesach sedymentacji, flotacji i filtracji. Wraz z nimi w powstałych kłaczkach usuwane zostają: bakterie, jony metali ciężkich, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, pestycydy [KOWAL, ŚWIDERSKA-BRÓZ 2000]. W procesie tym usuwane są również związki organiczne mające istotny wpływ na rozwój mikroorganizmów w sieci wodociągowej. Ilość biodegradowalnego rozpuszczonego węgla organicznego (BDOC) można zmniejszyć o 30–40% [SHEN, CHAUNG 1998; VOLK i in. 2000a, b]. QIN i in. [2006] wykazali skuteczność koagulacji w usuwaniu naturalnej materii organicznej do 45%, a mętność nawet do 97%, przy odpowiednio dobranych parametrach prowadzenia procesu. Podobne wyniki, tj. 50% skuteczności usuwania zanieczyszczeń organicznych z wody podziemnej, uzyskał APOLINARSKI [2004], stosując różne koagulanty i dawki. **Skuteczność usuwania materii organicznej z wody w procesie koagulacji można dodatkowo zwiększyć przez zastosowanie wstępnego ozonowania, co wykazali w swych badaniach BOSE i RECKHOW [2007].** Często proces koagulacji stosowany jest przed procesami membranowymi, znacznie podwyższając ich skuteczność w usuwaniu zanieczyszczeń organicznych. XIA i in. [2007] wykazali zwiększenie z 8% do 48% skuteczności usuwania związków organicznych w procesie ultrafiltracji po zastosowaniu wcześniej koagulacji. Skuteczność usuwania z wody związków biogennych zilustrowano w tabeli 3.1.

Tabela 3.1 Skuteczność [%] wybranych procesów uzdatniania wody na usuwanie związków biogennych i bakterii (domieszek)

Proces	Domieszki				
	bakterie	wirusy	ogólny węgiel organiczny (OWO)	nieorganiczne związki biogenne	mętność (zawiesiny)
Koagulacja + sedymentacja	60–100	60–100	0–60	0–20	90–100
Absorpcja	60–100	60–100	20–90	0–20	0–60
Dezynfekcja + chemiczne utlenianie	90–100	90–100	60–100	0–100	0–20

Źródło: KOWAL, ŚWIDERSKA-BRÓZ [2000].

Martwe mikroorganizmy wykazują zbliżone właściwości do cząstek koloidalnych, dlatego skuteczność ich usuwania znacząco wzrasta wraz z wykorzystaniem środków dezynfek-

cyjnych przed koagulacją. Równie skuteczne jest zastosowanie koagulacji w środowisku alkalicznym z wykorzystaniem $Mg(OH)_2$. Neutralizacja ujemnego ładunku powierzchniowego biokoloidów prowadzi do powstania sorbentu bakterii i wirusów obecnych w wodzie. W procesie koagulacji usuwane są również glony, a jej skuteczność wynosi nawet do 60%. W wyniku wykorzystania w tym procesie soli glinu i żelaza powstaje agresywny dwutlenek węgla nadający wodzie korozyjny charakter, dlatego często konieczne jest jego usunięcie przez np. napowietrzanie. Po procesie koagulacji stosowany jest proces sedymentacji/flotacji, polegający na strącaniu zawieszin w przypadku, gdy ich ciężar właściwy jest większy niż woda, lub unoszeniu się na powierzchnię w przypadku mniejszych ciężarów mas. Wraz z osadami i kłaczkami usuwane są drobnoustroje [KOWAL, ŚWIDERSKA-BRÓZ 2000].

Globalnym problemem dostawców i odbiorców wody jest przenoszenie patogenów wraz z wodą do picia. Efektywnym procesem ich usuwania z wody jest między innymi proces filtracji, polegający na przepuszczaniu wody przez materiał porowaty (filtr), na którego powierzchni – w wyniku licznych procesów fizycznych – pozostają między innymi drobnoustroje [LUKASIK i in. 1999; SCHOENEN 2002].

KERNEIS i in. [1995] przeprowadził badania wód powierzchniowych z różnych rejonów Niemiec. W próbkach wód określono liczebność *Gardia lamblia* i *Cryptosporidium parvum*. W około 76% próbek wykryto ich obecność w ilości 88/100 dm³ średnio w przypadku *Gardia lamblia* oraz 116/100 dm³ w przypadku *Cryptosporidium parvum*. Po częściowych procesach uzdatniania wody (flokulacji i filtracji) ich obecność wykryto już jedynie w 33,3% próbek. W wyniku przeprowadzenia całościowego procesu oczyszczania wody *Gardia lamblia* stwierdzono jedynie w 14,9% próbkach, a *Cryptosporidium parvum* w 29,8%, w ilości odpowiednio: 7/47 dm³ oraz 14/47 dm³. **Z kolei TIMMS, SLADE, FRICKER [1995] uzyskali aż 100% skuteczność usuwania oocyst *Cryptosporidium* w wyniku filtracji powolnej na filtrach piaskowych, a LUKASIK i in. [1999] w badaniach skuteczności usuwania bakterii i wirusów na filtrach piaskowych, modyfikowanych wodorotlenkami żelaza i glinu, uzyskali 99% skuteczność w przypadku usuwania bakterii *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae* i poliovirusa.**

Równie często stosowanym procesem usuwania związków organicznych jest adsorpcja na węglu aktywnym. Skuteczność tej metody w przypadku usuwania przyswajalnego węgla organicznego osiąga wartość nawet 60% [LIU i in. 2002; WOLBORSKA i in. 2003]. Zanieczyszczenia organiczne są zużywane przez drobnoustroje zasiedlające złoża węglowe w ich procesach metabolicznych, przez co stężenie ogólnego węgla organicznego (OWO) w wodach maleje. Biocenozę filtra stanowią bakterie i grzyby mikroskopowe, które z czasem mogą wypłukiwać się ze złoża. Przeprowadzone przez WOLBORSKĄ i in. [2003] badania wykazały zwiększającą się liczbę wymywanych drobnoustrojów z filtrów w miarę wydłużania czasu eksploatacji czy wzrostu prędkości przepływu. Podobnie w badaniach KIEDRYŃSKIEJ [2004], po półrocznym okresie wypracowania filtry węglowe zostały zasiedlone przez mikroorganizmy w ilości średnio 100·10⁶ jtk/g złoża (jednostek tworzących kolonię – jtk, CFU od ang. colony-forming unit), a ich liczebność w filtracie wynosiła 35·10⁴ jtk/cm³. Wypłukiwanie drobnoustrojów z filtrów węglowych i jednocześnie ich ochranianie przez pył węglowy przed fizycznymi i chemicznymi środkami dezynfekcyjnymi skutkuje obniżeniem skuteczności procesu dezynfekcji, co w konsekwencji prowadzi do ich przedostawania się do sieci wodociągowej, a w następstwie do wtórnego zanieczyszczenia wody.

Największą skuteczność usuwania przyswajalnego i biodegradowalnego rozpuszczalnego węgla organicznego, sięgającą 95-97%, uzyskuje się w procesach membranowych, głównie odwróconej osmozy i nanofiltracji [ESCOBAR, HONG, RANDALL 2000]. Są one jednak rzadko stosowane do oczyszczania wody do picia ze względu na wysokie ich koszty. Przed wprowadzeniem do systemu dystrybucji woda zostaje poddana procesowi dezynfekcji, który ma na celu zabicie drobnoustrojów wciąż obecnych w wodzie, pomimo

wcześniej zastosowanych procesów uzdatniania. Chlorowanie wody zapobiega epidemiom związanym z chorobami przenoszonymi wraz z wodą do picia. Jednak skuteczność tego procesu ulega znacznemu obniżeniu w przypadku wód zawierających znaczne ilości zawieszin oraz związków organicznych. Zawiesiny umożliwiają mikroorganizmom „ukrycie się” przez co może nie dochodzić do kontaktu bakteria/dezynfektant, natomiast związki organiczne wykorzystują utleniacze stosowane do dezynfekcji w reakcjach utleniania [DAVIES, MAZUMDER 2003; LIPIAK, KNIOTEK, SUCHAŃSKI 2003; LIPIAK 2004]. Do procesu dezynfekcji stosowane są: ozon, ditlenek chloru, chlor, podchloryn sodu.

Ozon, podobnie jak inne utleniacze, w pierwszej kolejności reaguje w procesach chemicznych z materią organiczną zawartą w wodzie, a dopiero w dalszej kolejności eliminuje drobnoustroje. Dlatego też na skuteczność stosowania ozonu jako środka dezynfekcyjnego, podobnie jak w przypadku innych chemicznych utleniaczy takich jak ditlenek chloru czy chlor, wpływa skład chemiczny wody [ESCOBAR, RANDALL 2001; ŚWIDERSKA-BRÓŻ 2003b]. Dodatkowo w wyniku ozonowania związki organiczne zostają utlenione i często przechodzą w formy chemiczne łatwiej przyswajalne przez mikroorganizmy [RACZYK-STANISŁAWIAK i in. 2004, ŚWIETLIK, RACZYK-STANISŁAWIAK, NAWROCKI 2005]. ESCOBAR, RANDALL [2001] wykazali ponad 200% wzrost stężenia przyswajalnego węgla organicznego po procesie ozonowania. Ozon jako najsilniejszy utleniacz stosowany do dezynfekcji wody efektywnie eliminuje mikroorganizmy, w tym również trudne do usunięcia przez inne dezynfektanty, takie jak oocysty *Cryptosporidium parvum* czy spory *Bacillus subtilis* [CHOI i in. 2007; LIPIAK 2004].

Omówione procesy uzdatniania nie zapewniają całkowitej eliminacji drobnoustrojów z wody. ZACHEUS i in. [2000] badali szybkość formowania biofilmu na polichloroku winylu, polietylenie oraz stali nierdzewnej. Do badań wykorzystano wodę oczyszczoną w procesie koagulacji, sedimentacji i filtracji na filtrach piaskowych. Następnie woda była ozonowana i przepuszczana przez rury wykonane z badanych materiałów. **Wyniki analiz wykazały, że w ciągu trzech tygodni na powierzchniach tych rur powstała błona biologiczna wielkości $7,7 \cdot 10^5$ jtk/cm², co dowodzi braku 100% skuteczności oczyszczania wody, w której nadal pozostają drobnoustroje mogące w sprzyjających warunkach rozmnażać się i w dalszym etapie tworzyć obrosty mikrobiologiczne [ZACHEUS i in. 2000].**

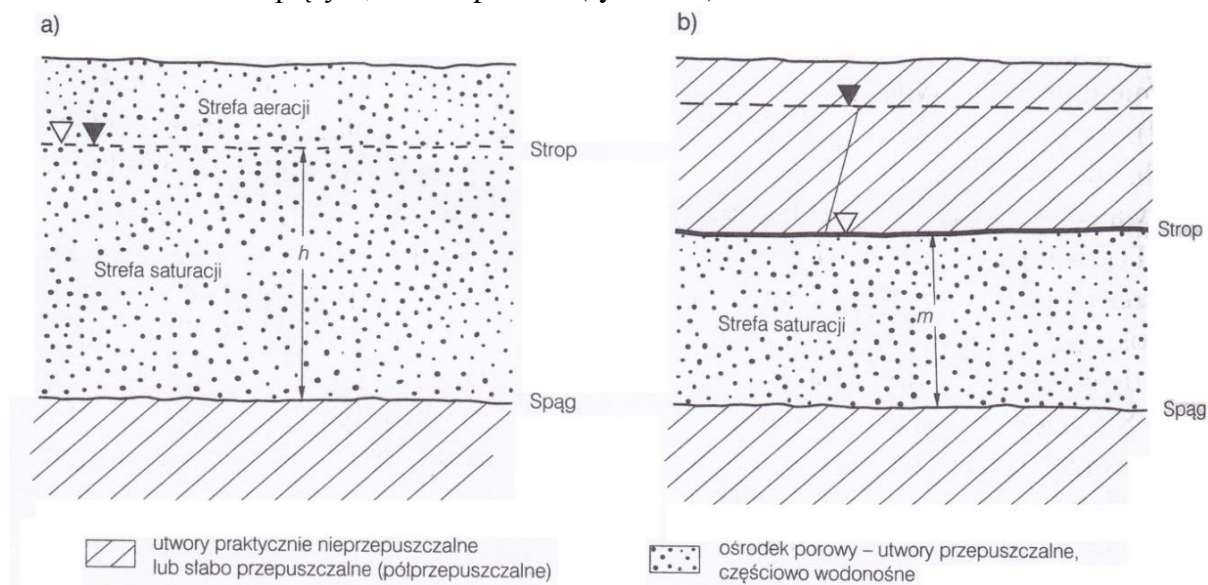
3.3 PODSTAWOWE POJĘCIA Z HYDROGEOLOGII

Hydrogeologia jest nauką o wodach podziemnych i procesach wzajemnego oddziaływania podziemnej hydrosfery, litosfery, atmosfery, biosfery oraz działalności człowieka [BARCZYK 2006].

Właściwości wody podziemnej i jej występowanie są ściśle związane z ośrodkiem skalnym i w znacznym stopniu od niego zależne. Również ośrodek skalny ulega zmianie pod wpływem wód podziemnych. To sprawia, że hydrogeologia traktowana jest jako jedna z głównych dziedzin geologii, a ośrodek skalny wraz z wodami podziemnymi tworzy środowisko geologiczne. W hydrogeologii ośrodek skalny traktowany jest jako ośrodek hydrogeologiczny, a uwzględniając również występujące w nim wody, jako środowisko hydrogeologiczne [BARCZYK 2006]. Przeprowadzenie analizy i interpretacji regionalnych warunków hydrogeologicznych jest niezbędne do właściwego rozpoznania budowy geologicznej terenu.

Warunki występowania wód podziemnych w różnych strukturach i środowiskach geologicznych zależą przede wszystkim od hydrogeologicznych właściwości utworów, od zmienności i wzajemnego ułożenia warstw wodonośnych, warstw słabo przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych oraz od stopnia ich tektonicznego zaangażowania. Elementy te tworzą określoną organizację środowiska geologicznego wód podziemnych, zwaną układem hydrostrukturalnym. Układ hydrostrukturalny warunkuje układ dróg krążenia wód podziemnych i stanowi trwałą osłonę systemu wodonośnego.

- W niniejszym opracowaniu zakres opisu warstw wodonośnych ograniczono do warstw:
- ! o zwierciadle swobodnym, tzw. nienaporowe (rys. 3.1 a);
 - ! o zwierciadle napiętym, tzw. naporowe (rys. 3.1 b).



Rys. 3.1. Schemat warstwy wodonośnej o zwierciadle: a) swobodnym, b) napiętym;
 h – miąższość warstwy wodonośnej o zwierciadle swobodnym;
 m – miąższość warstwy wodonośnej o zwierciadle napiętym; ∇∇ – zwierciadło swobodne;
 ▽ – zwierciadło piezometryczne; ▽ – zwierciadło napięte
 Źródło: BARCZYK [2006].

Warstwy wodonośne o zwierciadle swobodnym występują wówczas, gdy w bezpośrednim nakładzie warstwy znajdują się wyłącznie utwory przepuszczalne, w których jest utworzona strefa aeracji. Występowanie naporowych warstw wodonośnych (pod ciśnieniem) jest natomiast związane z obecnością w profilu geologicznym dwu warstw nieprzepuszczalnych (lub słabo przepuszczalnych) – jednej w spągu utworów wodonośnych, a drugiej w stropie, w ich nakładzie.

W warstwie wodonośnej można wyróżnić spąg i strop i określić jej miąższość. Za spąg warstwy wodonośnej przyjmuje się strop podścielającej ją warstwy nieprzepuszczalnej lub bardzo słabo przepuszczalnej (półprzepuszczalnej), która uniemożliwia lub przynajmniej bardzo ogranicza i utrudnia dalsze wsiąkanie wody.

Strop warstw wodonośnych można natomiast opisać zależnie od sytuacji:

- ! warstwy o zwierciadle swobodnym – zwierciadło wody podziemnej ogranicza od góry jej zasięg, odpowiadając stropowi tej warstwy. Ułożenie swobodnego zwierciadła wody jest uwarunkowane stanem równowagi wobec sił działających na wodę – przede wszystkim siły ciężkości oraz oporu hydraulicznego ośrodka hydrogeologicznego. Kształt swobodnego zwierciadła wody naśladuje w pewnym przybliżeniu kształt powierzchni terenu – podnosi się pod wzniesieniami, obniża pod obniżeniami. W ten sposób ujawnia się między innymi rola stref zasilania i drenażu, które wpływają na układ krążenia wód. Ciśnienie na powierzchni zwierciadła swobodnego jest równe atmosferycznemu (ciśnienie atmosferyczne ma wpływ na położenie zwierciadła wody), a wysokość hydrauliczna jest równa wysokości (rzędnej) położenia zwierciadła wody.
- ! warstwy naporowe (napięte) – ich stropem jest spąg wyżej leżących utworów nieprzepuszczalnych lub półprzepuszczalnych, który wymusza położenie zwierciadła wody i je napina. Ciśnienie wody w miejscu występowania (na powierzchni) zwierciadła napiętego jest zdecydowanie wyższe od atmosferycznego. Jeśli warstwa naporowa zostanie nawiercona, wo-

da pod wpływem ciśnienia piezometrycznego podniesie się w rurze wiertniczej do określonej wysokości równej wysokości hydraulicznej i na tym poziomie ustali. W nazewnictwie technicznym określa się je zwierciadłem ustalonym, w odróżnieniu od zwierciadła nawierconego, odpowiadającego poziomowi zwierciadła piezometrycznego. Gdy wysokość hydrauliczna ustalonego zwierciadła wody jest niższa od rzędnej powierzchni terenu, mówimy o warunkach sub-artezyjskich, gdy jest wyższa od rzędnej powierzchni terenu – o warunkach artezyjskich i obserwujemy wtedy samoistny wypływ wód podziemnych.

Miąszość warstwy wodonośnej to odległość pomiędzy jej stropem a spągiem. Warto podkreślić, że w przypadku warstw naporowych miąszość warstwy wodonośnej jest w danym profilu, zawsze stała, niezmienna w czasie, natomiast dla warstw o zwierciadle swobodnym może się ona zmieniać w czasie, zależnie od położenia zwierciadła wody.

Termin „warstwa wodonośna” jest powszechnie używany w rozpatrywaniu zagadnień związanych z dynamiką wód podziemnych dotyczących modelowania hydrodynamicznego oraz zagadnień eksploatacji wód podziemnych. W regionalnej systematyce wód podziemnych najmniejszą jednostką podziału hydrostatygraficznego jest poziom wodonośny, który może się składać z jednej lub kilku warstw wodonośnych.

Do opisu regionalnych warunków hydrogeologicznych stosuje się również pojęcia przedstawione poniżej [PIG 2004].

- ! Zbiornik wód podziemnych – zespół utworów wodonośnych, w których wody pozostają we wzajemnej łączności hydraulicznej, a warstwy wodonośne rozciągają się na znacznych przestrzeniach.
- ! Zbiornik artezyjski – zbiornik wód podziemnych gromadzący wody naporowe o tak wysokim ciśnieniu hydraulicznym, że mają charakter artezyjski. Zwierciadło piezometryczne lokalizuje się powyżej powierzchni terenu.
- ! Piętro wodonośne – jednostka hydrostratygraficzna, poziom lub zespół poziomów wodonośnych należących do określonej stratygraficznie jednostki – epoki (np. piętro kredowe, piętro paleoceńskie). W piętrze wodonośnym wyróżnia się poziomy wodonośne. Jeszcze niższymi jednostkami stratyfikacji hydrogeologicznej są: warstwa wodonośna i/lub strefa wodonośna.
- ! Poziom wodonośny (poziom wód podziemnych, horyzont wodonośny, kolektor) – w szerokim znaczeniu jest to zbiorowisko wód podziemnych w strefie saturacji, pozostające w łączności hydraulicznej, a więc warstwa wodonośna lub zespół warstw w obrębie utworów warstwowanych albo strefa wodonośna w obrębie utworów szczelinowych lub tawernowych. W węższym znaczeniu pojęcia tego używa się do oznaczenia jednostki podrzędnej w stosunku do piętra wodonośnego.
- ! Kompleks wodonośny – zespół poziomów wodonośnych, warstw, stref wodonośnych związanych jakąś wspólną cechą, np. litologiczną, stratygraficzną, strukturalną, chemiczną, itp. Używa się między innymi pojęć: kompleks piaszczysty, piaszczysto-żwirowy, czwartorzędowo-neoceński, dolin i pradolin, kompleks wód słodkich itp.
- ! System wodonośny – zespół poziomów wodonośnych znajdujących się w bezpośredniej więzi lub przynajmniej pośrednim kontakcie hydraulicznym, ograniczonym ściśle zdefiniowanymi przestrzennie i dynamicznie granicami.
- ! Użytkowy poziom wód podziemnych (użytkowy poziom wodonośny) – zbiornik wód podziemnych (warstwa wodonośna, zespół warstw, poziom wodonośny) spełniający określone kryteria ilościowe i jakościowe, z którego w sposób trwały można pobierać wodę wysokiej jakości.
- ! Użytkowe piętro wodonośne – zespół użytkowych poziomów wodonośnych, pozostających w związkach hydraulicznych. Może obejmować poziomy określonego piętra stratygraficznego lub spójne hydrogeologiczne dwa lub więcej poziomów z różnych systemów.

- ! Główny użytkowy poziom wód podziemnych (GUPW) – pierwszy od powierzchni terenu poziom wodonośny o znaczeniu regionalnym, spełniający określone kryteria ilościowe i jakościowe, stanowiący podstawowe źródło zaopatrzenia ludności lub przemysłu.
- ! Pierwszy poziom wodonośny – w rozumieniu Mapy hydrogeologicznej Polski [PIG 2004] obejmuje pierwszą od powierzchni warstwę wodonośną lub zespół warstw wykazujących dobrą łączność hydrauliczną. Pierwszy poziom wodonośny może być użytkowym poziomem wodonośnym (jeśli spełnia określone kryteria dotyczące ilości i jakości wód) lub też nim nie być.

3.4. SPOSOBY UJMOWANIA WODY Z PIERWSZEJ WARSTWY WODONOŚNEJ

Często spotykanym sposobem ujmowania wody nadal są studnie kopane lub tzw. abisyńskie, gdzie wymagany jest udział człowieka do uruchamiania pompy tłokowej. Według rocznika statystycznego [GUS 2020] w Polsce jest około 1 500 000 studni kopanych. Bardziej zaawansowanym sposobem jest zainstalowanie w piwnicy domu mieszkalnego pompy z silnikiem elektrycznym. Kolejnym rozwiązaniem jest wykonanie studni wierconej z umieszczonym głębinowym agregatem pompowym wyposażonym w silnik elektryczny o specjalnej konstrukcji. Przy zwierciadle wody w studni poniżej 6–7 m od osi pompy w studni może być instalowany ejektor umożliwiający czerpanie wody z głębokości około 25–30 m.

Do ujmowania wody przy zwierciadle napiętym zazwyczaj stosowane są studnie głębinowe z głębinowymi agregatami pompowymi. W szczególnie korzystnych warunkach hydrogeologicznych warstwę nieprzepuszczalną udaje się przewiercić studnią typu abisyńskiego i czerpać wodę pompą ręczną lub agregatem pompowym.

Porównując sposoby ujmowania wody warto zauważyć, że woda ujmowana z warstwy o zwierciadle swobodnym (rys. 3.1a) jest bardziej narażona na zanieczyszczenie wnikające w głąb profilu glebowego z powierzchni. Aby do tego nie dopuścić w odniesieniu do wód o zwierciadle napiętym należy dbać o zapewnienie nieprzepuszczalności warstw chroniących tego rodzaju wodę.

3.5. DEZYNFEKCJA I ZABEZPIECZENIE STUDNI PRZED SKAŻENIEM

Sposób dezynfekcji studni kopanych po powodzi lub też zanieczyszczonych z innych powodów przedstawiono na podstawie opracowania DRUPKI i SIKORSKIEGO [1999].

Analizę wraz z oceną wody, którą mogą wykonać lokalne stacje sanitarno-epidemiologiczne, zaleca się przeprowadzać raz w roku, a optymalnie co sześć miesięcy. Zakres wskaźników powinien obejmować minimum takie parametry jak: bakteriologia, związki azotu, w tym azotany, żelazo, mangan i twardość wody. W przypadku stwierdzenia nieprawidłowości należy podjąć działania zmierzające do poprawy jakości wody. Do działań tych zalicza się dezynfekcję, usunięcie źródeł zanieczyszczeń, renowację studni itp.

Renowacja i odkażanie studni ma na celu poprawę jej stanu oraz jakości wody, przez likwidację powstałych zanieczyszczeń bakteriologicznych lub eliminowanie ich źródeł, m.in. przez usunięcie stwierdzonych ubytków bądź pęknięć obudowy studni (które uzupełnia się zaprawą cementową), a także przez wprowadzenie warstw i stref izolacyjnych.

Odkażanie studni powinno być przeprowadzone:

- ! po stwierdzeniu przypadkowego zanieczyszczenia, w tym zalania wodą podczas powodzi;
- ! po przeprowadzeniu wszelkiego rodzaju napraw i poprawek wewnątrz studni;
- ! po wykonaniu oczyszczania i szlamowania dna;
- ! przed oddaniem do użytku nowo wybudowanej studni.

Do odkażania stosuje się następujące środki chemiczne:

- ! podchloryn sodu (tzw. bielący), który działa przy stężeniu 270 mg/dm³ odkażanej wody;
- ! wapno chlorowane, czyli podchloryn wapniowy, którego stężenie powinno wynosić 150 mg/dm³ odkażanej wody;
- ! chloramina o stężeniu 150 mg/dm³ odkażanej wody; bardziej wskazane jest zastosowanie Jasol Solid [<https://emedical24.pl> > pl > file > Karta_Charakterystyki_JASOL_SOLID].

W tabeli 3.2 przedstawiono dawki ww. środków dezynfekujących do dezynfekcji studni. Należy przy tym pamiętać, że środki odkażające są substancjami żrącymi i trującymi oraz szkodliwymi dla zdrowia przy nieprawidłowym stosowaniu. Należy je stosować zgodnie z informacją podaną na ulotkach opisujących dany środek, zachowując przy tym wyjątkową ostrożność i zasady bhp.

Tabela 3.2. Dawkowanie środków odkażających podczas dezynfekcji studni w zależności od średnicy studni kopanych

Średnica studni kopanej ¹⁾ (m)	Ilość odczynnika (g) na 1 metr głębokości wody w studni		
	podchloryn sodu 15% Cl	wapno chlorowane 25% Cl	chloramina B ²⁾ 25% Cl
0,80	135,0	75,0	75,0
0,85	153,0	85,0	85,0
0,90	172,0	95,0	95,0
1,00	212,0	118,0	118,0
1,25	332,0	185,5	185,5
1,50	478,0	263,5	263,5
2,00	848,0	471,0	471,0

¹⁾ w obliczeniach przyjęto wewnętrzną średnicę otworów studziennych

²⁾ jednocześnie odchodzi się od dezynfekcji chloraminą B. Powszechnie stosuje się Jasol Solid.

Źródło: DRUPKA, SIKORSKI [1999].

Przed przystąpieniem do odkażania studni kopanej należy w promieniu minimum 3 m uporządkować teren, a następnie wybrać z niej wodę i wyszorować ocembrowanie szczotką, zaczynając od górnych kręgów. Ocembrowanie należy oczyścić z porostów, grzybów i warstw osiadłych pyłów. Do szorowania używa się roztworu jednego z ww. odczynników, dając na 1 wiadro wody 100 g wapna chlorowanego lub chloraminy, albo 170 g podchlorynu sodu. Po umyciu ocembrowania wybrać resztę wody ze studni. Gdy studnia napelni się ponownie wodą należy ją odkazić. Roztwór odkażający należy przygotować koniecznie na otwartej przestrzeni. Po odważeniu odpowiedniej ilości odczynnika rozrabia się go z niewielką ilością wody (tak, aby miał gęstość śmietany), a następnie dodaje kilka litrów wody i dokładnie miesza. Gdy osad opadnie na dno, klarowny roztwór wlewa się do studni. Wodę w studni trzeba dobrze wymieszać i pozostawić na 24 godziny. Po upływie tego czasu usuwać wodę ze studni tak długo, aż straci ona smak i zapach chloru.

Po odkażeniu studni należy zwrócić się do stacji sanitarno-epidemiologicznej o wykonanie analizy wody. Jeśli woda w studni nie budzi zastrzeżeń jakościowych należy bezwzględnie studnię zabezpieczyć przed przesiąkami zanieczyszczeń, np. z wodą opadową oraz przed nawiewaniem zanieczyszczeń z wiatrem. W tym celu najlepiej jest studnię obudować deskami i przykryć klapą oraz dachem. Aby uniknąć zanieczyszczenia wody niewskazane jest np. schładzanie mleka lub innych produktów spożywczych w studni, co bywało (pewno jeszcze bywa) częstą praktyką w wielu osiedlach wiejskich, zwłaszcza w małych gospodarstwach.

Studnie kopane nieużytkowane przez okres dłuższy niż kilka tygodni, powinny być również oczyszczone i odkażone przed wznowieniem ich eksploatacji, a otoczenie i zabezpieczenie studni powinno być uporządkowane według zasad przedstawionych w pierwszej części artykułu.

W przypadku zaprzestania użytkowania studni kopanych w zagrodzie (np. po wprowadzeniu wodociągu) należy dokonać ich likwidacji, aby nie następowało przez nie zanieczyszczenie wód podziemnych. Zabronione jest (względy zdrowotne i inne) wykorzystywanie tych nie użytkowanych studni jako zbiorników ścieków w zagrodzie. Nawet po uszczelnieniu (np. zabetonowaniu) dna, ścieki mogą wypływać przez trudne do wykrycia szczeliny w obudowie studni i mogą zakażać wody podziemne. Najlepszym rozwiązaniem podczas likwidacji nieeksploatowanej studni jest zasypanie jej gliną, po uprzednim wlaniu do niej środka dezynfekującego w dawkach jak podczas czynności dezynfekcyjnych. Kolejne warstwy gliny o grubości około 0,3–0,5 m powinny być ubijane. W przypadku braku dostatecznej ilości gliny można do zasypania wykorzystać czysty grunt piaszczysty. Jednakże około 2,0–3,0 m głębokości studni od góry należy koniecznie zasypać gliną. Po zakończeniu prac i ubiciu piasku oraz gliny zaleca się teren zniwelować i obsiać trawą, bądź utwardzić.

W przypadku stwierdzenia odslonięcia obudowy studni od zewnątrz, np. na skutek wymycia przez wodę lub z innego powodu, należy uszkodzenie to zasypać gliną i mocno ubić. Jeśli odslonięta jest duża powierzchnia ocembrowania, obudowę studni obsypuje się tak, aby wokół niej powstała warstwa gliny o grubości 1,0 m od powierzchni terenu i szerokości co najmniej 1,5 m. Następnie teren należy wyrównać ze spadkiem od studni i odpowiednio zagospodarować (np. pokryć betonem lub trawnikiem itp.).

Najkorzystniejszy i najwłaściwszy jest mechaniczny pobór wody. W domach wiejskich, gdzie doprowadzono wodę w sposób zmechanizowany, poprawił się komfort życia, a przede wszystkim stwierdzono zmniejszenie zachorowalności ludzi i zwierząt, szczególnie na tzw. choroby brudnych rąk.

Wypada tu przypomnieć, że wg lekarzy i higienistów mycie rąk jest konieczne:

- ! przed dojeniem krów;
- ! po przyjeździe do domu z pola, kurnika, chlewni itp.;
- ! przed przygotowywaniem posiłków;
- ! przed jedzeniem;
- ! po korzystaniu z ubikacji;
- ! po głaskaniu (pieszczeniu) zwierząt domowych, takich jak: koty, psy itp.

Zaopatrzenie obiektów inwentarskich w czystą, bieżącą wodę ułatwia zachowanie higieny, co powoduje zmniejszenie liczby zakażeń mikrobiologicznych zwierząt i mleka (m.in. gronkowcami, *Enterokokami*, *E. coli*, brucelozą, gruźlicą).

Istniejące w zagrodzie studnie kopane można wykorzystać, o ile spełniają wymagania jakościowe, do częściowego lub całkowitego zwodociągowania domu mieszkalnego i całej zagrody.

4. OGNISKA ZANIECZYSZCZEŃ STANOWIĄCE ZAGROŻENIA DLA JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH

4.1. RODZAJE ZANIECZYSZCZEŃ I ICH MIGRACJA W ŚRODOWISKU SKALNYM

Europejska Komisja Gospodarcza (ECE) wraz ze Światową Organizacją Zdrowia (WHO) definiują zanieczyszczenie wód jako zmianę ich składu lub stanu spowodowaną bezpośrednią lub pośrednią działalnością człowieka, czyniąc te wody mniej przydatnymi dla jednego lub wszystkich celów, którym mogłyby służyć w swym stanie naturalnym. Praktycznie więc każda działalność człowieka, w wyniku której do wód podziemnych doprowadzane są substancje nie występujące w nich lub występujące w mniejszych ilościach, wywołuje zanieczyszczenie tych wód.

W podziale substancji zanieczyszczających wody podziemne stosuje się różne kryteria [MACIOSZCZYK, RODZUCH, FRĄCZEK 1993], np.:

- ! przynależność zanieczyszczeń do organizmów żywych lub określonych grup związków chemicznych (zanieczyszczenia biologiczne i różnego typu związki chemiczne);
- ! stan skupienia substancji zanieczyszczających (lotne, płynne, stałe);
- ! możliwość mieszania się z wodą lub wchodzenia z nią w reakcje chemiczne;
- ! pochodzenie zanieczyszczeń, tj. wiązanie ich z określoną działalnością gospodarczą;
- ! toksyczność substancji zanieczyszczających;
- ! trwałość zanieczyszczeń w wodach podziemnych;
- ! sposób przenikania zanieczyszczeń do wód podziemnych;
- ! wielkość i rodzaj wywoływanych efektów zanieczyszczenia wód podziemnych.

O jakości wód podziemnych, a więc ich przydatności do określonych celów decyduje zawsze chemizm wód, ich stan bakteriologiczny oraz cechy fizyczne i organoleptyczne.

W wodach podziemnych żyje ogromna ilość różnego rodzaju drobnoustrojów, często biorących udział w przemianach hydrogeochemicznych. Procesy zanieczyszczania wód doprowadzają do nich dodatkowo bakterie i wirusy, w tym chorobotwórcze. W utworach piaszczystych występują one w strefie od kilku do kilkunastu metrów wokół miejsca przeniknięcia zanieczyszczeń. W utworach szczelinowych rozprzestrzeniać się mogą na znaczne odległości sięgające kilkuset metrów, a w krasowych nawet ponad kilometr.

Okres przeżywalności drobnoustrojów w wodach podziemnych jest różny i zależy od rodzaju mikroorganizmu i warunków środowiska. Wynosi on od kilku godzin do ponad roku, przy czym z reguły wirusy żyją dłużej niż bakterie.

Chemizm substancji zanieczyszczających wody podziemne jest często bardzo skomplikowany, przy czym substancje te mogą ulegać licznym przemianom w środowisku wód podziemnych. Przy ogólnych schematach klasyfikujących dzieli się je zazwyczaj na trzy podstawowe grupy: związki organiczne, nieorganiczne i promieniotwórcze. Niemal każdy pierwiastek może występować w wodach podziemnych równocześnie w różnych związkach organicznych i nieorganicznych, przy czym różne formy jego występowania, różnie zachowują się podczas migracji wodnej. Najczęściej też ich toksyczność, podatność na bioakumulację i procesy samooczyszczania różnią się, często bardzo znacznie. Związki organiczne mogą ulegać także mineralizacji, przechodząc w coraz prostsze związki nieorganiczne.

Stan skupienia substancji zanieczyszczających ma podstawowe znaczenie w ocenie możliwości przenikania ich do wód.

Wody podziemne mogą być zanieczyszczane przez substancje lotne (gazowe lub pyłowe), płynne i stałe, podlegające ługowaniu np. przez wody opadowe.

Zanieczyszczenia gazowe (np. CO₂, H₂S, SO_x, NO_x, F, HF itd.) mogą reagować z wodą atmosferyczną i w postaci zanieczyszczonych opadów (np. kwaśnych deszczy) infiltrować do wód podziemnych. Zanieczyszczenia pyłowe, zwykle są mniej toksyczne niż gazowe, lecz niekiedy zawierają metale ciężkie. Oba typy charakteryzują się przestrzennym charakterem degradacji wód gruntowych.

Do zanieczyszczeń płynnych zalicza się wszelkiego rodzaju ścieki (przemysłowe, komunalne, hodowlane), które w wyniku różnych awarii lub celowej gospodarki (wylewiska, pola irygacyjne itp.) przenikają do wód podziemnych. Szczególnie niebezpieczne są przecieki substancji toksycznych (promieniotwórczych, zawierających cyjanki, fenole, metale ciężkie, azotany) oraz substancji trudno poddających się procesom samooczyszczenia (np. zawierające ropę naftową i jej pochodne, „twarde detergenty”, pestycydy).

Ścieki komunalne, a zwłaszcza hodowlane zawierają znaczne ilości substancji organicznych oraz bakterii i wirusów. Ścieki przemysłowe, o bardzo zróżnicowanym składzie często zawierają substancje toksyczne.

Zanieczyszczenia stałe, gromadzone na różnego rodzaju składowiskach odpadów, podlegając ługowaniu przez wody opadowe, wraz z nimi przenikają, do wód podziemnych. Ługowanie odpadów zgromadzonych na wysypisku trwać może nawet kilkadziesiąt lat (w przypadku dużych wysypisk komunalnych nawet 50 lat).

Do wód podziemnych mogą przenikać również roztwory powstałe z zanieczyszczeń stałych w wyniku różnych sytuacji awaryjnych (np. rozsypanie substancji rozpuszczalnych podczas transportu), nieracjonalnie prowadzonej gospodarki agrotechnicznej (stosowanie w nadmiarze nawozów i środków ochrony roślin) lub np. gospodarki komunalnej (środki przeciw gołoledzi). Właściwa lokalizacja składowisk odpadów zmniejsza zagrożenie wód podziemnych odciekami powstającymi na skutek ich ługowania.

4.2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA OGNISK ZANIECZYSZCZEŃ

W większości państw UE przyjęto zasadę eliminacji pojawiających się zagrożeń, co jest działaniem uzasadnionym ze względów technicznych, ekonomicznych i zdrowotnych dla ludzi i zwierząt. Źródłem zanieczyszczeń jakości wody z pierwszych warstw wodonośnych może być wszelka działalność gospodarcza, w tym działalność rolnicza. W tabeli 4.1 zestawiono wybrane potencjalne ogniska zagrożenia dla jakości wody z pierwszej warstwy wodonośnej w wyniku działalności gospodarczej, w tabelach 4.2 i 4.3 ogniska zagrożeń, wynikających ze stosowanych technologii w rolnictwie wraz ze sposobami ich eliminacji.

Tabela 4.1. Potencjalne ogniska zanieczyszczeń wody z pierwszych warstw wodonośnych wód podziemnych

Typ działalności gospodarczej i ogniska zanieczyszczenia wód podziemnych	Objawy zanieczyszczenia wód (zmiany właściwości fizyko-chemicznych wody; podwyższenie stężeń głównych jonów lub pojawienie się substancji specyficznych w wodach podziemnych)	Wskaźniki zanieczyszczenia (pojawienie się w wodzie lub podwyższenie stężeń wymienionych mikroskładników)
1	2	3
Przemysł spożywczy	Bardzo zróżnicowane, zależne od charakteru produkcji, wykorzystywanych surowców, wytwarzanych produktów, stosowanych technologii, systemu magazynowania, transportu, metod oczyszczania ścieków, utylizacji odpadów itp.	
	Np. wzrost mineralizacji wody i jej utlenialności, wzrost BZT, ChZT, zmiany organoleptyczne. Podwyższenie stężeń: HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , związków N i P, Na, K i Fe. Pojawienie się kwasów organicznych, aldehydów, alkoholi oraz NH ₃ i H ₂ S.	Wiele mikroskładników, zależny od ich nagromadzenia w przerabianych substancjach.

cd. tab. 4.1.

1	2	3	
Rolnictwo i chów zwierząt	Wyraźne zróżnicowanie, zależne od rodzaju i sposobu stosowania używanych substancji oraz warunków wodno-glebowych, a ponadto rodzaju, wieku i zagęszczenia uprawianych roślin.		
	Nawozy naturalne stosowane w nadmiarze (obornik, gnojówka, gnojowica)	Wzrost mineralizacji, przewodnictwa i twardości wody. Zmiany organoleptyczne. Podwyższenie utlenialności, BZT ChZT. Podwyższenie stężeń zw. organicznych i nieorganicznych, pochodzących z rozkładu substancji organicznej – związków N, P, S, Ca, Mg, K, Fe i innych pierwiastków biofilnych.	Wzrost stężeń wielu pierwiastków biofilnych, np. po zastosowaniu w nadmiarze gnojowicy: Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn.
	Nawozy mineralne stosowane w nadmiarze (azotowe, fosforowe, potasowe, wapno nawozowe, nawozy wieloskładnikowe, w tym z mikroelementami)	Wzrost mineralizacji, przewodnictwa i twardości wody. Zmiany organoleptyczne. Podwyższenie stężeń jonów głównych i podrzędnych – zwłaszcza: NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} , K^+ , Ca^{2+} , PO_4^{3-} , Fe^{3+} .	Największe zmiany po stosowaniu nawozów wieloskładnikowych. Wzrost stężeń: Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn.
	Środki ochrony roślin	Pojawienie się specyficznych substancji organicznych i nieorganicznych. Podwyższenie bądź pojawienie się zapachu, barwy, mętności utlenialności, BZT, ChZT	Wzrost stężeń: Cd, Pb, As, Hg, Mo, Cu, Zn, B, V, Br, Sn, Tl.

Źródło: MACIOSZCZYK, RODZUCH, FRĄCZEK [1993].

Tabela 4.2. Ogniska stanowiące zagrożenia dla jakości wody z pierwszej warstwy wodonośnej i sposoby ich eliminacji

Nazwa ogniska	Sposoby eliminacji zagrożenia
1	2
Odcieki z mogilników	Natychmiastowa utylizacja lub sprawdzenie stanu technicznego i przeniesienie w inne bezpieczne miejsce zgromadzonych środków ochrony roślin ¹⁾
Ścieki zawierające pestycydy powstałe podczas zabiegów ochrony roślin	Utylizowanie metodami rozprysku na polu lub sorpcji opracowanymi w ITP-PIB ²⁾
Soki kiszonkowe z silosów	Wprowadzenie zmian technologicznych zbioru zielonek eliminujących powstawanie soków kiszonkowych lub budowa silosów ze zbiornikami wg metody ITP-PIB ²⁾
Odcieki ze składowisk odpadów	Odpady stałe powinny być gromadzone i utylizowane wg przyjętej technologii w danej gminie, co eliminuje powstanie odcieków ³⁾
Gnojowica z budynku gospodarczego (obory, chlewnie) o systemie bezściółkowym	Rozprowadzona w odpowiedniej dawce po powierzchni lub pod powierzchnią upraw rolnych, sprzętem w dobrym stanie technicznym, spełniającym wymagania jakościowe ⁴⁾
Gnojówka z budynku gospodarczego (obory, chlewnie) o systemie ściółkowym	Rozprowadzona w odpowiedniej dawce po powierzchni lub pod powierzchnią upraw rolnych, sprzętem w dobrym stanie technicznym, spełniającym wymagania jakościowe ⁴⁾

cd. tab. 4.2.

1	2
Ścieki bytowo-gospodarcze z budynku mieszkalnego	Odprowadzenie do sieci kanalizacyjnej i eliminacja skażenia zgodnie z obowiązującymi przepisami. Należy wybierać systemy kanalizacji możliwe do zastosowania w danych warunkach topograficznych, gruntowo-wodnych, np. wg technologii ITP-PIB ^{2) 3)}
Ścieki z budynku gospodarczego (obory) powstałe przy myciu urządzeń technologicznych np. mleczarskich	W zależności od przyjętego systemu sieci kanalizacji mogą być one odprowadzone do wybranego systemu po uprzednim przeprowadzeniu analizy składu zanieczyszczeń. W szczególnym przypadku będą one wymagały dodatkowej utylizacji.
Ścieki z mycia maszyn i urządzeń technologicznych stosowanych w rolnictwie	Gromadzone w zbiorniku i utylizowane wg jednej z metod opisanej w literaturze problemu.
Odcieki ze składowisk (magazynu) nawozów mineralnych stałych bądź płynnych	Wprowadzenie zmian w składowaniu stałych nawozów mineralnych i budowie odpowiednich składowisk nawozów płynnych oraz usprawnienie załadunku nawozów stałych i płynnych.
Wody z odpadów atmosferycznych, szczególnie zawierające niepożądane związki chemiczne, w następstwie emisji do atmosfery związków z przemysłu i transportu	Odprowadzane systemem drenażu lub powierzchniowo do systemu odwodnień (rowy melioracyjne).

1) W sprawie utylizacji środków ochrony roślin można zwrócić się o pomoc do Państwowego Instytutu Geologicznego, 00-975 Warszawa, ul. Rakowiecka 4, tel. (+48) 22 45 92 000.

2) Szczegółowe informacje dotyczące technologii opracowanych w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym można uzyskać w Dziale Informacji i Transferu Wiedzy, tel. +48 22 243 53 99; Falenty, al. Hrabka 3, 05-090 Raszyn.

3) Należy uwzględnić obowiązujące przepisy i rozporządzenia oraz wybrać system oczyszczania najodpowiedniejszy do danych odcieków.

4) Warunki i terminy zgodne z Rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 16 kwietnia 2008 r. w sprawie szczegółowego sposobu stosowania nawozów oraz prowadzenia szkoleń z zakresu ich stosowania (Dz. U. nr 80 poz. 479).

Źródło: WIERZBICKI i in. [2002].

Tabela 4.3. Wymagania dotyczące wybranych elementów budowanych urządzeń eliminujących zagrożenia jakości wody pitnej

Nazwa obiektu lub urządzenia	Wymagania
1	2
Zbiornik na ścieki bytowo-gospodarcze, zlokalizowany wewnątrz lub na zewnątrz budynku mieszkalnego, zwłaszcza w nowoczesnych systemach sieci kanalizacji ciśnieniowej	Zbiornik z materiałów zapewniających szczelność i odporność na korozję, tj. uniemożliwiających infiltrację lub eksfiltrację ścieków do otoczenia. Konieczne jest zapewnienie wentylowania przestrzeni ponad zwierciadłem ścieków. Konstrukcja zbiornika powinna umożliwić jego oczyszczanie z osadów bez potrzeby wchodzenia do wnętrza przez osoby wykonujące tę czynność. Lokalizacja zbiornika w stosunku do innych obiektów jest określona w przepisach.
Zbiornik na ścieki z budynku gospodarczego – obory lub chlewni	Wymagania jak wyżej.
Zbiornik na gnojowicę	Wymagania jak wyżej.
Zbiornik na gnojowicę z płytą obornikową	Wymagania jak wyżej. Ponadto należy dbać o zachowanie czystości wokół płyty.
Zbiornik na soki kiszonkowe	Zbiornik z materiałów zapewniających szczelność i odporność na korozję. Pozostałe wymagania są takie jak w punkcie 1. tej tabeli. Należy dążyć do zmiany technologii produkcji kiszonki, jak to podano w pkt. 3 tabeli 4.2

cd. tab. 4.3.

1	2
Płyta do mycia maszyn rolniczych (opryskiwacze, wozy asenizacyjne, ciągniki) i samochodów	Wydzielone miejsce do mycia urządzeń powinno być utwardzone, np. płyta betonowa o konstrukcji zbliżonej do płyt obornikowych opracowanych w ITP. Woda po myciu maszyn powinna być gromadzona w zbiorniku. Na przewodzie łączącym płytę ze zbiornikiem instaluje się separator oleju i innych substancji ropopochodnych oraz piaskownik gromadzący części stałe pochodzenia organicznego i nieorganicznego. Należy pamiętać, że jedna kropla oleju mineralnego skaża 10 m ³ wody aż na ok 10 lat. Sposób zagospodarowania w zbiorniku uzależniony jest od przyjętego systemu kanalizacji.
Płyta kompostowa	Jak wyżej, bez potrzeby stosowania separatora oleju.
Miejsce składania stałych odpadów	Musi być tak zbudowane, aby wody deszczowe nie wymywały z odpadów związków chemicznych, które mogą skażić wody podziemne lub powierzchniowe.
Miejsce składowania nawozów płynnych	Zbiornik wykonany wg wymagań pkt 1, a sposób załadunku ma uniemożliwiać rozlewanie nawozu wokół spryskiwacza.
Miejsce składowania nawozów min. stałych	Wymaganie jak w pkt 8 tej tabeli, zaś sposób załadunku musi uniemożliwiać rozsypywanie się nawozu wokół rozrzutnika.
Zbiornik na ścieki opadowe (o ile są one niezbędne)	Zbiornik na ścieki opadowe może być zbudowany z kręgów betonowych, bądź też z tworzyw sztucznych. Powinny one spełniać również rolę osadników części stałych (liście itp.).

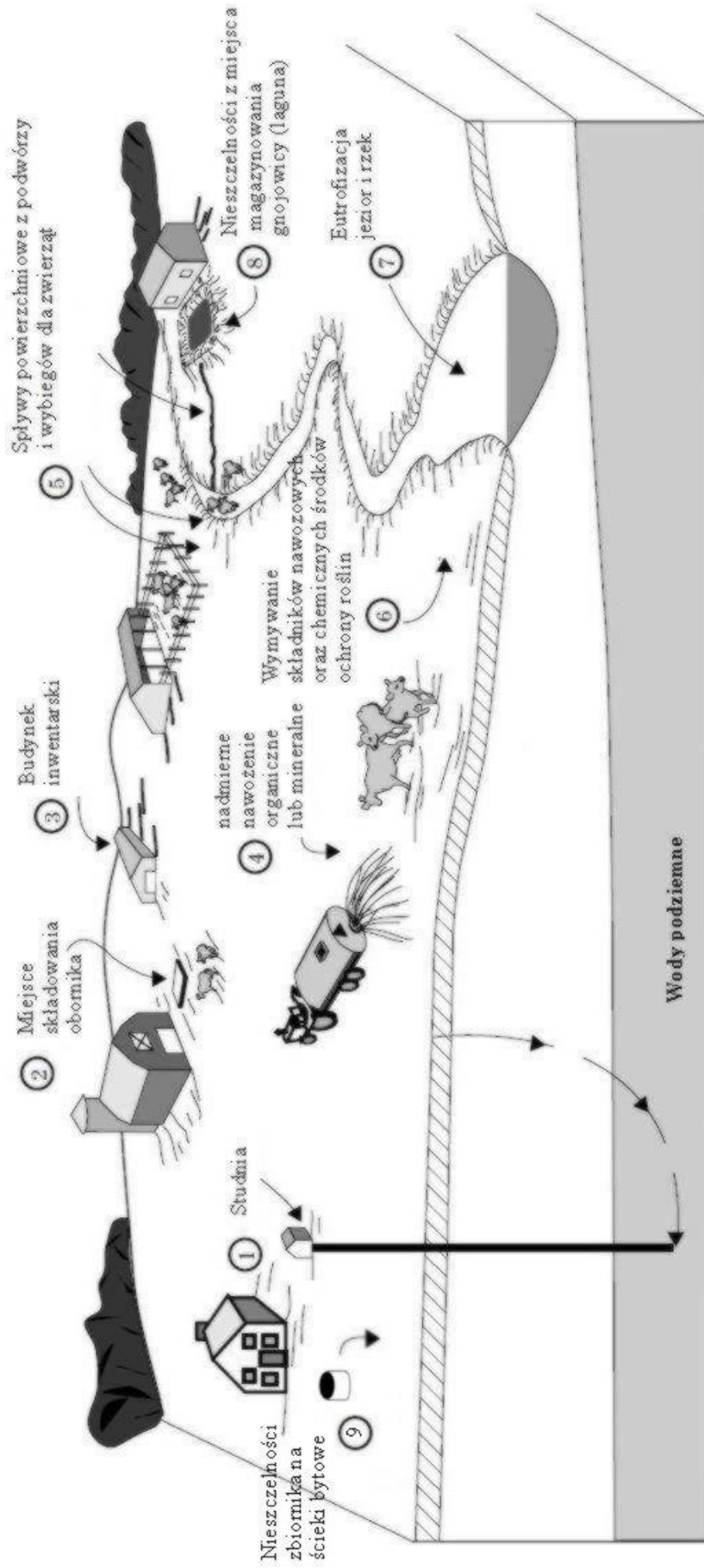
Źródło: WIERZBICKI i in. [2002].

Miejsca powstawania omawianych ognisk zagrożeń jakości wody na obszarach wiejskich przedstawiono na rysunku 4.1, a rysunki 4.2, 4.3 i 4.4 obrazują zasady lokalizacji płyty obornikowej oraz zbiorników na gnojowicę.

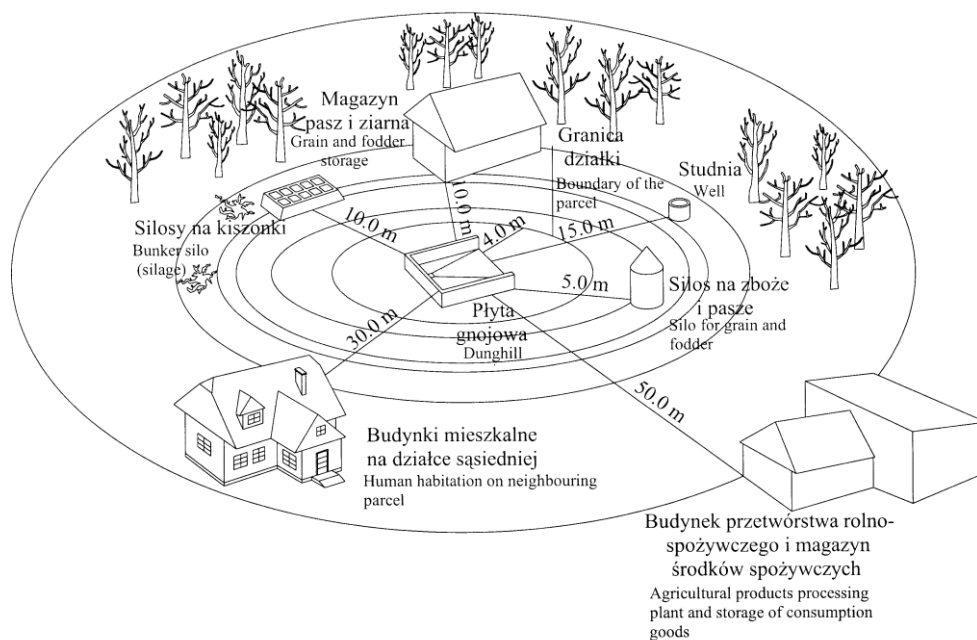
Przepisy obejmujące lokalizację poszczególnych budowli rolniczych są ujęte w poniższych aktach prawnych:

- ! Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2019, poz. 1065),
- ! Obwieszczenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 1 sierpnia 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie (Dz. U. 2014, poz. 81).

Często pomijanym ogniskiem zanieczyszczeń wody i powietrza w gminie jest problem zagospodarowania odpadów zwierzęcych, których masa w Polsce wynosi ponad 1,2 mln t rocznie. Podjęte w 2002 r. prace badawcze [DOWGIAŁŁO, NUNNBERG, WIERZBICKI 2002] w ówczesnym Instytucie Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa (IBMER) w Warszawie, doprowadziły do zaproponowania racjonalnego zabezpieczenia środowiska przed odpadami zwierzęcymi [DOWGIAŁŁO, RUDNIK, WIERZBICKI 2009]. Tym samym mogło nastąpić zmniejszenie się zagrożenia zanieczyszczenia wody z pierwszej warstwy wodonośnej [EYMONTT, RUDNIK, WIERZBICKI 2015]. Pierwsza tego rodzaju budowla powstała w gminie Mszczonów w 2003 r. Zadaniem tego rodzaju obiektu jest odbiór odpadów zwierzęcych i następnie przekazywanie ich do specjalistycznego zakładu utylizacyjnego. W ten sposób znacznie ułatwia się odbiór tych odpadów z chowu i hodowli zwierząt, a także znajdujących na szlakach komunikacyjnych.

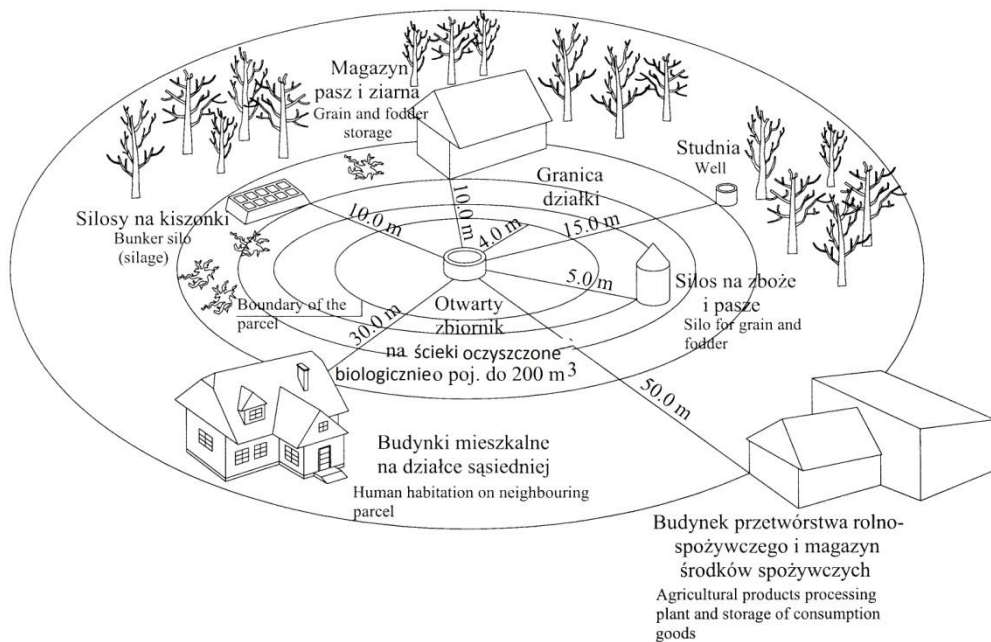


Rys. 4.1. Źródła zanieczyszczeń na obszarach wiejskich
Źródło: USDA [2009].



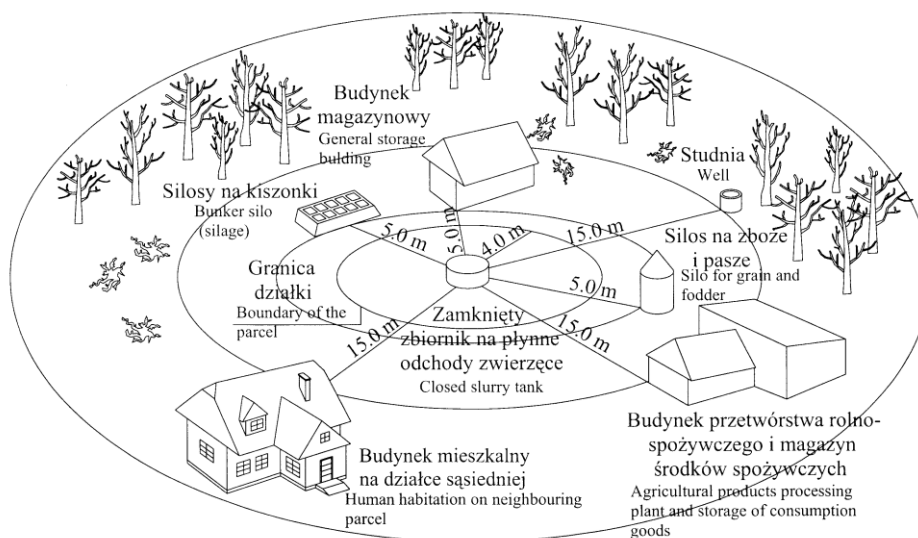
Rys 4.2. Zasady lokalizacji płyt gnojowych do gromadzenia obornika.

Źródło: RUDNIK i.in. [2004].



Rys. 4.3. Zasady lokalizacji zbiorników otwartych do magazynowania gnojowicy

Źródło: RUDNIK i in. [2004].



Rys. 4.4. Lokalizacja zbiornika przykrytego do magazynowania gnojowicy

Źródło: RUDNIK i in. [2004].

5. METODY RACJONALIZACJI ZUŻYCIA WODY

5.1. WSTĘP

Oprócz zabezpieczenia źródeł wody przed zanieczyszczeniem istotnym problemem w eksploatacji jest oszczędzanie wody. LASEK [2013], w swojej publikacji dotyczącej oszczędności wody, twierdzi, że niezależnie od racjonalnego zaprojektowania pod względem hydraulicznym równie istotny jest dobór odpowiedniej armatury, gwarantującej oszczędne dozowanie wody. Kierunek tego działania powinien być również wdrażany w instalacjach zaopatrujących w wodę mieszkańców obszarów wiejskich.

Wsparcie ze strony instytucji europejskich sprawia, że innowacyjne, ekologiczne rozwiązania i wyroby stosowane w budownictwie cieszą się coraz większą popularnością, zarówno wśród osób prywatnych, jak i inwestorów i projektantów. Przyczynia się do tego również rosnąca w społeczeństwie świadomość wpływu decyzji podejmowanych przez jednostki na kształtowanie się całościowego wpływu działalności człowieka na środowisko naturalne. Jednym z dokumentów wytyczających drogę, którą ma podążać europejska gospodarka, jest Strategia „Europa 2020”. Realizacji założonych celów ma służyć wspieranie badań naukowych, współpraca nauki z przemysłem, a także promowanie rozwiązań zmniejszających wpływ człowieka na środowisko, głównie przez ograniczenie wszelkiego rodzaju emisji i efektywniejsze korzystanie z zasobów naturalnych.

Strategia „Europa 2020” obejmuje przede wszystkim:

- ! rozwój inteligentny: rozwój gospodarki oparty na wiedzy i innowacji,
- ! rozwój zrównoważony: wspieranie gospodarki, która efektywniej korzysta z zasobów, bardziej przyjaznej środowisku i bardziej konkurencyjnej.

Innowacyjne rozwiązania armatury sanitarnej przyczynią się do zmniejszenia: zużycia wody i emisji zanieczyszczeń oraz zapotrzebowania na energię.

5.2. ZUŻYCIE WODY W POLSCE I EUROPIE

Średnie zużycie wody w Polsce na obszarach miejskich w przeliczeniu na osobę w wybranych latach przedstawiono w tabeli 5.1.

Tabela 5.1. Średnie zużycie wody na osobę w Polsce na obszarach miejskich

Zużycie	Lata					
	2002	2005	2010	2011	2012	2013
Średnie roczne, m ³ /rok	40,6	37,2	35,0	34,8	34,5	34,0
Dobowe dm ³ /doba	111,2	101,9	95,9	95,3	94,5	93,2

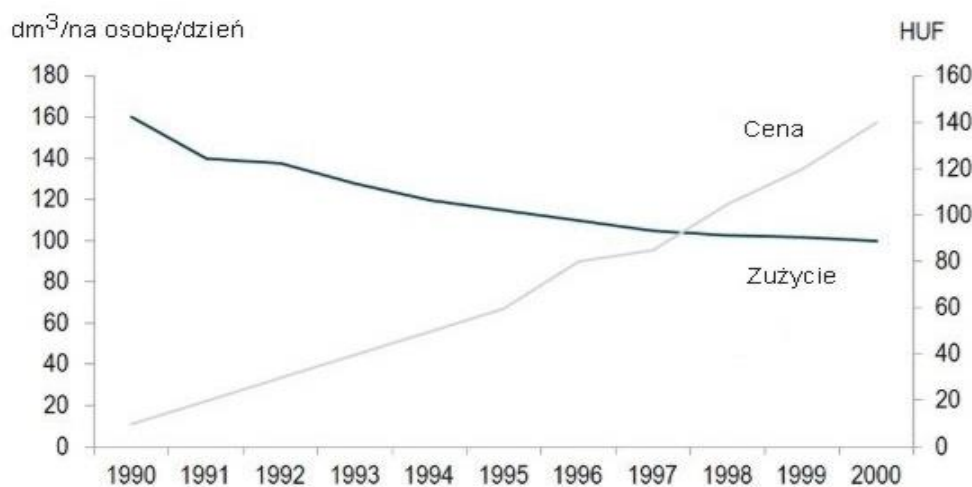
Źródło: GUS [2020].

Maksymalne zużycie wody w Polsce na osobę zanotowano w 1988 roku – 210 dm³. Według ostatnich informacji zużycie wody w Polsce mieści się w średniej, jaką mają inne kraje europejskie.

Jak można zaobserwować, zużycie wody systematycznie zmniejsza się na przestrzeni ostatnich lat i zatrzymało się na 2010 r. Zmniejszenie zużycia wody na przestrzeni tych lat na pewno było efektem przejścia od tradycyjnych baterii dwuuchwytowych na baterie jednoczwytowe z mieszaczami ceramicznymi, ale duży wpływ miał także gwałtowny wzrost cen

wody i odprowadzania ścieków. Zwiększa się świadomość i dążenie do oszczędzania przez osoby indywidualne.

Przykładowo na rysunku 5.1 przedstawiono wykres zużycia wody na Węgrzech w stosunku do rosnącej ceny. Dane pochodzą z European Environment Agency [BISWAS, KIRCHHERR 2012].



Rys. 5.1. Zużycie wody i jej ceny [HUF – forinty] na Węgrzech w latach 1990-2000

Źródło: [BISWAS, KIRCHHERR 2012].

Podział zużytej wody (średnio na osobę) w gospodarstwach domowych przedstawia się następująco [LASEK 2013]: 36% kąpiele i mycie, 30% spłukiwanie toalet, 15% pranie, 10% mycie naczyń, 6% sprząatanie, 3% picie i gotowanie. Aż około 50% zużycia wody przypada na armaturę sanitarną, z tego 36% na kąpiele i mycie. Nasuwa się oczywisty wniosek, że najprostszym i najłatwiejszym sposobem oszczędzania wody jest rezygnacja z kąpieli w wannie na rzecz pryszniców.

Normy zużycia wody wynikające z Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z 14 stycznia 2002 roku w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody, zamieszczono w tabeli 5.2. Przeciętna norma zużycia wody to 140–160 dm³/mieszkańca/dobę (pozycja 5, kolumna 3 ww. tabeli). Średnie zużycie wg GUS [2002] to 120 dm³/mieszkańca/dobę, a więc obowiązujące przepisy uwzględniają okresowy wzrost zużycia wody związany z losowymi sytuacjami poboru wody przez konsumentów.

Tabela 5.2. Przeciętne zużycie wody na mieszkańca w gospodarstwach domowych

Wyposażenie mieszkania w instalacje	Zużycie wody na mieszkańca	
	dm ³ /doba	m ³ /miesiąc
Wodociąg bez ubikacji i łazienki (brak kanalizacji), pobór wody ze źródła podwórzowego lub ulicznego	30	0,9
Wodociąg, ubikacja bez łazienki	50-60 ¹⁾	1,5-1,8 ¹⁾
Wodociąg, zlew kuchenny, WC, brak łazienki i ciepłej wody	70-90 ¹⁾	2,10-2,70 ¹⁾
Wodociąg, ubikacja, łazienka, lokalne źródło ciepłej wody (piecyk węglowy; gazowy – gaz z butli, elektryczny, bojler)	80-100 ¹⁾	2,4-3,0 ¹⁾
Wodociąg, ubikacja, łazienka, dostawa ciepłej wody do mieszkania (z elektrociepłowni, kotłowni osiedlowej lub blokowej)	140-160 ¹⁾	4,2-5,4 ¹⁾

¹⁾ wartości niższe odnoszą się do budynków podłączonych do zbiorników bezodpływowych na terenach nieskanalizowanych, a wartości wyższe do budynków podłączonych do sieci kanalizacyjnych

Źródło: LASEK [2013]

5.3. NORMY PN-EN DOTYCZĄCE ARMATURY SANITARNEJ

Obecnie wszystkie wyroby armatury sanitarnej, tj. baterie mechaniczne, termostaticzne, elektroniczne, czasowe oraz natryski, ręczki natrysków, węże natryskowe mają przedmiotowe normy w wydaniu PN-EN. Normy te określają wymagania konstrukcyjne, mechaniczne, wytrzymałościowe, także dotyczące przepływu przez te końcowe odbiorniki, oraz określają konieczność informowania przez producentów o klasie przepływu i grupie akustycznej.

Najbardziej interesujące są normy odnoszące się do wymogów dotyczących przepływów (tab. 5.3). Okazuje się, że im normy nowsze, w ostatnim czasie nowelizowane, tym są bardziej ukierunkowane na armaturę oszczędzającą wodę.

Jak widać w tabeli 5.3 w normach uwzględniono baterie z urządzeniami zmniejszającymi przepływ i minimalny przepływ dopuszczalny dla baterii mechanicznych wynosi 4 l/min, a jeszcze przed 2008 rokiem wynosił 9 l/min. Oczywiście nie dotyczy to baterii wannowych, gdzie wymagamy, aby woda szybko wypełniła wannę.

Tabela 5.3. Normy natężenia przepływu (l/min) dla baterii mechanicznych i termostaticznych oraz natężenie przepływu dla poszczególnych rodzajów baterii, przy ciśnieniu dynamicznym 0,3 MPa

Rodzaj baterii	Wymagania dotyczące natężenia przepływu [l/min.]	
	baterie mechaniczne PN-EN 817:2008	baterie termostaticzne PN-EN 1111:2017-09
Z oszczędzaniem przepływu		
- umywalkowe, zlewozmywakowe, bidetowe	4,0 - 9,0	brak danych
Bez oszczędzania przepływu		
- umywalkowe ¹⁾ , zlewozmywakowe ¹⁾ , bidetowe ¹⁾ , natryskowe	min. 12,0 9,0 ¹⁾	12,0 9,0 ¹⁾
- wannowe	min. 19,0	12,0 ¹⁾

¹⁾ Dla baterii, wyposażonych w wężyki przyłączeniowe, zaworki zwrotne, czy wyciągane ręczki w bateriach zlewozmywakowych, dopuszcza się minimalny przepływ 9,0 l/min.

Tabela 5.4. Klasy przepływów wg PN-EN 817:2008 – ciśnienie dynamiczne 0,3 MPa

Lp.	Klasa przepływu	Przepływ	
		l/s	l/min
1.	Z	≤0,15	≤9,0
2.	A	≤0,25	≤15,0
3.	S	≤0,33	≤19,8
4.	B	≤0,42	≤25,2
5.	C	≤0,50	≤30,0
6.	D	≤0,63	≤37,8

Po określeniu wielkości przepływu baterie klasyfikuje się według klas przepływu. Klasy te muszą znajdować się w opisie każdej wprowadzonej na rynek baterii. Nie ma natomiast informacji o faktycznych wartościach przepływu. Obecnie bateria X jest opisana: „... klasa przepływu Z, grupa akustyczna I.”, przy czym grupy akustyczne są trzy, a klas przepływu jest dużo więcej. Dlatego w tabeli 5.4 przedstawiono oznakowanie klas przepływu w stosunku do przepływów dla baterii.

Porównując klasy natężenia przepływów baterii i natrysków (tab. 5.5) oraz wymogi co do przepływów można zauważyć, że dla natrysków dopuszczalny jest nawet przepływ w granicach 1,5 l/min. Są to więc bardzo niskie wartości przepływów, które

umożliwiają producentom projektowanie i zastosowanie na rynku wyrobów z tak niskimi przepływami lub z funkcjami oszczędnościowymi.

Natężenie przepływu wody przez armaturę sanitarną obrazują wyniki badań wykonanych w laboratorium Ferro S.A. oraz w Instytucie Nafty i Gazu – Laboratorium Armatury w Krakowie.

Warunki eksperymentu były zgodne z wytycznymi normy PN-EN 817:2008, dla baterii mechanicznych przy ciśnieniu dynamicznym 0,3 MPa i pełnym otwarciu zaworów regulujących.

Tabela 5.5. Klasy przepływów i wymagania przepływów baterii i natrysków wg PN-EN 1112-2008] – ciśnienie dynamiczne 0,3 MPa

Lp.	Klasa przepływu	Natężenie przepływu dla wylotów natrysków		Przepływ dla baterii
		l/s	l/min	l/min
1.	ZZ	$0,025 \leq Q < 0,12$	$1,5 \leq Q < 7,2$	-----
2.	Z	$0,12 \leq Q < 0,20$	$7,2 \leq Q < 12$	≤ 9
3.	A	$0,20 \leq Q < 0,25$	$12 \leq Q < 15$	≤ 15
4.	S	$0,25 \leq Q < 0,33$	$15 \leq Q < 20$	≤ 20
5.	B	$0,33 \leq Q < 0,42$	$20 \leq Q < 25$	≤ 25
6.	C	$0,42 \leq Q < 0,50$	$25 \leq Q < 30$	≤ 30
7.	D	$0,50 \leq Q < 0,63$	$30 \leq Q < 38$	≤ 38

Według norm: PN-EN 817:2008, PN-EN 1112-2008, pomiary natężenia przepływów przeprowadza się dla pięciu różnych temperatur wody wypływającej. Podane wartości są średnią z tych pomiarów:

- ! baterie dwuuchwytowe – około 22 l/min;
- ! baterie jednouchwytowej – około 15 l/min;
- ! baterie jednouchwytowe VerdeLine Ferro – od 4,5 do 7,5 l/min;
- ! baterie bezdotykowe – około 7 l/min;
- ! wyloty natrysków standard – od 15 do 20 l/min;
- ! wylot natrysków VerdeLine Ferro – od 6 do 8 l/min;
- ! wyloty natrysków „deszczownie” – od 20 do 35 l/min;
- ! wyloty natrysków „deszczownia z ogranicznikiem przepływu Ferro” – 9 l/min.

5.4. ARMATURA WODOOSZCZĘDNA

Obecnie coraz częściej stosuje się w bateriach rozwiązania zmniejszające przepływ wody, ale nie zmniejszające komfortu użytkownika. Aby uzyskać różne przepływy stosuje się głowice dwustopniowe, czyli takie, które nie otwierają się za pierwszym razem maksymalnie. Pierwszy stopień to otwarcie do około 50% przepływu, drugi stopień to maksymalne otwarcie przepływu. Jednak precyzyjne ograniczenie przepływu uzyskuje się w wyniku zastosowania specjalnie skonstruowanych regulatorów przepływu. Te od renomowanych firm są tak precyzyjnie wykonane, iż określony przepływ z określonym ciśnieniem dynamicznym jest uzyskiwany przez użycie odpowiedniego koloru regulatora przepływu.

Większość regulatorów z niskimi przepływami zasysa odpowiednią ilość powietrza i przez to wypływający strumień jest bardzo podobny jak w standardowym wypływie, a w rzeczywistości jest on dużo mniejszy, ale silnie napowietrzony. Przykładowo przepływ baterii VerdeLine Casino firmy Ferro S.A. wynosi tylko 4,5 l/min, podczas gdy przepływ w takiej samej baterii, ale bez rozwiązań oszczędzających wodę wynosi aż 14 l/min, a więc przepływ został ograniczony o 3 razy! Dodatkową zaletą baterii ze zmniejszonymi przepływami jest ich cichsza praca.

Oprócz obowiązku informowania o klasie przepływu każdej baterii, producent musi informować także o grupie akustycznej, która w dużym skrócie mówi o przenoszeniu się hałasu przez baterie do innych pomieszczeń. W celu zobrazowania tego zjawiska, przytoczono wyniki

badan baterii firmy Ferro S.A. wykonanych w Instytucie Nafty i Gazu Laboratorium Armatury w Krakowie według normy PN-EN 817:2008. Badano przepływ i akustykę baterii Padwa BTP2 bez użycia rozwiązań zmniejszających zużycie wody oraz baterii Padwa VerdeLine BTP2VL., z rozwiązaniami zmniejszającymi w sposób kontrolowany przepływ wody (tab. 5.6 i 5.7).

Należy zwrócić uwagę, iż przepływ w standardowym modelu wynosił około 16 l/min, a w VerdeLine około 6,9 l/min przy I stopniu otwarcia głowicy i około 8 l/min przy maksymalnym otwarciu głowicy. Istotny jest też generowany hałas, który w przypadku baterii standardowej wynosił 25 dB a baterii VerdeLine tylko 19 dB.

Tabela 5.6. Wyniki badań hydraulicznych i akustycznych baterii czerpalnej Padwa BTP2 (bateria umywalkowa stojąca, z perlatozem i głowicą standardową o klasie przepływu „A”)

Wyszczególnienie	Wymaganie wg normy PN-EN 817:2008	Wyniki	
		przepływ (l/min)	hałas (dB)
Przepływ przy ciśnieniu 0,3 MPa (3 bar) w trzech położeniach uchwytu baterii			
- woda zimna 10+15°C	pkt 10.6 min 9 l/min	12,6	
- woda zmieszana 38°C		16,1	
- woda gorąca 50°C		14,2	
Hałas	pkt 14		25 dB
Grupa akustyczna			II

Tabela 5.7. Wyniki badań hydraulicznych i akustycznych baterii czerpalnej Padwa BTP2 Verde Line (bateria umywalkowa stojąca (oszczędzająca wodę), ze specjalnym dwustopniowym otwarciem przepływu i perlatozem o klasie przepływu „Z”)

Mierzone parametry	Wymaganie wg normy PN-EN 817:2008	Przepływ (l/min)	
		I stopień otwarcia	II stopień otwarcia
Przepływ przy ciśnieniu 0,3 MPa (3 bar) w trzech położeniach uchwytu baterii			
- woda zimna 10+15°C	pkt 10.6 od 4 do 9 l/min	6,9	7,7
- woda zmieszana 38°C		6,6	8,0
- woda gorąca 50°C		6,9	7,7
Hałas	pkt 14	hałas (dB)	
		19	19
Grupa akustyczna		I	I

Innym rozwiązaniem bardzo powszechnie stosowanym w krajach skandynawskich są baterie otwierane i zamykane elektronicznie, bezdotkowe, uruchamiane i zamykane tylko w przypadku ruchu w obrębie strefy detekcji czujnika.

Każdy użytkujący baterie w umywalce wie, iż standardową baterię otwieramy na początku jakiejś czynności (mycie zębów, mycie twarzy, rąk czy golenie się) i zamykamy dopiero po zakończeniu tych czynności. Woda ciągle leci i w większości nie jest wykorzystywana. Tak więc automatyczne sterowanie otwieraniem i zamykaniem wody tylko w przypadkach koniecznych i podczas rzeczywiście wykonywanych czynności jest bardzo dużym krokiem w oszczędzaniu zużycia wody w naszych domach, szczególnie w budynkach użyteczności publicznej.

Przykładem mogą być dane producenta firmy Ferro S.A., gdzie bateria bezdotkowa, wyposażona w elektronikę i czujniki francuskiej firmy Celec, ma czas reakcji wyłączenia dwie sekundy. Oznacza to, że już po dwóch sekundach od odsunięcia rąk w czasie mycia, elektroza-

wór zamyka wypływ wody. Dodatkowo bateria wyposażona jest w oszczędnościowy regulator wypływu dający przepływ 8 l/min. Taka bateria jest bardzo kosztowna w porównaniu ze standardowymi bateriami mechanicznymi, ale właśnie takie baterie oszczędzają najwięcej wody dzięki zastosowaniu elektroniki oraz regulatora przepływu zmniejszającego jej przepływ w czasie otwarcia zaworu.

Ciekawym rodzajem baterii są baterie termostatyczne. Są to urządzenia, w których zastosowano głowicę termostatyczną, która utrzymuje stałą, ustawioną przez użytkownika temperaturę. Baterie te są szczególnie popularne jako baterie natryskowe i wannowe. Właśnie w tych przypadkach, zależy nam na stałej temperaturze wypływającej wody. W takiej baterii ustawiona temperatura np. 38°C jest stale „pilnowana” i regulowana automatycznie przez głowicę termostatyczną. Nie musimy spuszczać wody, aby ustalić oczekiwaną temperaturę i po każdorazowym zamknięciu powtarzać tę czynność. Dodatkowo nie musimy też tracić czasu na ponowną regulację i ustawienie temperatury w przypadku zmiany ciśnienia wody dopływającej w instalacji. Dzieje się tak na przykład, gdy mamy duży pobór wody przez innego użytkownika domu czy lokalu. Tak więc bateria termostatyczna pozwala na szybkie uzyskanie nastawionej temperatury, dzięki czemu użytkownik nie traci czasu i nie marnuje wody.

Według podawanych już wymagań normy PN-EN 817:2008 dotyczącej baterii natryskowej minimalny przepływ powinien wynosić 12 l/min, natomiast już ręczki natrysku (słuchawki prysznicowe) mogą mieć przepływ 15,0 l/min. Standardowe ręczki natrysku mogą mieć przepływ nawet 20 l/min.

Nowoczesne konstrukcje ręczek natrysku, w których zastosowano ograniczniki przepływu zmniejszają przepływ do około 8 l/min, ale muszą mieć specjalnie zaprojektowane i wykonane dysze wypływowe, tak aby komfort użytkowania był taki sam jak w przypadku standardowych ręczek.

Zestaw natryskowy DOPPIO firmy Ferro S.A. wyposażony jest w ręczkę ze specjalnym otworem zasysającym powietrze, przez co wypływająca woda ma silniejszy strumień, ale zmieszany z powietrzem. Jest to podobna zasada jak w regulatorach przepływu napowietrzających strumień wypływającej wody. Jest to następny przykład armatury (wyposażenia dla baterii), dzięki któremu możemy zaoszczędzić wodę nie zmniejszając komfortu użytkowania. Należy jeszcze wspomnieć o takich wyrobach, które mogą zmniejszyć zużycie wody w standardowych bateriach umywalkowych. Są to regulatory przepływu montowane na końcu wylewki każdej baterii umywalkowej czy zlewozmywakowej. Są one w większości wyposażone w standardowy gwint M24x1, dlatego można samemu zakupić taki oszczędnościowy perlator i zamontować w baterii, uzyskując oszczędności na rachunkach za wodę. Przykładowo Perlator FerroAirMix z gwintem M24x1 ma przepływ 7,5 l/min oraz system *easy clean* umożliwiający szybkie wyczyszczenie z osadzającego się kamienia.

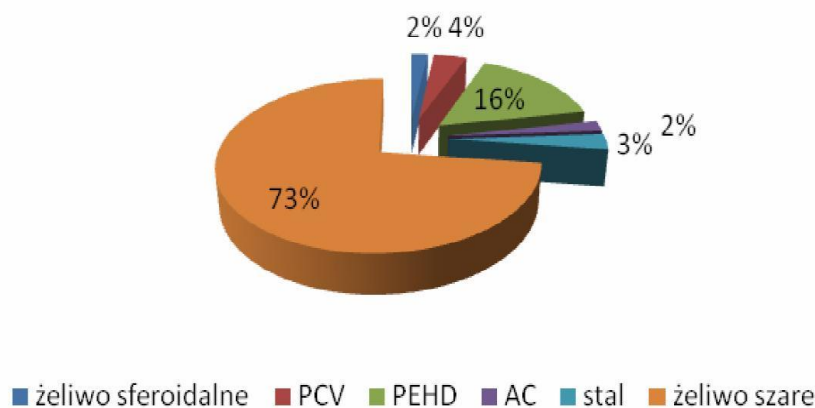
Innym wyposażeniem możliwym już do zakupienia jest ogranicznik przepływu montowany jako uszczelka w końcówce węża natryskowego lub nakręcany na wylot z przełącznika. Dzięki takim rozwiązaniom możemy zmniejszyć przepływ w zależności od tego, jaki zakupimy ogranicznik. Dla przykładu ogranicznik przepływu FerroEcoSave firmy Ferro zmniejsza przepływ do 9 l/min. Jeśli zamontujemy go przy deszczowni o przepływie 30 l/min i zmniejszymy go do 9 l/min, to uzyskamy naprawdę duże oszczędności w zużyciu wody.

6. MATERIAŁY STOSOWANE DO BUDOWY SIECI WODOCIĄGOWO-KANALIZACYJNEJ

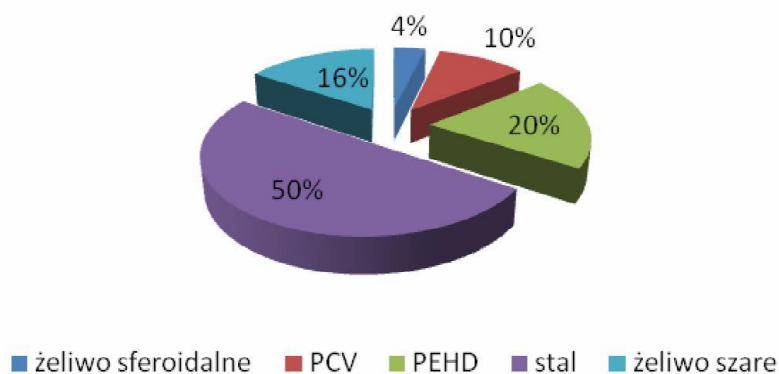
6.1. MATERIAŁY TECHNICZNE WYKORZYSTYWANE DO BUDOWY SIECI WODOCIĄGOWYCH I ICH WPŁYW NA JAKOŚĆ PRZESYŁANEJ WODY

Do przesyłu wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi służą urządzenia wykonywane z różnych materiałów technicznych, wśród których wyróżniamy materiały bazujące na surowcach naturalnych, takie jak stal, miedź czy żeliwo, oraz wytwarzane przez człowieka w procesach chemicznych, określane mianem tworzyw sztucznych. Należą do nich: polichlorek winylu (PVC), polietylen (PE), polipropylen (PP) oraz poli-1-buten (PB) [GABRYSZEWSKI 1983; PIELICHOWSKI, PUSZYŃSKI 1998].

a)



b)



Rys. 6.1. Procentowy udział rurociągów wykonanych z różnych materiałów na przykładzie: Wrocławia (a) i Chorzowa (b)

Źródło: KUŚ, ŚCIERANKA [2005]; ZIMOCH, JAMER, BINDA [2005].

Początkowo znaczną część systemów dystrybucji budowano ze stali i żeliwa oraz miedzi, choć w nieco mniejszym udziale. Już w XIX wieku znane były przeciwbakteryjne właściwości miedzi, jednak wysokie ceny rurociągów miedzianych powodowały ich ograniczone stosowanie. MATUSZEWSKA, KROGULSKA [2003] przeprowadziły badania dotyczące obecności bakterii z rodzaju *Legionella* w próbkach wód oraz w wymazach pobieranych z eksploatawa-

nych rurociągów wykonanych z różnych materiałów. Bakterie te w zakresie wartości $1 \cdot 10^4/100 \text{ cm}^3$ – $2,2 \cdot 10^3/100 \text{ cm}^3$ wykryto w próbkach wód pobieranych ze wszystkich badanych rurociągów, a mianowicie z miedzi, PP, PVC i stali ocynkowanej. Natomiast ich obecność stwierdzono w wymazach z rurociągów wykonanych z PP ($1,9 \cdot 10^4/100 \text{ cm}^3$), PVC ($3 \cdot 10^2/100 \text{ cm}^3$) oraz stali ocynkowanej ($1,9 \cdot 10^3/100 \text{ cm}^3$), a na rurociągach miedzianych nie. Powodem obecności bakterii w wodzie pobieranej z rurociągów miedzianych mogła być ich obecność we wcześniejszych odcinkach instalacji wykonanej z innego materiału, dlatego ich obecność nie została potwierdzona w wymazach z badanych rurociągów.

W przypadku rurociągów o dużych średnicach, takich jak magistrale czy przewody tranzytowe, lepiej sprawdza się stal oraz żeliwo, dlatego też ich udział w systemach dystrybucji w Polsce stanowi 50–75% [KUŚ, ŚCIERANKA 2005; ZIMOCZ, ŻABA 2004]. Niestety, materiały te częściej ulegają uszkodzeniom mechanicznym i korozji elektrochemicznej, co prowadzi do zwiększenia awaryjności sieci. MAKER [2000] oraz TU, ZHANG, ZHOU [1999] dowiedli zwiększonej podatności na korozję rurociągów wykonanych ze stali i żeliwa. Podczas procesu hartowania często dochodzi do powstawania mikroszczelin i pęknięć, w których podczas eksploatacji osiadają mikroorganizmy powodujące korozję mikrobiologiczną. Również miedź wykazuje wzrost podatności na korozję w wyniku eksponowania m.in. na różnice temperatur. RUSHING i EDWARDS [2004] przeprowadzili badania, w których określali wpływ temperatury otoczenia rur miedzianych na intensywność procesów korozji. Rurociąg wykonany z miedzi umieszczono tak, aby jedna jego połowa znajdowała się w temperaturze $5,^{\circ}\text{C}$, a druga $25,^{\circ}\text{C}$ i przesyłano nim wodę. Procesy fizyczne i chemiczne zachodzące w rurociągu podczas zmian temperatury otoczenia i przesyłania mas wody prowadziły do zmniejszenia masy rurociągu o około 0,07% w skali roku. Dlatego obecnie zalecane jest izolowanie od siebie sekcji wody zimnej i ciepłej w przypadku instalacji miedzianych [ZYSKA 2000].

Problemy związane z korozją metali, z których wykonane są instalacje sanitarne wynikają również z ich niewłaściwego łączenia. Przykładowo na styku elementów stalowych z mosiężnymi dochodzi do korozji elektrochemicznej. Podobnie jest w przypadku łączenia rur stalowych z elementami miedzianymi, gdyż osadzające się na powierzchni stali jony miedzi intensyfikują procesy korozyjne, dlatego też podczas łączenia elementów instalacji wodociągowej wykonanych z różnych materiałów istotny jest kierunek przepływu wody.

Materiały zawierające metale ulegają nie tylko korozji elektrochemicznej, ale również korozji mikrobiologicznej, będącej wynikiem obecności drobnoustrojów wykorzystujących substancję zawartą w rurociągach w swoich procesach metabolicznych [ŚWIDERSKA-BRÓZ, WOLSKA 2003]. Zjawisko korozji jest więc ściśle powiązane z obecnością błony biologicznej, gdyż pod warstwą mikroorganizmów łatwiej dochodzi do uszkodzeń materiałów technicznych. W przypadku stali i żeliwa są to najczęściej bakterie z rodzaju *Thiobacillus*, *Desulfovibrio*, *Desulfotomaculum*, *Gallionella* i *Sphaerotilus* [ZYSKA 2000]. SHENG, TING, PEHKONEN [2007] w swoich badaniach potwierdzili intensyfikację procesów korozji w wyniku obecności błony biologicznej powstałej na powierzchni stali.

Początkowo twierdzono, że miedź z uwagi na swoje antybakteryjne właściwości nie ulega korozji pod wpływem działalności drobnoustrojów, a jedynie korozji elektrochemicznej [ZYSKA 2000]. Jednak w 1987 roku, w jednym ze szkockich szpitali wykonano badania, na podstawie których stwierdzono korozję rur i kształtek miedzianych wywołaną przez drobnoustroje. Na rurociągach miedzianych najczęściej obserwowano bakterie z rodzajów *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Methylobacterium* i *Pseudomona* oraz grzyby i bakterie wykazujące zdolności do redukcji siarczanów [ZYSKA 2000].

Podatność materiałów naturalnych na korozję doprowadziła do stosowania inhibitorów korozji, którymi najczęściej są substancje zawierające fosfor, tj. mono-, poli- i ortofosforany sodu i cynku (np. liniowe długłańcuchowe polifosforany cynku). Ponieważ fosfor należy do pierwiastków biogennych, przeprowadzono w Max von Pettenkofer-Institut w Monachium

badania wpływu inhibitorów korozji na rozwój mikroorganizmów w sieci wodociągowej. Ostatecznie wykluczono jedynie wpływ mono- i polifosforanów na przyrost biomasy drobnoustrojów w wodzie wodociągowej oraz wykazano, że zwiększenie liczebności mikroorganizmów jest rezultatem nie tylko wysokich stężeń fosforu, ale proporcji jego stężenia i zawartości azotu, głównie amonowego [SUCHAŃSKI 2004]. Z kolei Li i in. [2004] wykazali, że na efektywność działania ortofosforanowych inhibitorów korozji znaczący wpływ ma skład wody. W badaniach rurociągów miedzianych, gdzie zastosowano wodę modelową zawierającą alginian sodu i kwasy fulwowe imitujące pozakomórkowe polimery produkowane przez bakterie i naturalną materię organiczną, zaobserwowano wzrost stężenia miedzi w wodzie, a tym samym wykazano obniżoną efektywność działania inhibitorów korozji w obecności wysokiego stężenia związków organicznych.

Duża awaryjność, podatność na procesy korozji oraz skomplikowane technologie montażu rurociągów stalowych, żeliwnych i miedzianych skłoniły do poszukiwania nowych rozwiązań. Wynikiem tego było wprowadzenie w latach 60. rurociągów z tworzyw sztucznych. Początkowo uważano, że gładka powierzchnia spowoduje zmniejszenie ilości zalegających w rurociągach osadów, a tym samym zmniejszy ryzyko powstawania obrostów mikrobiologicznych. Uważano również, że materiały te są odporne na zasiedlanie przez drobnoustroje, a tym samym nie będą ulegały korozji mikrobiologicznej. Jednak w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku IKADA [1999] stwierdził biodegradowalność materiałów syntetycznych, co dało początek przypuszczeniom, że materiały te mogą również ulegać korozji mikrobiologicznej w czasie eksploatacji. Stwierdzono jednocześnie, że jest to proces długotrwały [IKADA 1999; ZYSKA, ŻAKOWSKA 2005]. Degradacja materiałów zarówno pod wpływem czynników fizycznochemicznych jak i działalności drobnoustrojów objawia się między innymi przez zmianę struktury powierzchni (powstawanie rys, pęknięć), zmianę struktury chemicznej oraz powstawaniem wolnych rodników i metabolitów pośrednich [IKADA 1999; ZYSKA, ŻAKOWSKA 2005].

Rozkład tworzyw, z których wykonane są rurociągi, następuje w wyniku działalności mikroorganizmów, przede wszystkim aktywnych chemicznie metabolitów drobnoustrojów (głównie kwasy organiczne) i reakcji enzymatycznych. Istotny wpływ na intensywność biokorozji ma obecność w błonie biologicznej grzybów strzępkowych, które przez rozwój grzybni prowadzą do zwiększenia degradacji [CORTI i in. 2010; SCHLEGEL 2005; ZYSKA, ŻAKOWSKA 2005]. Stopień tego rozkładu uzależniony jest od rodzaju grup funkcyjnych, masy cząsteczkowej, budowy morfologicznej materiału, jego twardości i hydrofobowości, gdyż są to czynniki wpływające na przyswajalność danego materiału przez mikroorganizmy [PIELICHOWSKI, PUSZYŃSKI 1998; SCHLEGEL 2005].

Degradacja biotyczna materiałów polimerowych często poprzedzona jest degradacją abiotyczną, w wyniku której mogą następować zmiany chemicznej formy występowania węgla, przez co staje się on łatwiej przyswajalny dla mikroorganizmów.

W przypadku rurociągów syntetycznych głównym czynnikiem fizycznym wpływającym na zmiany materiału jest promieniowanie słoneczne. Rury, zwłaszcza o dużych średnicach, często magazynowane są – zarówno w zakładach produkcyjnych, jak i w miejscach sprzedaży – na otwartym terenie, gdzie w wyniku nasłoneczniania ulegają fotodegradacji. Skutkiem aktywacji makrocząsteczek polimeru przez energię świetlną, głównie w zakresie ultrafioletu, jest rozerwanie wiązań chemicznych występujących w polimerach. W początkowej fazie fotooksydacji może dochodzić do wytwarzania grup karbonylowych na powierzchni materiału, przez co zwiększa się jego charakter hydrofilowy. Wynikiem tego jest zwiększenie zwilżenia, co prowadzi do mikropęknięć powierzchni materiału rurociągów [ZYSKA, ŻAKOWSKA 2005].

Do produkcji rurociągów najczęściej stosowany jest **twardy polichlorek winylu**. Czysty polimer nie ulega fotodegradacji, jednak stosowane w procesie technologicznym wytwarzania rur substancje dodatkowe, które mogą stanowić nawet 40%, powodują absorbowanie promieni o długości około 220 nm. TERKIEWICZ, KUBERSKI, ŻAKOWSKA [2003] wykazali podatność

polichlorku winylu na korozję wywołaną obecnością drobnoustrojów. W procesie tym duże znaczenie mają warunki środowiskowe, tj. wilgotność oraz dostępność łatwo przyswajalnych substancji organicznych stymulujących wzrost mikroorganizmów. Intensywność procesu korozji wzrasta w obecności drobnoustrojów odpornych na wydzielany podczas procesu rozkładu polimeru chlorowódor [TERKIEWICZ, KUBERSKI, ŻAKOWSKA 2003].

W procesie wytwarzania polichlorku winylu w celu utrzymania odpowiedniego pH dodawane są fosforany, węglany oraz wodorotlenki metali alkalicznych. Substancje pomocnicze stosowane w produkcji rurociągów z PVC z czasem mogą być wypłukiwane do wody i stanowić źródło pokarmu dla bakterii i grzybów je zasiedlających lub charakteryzować się szkodliwymi właściwościami dla odbiorców wody [JANSON 2010; PIELICHOWSKI, PUSZYŃSKI 1998]. Potwierdziły to badania wykonane przez KOWALSKĄ, KOWALSKIEGO i KWIETNIEWSKIEGO [2009] dotyczące wymywania z rurociągów z polichlorku winylu związków cynoorganicznych wykorzystywanych jako stabilizatory podczas produkcji rur.

ARMOND, ARBEL i GREEN [1998] wykazali większą podatność polichlorku winylu ($>10^7$ jtk/cm²) na powstawanie obrostów mikrobiologicznych na jego powierzchni w stosunku do szkła i metalu/żelaza galwanizowanego ($<10^6$ jtk/cm²). **Polietylen** pomimo liniowej budowy i przeważającej ilości wiązań nasyconych zawiera cząsteczki o różnym stopniu rozgałęzienia, jak również zawierające podwójne wiązania między atomami węgla, co czyni go bardziej podatnym na biodegradację. Jednakże wykazuje on właściwości hydrofobowe, co jednocześnie znacznie obniża jego podatność na obrosty mikrobiologiczne, ale nie eliminuje całkowicie powstawania na jego powierzchni błon biologicznych. Podatność polietylenu na obrosty mikrobiologiczne ma negatywny wpływ na jakość mikrobiologiczną wody. W odplywach z układu badawczego zawierającego próbki rurociągu wykonanego z PE ilość bakterii psychrofilnych wzrastała do 328 jtk/cm³ w stosunku do ich liczebności w wodzie zasilającej [TRACZEWSKA, SITARSKA, TRUSZ-ZDYBEK 2010].

Polietylen – podobnie jak polichlorek winylu – ulega fotoooksydacji przez co zwiększa się jego wrażliwość na rozkład mikrobiologiczny [PIELICHOWSKI, PUSZYŃSKI 1998; ZYSKA i ŻAKOWSKA, 2005]. Uszkodzenia materiału w postaci pęknięć, rys, jak również zwiększenie jego kruchości, tłumaczone są podobnie wynikiem obecności tlenu w środowisku zastosowania, gdyż materiał ten łatwo ulega procesom „starzenia materiału” w warunkach dużego natlenienia [SZLEZYNGIER 1998].

Kolejnym polimerem stosowanym do przesyłu wody jest **polipropylen**, jednak jego udział w sieciach wodociągowych jest znacznie mniejszy od PVC i PE. Jest to materiał o dużej podatności na fotoooksydację pod wpływem promieniowania o długości światła <400 nm, dlatego też w procesie jego wytwarzania stosowane są stabilizatory ograniczające wpływ promieni UV. Podczas naświetlania tworzą się grupy nadtlenkowe i wolne rodniki, a następnie dochodzi do rozszczepiania łańcucha i tworzenia grup hydroksylowych i karbonylowych. Ostatecznie polipropylen staje się łatwiejszym źródłem węgla dla mikroorganizmów, które zaczynają się intensywnie rozwijać na jego powierzchni i prowadzą do dalszego rozkładu.

Przeprowadzone w Instytucie Włókiennictwa w Łodzi badania wykazały zwiększone osadzanie się bakterii na taśmach wykonanych z polipropylenu. Jednocześnie zaobserwowano, że wraz ze wzrostem ich szorstkości i nierównomierności powierzchni wzrasta ilość zasiedlających go bakterii [KIWAŁA 2009].

Polimerem o procentowym udziale w sieciach wodociągowych zbliżonym do polipropylenu jest **poli-1-buten**. Tworzywo to po raz pierwszy zostało otrzymane w 1961 roku, a na skalę przemysłową zaczęto je produkować trzy lata później. Właściwościami technicznymi przypomina polietylen. Stosowany jest głównie do przesyłu gorącej wody (do 95°C) [SZLEZYNGIER 1998]. **Polibutylen** jest najmłodszym materiałem a jego obecność na rynku jest stosunkowo krótka w porównaniu z pozostałymi polimerami wykorzystywanymi do dystrybucji wody do picia. Podczas gdy polichlorek winylu czy polietylen były wykorzystywane już

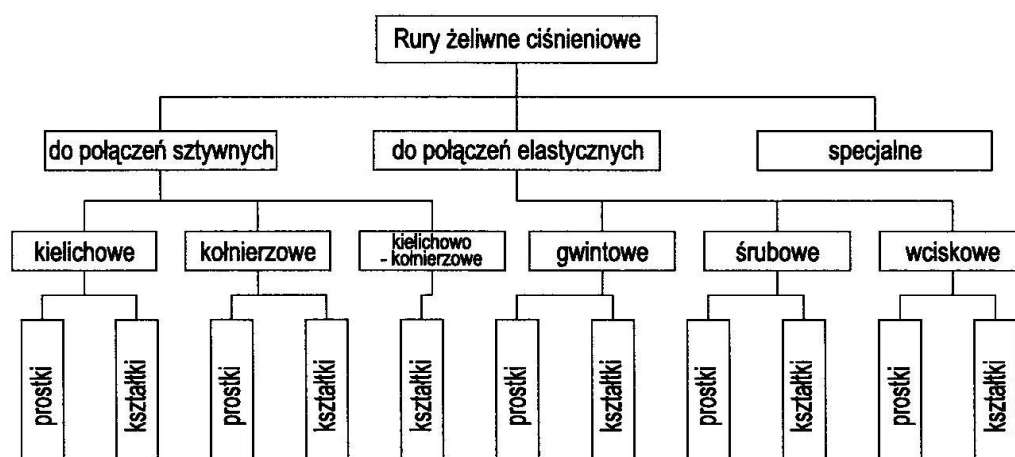
w latach 30. i 40. polibutylen w skali przemysłowej pojawił się dopiero trzydzieści lat później. Skutkiem tego jest wiele niewyjaśnionych kwestii dotyczących zarówno jego struktury jak i zmian zachodzących w jego budowie w wyniku eksploatacji. Natomiast rurociągi wykonane z PVC, PE czy PP w wielu systemach dystrybucji są eksploatowane nawet kilkadziesiąt lat, co pozwoliło na ocenę zmian samego materiału, jak i jego wpływu na jakość przesyłanej wody. Nie spotkano się również z badaniami dotyczącymi wpływu rurociągu wykonanego z polibutylenu na zmiany jakości fizyczno-chemiczne i mikrobiologiczne przesyłanej wody. Stwierdzono jednak możliwość powstawania na powierzchniach rurociągów wykonanych z polibutylenu błony biologicznej w wielkości $9,7 \cdot 10^4$ jtk/cm² dla ogólnej liczby bakterii psychrofilnych oraz $15 \cdot 10^4$ jtk/cm² dla ogólnej liczby grzybów w warunkach laboratoryjnych przy układzie badawczym zasilanym wodą wodociągową [TRACZEWSKA, SITARSKA 2009].

6.2. WYBRANE MATERIAŁY STOSOWANE DO BUDOWY SIECI INSTALACJI WODNO-KANALIZACYJNEJ

6.2.1. ŻELIWO

Żeliwo jest obecnie rzadko stosowane w budowie instalacji wodociągowych, natomiast w dalszym ciągu wykonuje się z niego instalacje kanalizacyjne. Do ich budowy stosowane jest żeliwo szare i sferoidalne.

W przypadku instalacji wodociągowej rury powinny być pokryte równomierną warstwą ochronną powłoki wodoodpornej, która powinna być gładka, nie łuszczyć się, szczelnie przylegać do ścianek rury i być odporna na lekkie uderzenia. Rury żeliwne są narażone na korozję punktową, co wynika z ich struktury materiałowej. Ponadto charakteryzują się małą zdolnością do przenoszenia naprężeń dynamicznych. Żeliwo sferoidalne ma lepsze właściwości ze względu na kulisty kształt cząstek węgla w jego strukturze. Ta cecha oraz duża masa wyrobów powoduje, że rurociągi montuje się z krótkich odcinków, co z kolei sprzyja występowaniu przecieków na złączach i awarii. Klasyfikację rur i kształtek żeliwnych przedstawiono na rysunku 6.2.



Rys. 6.2. Klasyfikacja rur żeliwnych
Źródło: ŻUCHOWICKI [2005].

6.2.2. RURY STALOWE

Rury stalowe są wykonywane jako: lekkie, średnie, ciężkie. Niezależnie od ich masy są produkowane w wielu wersjach materiałowych, które przedstawiono w następującym zestawieniu:

- ! rury stalowe czarne – CZ (bez powłoki antykorozyjnej),
- ! rury stalowe ocynkowane (na zimno lub na ciepło) – OC (z powłoką zabezpieczającą przed korozją),
- ! rury stalowe lakierowane – LK,
- ! rury stalowe ze szwem wzdłużnym lub spiralnym – S,
- ! rury stalowe ze szwem wzdłużnym lub walcowane na zimno lub ciągnione na zimno – SZ,
- ! rury stalowe bez szwu walcowane na gorąco – B,
- ! rury stalowe bez szwu walcowane lub ciągnione na zimno – BZ,
- ! rury stalowe gładkie,
- ! rury stalowe gwintowane,
- ! rury stalowe do wody, gazu,
- ! rury stalowe ciepłownicze – Cp.

Rury stalowe cechują się dużą wytrzymałością, natomiast są mało odporne na korozję.

6.2.3. RURY MIEDZIANE

Surowcem do wytwarzania rur i łączników wysokiej jakości jest stop miedzi odtlenionej fosforem o minimalnej zawartości czystej miedzi 99,9% oraz pozostałością fosforu w granicach od 0,015 do 0,040%. Jakość powierzchni rur miedzianych została ujęta w normie PN-EN 1057+A1:2010. Powierzchnia wewnętrzna i zewnętrzna rur miedzianych powinna być gładka, czysta, bez rys, pęknięć, porów i śladów po obróbce. W trakcie montażu należy pamiętać o tym, że współczynnik rozszerzalności miedzi jest 1,5 razy większy niż rur stalowych. Przewody wykonane z miedzi charakteryzują się długą żywotnością. Okres ich eksploatacji może ulec skróceniu w wyniku stosowania wody nieodpowiedniej jakości, złej technologii montażu powodującej korozję galwaniczną, niskiej jakości materiału i nieprawidłowej eksploatacji.

6.2.4. RURY I KSZTAŁTKI Z TWORZYW SZTUCZNYCH

W ocenie przydatności danego materiału do produkcji rur, które znajdą zastosowanie w wewnętrznych instalacjach wodociągowych, analizujemy następujące cechy:

- ! stała jakość transportowanej wody,
 - ! wytrzymałość na długotrwałe działanie ciśnienia wewnętrznego,
 - ! trwałość eksploatacyjna przewodów wynosząca minimum 50 lat.
- Klasyfikacji tworzyw sztucznych można dokonać z różnych punktów widzenia:
- ! ze względu na pochodzenie surowca użytego do produkcji tworzywa (naturalne, półsyntetyczne, syntetyczne),
 - ! ze względu na sposoby przetwarzania (termoplasty, duroplasty – termoutwardzalne i chemoutwardzalne),
 - ! ze względu na właściwości użytkowe związków wielocząstkowych (elastomery i plastomery).

Instalacje wodociągowe mogą być wykonywane np. z przewodów polietylenowych (PE). Rury polietylenowe otrzymujemy w wyniku procesu polimeryzacji etylenu. Etylen (PE-x) może być otrzymywany z alkoholu lub ropy naftowej. Jest produktem tanim, a więc i koszty wytwarzania produktu finalnego – rur – są konkurencyjne na rynku.

Rozróżniamy następujące rodzaje polietylenu:

- ! niskiej gęstości – LDPE,
- ! średniej gęstości – MDPE,

- ! wysokiej gęstości – HDPE,
- ! liniowy, niskiej gęstości – LLDPE,
- ! sieciowany – VPE.

Rury wodociągowe z polietylenu (PE) charakteryzują się następującymi zaletami:

- ! mały ciężar właściwy (są lżejsze od stali, żeliwa, PVC),
- ! odporność na działanie wielu związków chemicznych (producent udostępnia ich wykaz),
- ! odporność na działanie bakterii i grzybów,
- ! mały współczynnik chropowatości (małe opory przepływu i nieodkładanie się osadów),
- ! nie przewodzą prądu elektrycznego,
- ! elastyczność (właściwość pozwalająca tłumić uderzenia hydrauliczne),
- ! mały współczynnik przewodności cieplnej,
- ! układane w gruncie przewody nie wymagają stosowania kompensacji,
- ! trwałość przewodów,
- ! brak konieczności konserwowania przewodów,
- ! duża trwałość i pewność połączeń (możliwość łączenia z przewodami i kształtkami wykonanymi z innych materiałów).

Ostatnio stwierdzono jednak, że z rur PE wymywają się do wody niektóre z ich składników (utwardzacze i węgiel organiczny). Również na rurach z PE tworzy się błona biologiczna, z której bakterie pobierają jako pokarm składniki organiczne z rurociągów.

Innym rodzajem rur są rury warstwowe wykonywane z rury aluminiowej pokrytej od wewnątrz sieciowanym polietylenem (PE-X), natomiast od zewnątrz PE-HD. Zastosowanie rury aluminiowej zapewnia szczelność rurociągu. Rury warstwowe są stosowane w systemach zaopatrzenia w wodę pitną.

Rury tego systemu – warstwowe – cechują się następującymi zaletami:

- ! wysoka stabilność własna,
- ! elastyczność,
- ! odporność na korozję,
- ! odporność na działanie związków chemicznych,
- ! odporność na działanie promieniowania UV,
- ! mały ciężar właściwy,
- ! mały współczynnik rozszerzalności liniowej, np. w stosunku do miedzi,
- ! łatwość kształtowania (gięcia),
- ! możliwość recyklingu.

Najbardziej popularnym materiałem stosowanym w instalacjach wody pitnej i kanalizacyjnych jest polichlorek winylu (PVC). Do produkcji rur i kształtek stosowanych w wodociągach i kanalizacji stosowany jest PVC nieplastyfikowany, czyli twardy.

Rury z PVC charakteryzują się następującymi właściwościami:

- ! odporność na korozję ogólną i wżerową.
- ! nieprzewodzenie prądu elektrycznego,
- ! mały ciężar właściwy,
- ! gładkie, mały współczynnik chropowatości,
- ! duża elastyczność, zdolność tłumienia uderzeń hydraulicznych,
- ! mały współczynnik przewodności cieplnej,
- ! duża odporność na ścieranie,
- ! brak wpływu na właściwości organoleptyczne i chemiczne wody,
- ! prosty i szybki montaż przewodów oraz możliwość łączenia z przewodami wykonanymi z innych materiałów.

7. PODŁĄCZENIA WODY DO BUDYNKÓW

Instalacja podłączeniowa do budynków mieszkalnych i produkcyjnych powinna być zaprojektowana i wykonana jako bezpieczna, dostarczająca wymaganą ilość wody pitnej i użytkowej o określonej jakości. Aby spełnić powyższe warunki na rurociągu zasilającym w wodę należy zainstalować wodomierz i zawór antyskażeniowy.

Podczas projektowania i montażu wodomierzy w budynkach należy kierować się wymaganiami norm:

- ! PN-EN 14154-1: 2011: Wodomierze. Wymagania ogólne;
- ! PN-EN 14154-2: 2011: Wodomierze. Instalacje i warunki użytkowania;
- ! PN-EN 14154-3: 2011: Wodomierze. Metody badań i wyposażenie, oraz wymaganiami, którym powinny odpowiadać wodomierze, i szczegółowy zakres sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych zawartych w Rozporządzeniach:
 - ! Ministra Gospodarki z 23 października 2007 r. (Dz.U. 2007 nr 209, poz. 1513),
 - ! Ministra Rozwoju z 2 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań dla przyrządów pomiarowych (Dz.U. 2016, poz. 815).

Uaktualnione i rozszerzone dane, i zawarte w nich wymagania zostały określone w normach anglojęzycznych:

- ! ISO 4064–1:2014: Water meters for cold potable water and hot water – Part 1: Metrological and technical requirements”,
- ! ISO 4064–2:2014: Water meters for cold potable water and hot water – Part 2: Test methods”,
- ! ISO 4064–3:2014: Water meters for cold potable water and hot water – Part 3: Test report format”,
- ! ISO 4064–4:2014: Water meters for cold potable water and hot water – Part 4: Non - metrological requirements – not covered in ISO–4064–1:2014_E.

Zgodnie z tymi normami wodomierze są sklasyfikowane w dwóch klasach: 1 i 2, przy czym maksymalna wartość niedokładności pomiaru w klasie 1, w zakresie maksymalnego przepływu i temperatury wody od 0–30°C, nie może być większa niż ..1%, a w zakresie minimalnego przepływu ..3%. W wodomierzach 2 klasy wartość niedokładności pomiaru w zakresie maksymalnego przepływu i temperatury wody 0–30°C nie może być większa, niż ..2%, a dla minimalnego przepływu ..5%.

Poza wartością niedokładności pomiaru wodomierzy badane są możliwości pomiaru przepływów zwrotnych oraz pomiaru w zmiennych temperaturze i ciśnieniu wody, przy czym badane są przy ciśnieniu statycznym równym 1,6 górnej dopuszczalnej wartości ciśnienia przez 15 minut oraz ciśnieniu równym dwukrotnej górnej wartości dopuszczalnej przez jedną minutę, a także zachowanie się przepływomierza w warunkach braku wody. Ponadto badana jest trwałość i odporność na korozję oraz występowanie materiałów toksycznych. Badane są również części elektroniczne, jeżeli takie występują w przepływomierzu. Przykładowy opis przepływomierza powinien wyglądać następująco:

- ! $Q_3 = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$,
- ! $Q_3/Q_1 = 200$,
- ! montaż poziomy,
- ! klasa temperaturowa – 30,
- ! klasa strat ciśnienia – Δp 63,
- ! maksymalne dopuszczalne ciśnienie – 1 MPa,
- ! czułość profilu przepływu – $U0/D0$,

- ! numer seryjny 123456,
- ! rok produkcji 2008,
- ! producent ABC.

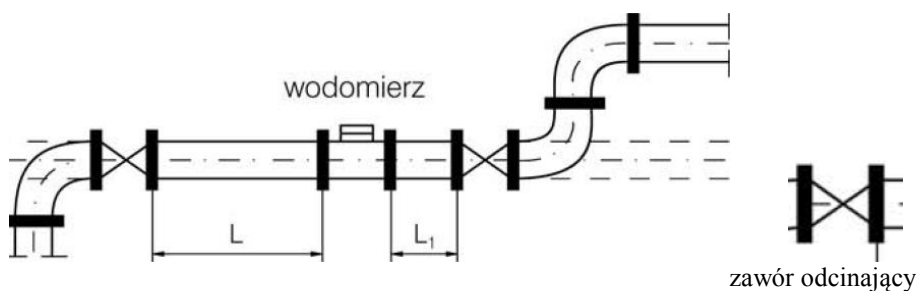
gdzie:

- Q_1 – minimalna wartość strumienia przepływu cieczy przez przepływomierz,
- Q_2 – wartość strumienia przepływu cieczy zawarta między stałą wartością strumienia cieczy Q_3 a minimalną wartością Q_1 , podzielona na dwa zakresy charakteryzujące się maksymalnymi dopuszczalnymi wartościami niedokładności pomiaru,
- Q_3 – najwyższa dopuszczalna wartość strumienia przepływu cieczy przy przepływie stałym, w którym przepływomierz mierzy ze stałą dopuszczalną niedokładnością pomiaru,
- U0 – U 10S – zakres klas jakości strugi cieczy przed przepływomierzem,
- D0 – D 3S – zakres klas jakości strugi cieczy za przepływomierzem.

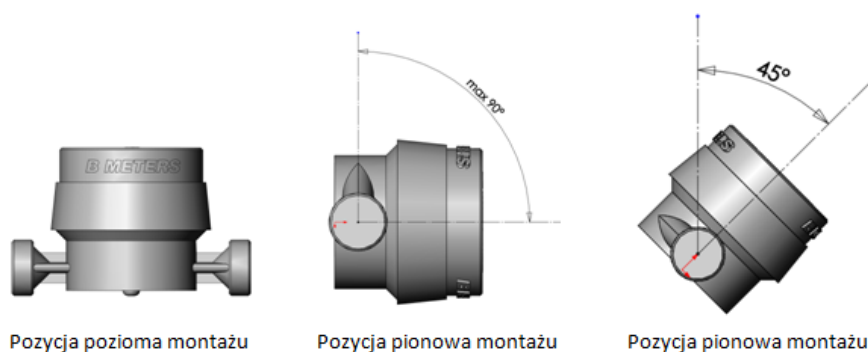
7.1. DOBÓR WŁAŚCIWEJ WIELKOŚCI WODOMIERZA

Za kryterium doboru właściwej wielkości (średnicy nominalnej – DN) wodomierza powinny służyć zawsze warunki pracy wodomierza, tj. przeciętna oraz maksymalna wartość roboczego strumienia objętości przepływającej wody. Zbyt duży wodomierz nie tylko zwiększy koszt inwestycji, ale wykazuje większą niedokładność wskazań w zakresie małego przepływu wody. Dobór zbyt małego wodomierza jest powodem jego przeciążania i tym samym przedwczesnego zużycia jego części czynnych.

Aby wodomierz działał właściwie w granicach jego zakresu pomiarowego i dopuszczalnej niedokładności pomiaru, należy wnikliwie ustalić zakres jego pracy w ciągu doby, względnie zakres ten należy ustalić na podstawie miesięcznego zużycia wody uwzględniając chwilowe, minimalne i maksymalne wartości strumienia objętości. Zaleca się taki dobór wielkości wodomierza, aby wielkość największego przewidywanego strumienia objętości w instalacji, odpowiadała wielkości 0,45 do 0,6 ciągłego strumienia objętości Q_3 przepływomierza. Zalecany sposób montażu przedstawiono na rysunkach 7.1 i 7.2 oraz fot. 7.1.



Rys. 7.1. Sposób montażu przepływomierza na rurociągu: L , L_1 – odcinki proste rurociągu, gdzie $L = 5$ DN, $L_1 = 3$ DN (DN – średnica nominalna)



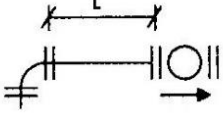
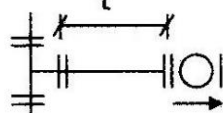
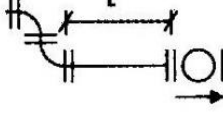
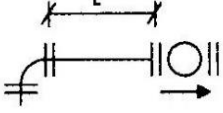
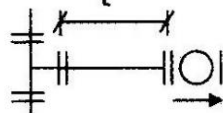
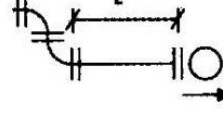
Rys. 7.2. Przykładowe sposoby instalowania przepływomierza: poziomy, pionowy, skośny



Fot. 7.1. Montaż przepływomierza z zaworami odcinającymi na rurociągu

Ze względu na szeroki zakres typów i zastosowań wodomierzy temat został ograniczony do opisu wymagań dotyczących instalowania wodomierzy na rurociągach. Wymagania zostały przedstawione w tabeli 7.1. Wszelkie odejścia od tych wymagań będą skutkować błędnymi wynikami odczytu natężenia przepływu i zużycia wody.

Tabela 7.1. Odległości wymagane podczas instalowania wodomierzy na rurociągach

Typ wodomierza	Liczydło wodomierza	Rurociąg
Wszystkie typy wodomierzy 	Wszystkie typy wodomierzy 	Wszystkie typy wodomierzy 
Wodomierze śrubowe z poziomą osią 	Wodomierze śrubowe z poziomą osią 	Wszystkie typy wodomierzy 
Zalecane odcinki proste przed wodomierzem: ! wodomierze jednostrumieniowe i wielostrumieniowe o połączeniach gwintowanych		L = 5DN
! wodomierze śrubowe z pionową osią oraz wodomierze jednostrumieniowe o połączeniach kołnierzowych		L = 0
! wodomierze śrubowe z poziomą osią DN50... 300		L = 3DN
! wodomierze śrubowe z poziomą osią DN400...800		L = 5DN
Zalecane odcinki proste za wodomierzem: ! wodomierze jednostrumieniowe i wielostrumieniowe o połączeniach gwintowanych		L = 3DN
! dla pozostałych typów wodomierzy brak wymagań zachowania odcinka prostego bezpośrednio za wodomierzem		

Źródło: ŻUCHOWICKI [2005].

7.2. DOBÓR RODZAJU PRZEPLYWOMIERZA

W opisanych wcześniej normach podano klasyfikację oraz metody badań przepływomierzy, natomiast w normie branżowej PN-92/B-01706 podano wytyczne doboru przepływomierzy w zależności od ich zastosowania i umieszczono w tabeli 7.2. Dobór rodzaju przepływomierza do wody (wodomierza) dla budynków opisanych w poniższej tabeli należy przyjąć: wodomierz jednostrumieniowy dla domów jednorodzinnych, dla pozostałych wodomierze wielostrumieniowe na zasilaniu obiektu, a jednostrumieniowe dla poszczególnych mieszkań lub pomieszczeń.

Tabela 7.2. Wytyczne doboru przepływomierzy w zależności od ich zastosowania wg normy: PN-92/B-01706

Rodzaj obiektu	Wzór	Uwagi
Budynek mieszkalny	$q \leq 0,682 \sqrt{\dot{A} q_n} \leq 0,14$	dla $0,07 \leq \dot{A} q_n \leq 20 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$ oraz armatury o $q_n < 0,5 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$
	$q \leq 1,7 \sqrt{\dot{A} q_n} \leq 0,7$	dla $\dot{A} q_n > 20 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$ oraz armatury o $q_n \geq 0,5 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$
Budynek biurowy, administracyjny	$q \leq 0,682 \sqrt{\dot{A} q_n} \leq 0,14$	dla $\dot{A} q_n \leq 20 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$
	$q \leq 0,4 \sqrt{\dot{A} q_n} \leq 0,48$	dla $\dot{A} q_n > 20 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$
Hotele i domy towarowe	$q \leq \sqrt{\dot{A} q_n} \leq 0,366$	Dla punktów czerpalnych o $q_n > 0,5 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$ oraz w obszarze $1 < \dot{A} q_n \leq 20 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$
	$q \leq 0,698 \sqrt{\dot{A} q_n} \leq 0,12$	dla punktów czerpalnych o $q_n < 0,5 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$ oraz w obszarze $0,1 < \dot{A} q_n \leq 20 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$
	$q \leq 1,08 \sqrt{\dot{A} q_n} \leq 1,83$	dla $\dot{A} q_n > 20 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$ (dla hoteli)
	$q \leq 4,3 \sqrt{\dot{A} q_n} \leq 6,65$	dla $\dot{A} q_n > 20 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$ (dla domów towarowych)
Szpitale	$q \leq 0,698 \sqrt{\dot{A} q_n} \leq 0,12$	dla $\dot{A} q_n \leq 20 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$
	$q \leq 0,25 \sqrt{\dot{A} q_n} \leq 1,25$	dla $\dot{A} q_n > 20 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$
Szkoły	$q \leq 4,4 \sqrt{\dot{A} q_n} \leq 3,41$	dla $1,5 \leq \dot{A} q_n \leq 20 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$ dla $\dot{A} q_n \leq 1,5 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$; $q = \dot{A} q_n$
	$q \leq 22,5 \sqrt{\dot{A} q_n} \leq 11,5$	dla $\dot{A} q_n > 20 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$

Objaśnienia: q – przepływ obliczeniowy, dm^3/s ; q_n – normatywny wypływ z punktu czerpalnego, dm^3/s ; Gq_n – suma wszystkich normatywnych wpływów z punktów czerpalnych obsługiwanych przez wymiarowany odcinek instalacji, dm^3/s .

W tej samej normie PN-92/B-01706 podano również wartości wpływów z poszczególnych punktów czerpalnych, co pokazano w tabeli 7.3.

Tabela 7.3. Wyflęwy wody normatywne dla punktów czerpalnych wg normy PN-92/B-01706

Rodzaj punktu czerpального			Wymagane ciśnienie na wylocie punktu czerpального [MPa]	Normatywny wyflęwy wody		
				mieszanej		zimnej lub cieplej
				q_n zimna [dm ³ /s]	q_n ciepła [dm ³ /s]	q_n [dm ³ /s]
Zawór czerpálny	bez perlatora	DN 15	0,05	-	-	0,3
		DN 20	0,05			0,5
		DN 25	0,05			1,0
	z perlatozem	DN 10	0,1			0,15
		DN 15	0,1			0,15
Głowica natrysku		DN 15	0,1	0,1	0,1	0,2
Płuczka ciśnieniowa		DN 15	0,12	-	-	0,7
		DN 20	0,12			1,0
Płuczka zbiornikowa		DN 15	0,05			0,13
Zawór splukujący do pisuarów		DN 15	0,1			0,3
Zmywarka do naczyń (domowa)		DN 15	0,1	-	-	0,15
Pralka automatyczna (domowa)		DN 15	0,1	-	-	0,25
Baterie czerpalne	do natrysków	DN 15	0,1	0,15	0,1	-
	do wanien	DN 15	0,1	0,15	0,1	
	do zlewozmywaków	DN 15	0,1	0,07	0,1	
	do umywalk	DN 15	0,1	0,07	0,1	
Bateria czerpalna z mieszalnikiem		DN 20	0,1	0,3	0,3	-
Warnik elektryczny		DN 15	0,1	-	-	0,1

O ile instalowanie wodomierzy jest wymagane w celu rozliczania kosztów wynikających ze zużycia wody, to konieczność montażu zaworów antyskażeniowych wynika z przepisów w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [Obwieszczenie MliR, 2013]. Zaworów antyskażeniowych dotyczy § 113, ust. 7 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie: „Instalacja wodociągowa powinna mieć zabezpieczenia uniemożliwiające wtórne zanieczyszczenie wody, zgodnie z wymaganiami dla przepływów zwrotnych, określonymi w Polskiej Normie dotyczącej projektowania instalacji wodociągowych” (PN-EN 1717: 2003 – „Ochrona przed wtórnym zanieczyszczeniem wody w instalacjach wodociągowych i ogólne wymagania dotyczące urządzeń zapobiegających zanieczyszczeniu przez przepływ zwrotny”, PN-EN 806-2:2005 (U) – „Wymagania dotyczące wewnętrznych instalacji wodociągowych do przesyłu wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Część 2: Projektowanie”, oraz PN-EN 806-3:2006 – „Wymagania dotyczące wewnętrznych instalacji wodociągowych do przesyłu wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi – Część 3: Wymiarowanie przewodów – Metody uproszczone”). Istotne są również normy produktowe określające zasady budowy i wymagania techniczne (zakres stosowania, wymiary, właściwości fizyko-chemiczne, hydrauliczne, mechaniczne i akustyczne) zaworów antyskażeniowych, szczególnie norma PN-EN 1717:2003, która określa ogólne wymagania dotyczące

metod i urządzeń zapobiegających zanieczyszczeniu przez przepływ zwrotny, w tym zaworów antyskażeniowych. Z analizy tej normy wynika, że ustanowienie jej jako oddzielnej normy poddyktowane było dostosowaniem polskiego prawa do wymogów prawa Unii Europejskiej. Przedstawiono w niej schematy rozwiązań antyskażeniowych z opisami i symbolami na 23 rysunkach. Są one dostosowane do różnych cieczy, co przedstawiono w tabeli 7.4.

Tabela 7.4. Określenie kategorii płynów, dla których wymagane jest zabezpieczenie antyskażeniowe (wg normy PN-EN 1717:2003)

Rodzaj wody/pływu	Kategoria
<i>1</i>	<i>2</i>
Woda przewidziana do konsumpcji przez ludzi	
użytkowa	1
pod wysokim ciśnieniem	1
stojąca	2
chłodzona	2
uzdatniona	2
gorąca sanitarna	2
para (stosowana do pożywienia, bez dodatków)	2
Woda z dodatkami lub w kontakcie z płynnymi lub stałymi dodatkami innymi, niż w kategorii 1	
zmiękczana, nie przewidziana do konsumpcji przez ludzi	3/4
z dodatkami antykorozyjnymi nie przewidziana do konsumpcji przez ludzi	3/4
z dodatkami antymrożeńiowymi	3/4
z wyciągami z alg	3/4
z płynnymi artykułami spożywczymi (soki, kawa, płyny bez alkoholu, zupy)	2
ze stałymi artykułami spożywczymi	2
z drinkami alkoholowymi	2
z produktami po myciu	3/4
ze środkami powierzchniowo czynnymi	3/4
ze środkami dezynfekcyjnymi nie przewidzianymi do spożycia	3/4
z detergentami	3/4
ze środkami chłodzącymi	3/4
Woda do innych zastosowań	
po gotowaniu żywności	2
po myciu owoców i warzyw (w cateringu)	3/5
po myciu wstępnym i zupełnym talerzy i pozostałych utensyliów kuchennych	5
po płukaniu talerzy i pozostałych utensyliów kuchennych	3
z centralnego ogrzewania, bez dodatków	3
ścieki różnego rodzaju	5
po kąpielach	5
do mycia z cystern	3
do WC	5

cd. tab. 7.4

<i>1</i>	<i>2</i>
do picia dla zwierząt	5
do basenów	5
do prania	5
sterylna	2
zdemineralizowana	2

Uwagi dotyczące kategorii płynów wymienionych w tabeli 7.4:

²⁾ niektóre elementy kategorii mogą zwiększyć poziom ryzyka (temperatura, materiały.....);

³⁾ woda kondycjonowana wewnątrz budynków (z pominięciem wyposażenia);

⁴⁾ granica między kategorią 3 i 4 wynika z zasady: LD 50 = 200 mg/kg masy ciała, zgodnie z Dyrektywą EU 93/21/EEC z 27 kwietnia 1993 roku;

⁵⁾ kategoria 5 dla wody przeznaczonej do prania wstępnego i zasadniczego, kategoria 3 dla wody do płukania.

Tabela 7.5. Matryca urządzeń zabezpieczających właściwych dla poszczególnych kategorii płynów (wg normy PN-EN 1717:2003)

Symbol ¹⁾	Urządzenie zabezpieczające	Kategoria płynów				
		1	2	3	4	5
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
AA	swobodna przerwa powietrzna	*	•	•	•	•
AB	przerwa powietrzna z przelewem nieokrągłym (nieograniczona)	*	•	•	•	•
AC	przerwa powietrzna z zanurzonym zasilaniem zawierającym wlot powietrza, z przelewem	*	•	•	–	–
AD	wlot powietrza z inżektorem	*	•	•	•	•
AF	przerwa powietrzna z okrągłym przelewem (ograniczona)	*	•	•	•	–
AG	przerwa powietrzna z przelewem testowana przez pomiar podciśnienia	*	•	•	–	–
BA	izolator z zaworem zwrotnym z kontrolowaną strefą redukcji ciśnienia	*	•	•	•	–
CA	izolator z zaworem zwrotnym z różnymi, niekontrolowanymi strefami ciśnienia				–	–
DA	zawór odcinający przepływ przy ciśnieniu powyżej atmosferycznego zainstalowany na rurociągu				–	–
DB	przerywacz przepływu z odpowietrzeniem atmosferycznym i ruchomym elementem					–
DC	przerywacz przepływu ze stałym odpowietrzeniem atmosferycznym					
EA	kontrolowany zawór antyskażeniowy	•	•	–	–	–
EB	niekontrolowany zawór antyskażeniowy – tylko dla określonego domowego zastosowania (patrz zał. 6 normy)					
EC	kontrolowany, podwójny zawór antyskażeniowy	•	•	–	–	–
ED	niekontrolowany, podwójny zawór antyskażeniowy – tylko dla określonego domowego zastosowania (patrz zał. 6 normy)					
GA	mechaniczny odłącznik bezpośrednio uruchamiany	•	•	•	–	–
GB	hydrauliczny odłącznik bezpośrednio uruchamiany	•	•	•	•	
HA	złącze węża zabezpieczające przed przepływem zwrotnym	•	•		–	–

cd. tab. 7.5

1	2	3	4	5	6	7
HB	odcinek węża do pryszniczicy z zaworem próżniowym			-	-	-
HC	automatyczny przełącznik – tylko dla określonego domowego zastosowania (patrz zał. 6 normy)					
HD	złącze węża z zaworami próżniowym i zwrotnym	•	•		-	-
LA	ciśnieniowy zawór wlotowy powietrza			-	-	-
LB	ciśnieniowy zawór wlotowy powietrza z zaworem zwrotnym zainstalowanym na wylocie	•	•		-	-

Objaśnienia: ¹⁾ symbole wg norm dotyczące rodzin przepływów w instalacji

Urządzenia z atmosferycznym wylotem nie powinny być instalowane w przypadku podatności na zatopienie (przykładowo: AA, BA, CA, GA, GB...); • pokrywa ryzyko, - nie pokrywa ryzyka, jeżeli $p = atm.$; - nie pokrywa ryzyka; * nie ma zastosowania.

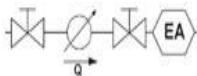
Kategorie rodzajów wody do poszczególnych zastosowań mają odniesienie do systemów zabezpieczeń, które są wyszczególnione i pokazane na schematach w normie PN-EN 1717 i opisane w tabeli 2 normy, która została powyżej przedstawiona w opisie jako tabela 7.5.

Pozostałe wymienione poniżej normy dotyczą poszczególnych urządzeń zapobiegających przepływowi zwrotnemu oraz ich badaniom:

- ! PN-EN 12729:2006: Urządzenia zapobiegające zanieczyszczeniu wody do picia w wyniku przepływu zwrotnego, izolator przepływów zwrotnych z możliwością nadzoru, z obniżoną strefą ciśnienia – Rodzina B, typ A.
- ! PN-EN 13959: 2005 (U): Zawory zapobiegające zanieczyszczeniu wody o średnicach DN 6 do DN 250 – Rodzina E, typ A, B, C, D.
- ! PN-EN 14367:2005 (U): Urządzenia zabezpieczające przed przepływem zwrotnym nie regulowane ze strefą zróżnicowanego ciśnienia – Rodzina C, typ A.
- ! PN-EN 14451:2005 (U): Urządzenia zapobiegające zanieczyszczeniu wody do picia w wyniku przepływu zwrotnego. Przerwywacze próżni DN 8 do DN 80 – Rodzina D, typ A.
- ! PN-EN 14452:2005 (U): Urządzenia zapobiegające zanieczyszczeniu wody do picia w wyniku przepływu zwrotnego. Przerwywacz na przewodzie z otworem napowietrzającym i elementem ruchomym DN 10 do DN 20 – Rodzina D, typ B.
- ! PN-EN 14454:2005 (U): Urządzenia zapobiegające zanieczyszczeniu wody do picia w wyniku przepływu zwrotnego. Izolator przepływów zwrotnych na przyłączy do węża DN 15 do DN 32 – Rodzina H, typ A.

Przykładowe rozwiązania przyłączy wodociągowych z zastosowaniem urządzeń opisanych w przedmiotowych normach przedstawiono na rysunkach: 7.3–7.8 [wg informacji firmy Socla].

• Dom jednorodzinny z wyposażeniem podstawowym



Przyłącze główne: rodzina EA

EA291NF, EA251,
EA251CC (dla przyłączy kątowych)
EA453

Uzasadnienie:

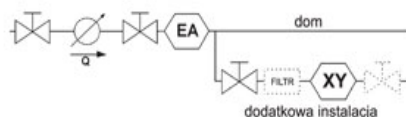
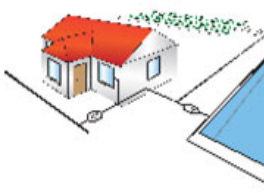
Przyjmuje się założenie, że wszystkie urządzenia domowe (jak pralka, zmywarka, urządzenia sanitarne) wyposażone są w odpowiednie indywidualne zabezpieczenia (np. przerwa powietrzna).

Wówczas płyn, jaki może pojawić się w instalacji, jest co najwyżej kategorii 2.

Rys. 7.3. Rozwiązanie przyłączy wodociągowych w domu rodzinnym z wyposażeniem podstawowym

Źródło: informacja firmy Socla.

• Dom jednorodzinny z dodatkowym wyposażeniem



Przyłącze główne: j.w. (rodzina EA)

Dodatkowa instalacja:

dobór (XY) w zależności od kategorii płynu, np.:

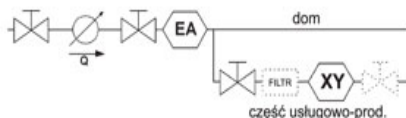
- basen z systemem dezynfekcji: BA2760, BA4760
- nadziemny system zraszania: CA296
- instalacja p.poż.: EA291NF, EA453

Uzasadnienie:

W przypadku gdy dodatkowe wyposażenie nie posiada ochrony indywidualnej, musi ono zostać niezależnie zabezpieczone. Wymóg taki nakłada norma PN-EN 806-2.

Rys. 7.4. Rozwiązanie przyłączy wodociągowych w domu rodzinnym z wyposażeniem dodatkowym

• Dom jednorodzinny z częścią usługowo-produkcyjną



Przyłącze główne: j.w. (rodzina EA)

Część usługowo-produkcyjna:

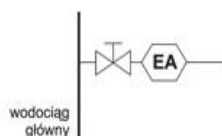
dobór (XY) w zależności od kategorii płynu najczęściej oddzielona za pomocą zaworów rodziny BA, tj. BA2760, BA4760

Uzasadnienie:

Każda instalacja dodatkowa musi zostać oddzielona od instalacji bytowej niezależnym zabezpieczeniem. Część usługowo-produkcyjną traktować należy jako niezależną instalację, wymagającą indywidualnej analizy pod kątem zagrożenia i niezbędnych zabezpieczeń. Wymóg taki nakłada norma PN-EN 806-2.

Rys. 7.5. Rozwiązanie przyłączy wodociągowych w domu rodzinnym z częścią usługowo-produkcyjną

• Instalacja p.poż



Przyłącze instalacji p.poż.: rodzina EA

EA291NF, EA251,
EA251CC (dla przyłączy kątowych)
EA453

Uzasadnienie:

Zakładając, że instalacja p.poż jest okresowo płukana (zgodnie ze szczegółowymi wytycznymi w tym zakresie), woda w niej znajdująca się jest co najwyżej kategorii 2 – tj. podgrzana lub schłodzona.

Każde odgałęzienie od instalacji wodociągowej do instalacji p.poż. musi posiadać niezależne zabezpieczenie.

Rys. 7.6. Rozwiązanie przyłączy wodociągowych dla instalacji przeciwpożarowej

• Budynek mieszkalny wielorodzinny



Przyłącze główne: rodzina BA

BA2760,
BA4760

Uzasadnienie:

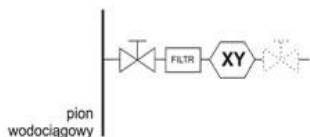
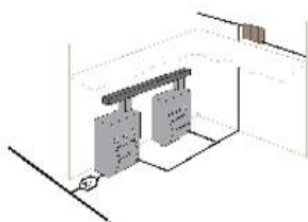
Z uwagi na fakt korzystania z wody przez wielu użytkowników, znacznie zwiększa się ryzyko wystąpienia kontaktu z płynem o kategorii gorszej niż 2. Dodatkowo wysokie ciśnienie statyczne w instalacji wew. budynków wielokondygnacyjnych zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia przepływu zwrotnego ciśnieniowego.

Stosowanie zabezpieczeń rodziny BA w budynkach wielorodzinnych jest zalecane również przez COBRTI Instal.

Rys. 7.7. Rozwiązanie przyłączy wodociągowych dla budynku mieszkalnego wielorodzinnego

Źródło: informacja firmy Socla.

• Instalacja grzewcza



Przyłącze do napelniania zładu ciepłowniczego:

dobór (XY) w zależności od kategorii płynu

- jeśli płyn w zładzie nie posiada inhibitorów: CA2096

- jeśli płyn w zładzie posiada inhibitory: BA2760, BA4760

Uzasadnienie:

Instalacja grzewcza, tak jak każda instalacja technologiczna, musi zostać poprzedzona odpowiednim zabezpieczeniem antyskażeniowym. W obrębie każdego obiektu, traktowana jest ona jako instalacja wewnętrzna, wobec czego należy stosować niezależne zabezpieczenie (wymóg taki nakłada norma PN-EN 806-2). Punkt zabezpieczenia usytuowany powinien być na przewodzie doprowadzającym wodę do instalacji grzewczej.

Potencjalnie cofający się płyn sklasyfikowano w kategorii 3 (jeśli nie ma inhibitorów korozji) lub kategorii 4 (gdy zawiera inhibitory)

Rys. 7.8. Rozwiązanie przyłączy dla instalacji grzewczej

Źródło: informacja firmy Socla.

8. STABILNOŚĆ CHEMICZNA I BIOLOGICZNA WODY WODOCIĄGOWEJ

8.1. WPROWADZENIE

Głównym problemem przedsiębiorstw wodociągowych w ostatnich latach wg SITARSKIEJ [2010] jest utrzymanie wymaganej jakości wody dostarczanej odbiorcom. Dostosowanie polskich przepisów prawnych dotyczących jakości wody do picia do przepisów Unii Europejskiej zaostriżyło wymagania dotyczące parametrów wody w punkcie jej poboru przez odbiorcę. W latach wcześniejszych badania jakości wody wodociągowej ograniczone były do monitorowania jej parametrów w punkcie wprowadzania do sieci, obecnie zgodnie z obowiązującym Rozporządzeniem Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [Rozporządzenie MZ 2017] wymagana jest również kontrola zmian jakości wody w systemach dystrybucji, a więc i jej jakość u odbiorcy [SUCHAŃSKI 2004; SZUSTER-JANIACZYK 2004; ŚWIDERSKA-BRÓŻ 2001].

Pogarszające się warunki hydrauliczne w systemach dystrybucji wody spowodowane zmniejszeniem poboru, przewymiarowaniem sieci oraz stanem technicznym rurociągów wpływają bardzo niekorzystnie na jakość przesyłanej wody. Następuje jej wtórne zanieczyszczenie [KŁOS, ZIMOCZ 2005; KUŚ, ŚCIERANKA 2005; ŚWIDERSKA-BRÓŻ, WOLSKA 2003]. Sieć wodociągową należy rozpatrywać jako reaktor, w którym zachodzą liczne procesy fizyczne, chemiczne i biochemiczne. Mają one istotny wpływ na parametry przesyłanej wody i są następstwem ilości i jakości wody wprowadzanej oraz pobieranej z układu [BENTHAM 2000; BESNER i in. 2001; ŚWIDERSKA-BRÓŻ, WOLSKA 2003]. Do najważniejszych czynników, których efektem jest wtórne zanieczyszczenie wody należą parametry fizyczno-chemiczne wody surowej oraz oczyszczonej, rodzaj i dawki dezynfektantów, stabilność mikrobiologiczna wody, rodzaj i stan techniczny materiałów, z których wykonana jest sieć, jej rozległość oraz natężenie przepływu i czas stagnacji przepływu. Jednym z istotnych skutków tego zjawiska jest powstawanie błon biologicznych na wewnętrznych powierzchniach rur [BESNER i in. 2001; OLSIŃSKA, SKIBIŃSKA 2007; ŚWIDERSKA-BRÓŻ, WOLSKA 2005].

Przed wprowadzeniem do systemu dystrybucji woda zostaje poddana licznym procesom uzdatniania, a ich układ technologiczny zależy od rodzaju i jakości ujmowanej wody surowej. W Polsce w wielu zakładach ujmowana jest woda powierzchniowa i to głównie klasy III, a tylko w nielicznych infiltracyjna i podziemna [KOWAL, ŚWIDERSKA-BRÓŻ 2000; KOWALSKI 2007]. W wielu miastach, oprócz wody niskiej jakości ujmowanej na cele wodociągowe, sieć jest w złym stanie technicznym wynikającym z jej wieloletniej eksploatacji oraz zmniejszenia poboru wody. Stagnacja wody w rurociągach prowadzi do niszczących je licznych procesów korozyjnych. Rurociągi stają się idealnym podłożem do powstawania błon biologicznych, co niekorzystnie wpływa na jakość wody, w tym głównie właściwości organoleptyczne [BESNER i in. 2001; GRAYMAN i in. 2004; HEIDRICH, JĘDRZEJKIEWICZ 2007; ŚWIDERSKA-BRÓŻ, WOLSKA 2003].

W ostatnich latach do dystrybucji wody do picia i na cele gospodarcze stosowane są materiały syntetyczne takie jak polichlorek winylu, polietylen, polibutylen oraz polipropylen. Tworzywa te są obecnie szeroko stosowane zarówno w sanitarnych instalacjach wewnętrznych, jak również w rurociągach przesyłowych (np. magistrale). Atrakcyjna cena oraz łatwość montażu sprawiają, iż procentowy udział polimerów w sieciach wodociągowych stale wzrasta. Zastępowane są nimi stare, skorodowane rurociągi i stanowią główny budulec nowych odcinków [KUŚ, ŚCIERANKA 2005; ZIMOCZ, JAMER, BINDA 2005]. Uważa się, że rurociągi wykonane z tworzyw sztucznych charakteryzują się małą chropowatością powierzchni, co ma m.in. minimalizować powstawanie obrostów mikrobiologicznych, głównie przez wydłużanie początkowej fazy two-

rzenia błony biologicznej, w której najistotniejszą rolę odgrywa adhezja mikroorganizmów do podłoża. Jednak kompozyty te mogą stanowić źródło substancji odżywczych dla drobnoustrojów. Związki chemiczne wykorzystywane w ich produkcji (utwardzacz, utrwalacz czy stabilizatory) mogą być z czasem wypłukiwane i stawać się wówczas potencjalnym substratem dla drobnoustrojów stymulując ich przyrost [ZYSKA, ŻAKOWSKA 2005].

Mikroorganizmy wchodzące w skład błony biologicznej, w wyniku swojej działalności życiowej, wytwarzają metabolity, które dostając się do wody powodują zwiększenie stężenia i różnorodności substancji chemicznych niekorzystnie wpływających na jakość wody. W czasie eksploatacji rurociągów często dochodzi do zmian natężenia przepływu, powodowanych różnicowaniem poboru przez odbiorców. Każda taka zmiana może powodować odrywanie całych fragmentów błony i przenoszenie ich na dalsze odcinki sieci często nie zasiedlone przez drobnoustroje [CHU, LU 2004; ŚWIDERSKA-BRÓZ, WOLSKA 2003].

Jednym z ważniejszych zagadnień jest podnoszony obecnie problem występowania w sieci wodociągowej bakterii z rodzaju *Legionella* oraz grzybów mikroskopowych, stwarzających zagrożenie epidemiologiczne [BENTHAM 2000; GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA 2006]. Bakterie te są szczególnie niepożądane w sieci wodociągowej ze względu na swój patogenny charakter oraz zdolność szybkiej adaptacji w środowisku biofilmów [TRAFNY 2000]. W zależności od rodzaju materiału mogą stanowić 1-35% ogólnej liczby wyizolowanych bakterii. Zdolność ich szybszego rozmnażania się w obecności organizmów jednokomórkowych, takich jak słodkowodne pierwotniaki, może prowadzić do nagłych wzrostów ich liczebności w wodzie, co nie pozostaje bez znaczenia w przypadku procesu tworzenia błony biologicznej [FRICKER., FRICKER 1995; GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA 2006]. **Grzyby występujące w sieci wodociągowej – oprócz swoich właściwości chorobotwórczych – są dodatkowo odporne na działanie dezynfektantów.** Główną formą występowania grzybów w systemach dystrybucji są spory, bądź skupiska grzybni, co utrudnia dostęp chemicznych środków dezynfekcyjnych do ich wnętrza. W obrostach mikrobiologicznych grzyby rozwijają się bardzo szybko, a ich metabolity prowadzą do znacznych uszkodzeń materiałów syntetycznych [BENTHAM 2000; ZYSKA 2000].

Z uwagi na zagrożenia techniczne oraz epidemiologiczne powodowane przez obrosty mikrobiologiczne w sieciach wodociągowych istotne jest badanie odporności materiałów wykorzystywanych do dystrybucji wody na takie zagrożenie. Stosowanie nowych materiałów do budowy instalacji sanitarnych, jak również rozwój technologii ich produkcji, generuje nowe zagadnienia wymagające wyjaśnienia. Jednym z nich jest wyjaśnienie wpływu parametrów fizycznych i chemicznych podłoża na szybkość powstawania obrostów mikrobiologicznych. SITARSKA [2010] podjęła próbę oceny wpływu rodzaju materiału wykorzystywanego do przesyłu wody na szybkość tworzenia się błony biologicznej, związanych z tym zmian jakości wody oraz częściowej identyfikacji tworzących tę błonę drobnoustrojów. Narzędziem było określenie jej bioróżnorodności z wykorzystaniem mikrobiologicznych metod izolacji oraz wpływu wieku rurociągu na jakość mikrobiologiczną wody.

Dodatkowo zbadano wpływ rodzaju i dawki dezynfektanta na bakterie wyizolowane z wody wodociągowej, co jest bardzo istotne w procesie usuwania błon biologicznych w instalacjach wodociągowych.

8.2. CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA UTRATĘ STABILNOŚCI WODY WODOCIĄGOWEJ

Jakość wody wprowadzanej do sieci wodociągowej ma istotne znaczenie dla zmian jej parametrów podczas przesyłu do odbiorcy [SITARSKA 2010]. Brak stabilności chemicznej wody stanowi bezpośrednią przyczynę jej zanieczyszczenia, m.in. wytrącania osadów CaCO_3 . Zalegające w rurociągach osady przyczyniają się do powstawania korozji podosadowej, jak również zwiększają szorstkość podłoża, ułatwiając w ten sposób obrastanie przez mikroorga-

nizmy obecne w wodzie. Woda cechująca się agresywnością korozyjną przyczynia się do intensyfikacji procesów elektrochemicznych metali oraz do korozji chemicznej betonu.

Z kolei brak stabilności biologicznej wody wprowadzanej do rurociągów sprzyja rozwojowi mikroorganizmów, które z czasem obrastają powierzchnie rur tworząc dojrzały biofilm. Powstała błona biologiczna jest bezpośrednią przyczyną wtórnego skażenia mikrobiologicznego wody oraz pogorszenia jej właściwości fizycznochemicznych w wyniku zmian składu wywołanych działalnością metaboliczną drobnoustrojów [ŚWIDERSKA-BRÓŹ 2003a].

Czynniki odpowiadające za zmiany parametrów jakościowych wody wodociągowej podczas jej przesyłu dzielimy na: strukturalne, eksploatacyjne i jakościowe. Z czynników strukturalnych istotne znaczenie mają:

- ! rodzaj materiału, z którego wykonany jest rurociąg (z uwagi na procesy korozyjne),
- ! średnica przewodu (zużycie środka dezynfekcyjnego w warstwie przyściennej zależy od powierzchni ściany oraz pojemności przewodu wodociągowego).

Do czynników eksploatacyjnych wpływających na jakość wody należą:

- ! prędkość przepływu wody (z uwagi na stagnację wody),
- ! ciśnienie,
- ! struktura sieci.

Wśród czynników jakościowych odgrywających największą rolę w procesie wtórnego zanieczyszczenia wody wyróżniamy:

- ! brak stabilności chemicznej wody,
- ! brak stabilności biologicznej wody [KOWAL 2003; OLSIŃSKA, SKIBIŃSKA 2007].

Wielkość zmian parametrów jakościowych zależy od czasu przetrzymania wody w systemie dystrybucji, wynikającego ze zbyt małego dobowego rozbioru w stosunku do wielkości sieci (długości i średnice przewodów). W ostatnich latach zapotrzebowanie na wodę w gospodarstwach domowych zmalało nawet do 35%, podczas gdy w latach wcześniejszych w wielu systemach dystrybucji wynosiło 50-79% przesyłanej wody [BUDZIŁO 2009].

Najistotniejszym czynnikiem strukturalnym jest rodzaj materiału, z którego wykonany jest rurociąg. Rodzaj materiału wpływa na intensywność przebiegu zarówno procesów adhezyjnych drobnoustrojów do ich powierzchni jak i procesów korozyjnych. Oba procesy są niezwykle istotne, gdyż wpływają bardzo niekorzystnie na jakość wody (uwalnianie do wody produktów metabolicznych mikroorganizmów oraz reakcje elektrochemiczne). W przypadku korozji, wywołane nią zmiany w strukturze fizycznej powierzchni rurociągów umożliwiają szybsze ich zasiedlanie przez drobnoustroje i tworzenie przez nie błon biologicznych, stanowiących zagrożenie dla zdrowia odbiorców wody oraz pogorszenia jej parametrów jakościowych. Również parametry techniczne rurociągu, takie jak jego średnica, nie pozostają bez wpływu na jakość wody. Wynika to m.in. ze zużycia środków chemicznych stosowanych do dezynfekcji przez co zmniejsza się jej skuteczność.

Wpływ rodzaju materiału rurociągu na efektywność procesu dezynfekcji badano w Finlandii [LEHTOLA i in 2005]. Do badań wykorzystano nowe rurociągi miedziane i polietylenowe (PE). Umieszczono je na okres 6 miesięcy w systemie dystrybucji wody aby wytworzyła się na ich powierzchni błona biologiczna. Układ badawczy, w którym określano wpływ dezynfekcji na biofilmy powstałe na różnych powierzchniach, zasilano wodą powierzchniową uzdatnioną w procesach koagulacji, sedymentacji/flotacji oraz pośpiesznej filtracji na złożu piaskowym. Natężenie przepływu wynosiło 121 cm³/min w przypadku PE i 118 cm³/min w przypadku miedzi. Obserwacje prowadzono przez 60 dni, wykorzystując dezynfekcję promieniami UV i chlorem. Stwierdzono zależność efektu dezynfekcji od rodzaju materiału rurociągu. W przypadku rur z polietylenu chlorowanie znacznie zmniejszyło ilość bakterii zarówno w wodzie jak i biofilmie, natomiast zanotowano jedynie nieznaczne obniżenie liczebności drobnoustrojów. Wysznięto tezę, że bakterie zasiedlające rurociąg miedziany charakteryzuje zwiększona oporność na toksyczne działanie chloru. Przeprowadzone badania stwierdziły

pozostałego w odpływach z obu rurociągów wskazały na konieczność zwiększania dawki chloru dla sieci wykonanych z rur miedzianych [LEHTOLA i in. 2005].

W przypadku rur wykonanych z polietylenu istotne jest także pogorszenie ich parametrów technicznych w wyniku kontaktu z chlorem. Przeprowadzone z wykorzystaniem chromatografii oraz metody DSC (skaningowa kalorymetria różnicowa) badania wykazały znaczną degradację tego materiału prowadzącą do daleko idących uszkodzeń powierzchni, a nawet krystalicznej struktury polimeru [HASSINEN i in. 2004]. W procesie tym szkodliwe substancje chemiczne są uwalniane z rurociągów do wody, a następnie wraz z nią spożywane przez odbiorców. Wraz z czasem eksploatacji rurociągów zwiększa się zużycie dezynfektanta wywołane jego reakcją chemiczną nie tylko z materiałem, z którego wykonany jest rurociąg, ale również z wytrąconymi na powierzchni osadami oraz powstałą błoną biologiczną. Przeprowadzone przez AL-JASSERA [2007] badania wykazały wzrost zużycia na poziomie 15-18% po 18 latach eksploatacji w porównaniu do nowych rurociągów ze stali i żeliwa. W przypadku rur z tworzyw sztucznych wraz ze zwiększającym się czasem eksploatacji rozkład dezynfektantów przy ściankach rur był mniejszy [AL-JASSER 2007].

Polichlorek winylu zmienia swoje właściwości pod wpływem światła słonecznego [ZYSKA, ŻAKOWSKA 2005]. Rurociągi z PVC podczas magazynowania często ulegają znacznemu nasłonecznieniu, dlatego AL-MALACK i SHEIKHELDIN [2001] przeprowadzili badania, w których eksponowano rury na promienie słoneczne, a następnie przez 30 dni tłoczono przez nie wodę redestylowaną o temperaturze 35°C. Stwierdzono wypłukiwanie monomerów chlorku winylu w ilości 2,5 µg/dm³, co zgodnie z U.S. Environmental Protection Agency znacznie przekracza dopuszczalne normy w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi [AL-MALACK, SHEIKHELDIN 2001].

Bakterie wykazują zróżnicowane właściwości adhezyjne w zależności od rodzaju podłoża. Ten sam rodzaj bakterii będzie z różną intensywnością zasiedlał poszczególne materiały w zależności od ich właściwości fizycznych. Drobnoustroje wytwarzają pozakomórkowe polimery (EPS) zwiększające ich zdolności adhezyjne. Ilość EPS zależy od rodzaju czy gatunku mikroorganizmu, ale również od fazy wzrostu, w jakiej się znajduje oraz panujących warunków środowiskowych. Większość bakterii ma ujemnie naładowaną powierzchnię, ponadto ich struktury powierzchniowe często zwiększają ich hydrofobowość, przez co w znacznie wyższym stopniu zasiedlają materiały o właściwościach hydrofilowych [CZACZYK, WOJCIECHOWSKA 2003]. W badaniach wzrostu bakterii *Pseudomonas* sp. na różnych podłożach zaobserwowano zróżnicowaną adhezję bakterii w zależności od ich ładunków [RASMUSSEN, ØSTGAARD 2003]. Również we wcześniejszych badaniach VANHAECKE i in. [1990], prowadzonych na dwóch rodzajach stali z wykorzystaniem piętnastu różnych szczepów bakterii *Pseudomonas aeruginosa*, zaobserwowano istotną zależność procesów osadzania bakterii od hydrofobowości podłoża.

Z kolei HALLAM i in. [2001] badali intensywność obrastania przez mikroorganizmy polichlorku winylu, polietylenu, cementu oraz szkła. Badania prowadzono w warunkach laboratoryjnych, wykorzystując reaktor zawierający próbki badanych materiałów i porównywano je z materiałami otrzymanymi z próbek wody pobranych z sieci wodociągowej. Stwierdzono, że organizmy najchętniej zasiedlały polichlorek winylu, następnie polietylen, cement a w najmniejszym stopniu szkło [HALLAM i in. 2001].

LU, KIÉNE i LÉVI [1999] wykazali, że w rurociągach z polimerów syntetycznych zużycie chloru w ciągu 2 godzin wynosiło 0,22 mg/dm³ w ilościach: 55% na zgromadzone w rurach osady, 25% na utlenienie związków zawartych w wodzie, 16% na biomase oraz 4% na materiał. Natomiast w przypadku żeliwa szarego ta ilość wynosiła 0,50 mg/dm³ z czego 57% zużyto na materiał, 25% na zgromadzone osady, 11% to utlenienie związków w wodzie oraz jedynie 7% na biomase. Zastosowane w badaniach rurociągi miały średnicę 250 mm [LU, KIÉNE, LÉVI 1999]. W przypadku zmian jakości mikrobiologicznej wód istotne znaczenie ma stężenie

nie pozostałego dezynfektanta, którego rozkład jest największy przy ściankach rurociągów i w dużym stopniu zależy od rodzaju i wieku materiału, ale także od średnicy rury.

W roku 2005 TAYLOR i in. [2006] przeprowadzili badania dotyczące uwalniania jonów metali z rurociągów wykorzystywanych do dystrybucji wody do picia w zależności od rodzaju przesyłanej wody, szczególnie od jej temperatury, pH, zasadowości oraz ilości chloru. Wykazali, że niska zasadowość wody podziemnej i powierzchniowej wpływa na uwalnianie jonów żelazowych z rurociągów do wody, gdy jony miedzi najintensywniej są uwalniane w warunkach wyższej zasadowości, a jony ołowiu w warunkach wysokiego stężenia chloru [TAYLOR i in. 2006].

HALLAM i in. [2002] badali wpływ rodzaju materiału, z którego wykonano rury, na szybkość zużywania chloru w systemie dystrybucji wody zakładając, że wolny chlor reaguje nie tylko ze związkami chemicznymi zawartymi w wodzie, ale również z powierzchnią rurociągów, a dokładniej pokrywającymi je substancjami chemicznymi. Badania prowadzono w wybranych punktach pomiarowych zlokalizowanych na sieci wodociągowej zasilanej oczyszczoną wodą powierzchniową. Rurociągi wykonane były z PVC (rok podłączenia: 1973, 1979, 1991), PE (1985) oraz stali (1959, 1960) i żelbetonu (oczyszczane w 1991). Jednocześnie prowadzono badania na nowych rurociągach z tych samych rodzajów materiałów w warunkach laboratoryjnych. Wykazano w nich, że w przypadku nowych rurociągów, wykonanych zarówno z tworzyw sztucznych, jak i ze stali i żelaza, zapotrzebowanie na chlor było znikome. Natomiast w badaniach na sieci wodociągowej, rury wykonane z PVC oraz PE wykazywały mniejsze zapotrzebowanie na chlor niż stalowe. Największe różnice obserwowano w przypadku małych średnic rur, gdzie w rurociągach stalowych wykazano znaczny wzrost zużycia chloru, natomiast w rurociągach żelbetonowych zużycie chloru było znacznie mniejsze. Potwierdziło to wcześniejsze dane literaturowe, że cement zmniejsza dostęp chloru do żelaza zawartego w materiale, który w takich warunkach trudniej wchodzi w reakcje z chlorem. Wykazano również, że rurociągi stalowe charakteryzują się największą zmiennością w zużyciu chloru [HALLAM i in. 2002]. Zwiększone zużycie związków chloru prowadzi do zmniejszenia stężenia dezynfektanta w wodzie wodociągowej, co przyczynia się do wtórnego skażenia mikrobiologicznego wody, mającego istotny wpływ, na jakość dostarczanego odbiorcom produktu.

Jakość wody wprowadzanej do sieci wodociągowej może ulegać w drodze do odbiorcy znacznemu pogorszeniu się w wyniku m.in. panujących w sieci warunków hydraulicznych. Rozległość sieci i niskie ciśnienia w rurociągach, w połączeniu z niewielkim zapotrzebowaniem na wodę, sprzyja jej stagnacji, przez co czas jej pozostawiania w systemie dystrybucji wydłuża się nawet do kilku dni. Przetrzymanie wody w sieci prowadzi do wzrostu temperatury, która jest głównym czynnikiem zwiększającym intensywność rozmnażania bakterii, a zawartość organicznych i nieorganicznych związków biogenych umożliwia utrzymywanie się ich zwiększonej liczebności przez dłuższy czas [GRAYMAN i in. 2004; KUŚ, ŚCIERANKA 2005; OLLOS, HUCK, SLAWSON 2003].

ZHANG i FANG [2000] badali stabilność biologiczną wody w systemie dystrybucji i wykazali, że AOC (asymilowany – przyswajalny – węgiel organiczny) nie jest jedynym czynnikiem odpowiedzialnym za zwiększenie się liczebności drobnoustrojów w wodzie podczas jej przesyłu. Wydłużony czas przetrzymania wody w systemie prowadzi do zmniejszenia stężenia dezynfektanta, co stymuluje rozwój bakterii. Aby zapobiec temu zjawisku pozostały chlor związany należy utrzymywać na poziomie około 2 mg/dm^3 . Równie dużym problemem jest wzrost temperatury wody – powyżej 15°C – w dalszych odcinkach sieci, który powoduje intensywne zwiększenie się liczebności bakterii. Również BESNER i in. [2001] wykazali wpływ temperatury na brak stabilności biologicznej wody wodociągowej. Największą liczebność bakterii heterotroficznych obserwowano w temperaturze wody $17\text{--}22^\circ\text{C}$. Bakterie z grupy *coli* obserwowano w wodzie o temperaturze $20\text{--}25^\circ\text{C}$, podczas gdy w niższych temperaturach

(do 10°C) nie stwierdzono ich obecności, pomimo znacznej liczebności bakterii heterotroficznych [BESNER i in. 2001].

KERNEIS i in. [1995] przeprowadził badania dotyczące zmian jakości biologicznej wody w zależności od czasu jej przetrzymania w sieci wodociągowej, zaopatrującej w wodę ludność trzynastotysięcznego miasta położonego w południowo-wschodniej Francji. Była to woda powierzchniowa uzdatniana w procesie koagulacji, sedymentacji, dezynfekcji, filtracji na filtrach piaskowych i ponownej dezynfekcji. Wydajność zakładu to 2500 m³/d. Wodę analizowano w szesnastu punktach pomiarowych zlokalizowanych na sieci. Mierzono stężenia dezynfektanta, ogólną liczbę bakterii heterotroficznych, stężenia rozpuszczonego i biodegradowalnego rozpuszczonego węgla organicznego oraz rozpuszczony tlen. Stwierdzono, że czas przetrzymania może być wyjaśnieniem braku wyraźnych korelacji pomiędzy małą liczebnością bakterii heterotroficznych a stężeniem BDOC (biodegradowalny rozpuszczony węgiel organiczny), pomimo jego wysokiego stężenia. Wykazano, że istotny wpływ na rozwój mikroorganizmów ma temperatura wody. Pomiar stężenia BDOC może być jedynie uzupełnieniem w badaniu stabilności biologicznej wody wodociągowej w obecności innych parametrów, gdyż wykazano że jego ilość w wodzie może być niewielka przy niewielkiej liczebności bakterii, a mimo to woda jest niestabilna. Było to wynikiem obecnego w sieci biofilmu, który zmniejszał stężenie BDOC, zużywając związki organiczne w swoich procesach metabolicznych. Również tlenu rozpuszczonego nie należy traktować, jako czynnika istotnie wpływającego na przyrost bakterii, ponieważ wykazano, że pomimo jego wysokiego stężenia w wodzie ilość bakterii była nieznaczna. Do oceny stabilności biologicznej wody należy brać pod uwagę nie tylko węgiel organiczny, ale przede wszystkim substancje biogenne, takie jak fosfor i azot [KERNEIS i in. 1995].

Również rozległość sieci pozostaje w związku ze zmianami jakości mikrobiologicznej wody. Na przykładzie dwóch stacji ujmujących wodę podziemną, uzdatnianą w procesie natleniania oraz filtracji grawitacyjnej i dezynfekowanej lampami UV i podchlorynem sodu, wykazano że w miarę wydłużania odległości od zakładu uzdatniania liczba bakterii psychrofilnych zwiększyła się ponad czterokrotnie [OLAŃCZUK-NEYMAN i in. 2004].

Zachodzące w wodzie podczas transportu procesy chemiczne i biochemiczne, uzależnione są m.in. od jakości wprowadzanej wody, a na ich intensywność wpływa jej skład chemiczny oraz liczebność i bioróżnorodność drobnoustrojów. Czas przetrzymania wody w sieci również wpływa niekorzystnie na jej parametry jakościowe, wzrost temperatury w wyniku stagnacji prowadzi do intensyfikacji wielu niepożądanych procesów [OLSIŃSKA, SKIBIŃSKA 2007].

W przypadku wody o wyższym stopniu mineralizacji, łatwiej dochodzi do reakcji chemicznych z wytrącaniem się osadów na powierzchniach wewnętrznych rurociągów, co przyspiesza procesy korozyjne [KOWAL, ŚWIDERSKA-BRÓŻ 2000]. Zmiany chropowatości wywołane w wyniku korozji przyspieszają proces tworzenia obrostów mikrobiologicznych, intensyfikując zjawisko adhezji drobnoustrojów do podłoża. Powstałe na rurociągach osady stanowią źródło substancji odżywczych zwiększając liczebność mikroorganizmów [ŚWIDERSKA-BRÓŻ, WOLSKA 2003].

GAUTHIER i in. [1999] przeprowadzili badania dotyczące ilości związków organicznych zdeponowanych w osadach powstających na ściankach rur w dużych systemach dystrybucji wody, związanym z tym wzrostem ilości mikroorganizmów oraz zużyciem dezynfektanta. Na wybranych odcinkach sieci usuwano mechanicznie zalegające w rurociągu osady (o grubości 2-3 mm), następnie na hydrancie zamontowano nylonową siatkę o prześwicie 100 μm, w celu oddzielenia większych frakcji osadów (<100 μm oraz >100 μm), i przy natężeniu przepływu 60 m³/h pobierano przez 3 minuty przesącz, w którym oznaczano ilość materii organicznej w obu frakcjach, ilość bakterii w wodzie nad osadami i w przesączu oraz ilość pozostałego chloru wolnego. Badania wykazały, że w materii organicznej występowały frakcje zawierające azot, wskazując tym samym na obecność żywej biomasy, w której biomasa bakterii wahała się od 1 do 12%. W badaniach tych 1% węgla organicznego odpowiadał 1,2 · 10⁸ jtk bakterii.

Wraz ze wzrostem ilości materii organicznej zdeponowanej w osadach, zwłaszcza w przypadku zwiększenia się udziału frakcji organicznej zawierającej azot, zwiększało się zużycie chloru [GAUTHIER i in. 1999].

Na rozwój błon biologicznych będących główną przyczyną wtórnego skażenia mikrobiologicznego wody wpływa przede wszystkim ilość łatwo przyswajalnych związków organicznych [KOWAL 2003]. Dostępność tych związków stymuluje przyrost liczby bakterii heterotroficznych, wśród których mogą być obecne również formy patogenne i warunkowo patogenne. Według VAN DER KOOIJ i in. [1999], w celu ograniczenia rozwoju bakterii heterotroficznych w systemach dystrybucji, stężenie AOC w wodzie nie powinno przekraczać $10 \mu\text{g}/\text{dm}^3$.

W kilku systemach dystrybucji wody zasilanych z ujęć powierzchniowych i podziemnych w północnych Chinach oznaczano zmiany stężenia przyswajalnego węgla organicznego podczas oczyszczania i przesyłu wody. Stwierdzono, że jedynie 4% badanych próbek wody zawierało mniej niż $100 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ AOC, a prawie połowa aż ponad $200 \mu\text{g}/\text{dm}^3$. W oczyszczonych wodach podziemnych zawartość AOC mieściła się w zakresie $92\text{--}482 \mu\text{g}/\text{dm}^3$. Na zmiany stężenia AOC w sieci wpływały przede wszystkim dwa czynniki, tj. ilość ogólnej materii organicznej, która w wyniku utleniania w reakcji z chlorem (wykorzystywanym do dezynfekcji) tworzy nowe związki łatwiej przyswajalne oraz liczebność mikroorganizmów zużywających węgiel organiczny w procesach metabolicznych. Zmiany AOC w sieci zależały również od pory roku. W przypadku wody powierzchniowej w okresie zimowym obserwowano wzrost stężenia przyswajalnego węgla organicznego w wodzie w sieci w stosunku do stężenia AOC w wodzie wprowadzanej. W pozostałych porach roku ilość węgla przyswajalnego w wodzie w sieci wodociągowej była mniejsza niż w wodzie uzdatnionej. W przypadku wody podziemnej pora roku nie miała wpływu na ten parametr, ponieważ stężenie AOC w wodzie wodociągowej było w całym okresie niższe w wodzie uzdatnionej [LIU i in. 2002].

Oprócz ilości przyswajalnego węgla organicznego w wodzie wodociągowej na zwiększenie liczebności drobnoustrojów istotny wpływ mają również nieorganiczne substancje biogenne, takie jak związki azotu czy fosforu oraz stężenia innych pierwiastków (potasu, siarki, wapnia czy magnezu). Wykazali to m.in. SATHANSIVAN, OHGAKI [1999] w Tokio, badając wpływ ilości rozpuszczonego węgla organicznego oraz nieorganicznych substancji pokarmowych obecnych w wodzie wodociągowej i ich wpływ na rozwój mikroorganizmów w sieci. W połowie przeprowadzonych analiz czynnikiem limitującym wzrost mikroorganizmów były substancje nieorganiczne, takie jak fosfor.

Związki organiczne obecne w wodzie wodociągowej reagując ze związkami stosowanymi do jej dezynfekcji (tj. ditlenek chloru, chloraminy, chlor) prowadzą do powstawania związków chemicznych o różnej przyswajalności dla bakterii zmniejszając tym samym stężenie dezynfektanta, co w konsekwencji prowadzi do braku stabilności mikrobiologicznej wody. ŚWIETLIK i in [2004] przeprowadzili badania reaktywności naturalnej materii organicznej obecnej w wodach wodociągowych z ditlenkiem chloru wykorzystywanym do ich dezynfekcji. Wyodrębniono sześć frakcji naturalnej i utlenionej materii organicznej. W wodzie poddanej analizie znaczną część stanowiły frakcje hydrofobowe, które w wyniku reakcji z ditlenkiem chloru zmieniały swój charakter, przez co udział tych frakcji ostatecznie malał. Dowiedziono, że ClO_2 powoduje przede wszystkim rozpad cząstek o największych ciężarach cząsteczkowych oraz cząstek z dużym udziałem grup aromatycznych, powodując wzrost stężenia związków o niskich masach cząsteczkowych, takich jak aldehydy czy kwasy karboksylowe, łatwiej dostępne dla mikroorganizmów [ŚWIETLIK i in. 2004].

Według francuskich badaczy LU, KIÉNE, LÉVI [1999], pH wody ma istotny wpływ na szybkość rozkładu chloru w rurociągach, głównie z uwagi na formę występowania chloru. Stosunek HOCl/OCl^- jest kontrolowany przez odczyn wody, natomiast HOCl jest znacznie wydajniejszy, jako środek dezynfekcyjny niż OCl^- [LU, KIÉNE L., LÉVI 1999].

8.3. OBROSTY MIKROBIOLOGICZNE (BIOFILM) W SIECIACH WODOCIĄGOWYCH

Częstym zjawiskiem w systemach dystrybucji wody są obrosty mikrobiologiczne. Powstają one w wyniku dostawania się wraz z wodą do sieci wodociągowej mikroorganizmów, których obecność jest konsekwencją niedoskonałości procesów oczyszczania [PRÉVOST i in. 1998; TRACZEWSKA, SITARSKA 2009]. Woda zawierająca zarówno organiczne, jak i nieorganiczne substancje biogenne, często występujące w formach łatwo przyswajalnych dla drobnoustrojów, stanowi środowisko o sprzyjających warunkach do ich rozmnażania, co prowadzi do zwiększenia ich liczebności [LECHEVALLIER, SCHULZ, LEE 1991; OLLOS, HUCK, SLAWSON 2003]. Dodatkowo intensyfikacji tych procesów w sieci wodociągowej mogą sprzyjać panujące w niej warunki hydrauliczne. Wysoka koncentracja bakterii w stagnującej wodzie przyczynia się do ich osiadania na ściankach rurociągów. Początkowo powierzchnia rury pokrywa się pojedynczymi komórkami, ale z czasem zaczynają się one rozmnażać i tworzyć kolonie, z których powstaje dojrzała forma biofilmu [WALKER, SURMAN, JASS 2000]. Jego obecność nie pozostaje bez wpływu na jakość fizyczno-chemiczną, organoleptyczną oraz mikrobiologiczną wody dostarczanej odbiorcom. Problemy związane z błoną biologiczną powstającą na wewnętrznych powierzchniach rurociągów do dystrybucji wody do picia oraz na elementach armatury przyczyniły się do zintensyfikowania badań naukowych przyczyniających się do lepszego poznania tego zjawiska [PRÉVOST i in. 1998].

SITARSKA [2010] w swej pracy również analizowała podatność wybranych materiałów polimerowych, takich jak PVC, PE, PP i PB, z których wykonywane są rurociągi do dystrybucji wody do picia, na powstawanie na ich powierzchniach obrostów mikrobiologicznych oraz ich wpływ na jakość wody i stan techniczny rurociągów (korozja mikrobiologiczna polimerów). Badania prowadzono w warunkach statycznych, przepływowych oraz rzeczywistych, wykorzystując wrocławską sieć wodociągową. Sprawdzone również wpływ rodzaju i dawki dezynfektanta na występujące w wodzie wodociągowej podstawowe formy morfologiczne bakterii.

Obecność biofilmu w sieci wodociągowej jest wysoce niepożądana, m.in. ze względu na intensyfikację procesów korozyjnych w wyniku reakcji metabolicznych drobnoustrojów (korozja mikrobiologiczna). Na intensywność tych zjawisk wpływają m.in. zdeponowane w rurociągach osady, które mogą stanowić doskonałe podłoże do rozwoju błony biologicznej. Biofilmy powstające na powierzchniach wewnętrznych rurociągów mogą stanowić, nawet 1–12% zdeponowanej w osadach materii organicznej. W badaniach GAUTIERA i in. [1999] 1% tej materii odpowiadał $1,2 \cdot 10^8$ jtk bakterii.

Rozwój błony biologicznej nie pozostaje bez wpływu na powierzchnię, na której się rozwija. Badania wpływu oddziaływania drobnoustrojów na polimery syntetyczne przez pomiar zmian tekstury powierzchni prowadzono z dwoma materiałami biologicznymi, a mianowicie mieszanej kultury bakterii wyizolowanych z wody wodociągowej oraz muzealnego szczepu *Pseudomonas aeruginosa*. Zmiany w strukturze powierzchni materiałów polimerowych, w wyniku osadzania się na nich drobnoustrojów, stwierdzono jedynie w przypadku badań mikroflory wyizolowanej z wody wodociągowej. Mieszana kultura drobnoustrojów zapewnia większą różnorodność enzymatyczną niż w przypadku jednego szczepu, co mogło znacznie ułatwić wykorzystywanie komponentów rurociągów przez bakterie, jako źródła węgla i energii. Może również dochodzić do zjawiska kometabolizmu. Z uwagi na różnorodność organizmów w mieszaninie bakterii istnieje większe prawdopodobieństwo wystąpienia enzymów adaptacyjnych w przypadku krótszej ekspozycji drobnoustrojów na badane materiały [GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA 2006; KUNICKI-GOLDFINGER 2008; SCHLEGEL 2005].

W przypadku badań z wykorzystaniem pojedynczego szczepu bakterii nie stwierdzono ich wzrostu na materiałach polimerowych, co może dowodzić jedynie braku odpowiednich

enzymów i zbyt krótkiego okresu kontaktu bakteria/materiał na wytworzenie enzymów adaptacyjnych, nawet jeśli istniały możliwości genetyczne proponowanego w normie szczepu [PN-EN ISO 846:2002]. Stwierdzono, że tekstura powierzchni początkowo wykazywała tendencję wysokich szczytów i niewielkich wgłębień, jednak po okresie eksploatacji i usunięciu z powierzchni obrostu nastąpiło znaczne jej „wygładzenie” w wyniku zmniejszenia wysokości szczytów. Dowodzi tego zmniejszenie skośności powierzchni. Również zdjęcia wykonane techniką skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM, z ang. *scanning electron microscope*) – wykryły korozyjne uszkodzenia badanych materiałów. Podobnie Liu i in. [2002], stosując mikroskopię skaningową zaobserwowali, że wzrost mikroorganizmów na powierzchniach rurociągów zależał od chropowatości powierzchni.

Zgodnie z danymi literaturowymi początkowa warstwa błony biologicznej może powstawać w ciągu trzech tygodni. ZACHEUS i in. [2000] w swych badaniach uzyskali po trzech tygodniach na powierzchni PVC biofilm wielkości $7,7 \cdot 10^5$ jtk/cm². Badali liczebność bakterii psychrofilnych i mezofilnych w próbkach wody pobieranych z dopływów i odpływów z układów badawczych (laboratoryjny, mikrostat) dla poszczególnych polimerów. Na podstawie porównania zmian wykazano obecność obrostu mikrobiologicznego już w pierwszym tygodniu badań. Wahanie liczebności bakterii w odpływie w początkowych dniach badań wynikało najprawdopodobniej z braku stabilności struktury obrostu, będącej rezultatem zróżnicowanych zdolności adhezyjnych do powierzchni. W miarę trwania badań nie obserwowano znaczących wzrostów liczby bakterii w wodach odpływających z reaktorów z jednoczesnym ciągłym utrzymywaniem się zwiększonej w początkowym okresie liczebności.

Struktura błony biologicznej, a więc również jej wytrzymałość na uszkodzenia, związana jest m.in. z ilością pozakomórkowych polimerów oraz „gęstością biofilmu”, która zwiększa się wraz z wiekiem obrostu [OHASHI i in. 1999]. Potwierdziły to również badania WÄSCHE, HORN, HEMPEL [2002], w których istotne wahania liczebności bakterii w wodzie obserwowano w początkowych etapach badań (zbyt krótki okres narastania). Później wzrost liczebności drobnoustrojów nie był już tak gwałtowny. Mogło to wynikać z „zagęszczenia” biofilmu, przez co jego struktura stawała się na tyle stabilna, że nie dochodziło już do tak intensywnego uwalniania drobnoustrojów z błony biologicznej do wody. W przeprowadzonych badaniach wielkość błony biologicznej po 160 dniach wynosiła dla układu zasilanego wodą wodociągową $35 \cdot 10^2$ jtk/cm² dla PVC, $93 \cdot 10^2$ jtk/cm² dla PE, $149 \cdot 10^4$ jtk/cm² dla PP i $486 \cdot 10^3$ jtk/cm² dla PB, a w badaniach prowadzonych w mikrostatie po 140 dniach 196 jtk/cm² dla PVC i $16 \cdot 10^4$ jtk/cm² dla PE w przypadku bakterii psychrofilnych wyrosłych na podłożu odżywczym. Dla bakterii mezofilnych wartości te wynosiły odpowiednio 80 jtk/cm² (PVC), $22 \cdot 10^2$ jtk/cm² (PE), $12 \cdot 10^2$ jtk/cm² (PP), $80 \cdot 10$ jtk/cm² (PB), 44 jtk/cm² (PVC mikrostat) oraz $67 \cdot 10^2$ jtk/cm² (PE mikrostat). Wielkość błony biologicznej zależała od rodzaju podłoża (materiału, z którego wykonano rurociąg) oraz liczebności i rodzaju bakterii obecnych w wodzie, z którą mają kontakt tworzywa [CZACZYK, WOJCIECHOWSKA 2003; ŚWIDERSKA-BRÓŻ 2003a]. Liczebność bakterii w wodzie zasilającej układ badawczy ZACHEUSA i in. [2000] utrzymywała się na poziomie 10^5 – 10^6 jtk/cm³, gdyż była to woda preparowana, a w wyżej wymienionej pracy układy zasilane były wodą wodociągową oraz uzdatnioną (bez dezynfekcji), w których liczebność bakterii, poza incydentalnymi wzrostami, nie przekraczała wartości normowanych (100 jtk/cm³ dla bakterii psychrofilnych, 50 jtk/cm³ dla bakterii mezofilnych) dla układu laboratoryjnego, natomiast dla mikrostatu okresowo wzrastała do wartości $4 \cdot 10^2$ jtk/cm² [ZACHEUS i in. 2000].

Wahania i znaczny wzrost liczebności drobnoustrojów w wodzie odpływającej z reaktorów z próbkami wszystkich badanych tworzyw sztucznych wskazywały na ich podatność na obrosty biologiczne. Przyrost bakterii dowodził dostępności substratów pokarmowych, a więc i zdolności bakterii wodnych do wykorzystywania składników badanych materiałów, jako źródła węgla i energii. Największe przyrosty ilości drobnoustrojów w wodzie odpływającej obserwowano w przypadku reaktora zawierającego próbki polibutylenu, co mo-

że dowodzić jego największej podatności na obrosty biologiczne i podatności na biodegradację. Znaczne przyrosty stwierdzono zarówno w przypadku bakterii psychrofilnych (do 15840 jtk/cm^3), będących mikroflorą autochtoniczną, jak i bakterii mezofilnych (do 2970 jtk/cm^3) należących do organizmów allochtonicznych. Podobne wyniki uzyskano dla reaktora zawierającego polipropylen (psychrofilne $\leq 14240 \text{ jtk/cm}^3$, mezofilne $\leq 1120 \text{ jtk/cm}^3$).

Najmniejsze przyrosty ilości drobnoustrojów stwierdzono w przypadku polichlorku winylu oraz polietylenu. W przypadku PVC dla bakterii psychrofilnych wzrost liczebności w stosunku do wody wodociągowej stwierdzono jedynie w czterech próbkach przez cały okres trwania badań w ilości poniżej 20 jtk/cm^3 , a dla PE poniżej 6 jtk/cm^3 . Bakterie mezofilne występowały znacznie liczniej, co stanowi duże zagrożenie dla odbiorców wody, gdyż wśród nich obecne mogą być formy warunkowo patogenne lub patogenne. Ich ilości dla próbek wody z reaktora zawierającego PVC wynosiły do 606 jtk/cm^3 , a dla PE do 352 jtk/cm^3 , podczas gdy dla wody do picia nie powinny one przekraczać ilości 50 jtk/cm^3 . Polimery chlorku winylu i etylenu wykazały mniejszą podatność na powstawanie na ich powierzchni błony biologicznej. Dowodem tego był mniejszy przyrost liczby bakterii psychrofilnych i mezofilnych w odpływie w stosunku do wody zasilającej niż dla reaktorów zawierających polipropylen czy polibutylen. Potwierdziły to również badania pomiaru ilości mikroorganizmów przypadających na jednostkę powierzchni. W przypadku PVC w układzie laboratoryjnym ilość bakterii psychrofilnych wynosiła $35 \cdot 10^2 \text{ jtk/cm}^2$ (AO) i $50 \cdot 10^2 \text{ jtk/cm}^2$ (R2A), mezofilnych 80 jtk/cm^2 (AO) i 40 jtk/cm^2 (R2A), a grzybów 61 jtk/cm^2 (Sab.) i 59 jtk/cm^2 (Chap.-Dox.). Dla pozostałych materiałów w układzie przepływowym zasilanym wodą wodociągową odpowiednio PE: psychrofilne $93 \cdot 10^2 \text{ jtk/cm}^2$ (AO) i $97 \cdot 10^2 \text{ jtk/cm}^2$ (R2A), mezofilnych $22 \cdot 10^2 \text{ jtk/cm}^2$ (AO) i $14 \cdot 10^2 \text{ jtk/cm}^2$ (R2A), a grzybów 1040 jtk/cm^2 (Sab.) i 667 jtk/cm^2 (Chap.-Dox.); PP psychrofilne $149 \cdot 10^4 \text{ jtk/cm}^2$ (AO) i $167 \cdot 10^4 \text{ jtk/cm}^2$ (R2A), mezofilnych $12 \cdot 10^2 \text{ jtk/cm}^2$ (AO) i $23 \cdot 10^2 \text{ jtk/cm}^2$ (R2A), a grzybów $105 \cdot 10^3 \text{ jtk/cm}^2$ (Sab.) i $219 \cdot 10^3 \text{ jtk/cm}^2$ (Chap.-Dox.); PB psychrofilne $486 \cdot 10^3 \text{ jtk/cm}^2$ (AO) i $538 \cdot 10^3 \text{ jtk/cm}^2$ (R2A), mezofilnych $80 \cdot 10 \text{ jtk/cm}^2$ (AO) i $17 \cdot 10^2 \text{ jtk/cm}^2$ (R2A), a grzybów $67 \cdot 10^3 \text{ jtk/cm}^2$ (Sab.) i $48 \cdot 10^3 \text{ jtk/cm}^2$ (Chap.-Dox.). Badania przeprowadzone w mikrostacie zasilanym wodą uzdatnioną niepoddaną procesowi dezynfekcji wykazały, że zasiedlenie polimerów bakteriami było nieznacznie mniejsze niż dla tych samych materiałów (PVC, PE) w układzie laboratoryjnym. Dla polichlorku winylu wynosiło 196 (AO) i 867 (R2A) jtk/cm^2 , mezofilnych 44 jtk/cm^2 dla obu podłoży mikrobiologicznych, a ilość grzybów $64 \cdot 10^2 \text{ jtk/cm}^2$ (Sab.) i $30 \cdot 10^3 \text{ jtk/cm}^2$ (Chap.-Dox.), a dla polietylenu ilość psychrofilii $16 \cdot 10^4 \text{ jtk/cm}^2$ (AO) i $12 \cdot 10^3 \text{ jtk/cm}^2$ (R2A), mezofilnych $67 \cdot 10^2 \text{ jtk/cm}^2$ (AO) i $31 \cdot 10^2 \text{ jtk/cm}^2$ (R2A), a ilość grzybów $65 \cdot 10^3 \text{ jtk/cm}^2$ (Sab.) i $123 \cdot 10^3 \text{ jtk/cm}^2$ (Chap.-Dox.).

Wpływ rodzaju podłoża na powstawanie obrostu, określane jako jego podatność, wykazała ARMON, ARBEL, GREEN [1998], którzy badali biofilm powstały na PVC, szkło i metalu (galwanizowane żelazo). Stwierdzili znaczny wzrost drobnoustrojów na polichlorku winylu ($>10^7 \text{ jtk/cm}^2$), podczas gdy na pozostałych materiałach wzrost ten był mniejszy (10^3 - 10^6 jtk/cm^2). Również HALLAM i in. [2001] uzyskali znaczny wpływ rodzaju podłoża na rozwój błony biologicznej. Cztery przebadane materiały uszeregowano wg ich podatności na powstawanie obrostu następująco:

szkło < cement < MDPE (polietylen o średniej gęstości) < polichlorek winylu

Z kolei VAN DER KOOIJ i in. [1999] twierdzą, iż rodzaj podłoża nie ma istotnego znaczenia na wzrost biofilmu, natomiast czynnikiem stymulującym rozwój drobnoustrojów jest przede wszystkim dostępność do łatwo przyswajalnych substancji odżywczych. Również ZACHEUS i in. [2000] prowadząc badania nad formowaniem się błony biologicznej na PVC, PE i stali uzyskali niewielkie różnice w wielkości biofilmu na badanych materiałach. Wyniki ich badań przedstawione w tej pracy pozwalają na uszeregowanie podatności materiałów polime-

rowych na powstawanie na ich powierzchniach obrostów mikrobiologicznych w następującej kolejności: polichlorek winylu < polietylen < polipropylen < polibutylen.

W warunkach naturalnych w środowisku wodnym dominują bakterie Gram-ujemne, które między innymi wydzielają do środowiska znacznie mniejsze ilości enzymów pozakomórkowych niż bakterie Gram-dodatnie, co wynika z różnic w budowie ich osłon komórkowych i lokalizacji ektoenzymów. Podczas izolacji różnych form morfologicznych bakterii stwierdzono zdecydowaną dominację Gram-dodatnich form cylindrycznych. Bakterie Gram-dodatnie są typowymi mikroorganizmami allochtonicznymi dostającymi się do środowiska wodnego np. z gleby. Mała przepuszczalność błony komórkowej powoduje wydzielanie przez nie do środowiska znacznych ilości enzymów pozakomórkowych mających na celu przeprowadzenie reakcji rozkładu wielkocząsteczkowych związków do małowcząsteczkowych, mogących swobodnie przedostawać się przez błonę do komórki bakteryjnej [GAJEWSKI 1994].

W przeprowadzanych badaniach [KUŚ, ŚCIERANKA 2005; PALUCH 1973; SCHLEGEL 2005] zaobserwowano dominację bakterii mezofilnych w tworzących się na polimerach obrostach, pomimo wykrywania ich niewielkich ilości w wodzie wodociągowej. Bakterie te mogły przedostawać się do sieci wodociągowej z gleby w wyniku uszkodzeń rurociągów (nieszczelności, mikropęknięcia, awarie na sieci). Zapewne były to bakterie mezofilne o bogatym wyposażeniu enzymatycznym, przez co znacznie ułatwiona była penetracja tworzywa w celu adaptacji substancji odżywczych, skutkująca ich intensywnym rozwojem. Na podstawie uzyskanych wyników LIU i in. 2002; XIA i in. 2007] wielkości przyrostów drobnoustrojów w wodzie z reaktorów, można wstępnie oszacować szybkość narastania/formowania błony biologicznej na poszczególnych materiałach. Największą stabilnością cechował się obrost powstały na polibutylenie, gdzie najrzadziej obserwowano „zrywy”, a liczebność bakterii mezofilnych w wodzie od 70. doby utrzymywała się na podobnym poziomie. Największe wahania ilości bakterii w odpływie stwierdzono w przypadku reaktora zawierającego próbki PVC, co pośrednio może świadczyć o braku stabilności biofilmu powstałego na powierzchni polichloru winylu. Zależało to najprawdopodobniej od struktury powierzchni, które znacznie różniły się od siebie. Polibutylen cechował się większą chropowatością ($S_{SK}=0,33$, $S_{KU}=3,17$) niż polichlorek winylu ($S_{SK}=0,76$, $S_{KU}=2,89$), intensyfikując adhezję bakterii do podłoża i jednocześnie ochraniając je przed czynnikami środowiskowymi. W przypadku stężenia OWO (ogólnego węgla organicznego), które mieściło się w zakresie od 0,78 do 3,67 mg C/dm³, stwierdzono duże wahania jego zmian w dopływie i odpływie przez cały okres badań. Zgodnie z literaturą wzrost liczebności drobnoustrojów w wodzie wodociągowej związany jest ze wzrostem stężenia OWO. W przeprowadzonych badaniach nie we wszystkich przypadkach wzrostowi liczebności bakterii psychrofilnych i mezofilnych w wodzie towarzyszył wzrost stężenia ogólnego węgla organicznego. Obecność OWO w wodzie do picia jest wynikiem niedoskonałości procesów technologicznych jej oczyszczania oraz uwalniania się go np. z martwych komórek bakteryjnych. W przeprowadzonych badaniach zmniejszenie stężenia tego parametru mogło być wynikiem wykorzystywania węgla organicznego w procesach życiowych drobnoustrojów wchodzących w skład błon biologicznych. Dlatego przy zwiększonej liczebności bakterii w wodzie stężenie OWO mogło być mniejsze, zwłaszcza w początkowych fazach tworzenia, kiedy to następują intensywne podziały komórkowe [LIU i in. 2002; XIA i in. 2007].

Obserwowane zmiany stężenia azotu amonowego wahały się w różnych granicach, w zależności od rodzaju badanego materiału, co mogło wynikać ze zróżnicowania organizmów obrastających dany polimer. Nie stwierdzono powiązania między stężeniem azotu amonowego a zmianami liczebności bakterii w odpływach z reaktorów.

Ilość azotu azotynowego w wodzie dopływającej i odpływającej kształtowała się na poziomie <0,01 mg N-NO₂/dm³, wartości te były bardzo małe, co wskazuje na brak wpływu tego parametru na powstawanie obrostów.

Azotu azotanowego w próbkach wody z reaktora w 90% wykonanych analiz było więcej niż z wodzie dopływającej. Niskie stężenie azotu amonowego oraz wyższe azotu azotanowego mogło świadczyć o obecności w powstałych na polimerach obrostach biologicznych bakterii nitryfikacyjnych dostających się do systemu dystrybucji wody wraz z ujmowaną wodą. Z czterech badanych materiałów najbardziej stabilny wzrost azotanów w wodzie odpływającej w stosunku do wody dopływającej obserwowano dla polipropylenu i polibutylenu. W przypadku polichloru winylu oraz polietylenu następowały okresowe wahania, podczas których ilość azotu azotanowego w odpływie była mniejsza niż w dopływie.

Analiza porównawcza zmian liczebności bakterii psychrofilnych oraz mezofilnych wykazała, że w warunkach zwiększonej liczby bakterii psychrofilnych, wyrosłych na wzbogaconym podłożu agarowym, zwłaszcza powyżej 60 jtk/cm³, zmniejsza się stężenie ortofosforanów lub utrzymuje na podobnym poziomie jak w wodzie zasilającej. W przypadku większej liczby bakterii mezofilnych stężenie ortofosforanów w odpływie jest nieznacznie większe niż w dopływie. Szczególnie widoczne było to w przypadku polichloru winylu, gdy w 25. dobie w obecności bakterii psychrofilnych stężenie ortofosforanów w wodzie zasilającej wynosiło 0,03 mg PO₄³⁻/dm³ podczas gdy w odpływie już 0,02 mg PO₄³⁻/dm³ oraz w 73. dobie, kiedy to nie stwierdzono obecności bakterii psychrofilnych natomiast zwiększona była liczba bakterii mezofilnych, a stężenie fosforu wynosiło odpowiednio 0,03 mg PO₄³⁻/dm³. Nieorganiczne związki fosforu stymulują rozwój mikroorganizmów w sieci wodociągowej, czego dowiodły badania przeprowadzone przez SATHASIVANA, OHGAKI [1999].

W analizie jakościowej powstałych na badanych materiałach obrostach mikrobiologicznych stwierdzono także obecność grzybów, a ich liczebność była zbliżona do ilości bakterii. Najniższe wartości obserwowano na polichloru winylu (61 i 59 jtk/cm² w przypadku pożywek dla rozwoju organizmów Sabouraud'a i Chapek-Doxa) oraz na podłoża na polietylenie (1040 i 667 jtk/cm² dla podłoża Sabouraud'a i Chapek-Doxa) w badaniach prowadzonych w układzie laboratoryjnym. Największy udział grzybów w błonie stwierdzono na polipropyle – 105·10³ jtk/cm² dla podłoża Sabouraud'a i 219·10³ jtk/cm² na podłożu Chapek-Doxa, podczas gdy ilości bakterii psychrofilnych wynosiły 149·10⁴ jtk/cm², a mezofilnych 12·10³ jtk/cm² (dla podłoża wzbogaconego). Szereg podatności materiałów syntetycznych z uwagi na ich podatność na zasiedlanie przez grzyby mikroskopowe był następujący:

polipropylen > polibutylen > polietylen > polichlorek winylu

Obecność grzybów potwierdziły również zdjęcia wykonane przez elektronowy mikroskop skaningowy oraz wstępna identyfikacja podczas izolacji materiału biologicznego. Grzyby stanowią duże zagrożenie dla materiałów polimerowych, a ich wzrost w postaci grzybni (plechy) powoduje, że pokrywają znaczne powierzchnie wydzielając jednocześnie na nie produkty metaboliczne. W wodzie mogą występować grzyby z rodzaju *Aspergillus* i *Penicillium*, które mogą wytwarzać enzymy prowadzące do rozkładu związków organicznych. Ich obecność jest szczególnie niepożądana w wodzie do picia, gdyż woda zawierająca przetrwalniki tych grzybów, może stanowić pośrednią przyczynę psucia się żywności [SCHLEGEL 2005]. W wodzie wodociągowej obecność grzybów z rodzaju *Aspergillus* i *Penicillium* zaobserwował zespół badawczy HAPCIOGLU i in. [2005], natomiast BRINKMAN i in. [2003] dodatkowo z rodzaju *Candida*. Wśród grzybów mikroskopowych wchodzących w skład błony biologicznej mogą również znajdować się gatunki wytwarzające toksyny wpływające niekorzystnie na zdrowie odbiorców wody [GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA 2006].

Powstałe na powierzchniach badanych materiałów polimerowych błony biologiczne wykazały zróżnicowanie gatunkowe w zależności od rodzaju podłoża. Możliwe było występowanie organizmów warunkowo patogennych i patogennych dla ludzi i zwierząt. Jedną z metod skutecznego usuwania błony biologicznej z powierzchni wewnętrznych rurociągów mogło okazać się wykorzystywanie do eliminacji komórek bakteryjnych bakteriofagów. Dotych-

czasowe badania wykazały 80% skuteczność tej metody dla pojedynczych szczepów, jednak jest to mało poznana metoda, wymagająca dalszych badań [SIMÕES, SIMÕES, VIEIRA 2010]. W celu sprawdzenia ich obecności w komórkach bakterii tworzących biofilmy na powierzchniach rurociągów, wykorzystano błony biologiczne powstałe podczas badań w laboratoryjnym układzie zasilanym wodą wodociągową oraz w mikroście zasilanym uzdatnioną wodą niedezynfekowaną. Wyniki potwierdziły obecność bakteriofagów, jednak niemożliwość uzyskania odpowiedniego miana lizatu do zbadania ich wpływu na drobnoustroje biofilmu sugeruje, iż w warunkach naturalnych bakteriofagi nie wpływają znacząco na kształtowanie (hamowanie) rozwoju błony biologicznej.

W badaniach MAĆKIEWICZA, DZIUBEK, CZARNIECKA [2003] zastosowano analizę mikroskopową z wykorzystaniem elektronowego mikroskopu skaningowego. Wykonywano zdjęcia powstałej błony biologicznej. W wyniku analizy zdjęć błon biologicznych na materiałach polimerowych stwierdzono uszkodzenia komórek bakteryjnych, polegające w głównej mierze na zmianach kształtu (deformacje), co mogło być spowodowane obecnością chemicznych utleniaczy stosowanych do dezynfekcji wody. Dیتlenek chloru oddziałujący z biomolekułami bakterii prowadzi do zakłócenia czynności fizjologicznych komórek, ale również uszkodza zewnętrzne błony biologiczne [MAĆKIEWICZ, DZIUBEK, CZARNIECKA 2003]. W efekcie utrudniona była analiza struktury przestrzennej powstałych błon, jak również wstępna identyfikacja form morfologicznych. W innych badaniach, przeprowadzonych przez CHU, LU [2004], nie stwierdzono zmian kształtu bakterii w błonie biologicznej, jednak układ badawczy był zasilany wodą pozbawioną chloru.

Po zakończeniu badań [SITARSKA 2010] w warunkach laboratoryjnych dokonano oceny zmian parametrów jakościowych wody wodociągowej ze szczególnym uwzględnieniem rodzaju i wieku rurociągów oraz odległości od zakładu uzdatniania. Badania przeprowadzono na wrocławskim systemie dystrybucji wody. Wykazały one znaczne ilości bakterii mezofilnych, dochodzące nawet do 751 jtk/cm³. Ich liczebność wzrastała w tych próbkach wody, w których obserwowano zmniejszenie stężenia środka dezynfekcyjnego.

Wzrost liczebności drobnoustrojów w wodzie wodociągowej spowodowany jest również czasem przetrzymania, dlatego w końcowych odcinkach sieci często dochodzi do stagnacji wody i wzrostu temperatury, co intensyfikuje rozwój drobnoustrojów [KERNEIS i in. 1995]. Obecność bakterii mezofilnych w wodzie do picia stanowi duże zagrożenie dla odbiorców wody, gdyż wśród nich obecne mogą być bakterie z rodzaju *Legionella* [KOOL, CARPENTER, FIELDS 1999]. Ich obecność stwierdzono w około 50–60% próbkach badanych wód podziemnych i powierzchniowych, ujmowanych na potrzeby wody do picia. Bakterie te mogą przedstawiać się do systemu dystrybucji wody, gdyż stosowane zabiegi technologiczne nie gwarantują całkowitej eliminacji mikroorganizmów z wody [KIEDRYŃSKA 2004].

Zmniejszanie się ilości środka dezynfekcyjnego w wodzie może być również wynikiem zużycia go w procesach utleniania materii organicznej zawartej w wodzie, której ilość z kolei może wzrastać w miarę oddalania się od stacji uzdatniania, np. w wyniku obecności błony biologicznej. Procesy utleniania prowadzą często do powstawania łatwo przyswajalnych dla mikroorganizmów form substancji organicznych, stymulując ich dalszy przyrost w odległych odcinkach sieci.

Analiza jakości wody w wybranych punktach czerpalnych sieci wodociągowej wykazała, że zachowanie wysokiego stężenia środka dezynfekcyjnego utrzymuje wysoką jakość mikrobiologiczną wody, nawet w przypadku rurociągów o znacznym okresie eksploatacji, tj. sięgającym ponad 30 lat [SITARSKA 2010]. Przykładowo przyłączy wykonane z żeliwa eksploatowane było przez 32 lata (od 1976 roku) a kolektor został wymieniony w 1996 na rurociąg z PEHD. Pomimo długiego czasu eksploatacji rurociągów średnia liczba bakterii psychrofilnych wynosiła 6 jtk/cm³ na agarze odżywczym oraz 14 jtk/cm³ na podłożu R2A, natomiast średnia liczebność bakterii mezofilnych odpowiednio 19 i 28 jtk/cm³. Nasuwa się więc pyta-

nie czy należy stosować wyższe dawki chemicznych dezynfektantów w celu zapewnienia wysokiej jakości mikrobiologicznej wody i braku zagrożenia epidemiologicznego z jednoczesnym powstawaniem znacznych ilości substancji mutagennych i rakotwórczych spożywanych wraz z wodą przez ludzi, czy jednak utrzymywać w sieci niższe stężenie dezynfektantów, a tym samym produktów ich reakcji z materią organiczną zawartą w wodzie. Alternatywnym rozwiązaniem wydaje się być ujmowanie wód o najwyższej jakości mikrobiologicznej i fizyczno-chemicznej oraz skuteczne procesy uzdatniania zapewniające stężenie substancji biogennych na niskim poziomie (stabilność biologiczna wody) oraz brak w nich drobnoustrojów, a tym samym niewprowadzanie ich do sieci, gdzie następuje ich rozwój.

Badania dotyczące wtórnego zanieczyszczenia na przykładzie fragmentu warszawskiej sieci wodociągowej wykazały występowanie korozji oraz powstawanie biofilmów wpływających na pogorszenie jakości wody głównie w przypadku instalacji wykonanych z tradycyjnych materiałów, takich jak np. stal ocynkowana [GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA, SIŃSKI 2010]. Po 12-letniej eksploatacji rurociągu ilość bakterii psychrofilnych wzrastała nawet do 300 jtk/cm³.

CODONY i in. [2002] stwierdzili powstawanie obrostu mikrobiologicznego na powierzchniach rurociągów w gęstości $1 \cdot 10^7$ jtk/cm² w ciągu 15 dób, w warunkach neutralizacji tiosiarczanem sodu chemicznych środków dezynfekcyjnych. O tym, że warunki znacznego obniżenia chloru w wodzie mogą zaistnieć głównie w końcowych odcinkach sieci wodociągowej, zwłaszcza przy dużej zawartości związków organicznych w wodzie, mogących reagować ze związkami chloru w reakcjach utleniania pisali: MAĆKIEWICZ, DZIUBEK, CZARNIECKA [2003]; RACZYK-STANISŁAWIAK i in. [2004] oraz ŚWIETLIK i in. [2004]. Z kolei LU, KIENE, LEVI [1999] w swoich badaniach wykazali, że na utlenianie m.in. zdeponowanych w rurociągach osadów następowało zużywanie chloru w ilości nawet do 0,2 mg/dm³ w rurach z tworzyw sztucznych i 0,5 mg/dm³ w rurach żeliwnych.

Przeprowadzone kompleksowe badania SITARSKA [2010] podsumowała niżej podanymi stwierdzeniami.

1. Komponenty rurociągów polimerowych takich jak PVC, PE, PP i PB wykorzystywanych do dystrybucji wody do picia mogą być źródłem substancji pokarmowych dla bakterii występujących w systemach dystrybucji, na co wskazały przyrosty liczby bakterii w hodowlach statycznych (bakterie psychrofilne: 197 jtk/cm³ – PVC, 237 jtk/cm³ – PE) oraz zmiany tekstury powierzchni w obecności błony biologicznej spowodowane ubytkami w polimerach w wyniku działalności drobnoustrojów obecnych w obroście (obniżenie skośności powierzchni SSK w granicach 50–85% w stosunku do wartości parametru nowego rurociągu).
2. W wyniku aktywności metabolicznej drobnoustrojów wchodzących w skład biofilmów obserwowano zjawisko korozji mikrobiologicznej, czego dowodem są wyniki pomiarów chropowatości powierzchni materiałów oraz analiza mikroskopowa SEM powierzchni tworzyw, na których widoczne są uszkodzenia powierzchni – ubytki.
3. Tworzywa polimerowe, tj. PVC, PE, PP oraz PB, są podatne na obrosty mikrobiologiczne, co wykazano przez analizy ogólnej liczby bakterii psychrofilnych (przyrost do 15840 jtk/cm³) i mezofilnych (do 2970 jtk/cm³) w próbkach wody dopływającej i odpływającej z układów badawczych (laboratoryjny, mikrostat), określenie ilościowe bakterii z nich uwolnionych, osiągających wartości do 486 jtk/cm² na podłożu AO i 538 jtk/cm² na R2A w przypadku bakterii psychrofilnych i 800 jtk/cm² (agar) oraz 1700 jtk/cm² (R2A), jak również zdjęcia błony biologicznej wykonane elektronowym mikroskopem skaningowym. Szereg podatności materiałów syntetycznych z uwagi na ich podatność na obrosty mikrobiologiczne:

polibutylen > polipropylen > polietylen > polichlorek winylu

4. Znaczny udział w błonach biologicznych bakterii mezofilnych, nie będących mikroflorą autochtoniczną wody wodociągowej, stanowi zagrożenie dla zdrowia odbiorców, zwłaszcza w warunkach ich zwiększonej liczebności, gdyż pośrednio mogą one świadczyć o jej skażeniu.
5. Analiza porównawcza dwóch podłoży mikrobiologicznych zastosowanych w badaniach, a mianowicie podłoża odżywczego stosowanego do badania ogólnej liczby bakterii zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia [2017] oraz podłoża R2A, wykazała znaczne różnice wykrywalności oraz liczebności bakterii w próbkach. Podłoże R2A, którego skład oparty jest na wysoko energetycznych i detoksykujących związkach pozwala na uzyskanie pełnej aktywności metabolicznej przez organizmy poddane „stresowi” spowodowanemu obecnością dużych stężeń związków utleniających/dezynfekujących. Znaczne różnice obserwowano w ponad 50% próbek, w których ilości kolonii wyrosłych na agarze odżywczym były znacznie mniejsze niż na podłożu R2A. Przykładowo w 59. dobie pracy mikrostatu z próbkami PVC stwierdzono liczebność 40 jtk/cm³ na agarze, a na R2A 1000 jtk/cm³. Stąd w ocenie mikrobiologicznej wody są to wyniki bardziej wiarygodne.
6. W początkowych dniach pracy układów przepływowych obserwowano krótkotrwałe, ale znaczne zwiększenie liczebności bakterii w wodzie odpływającej z układów, pomimo dobrej jakości mikrobiologicznej wody dopływającej. Najprawdopodobniej były to okresowe „zrywy” fragmentów błony, wynikające z braku stabilności nie w pełni uformowanego biofilmu (zbyt krótki czas jego narastania).
7. W wodzie wypływającej z reaktora zawierającego płytki z PE zaobserwowano ok. 60% wzrost stężenia azotu amonowego w stosunku do wody wodociągowej, natomiast w wodzie na odpływie z reaktora z PVC wzrost był nieco mniejszy i wynosił ok. 50%, w przypadku PP i PB zaobserwowano 10-40% ubytek azotu amonowego.
8. W całym okresie badań nie zaobserwowano przekroczeń dopuszczalnych wartości badanych parametrów fizyczno-chemicznych w wyniku obecności biofilmu.
9. W obrotach mikrobiologicznych powstałych na powierzchniach polimerów stwierdzono znaczną ilość grzybów. Najwięcej w przypadku polipropylenu, tj. 105·103 jtk/cm² (Sab.) oraz 219·103 jtk/cm² (Chap.-Dox.) i polibutylenu – 67·103 jtk/cm² (Sab.) i 48·103 jtk/cm² (Chap.-Dox.). Natomiast ogólna liczba bakterii psychrofilnych wynosiła odpowiednio 149·104 jtk/cm² i 486·103 jtk/cm², a mezofilnych 12·102 jtk/cm² i 80·10 jtk/cm². Jest to więc duży problem, gdyż grzyby mikroskopowe wpływają nie tylko niekorzystnie na stan techniczny rurociągów intensyfikując procesy korozji przez produkowane przez siebie enzymy pozakomórkowe, ale są również źródłem zanieczyszczeń chemicznych (mikotoksyny) nie obojętnych dla zdrowia ludzi i zwierząt.
10. Zaobserwowano także zmiany liczebności grzybów na tworzywach sztucznych w zależności od jakości mikrobiologicznej wody, na której działanie były eksponowane. Ilość grzybów na polichlorku winylu w badaniach w reaktorze wynosiła jedynie 61 jtk/cm², podczas gdy w mikroście już 64·102 jtk/cm². Podobną sytuację zaobserwowano na polietylenie. W reaktorze na powierzchni tworzywa liczebność grzybów wynosiła 1040 jtk/cm², a w mikroście już 65·103 jtk/cm² (porównanie wykonano na podłożu Sabouraud'a).
11. W przypadku bakterii poddanych procesom dezynfekcji analiza mikroskopowa z wykorzystaniem mikroskopii elektronowej jest niewystarczająca do oceny bioróżnorodności błony ze względu na możliwe uszkodzenia bakterii przez środek dezynfekcyjny.
12. W przypadku sieci wodociągowej największe przekroczenia liczebności bakterii mezofilnych w wodach pobranych z punktów czerpalnych wyniosło: 0–751 jtk/cm³ na AO i 1–583 jtk/cm³ na R2A oraz (drugi punkt) 3–94 jtk/cm³ na AO i 0–614 jtk/cm³ na R2A, po-

- mimo stosunkowo krótkiego czasu eksploatacji tamtych rurociągów. Może to wynikać ze zbyt dużego obniżenia stężenia dezynfektanta oraz stagnacji wody na tych odcinkach.
13. W wyniku analiz mikrobiologicznych wody w wybranych punktach sieci wodociągowej wykazano znaczne wahania liczebności bakterii, nawet powyżej wartości normatywnych, można więc wnioskować o istnieniu dojrzałych biofilmów, mogących stanowić potencjalne zagrożenie zdrowia odbiorców wody.
 14. Zanik chloru pozostałego w systemie dystrybucji może skutkować powstawaniem obrostów mikrobiologicznych, których wielkość zależy między innymi od rodzaju zastosowanych materiałów technicznych oraz czasu ich eksploatacji (nawet powyżej 50 lat).
 15. Pomimo zastosowania (w warunkach laboratoryjnych) normatywnych dawek dezynfektantów nie uzyskano 100% skuteczności procesu dla wszystkich wykorzystanych w badaniach form morfologicznych bakterii, co wskazuje na występowanie w obrostach biologicznych bakterii opornych na dezynfektanty chlorowe.
 16. Najbardziej wrażliwe na działanie podchlorynu sodu są ziarniaki (skuteczność usuwania 100% po 24 h dla dawki 0,4 mg Cl₂/dm³), nieznacznie mniej laseczki (skuteczność usuwania 95% po 24 h dla dawki 0,4 mg Cl₂/dm³), a najmniej bakteriobójczą skuteczność zaobserwowano wobec pałeczek (skuteczność usuwania 92% po 24 h dla dawki 0,4 mg Cl₂/dm³). W przypadku dwutlenku chloru bardzo wysoką wrażliwością cechowały się ziarniaki (skuteczność usuwania 100% po 24 h dla dawki 0,4 mg Cl₂/dm³), mniejsza pałeczki (skuteczność usuwania 98% po 24 h dla dawki 0,4 mg Cl₂/dm³), a najbardziej odporne są laseczki (skuteczność usuwania 97% po 24 h dla dawki 0,4 mg Cl₂/dm³).
 17. Stosowanie materiałów polimerowych do dystrybucji wody pitnej nie zabezpiecza sieci przed wtórnym zanieczyszczeniem mikrobiologicznym.

9. ROZWÓJ METOD WYMIAROWANIA WEWNĘTRZNYCH INSTALACJI WODOCIĄGOWYCH

9.1. RYS HISTORYCZNY OBLICZEŃ STOSOWANYCH W USA I W NIEMCZECH

Rozwój współczesnych instalacji sanitarnych w budynkach w Europie oraz USA rozpoczął się w końcu XIX wieku (1880-1890). Początkowo przyjmowano średnice przewodów instalacji wodociągowych i kanalizacyjnych w budynkach na podstawie zebranych obserwacji oraz doświadczeń z praktyki eksploatacyjnej. Systematyczne analizy i eksperymenty w celu stworzenia zasad wymiarowania instalacji kanalizacyjnych i wodociągowych zaczęto prowadzić na początku XX wieku w Stanach Zjednoczonych i w Niemczech. W USA od 1921 roku prowadzone je w ramach prac Narodowego Biura Standaryzacji Departamentu Handlu, obecnie znanego jako The National Institute of Standards and Technology [NIST 2020]. W Niemczech prace prowadzone były przez działające od 1882 „Stowarzyszenie Niemieckich Specjalistów Gazu i Wody” (DVGW) [GWF 2009]. W Polsce, do początku lat pięćdziesiątych, w projektowaniu i wykonywaniu instalacji wodociągowych opierano się głównie na doświadczeniach niemieckich.

W USA w 1921 roku tylko jeden procent budynków posiadał wewnętrzne instalacje wodociągowe i kanalizacyjne. Rozwój budownictwa wyposażonego w te instalacje zainicjował Herbert Hoover powołany w 1921 roku na Sekretarza Narodowego Biura Standaryzacji Departamentu Handlu [George 2001]. Hoover utworzył w tym Biurze (obecnie NIST) Instytut Materiałów i Konstrukcji Budowlanych (Building Materials and Structures). Dział zajmujący się instalacjami wody NIST rozwinął Dr. Roy B. Hunter powołany w 1921 roku do kierowania pracami badawczymi Instytutu. Zadaniem Biura było opracowanie minimalnych wymagań dla konstrukcji i instalacji budynków w oparciu o nowoczesne metody badawcze (metody eksperymentalne oraz metody teoretyczne, m.in. z wykorzystaniem rachunku prawdopodobieństwa) [GEORGE 2001].

W 1924 roku zostało wydane opracowanie „Zalecane minimalne wymagania dla instalacji w mieszkaniach i podobnych budynkach” [WHIPPLE i in. 1924]. Zamieszczone tam wytyczne techniczne określały, m.in. minimalne średnice przyłącza wodociągowego oraz podejść do poszczególnych rodzajów odbiorników i punktów czerpalnych w instalacji wodociągowej mieszkania. Pod tytułami rozdziałów zamieszczono informację podkreślającą, że udostępnione wytyczne dotyczą mieszkań i podobnych budynków (małych budynków jednorodzinnych) oraz że trwają prace badawcze dotyczące budynków dużych i zostaną udostępnione w kolejnym raporcie, jak tylko będzie to możliwe. W komentarzu do wytycznych podano, że średnice rur w instalacji prowadzących wodę do urządzeń zależą od wielu czynników, np.: materiału z którego wykonano rury, ciśnienia wody w wodociągu, długości rur, oraz wydajności punktu czerpalnego.

W omawianych wytycznych [WHIPPLE i in. 1924] zawarto również opis metodyki określania przepływów maksymalnych w instalacjach kanalizacyjnych ze splukiwanymi miskami klozetowymi, w oparciu o metody klasycznego rachunku prawdopodobieństwa z wykorzystaniem danych z obserwacji o częstotliwości korzystania z toalet w czasie szczytu użytkowania. Średni czas pomiędzy kolejnym użyciem płuczki ciśnieniowej w instalacji badano w biurcu Equitable Building dla grupy 400 mężczyzn, do których dyspozycji było 10 toalet oraz zakładzie Hood Rubber Company, gdzie toalety były używane przez ponad 250 mężczyzn i blisko 200 kobiet. W pierwszym obiekcie średni czas przebywania w toalecie wyniósł ok. 7 minut a w drugim ok. 4 dla kobiet i ok. 4,5 min dla mężczyzn. Natomiast największa grupa osób przebywała w toalecie od 4 do 6 minut. Na podstawie powyżej opisanych pomiarów oraz dodatkowych analiz, przyjęto do rozważań dwa czasy korzystania z toalet: 300 oraz 600 sekund. Przy założeniu cyklu korzystania z toalet 600 s, zgodnie z zasadami rachunku prawdopodobieństwa,

liczba wszystkich możliwych zdarzeń związanych z korzystaniem z płuczek w tym czasie wynosi 600^n , gdzie n to liczba zainstalowanych płuczek. W każdej sekundzie liczba „spłukań” (zdarzeń korzystnych – r) określona została jako ilość kombinacji . Wobec powyższego prawdopodobieństwo wystąpienia określonej liczby jednoczesnych „spłukań” w instalacji wynosi: $r/600^n$. Przyjmując określony czas trwania szczytu korzystania z toalet (np. 1, 2 lub 3 godziny), wartość tego prawdopodobieństwa interpretowano jako wystąpienie założonej ilości jednoczesnych „spłukań” raz na określony czas (dni lub lat). Obliczono np., że dla instalacji składającej się z 12 toalet, przy założeniu okresu szczytu korzystania wynoszącego 3 godziny, jednoczesne spłukanie w toaletach może wystąpić raz na 112 dni. Kierując się wartością ustalonego prawdopodobieństwa jednoczesnego użycia przyborów (częstotliwością wystąpienia jednoczesnego użycia założonej liczby zaworów spłukujących) oraz ich jednostkowym wpływem, przyjmowano minimalne średnice pionów i poziomów kanalizacyjnych gwarantujących dostateczną pewność działania systemu.

Z dostępnej literatury [SZAFLIK, NEJRANOWSKI 2013a] wynika, że jest to pierwsza próba zastosowania rachunku prawdopodobieństwa do wymiarowania instalacji wodnych (kanalizacyjnych) w budynkach. W omawianych wytycznych wprowadzono również pojęcie równoważnika przyboru (FIXTURE UNITS) przypisując 1 dla umywalki, 6 dla płuczki ciśnieniowej, 1,5 dla zlewu, a dla wanny 2 lub 3,5, w zależności od średnicy baterii czerpalnej. Sumy równoważników przyborów służyły do określania średnic przewodów kanalizacyjnych w budynku oraz przykanalików [WHIPPLE i in. 1924].

W 1940 roku opublikowano [HUNTER 1940a] Raport BMS65, który porządkuje wyniki prac badawczych przeprowadzonych w 1921 roku oraz w latach 1937–1940 (za: GEORGE [2001]). W raporcie tym została przedstawiona metodyka określania maksymalnego przepływu wody w przewodach instalacji wodociągowych w budynkach [HUNTER 1940a]. Metoda ta znana pod nazwą „metody Huntera” stała się podstawowym sposobem określania przepływów dla doboru średnic przyłączy wodociągowych i przewodów w instalacjach w budynkach mieszkalnych w USA do 1975 roku [GEORGE 2001; LADD 2005]. Metoda ta bazuje na rozkładzie dwumianowym, określanym też jako „rozkład Bernoulliego”.

Analizując proces poboru wody z instalacji w budynku przyjmowano, że prawdopodobieństwo p otwarcia pojedynczego zaworu czerpalnego można określić jako stosunek średniego czasu otwarcia zaworu t podczas poboru (średni czasu poboru z punktu czerpalnego) do średniego czasu T pomiędzy kolejnymi otwarciem zaworów:

$$p = t/T$$

Przyjmowano również, że otwarcia zaworów czerpalnych są od siebie niezależne.

HUNTER [1941] analizując proces otwierania przyborów w instalacji, przy powyższych założeniach, doszedł do wniosku, że zmienność liczby otwartych zaworów można opisać rozkładem dwumianowym (Bernoulliego). Dla tego rozkładu funkcja masy prawdopodobieństwa całkowitej liczby sukcesów k ma postać:

$$p_N(k) = \frac{N!}{k! (N-k)!} p^k (1-p)^{N-k}$$

gdzie: p – prawdopodobieństwo otwarcia pojedynczego punktu czerpalnego,

$p_N^{(k)}$ – prawdopodobieństwo poboru jednocześnie z k punktów z N punktów instalacji wodociągowej w budynku,

N – sumaryczna liczba punktów czerpalnych w instalacji wodociągowej w budynku.

Analizując proces poboru wody z instalacji w budynku HUNTER [1941] uznał, iż dopuszczalne jest przyjęcie sytuacji, w której raz na 100 przypadków liczba otwartych zaworów będzie większa od przewidzianej k . Wobec powyższego określał on liczbę czynnych punktów poboru przyjmując, że prawdopodobieństwo otwarcia więcej niż k punktów czerpalnych będzie nie więk-

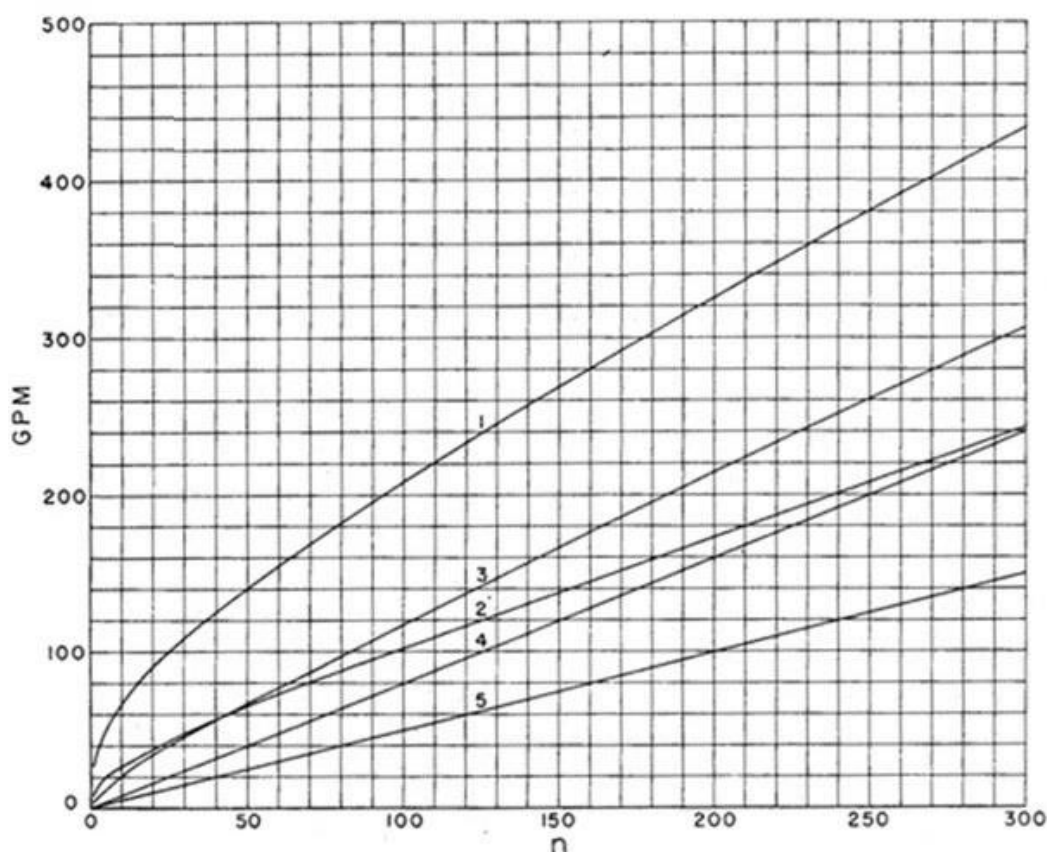
sze niż 0,01. Strumień pobieranej wody zależy od ilości k otwartych zaworów. Przy założeniu stałej wydajności q każdego zaworu wynosi on:

$$Q = kq$$

Uzyskane wartości przepływów, w zależności od liczby i rodzaju punktów czerpalnych, przy założonym prawdopodobieństwie przekroczenia 1%, przedstawiono na wykresie na rysunku 9.1. Wykres na rysunku 9.2 przedstawia otrzymane z obliczeń wartości przepływów maksymalnych lub wartości uśrednione w okresie poboru (w galonach na minutę GPM, 1 GPM = 0,0630833 dm³/s).

W Raporcie dla poszczególnych przyborów określono równoważniki wypływu przyjmując skalę od 1 do 10 [HUNTER 1941]. Dla poszczególnych przyborów przyjęto następujące wartości:

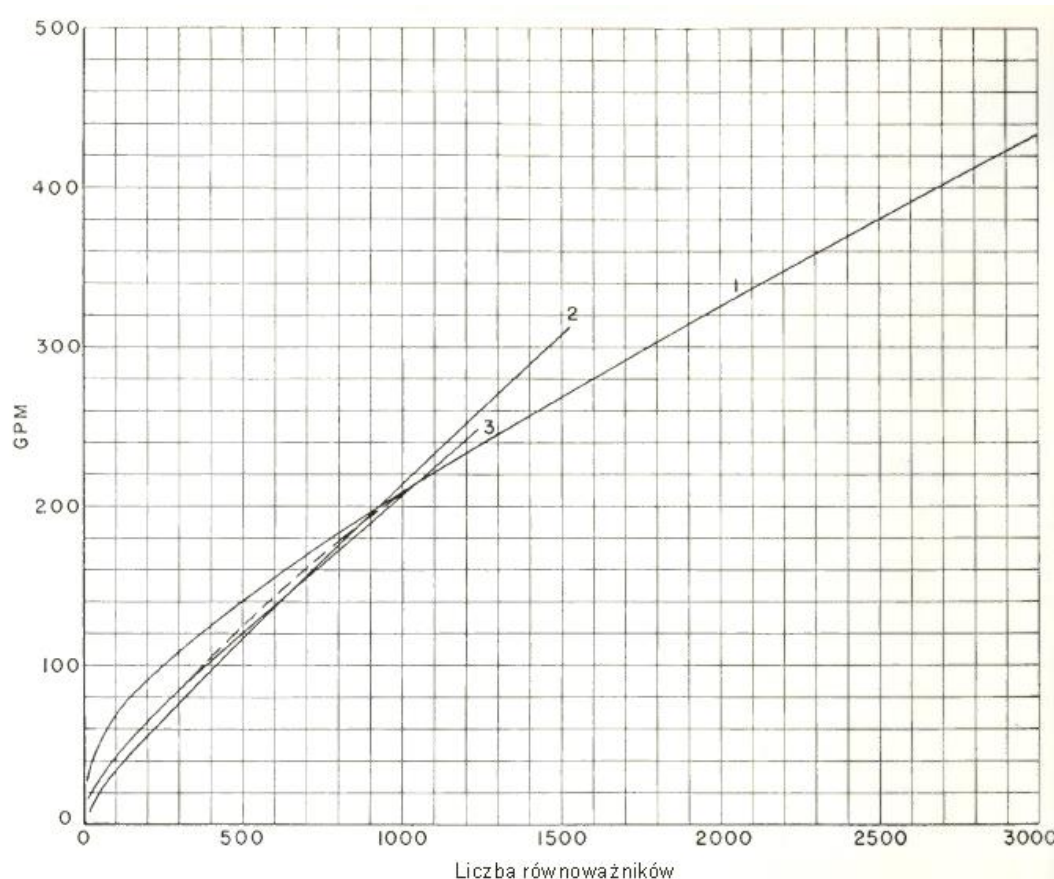
! zawory spłukujące	– 10,0;
! wanny	– 4,0;
! płuczki zbiornikowe	– 5,0;
! pisuary	– 3,0;
! umywalka	– 2,0;
! umywalka woda ciepła lub zimna	– 1,5;
! natrysk	– 4,0;
! natrysk woda ciepła lub zimna	– 3,0.



Rys 9.1. Przepływ wody [GPM] w zależności od liczby n przyborów w instalacji wodociągowej oraz od rodzaju przyborów: 1 – zawory spłukujące (przepływ maksymalny), 2 – wanny (przepływ maksymalny), 3 – płuczki zbiornikowe (przepływ maksymalny), 4 – uśredniony w okresie T dla zaworów i zbiorników spłukujących ($GPM = nQ/T$), 5 – uśredniony w okresie T dla wanien; GPM – Gallons Per Minute – przepływ wody wyrażony w galonach USA na minutę (1ga = 3,79 dm³)

Źródło: HUNTER [1940a].

Korzystając z podanych równoważników przepływu przedstawione na rysunku 9.1 odniesiono odpowiednio do wartości sumy równoważników i przedstawiono na rysunku 9.2. Następnie po analizie przebiegu krzywych poboru dla instalacji z płuczkami zbiornikowymi i wannami (krzywe 2 i 3 na rys. 9.1), oraz uwzględniając zbliżone wartości ich równoważników (odpowiednio 5 i 4) krzywe te zastąpiono jedną linią. W początkowej części linia ta przebiega zgodnie z krzywą 2 i dalej wg linii przerywanej do przecięcia z krzywą 1. Wynik tego uproszczenia przedstawiono na rys. 9.2 [HUNTER 1940a].

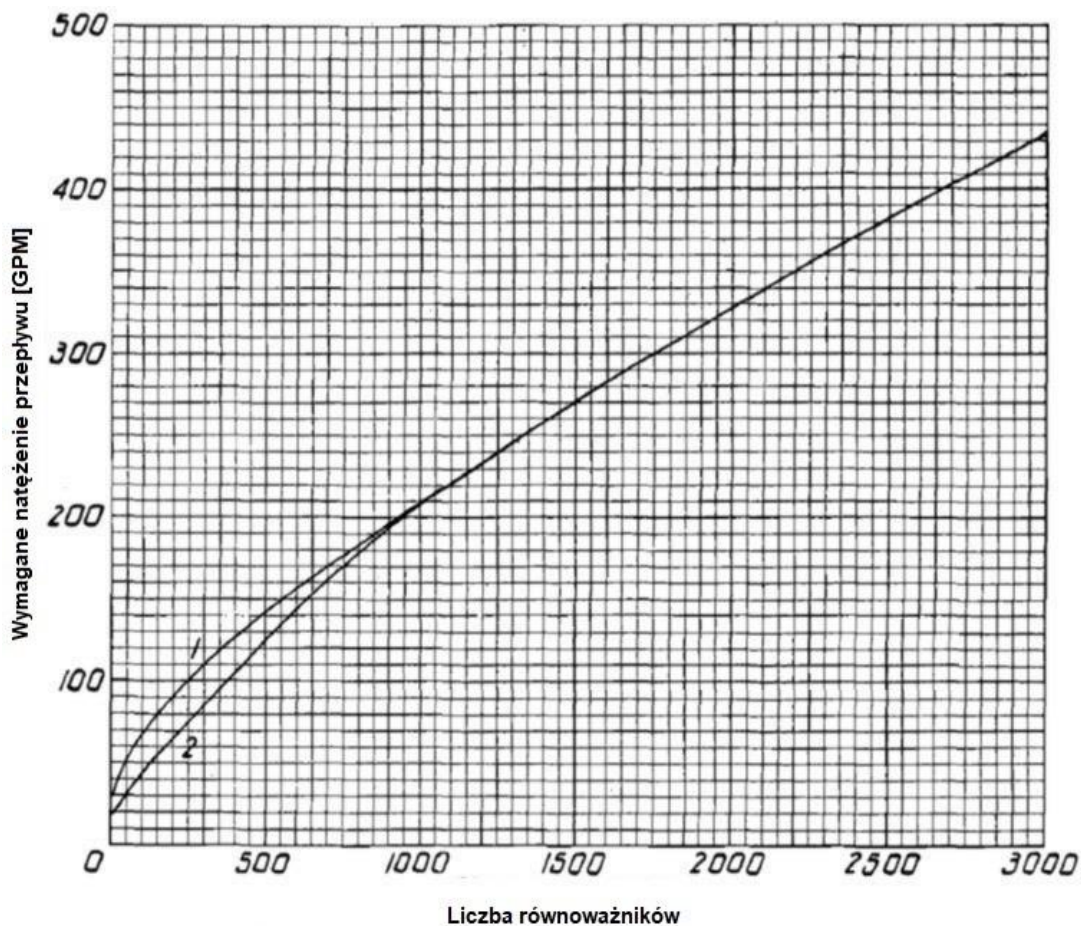


Rys 9.2. Przepływ wody [GMP] w zależności od liczby równoważników oraz od rodzaju przyborów: 1 – zawory splukujące (przepływ maksymalny), 2 – płuczki zbiornikowe (przepływ maksymalny), 3 – wannы (przepływ maksymalny), GPM (objaśnienie patrz rys. 9.1)

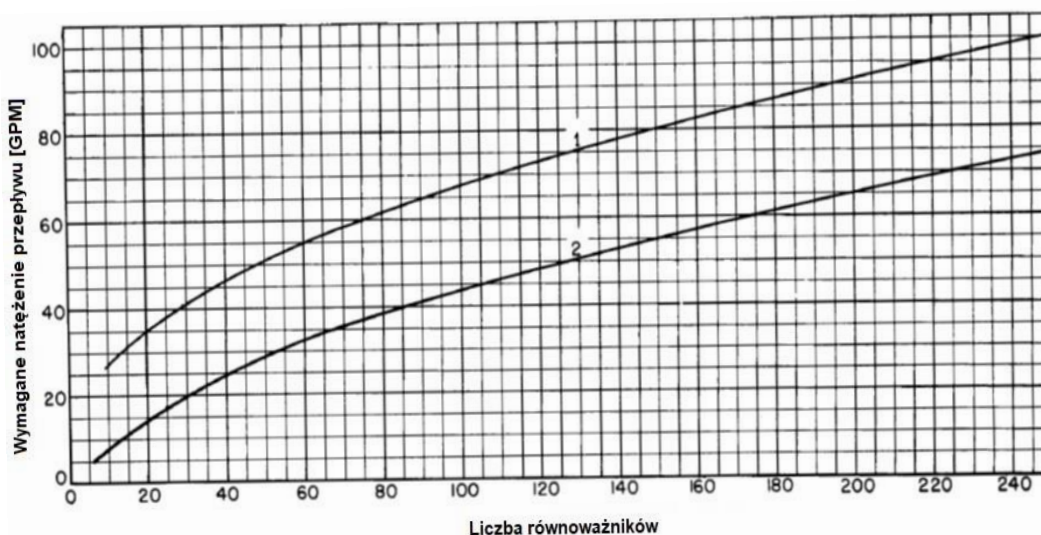
Źródło: HUNTER [1940a].

W 1940 r. opublikowano również raport BMS 66 „Plumbing Manual” będący warunkami technicznymi (instrukcją) wykonania instalacji wodno-kanalizacyjnych w budynkach, który uwzględniał wcześniejsze ustalenia Instytutu. W instrukcji tej zawarto wykres pokazany na rys 9.4 jako podstawę do określania przepływów miarodajnych przy doborze średnic przewodów instalacji wodociągowych i przyłączy do budynków [HUNTER 1940b].

Następnie w roku 1941 wydano raport BMS 69 „Water-Distributing Systems for Buildings”, będący szczegółową instrukcją projektowania instalacji wodnych [HUNTER 1941]. Do doboru przewodów przedstawiono w nim wykresy – powtórzono przedstawiony na rysunku 9.4 oraz 9.5. Wykres na rysunku 9.5 zawiera początkowy fragment wykresu zasadniczego (rys. 9.4) ograniczony do 250 jednostek równoważników i przeznaczony do wykorzystania w projektowaniu małych instalacji wodociągowych.



Rys 9.3. Miarodajny przepływ wody (wymagane natężenie przepływu) [GPM] w zależności od liczby równoważników oraz od rodzaju przyborów w instalacji: 1 – instalacja z przewagą zaworów splukujących, 2 – instalacja z przewagą płuczek zbiornikowych, powyżej punktu przecięcia – dla dowolnie wyposażonej instalacji GPM (objaśnienie patrz rys. 9.1)
Źródło: HUNTER [1940a].



Rys. 9.4. Miarodajny przepływ wody [GPM] w zależności od liczby równoważników w zakresie do 250 równoważników; 1 – instalacja z przewagą zaworów splukujących, 2 – instalacja z przewagą płuczek zbiornikowych, dla małych instalacji
Źródło: HUNTER [1941].

W Niemczech prace związane z odprowadzaniem ścieków oraz dostawą wody do budynków i instalacjami wodociągowymi prowadzone były przez działające od 1882 Stowarzyszenie Niemieckich Specjalistów Gazu i Wody” (DVGW). W 1913 r. Stowarzyszenie rozpoczęło publikację opracowań „Wytyczne dla wykonania i przeróbek (modernizacji) instalacji wodociągowych” znane jako TVR Wasser 1936 [DVGW 1936] „Techniczne przepisy i wytyczne”. Wydanie siódme „Wytycznych...” [1936] wykorzystano w opublikowanej w 1940 roku drugiej wersji normy DIN 1988 [GWF 2009]. Wytyczne z 1936 r. po raz pierwszy podawały dane umożliwiające określenie przepływów miarodajnych do określenia średnic przewodów instalacji wodociągowych w budynku [DVGW 1936]. Uwiarygodnia to, iż książka Brixa „Die Wasserversorgung” z 1936 r. nie zawiera metodyki określania przepływów wody w instalacjach wodociągowych i doboru średnicy przewodów od tych przepływów, a jedynie podaje zalecane średnice przewodów dla przyłączy do budynków [BRIX, HEYD, GERLACH 1936].

Oprócz załącznika dotyczącego metodyki obliczeń przewodów instalacji wodociągowych Wytyczne TVR Wasser 1936 [DVGW 1936] zawierały szczegółowe warunki techniczne wykonania instalacji wodociągowych w budynku wyposażonym w armatury i inne urządzenia.

Podstawą określenia przepływów obliczeniowych w przewodzie była suma obciążeń jednostkowych przyborów przez niego zasilanych [dm^3/s]. Poszczególnym przyborom przypisywana była wartość obciążenia z jak niżej:

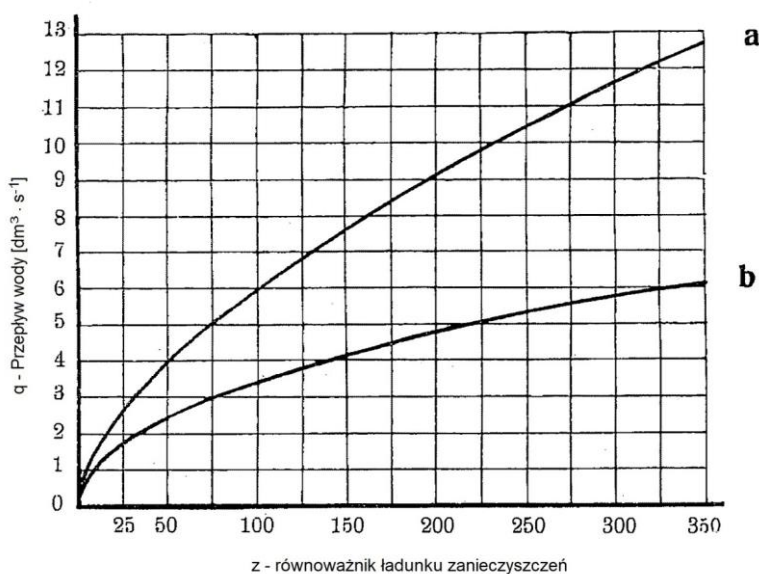
$z = 1$ – dla zaworu czerpalnego o średnicy 1/2’ (13 mm) o wydajności 0,375 dm^3/s i przyborów z takim zaworem: sfluczki zbiornikowej, sfluczki ciśnieniowej, bidetu, wanny z podgrzewaczem gazowym i węglowym, zlewu,

$z = 0,5$ – dla zaworu 3/8’ (10 mm), i przyborów z takim zaworem: sfluczki zbiornikowej, bidetu, wanny, zlewu itp.,

$z = 5$ – dla zaworu czerpalnego o średnicy 3/4’ (20 mm), i przyborów z takim zaworem: sfluczki ciśnieniowej, wanny z podgrzewaczem węglowym,

$z = 10$ – dla sfluczki ciśnieniowej o średnicy 3/4’ i o wydajności 1,5 dm^3/s .

Wartości przepływów odpowiadające danej liczbie sumy obciążeń jednostkowych przedstawiono w postaci wykresu i danych tabelarycznych. Na rysunku 9.5 przedstawiono wykres zależności natężenia przepływu w [dm^3/s] od sumy obciążeń jednostkowych przyborów zasilanych z instalacji.



Rys. 9.5. Krzywe natężenia wypływu wody w zależności od sumy obciążeń jednostkowych i w zależności od rodzaju budynku (wg TVR Wasser 1936); krzywa a – dla nowoczesnej aparatury w wielorodzinnym dużym domu, krzywa b – dla domu jednorodzinnego

Źródło: DVGW [1936].

Wytyczne TVR [DVGW 1936] nie podawały równania wiążącego liczbę równoważników z odpowiadającą wartością przepływu. Okazuje się jednak, że krzywą *a* na rysunku 2.10 można opisać równaniem:

$$q = 0,375 \cdot z^{0,47713} \quad [\text{dm}^3/\text{s}]$$

natomiast krzywą *b* przedstawić za pomocą zależności:

$$q = 0,375 \cdot z^{0,60206} \quad [\text{dm}^3/\text{s}]$$

Opisana powyżej metoda określania przepływów miarodajnych wody w instalacjach wody znana jest w Polsce jako „Stara metoda niemiecka”. Nowa metoda, podająca nową zależność do określenia przepływu na podstawie liczby równoważników („Nowa metoda niemiecka”), została opublikowana w opracowaniach stowarzyszenia Das Gas- und Wasserfach w 1940 r. [DVGW 1940].

Zależność ta ma postać:

$$q = 0,25 \sqrt{Z} \quad [\text{dm}^3/\text{s}]$$

gdzie: *Z* – oznacza sumę równoważników na danym odcinku instalacji, a poszczególnym przyborom przypisywana jest wartość *Z* jak niżej:

Z = 1,0 – zawór czerpalny o średnicy 3/8' i wydajności 0,25 dm³/s (15 dm³/min) z podgrzewaczem gazowym wody nad wanną,

Z = 0,25 – zawór spłukujący bidetu,

Z = 0,5 – zawór mały o wydajności 10 dm³/min małego podgrzewacza wody,

Z = 2,5 – zawór czerpalny o średnicy 1/2',

Z = 16,0 – zawór czerpalny o średnicy 3/4',

Z = 36,0 – zawór czerpalny o średnicy 1',

Z = 6,0 – spłuczka ciśnieniowa o średnicy 1/2' i o wydajności 0,6 dm³/s,

Z = 11,0 – spłuczka ciśnieniowa o średnicy 3/4' i o wydajności 0,8 dm³/s,

Z = 27,0 – spłuczka ciśnieniowa o średnicy 1' i wydajności 1,3 dm³/s.

Metoda ta znana jest w Polsce pod nazwą „Nowa metoda niemiecka”, a zależność nazywana *wzorem Brix*. Z dostępnej literatury źródłowej [GWF 2009] jednak wynika, że Brix nie jest autorem tej zależności a jedynie przytacza ją w swojej książce z 1942 r. [BRIX, HEYD, GERLACH 1942].

9.2. METODY STOSOWANE W POLSCE

W książce „Podręcznik dla instalatorów wodociągowych i kanalizacyjnych” [BIEGELEISEN 1925], profesor Bronisław Biegeleisen podaje: „Formuł do obliczania przekrojów wodociągowych rur instalacyjnych dotychczas nie mamy...”. Wcześniej autor podaje zalecane średnice wewnętrzne przewodów wodociągowych w zależności od ilości obsługiwanych punktów czerpalnych („miejsc”), a ściślej od ilości obsługiwanych punktów czerpalnych o średnicy co najmniej 13 mm. W ten sposób określano średnicę przewodów instalacji wodociągowych w budynkach do czasów drugiej wojny światowej [RADZISZEWSKI 1936].

Dopiero po II Wojnie Światowej PLASKURA i WEIN [1948] podali metodykę doboru średnic przewodów w instalacji wodociągowej na podstawie obliczeń. Omówili oni „Starą metodę niemiecką” bez powoływania się na źródła niemieckie, jednak z charakterystycznymi dla TVR Wasser 1936 rysunkami, wartościami równoważników i tabelami [PLASKURA, WEIN 1948]. Z kolei w książce WÓYCICKIEGO [1948] dotyczącej wodociągów i kanalizacji (również z 1948 r.) podana jest „Nowa metoda niemiecka” doboru przewodów instalacji wodociągowej, ale również bez bezpośredniego odniesienia do materiałów źródłowych w części dotyczącej określenia przepływów. Natomiast w dalszej części, traktującej o obliczeniach strat

ciśnienia w instalacji, przywołana jest instrukcja stowarzyszenia Das Gas–und Wasserfach 1940 [DVGW 1940].

Zastosowanie właściwego procesu wymiarowania instalacji wg SZAFLIKA i NEJRANOWSKIEGO [2013a, 2013b] umożliwia racjonalne projektowanie omawianego rodzaju instalacji, a zarazem pozwala czytelnikowi zapoznać się z postępem w procesie projektowania na przestrzeni wielu lat. Autorzy przedstawili w swoich opracowaniach metody projektowania instalacji wodociągowych w budynkach w Polsce i innych krajach oraz podali przykłady rozwiązań.

Od czasu unieważnienia w 2009 roku normy PN-92/B-01706 określającej wymagania w projektowaniu instalacji wodociągowych toczy się dyskusja nad wyborem zasad ich projektowania dostosowanych do współczesnych uwarunkowań. Wprowadzona norma europejska PN-EN 806-3:2006 podaje zasady wymiarowania średnic przewodów instalacji wodociągowych w sposób uproszczony. Omówienie tej normy wraz ze sposobem jej adaptacji do warunków krajowych można znaleźć w kilku publikacjach [JEZOWIECKI, NOWAKOWSKI 2011; NOWAKOWSKI 2011; ŻARSKI, NAKIELSKA 2012].

W Polsce od 1992 roku stosuje się metodykę projektowania przewodów instalacji wodociągowych budynków mieszkalnych podaną w normie PN-91/B-01706 PN-92/B-01706 (metodyka ta jest nadal obowiązująca, co potwierdza Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 10 grudnia 2010). Norma ta była oparta na niemieckiej normie DIN 1988 wydanej wraz z opracowaniami uzupełniającymi w 1988 roku. W 2012 roku ukazała się nowelizacja normy niemieckiej oznaczona DIN 1988-300: 2012-05, aktualizująca metodykę określania przepływów obliczeniowych w instalacjach wodociągowych. Ponieważ w Polsce od początku XX wieku w projektowaniu i wykonywaniu instalacji wodociągowych opierano się z powodzeniem na doświadczeniach naszego zachodniego sąsiada („stara” i „nowa” metoda niemiecka a następnie DIN 1988-300) [SZAFLIK, NEJRANOWSKI 2013a], zasadne wydaje się przedstawienie podstawowych zasad projektowania instalacji ciepłej wody wg DIN 1988-300 oraz porównanie wyników z wynikami uzyskanymi według innych proponowanych metod dla przykładowej instalacji.

9.3. NORMA DIN 1988–300

W maju 2012 roku została wydana norma DIN 1988-300:2012-05 zawierająca metodykę określania średnic przewodów instalacji wodociągowych. Przepływy obliczeniowe do doboru średnic określone są na podstawie sumy wypływów zainstalowanych przyborów w danym odcinku instalacji.

Podane wartości wypływów obliczeniowych [l/s] poszczególnych punktów czerpalnych są następujące:

– zawór czerpalny DN15 bez perlatora	0,3 dm^3/s ,
– zawór czerpalny DN20 bez perlatora	0,5 dm^3/s ,
– zawór czerpalny DN25 bez perlatora	1,00 dm^3/s ,
– zawór czerpalny DN10 z perlatozem	0,15 dm^3/s ,
– zawór czerpalny DN15 z perlatozem	0,15 dm^3/s ,
– baterie czerpalna natrysków DN15	woda zimna i ciepła; po 0,15 dm^3/s ,
– baterie czerpalne wanien DN15	woda zimna i ciepła; po 0,15 dm^3/s ,
– baterie zlewozmywaków DN15	woda zimna i ciepła; po 0,07 dm^3/s ,
– baterie umywalk DN15	woda zimna i ciepła; po 0,07 dm^3/s ,
– bateria czerpalna bidetu	woda zimna i ciepła; po 0,07 dm^3/s ,
– zmywarka do naczyń (domowa)	0,07 dm^3/s ,
– pralka automatyczna (domowa)	0,15 dm^3/s ,
– płuczka zbiornikowa DN15	0,13 dm^3/s ,

- zawór ciśnieniowy dla pisuaru 0,30 dm³/s,
- zawór elektroniczny dla pisuaru 0,30 dm³/s,
- zawór ciśnieniowy dla WC 1,00 dm³/s.

W stosunku do DIN 1988 z 1988 roku oraz PN-92/B-01706 wartości wypływów jednostkowych z punktów czerpalnych stosowanych w mieszkaniach pozostały bez zmian z wyjątkiem pralki i zmywarki.

Uogólniony został sposób zapisu formuły do określania przepływów obliczeniowych w instalacjach wodociągowych różnych budynków do wyrażenia:

$$[dm^3/s]$$

gdzie:

V_s – wartość przepływów obliczeniowych w instalacjach wodociągów różnych typów budynków wymienionych w tabeli 9.1,

- wartość przepływów obliczeniowych dla poszczególnych punktów czerpalnych [DIN 1988-300],

wartość współczynników a , b , c dla różnego typu budynków, zestawiono w tabeli 9.1, gdzie spełniony jest warunek: $0,2 < \Sigma V_R < 500$.

Zależność do określania przepływów obliczeniowych w budynku mieszkalnym wynikająca z tej normy jest następująca:

$$[dm^3/s]$$

dla $[\dots] [dm^3/s]$.

Tabela 9.1. Stałe do określania obliczeniowych przepływów V_s w instalacjach wodociągowych.

Typ budynku	Stała		
	a	b	c
Budynek mieszkalny	1,48	0,19	0,94
Szpital	0,75	0,44	0,18
Hotel	0,70	0,48	0,13
Szkoła	0,91	0,31	0,38
Budynek użyteczności publicznej	0,91	0,31	0,38
Mieszkania dla osób niepełnosprawnych i starszych	1,48	0,19	0,94
Dom opieki	1,40	0,14	0,92

Jeżeli w mieszkaniach (jednostkach mieszkalnych) są zamontowane: druga umywalka lub natrysk w łazience oprócz wanny, zawór czerpalny w przedśionku toalety lub pisuar czy bidet, to wypływów z tych przyborów nie należy sumować (uwzględnić w bilansie pobieranej wody).

Średnice przewodów należy dobierać tak, aby nie były przekroczone prędkości dopuszczalne. Rozróżnia się dopuszczalne prędkości dla przyłącza oraz przewodów rozbiórczych, a także uwzględniane są opory miejscowe armatury n wybranej sekcji i przewidywany czas trwania przepływu obliczeniowego. Szczegółowe wymagania zostały przedstawione w tabeli 9.2.

Tabela 9.2. Dopuszczalne prędkości w przewodach instalacji wg DIN 1988-300, w zależności od czasu trwania zakresu przepływu obliczeniowego i oporów miejscowych armatury n w wybranej sekcji

Rodzaj przewodu	Prędkość przepływu [m/s]	
	<15 min	≥15 min
Przyłącze wodociągowe	2,0	2,0
Sekcje w instalacji z elementami o oporach $n < 2,5$ (zasuwa, zawór kulowy, zawór skośny)	5,0	2,0
Sekcje w instalacji z elementami o oporach $n \geq 2,5$ (zawór prosty)	2,5	2,0

Straty ciśnienia w przewodach, według analizowanej normy, wyznacza się z powszechnie znanych zależności, uwzględniając następujące wartości chropowatości:

- $k = 0,0015$ mm dla rur miedzianych i rur ze stali nierdzewnej,
- $k = 0,007$ mm dla rur z tworzyw sztucznych i rur wielowarstwowych,
- $k = 0,15$ mm dla rur stalowych ocynkowanych na połączenia gwintowane.

9.4. NORMA DIN 1988–300 – PRZYKŁAD OBLICZEŃ I DOBORU INSTALACJI ROZBIORCZEJ CIEPŁEJ WODY

Aby porównać wybrane metody wymiarowania instalacji ciepłej wody w budynku mieszkalnym wielorodzinnym metodą opisaną w normie DIN 1988–300 zwymiarowano według niej instalację zaprezentowaną w przykładzie obliczeniowym w publikacji ŻARSKIEGO i NAKIELSKIEJ [2012]. Jest to instalacja w budynku o ośmiu powtarzalnych kondygnacjach mieszkalnych, z sześcioma pionami ciepłej wody zasilanymi z węzła ciepłego. W każdym mieszkaniu znajduje się zlewozmywak (z), umywalka (u) i wanna (w) ze standardowymi bateriami czterpalnymi. Analizowany fragment (przewody zasilające w najniekorzystniejszym obiegu) składa się z odcinka łączącego węzeł ciepły (zasilanie instalacji punkt 12) z odcinkami poziomymi, zasilającymi kolejno od czterech do jednego pionu, oraz pion do mieszkań na kolejnych kondygnacjach.

Przyjęto, że instalacja wykonana będzie z rur wielowarstwowych PE RT/Al/PE RT dla średnic zewnętrznych $14 \div 40$ mm i PE X/Al/PE X dla średnic zewnętrznych 50 i 63 mm [SYSTEM KAN therm, Press LBP, Cennik 10/2014] (dostępny na rynku system, zbliżony do typoszeregu z normy PN-EN 806-3 i DIN 1988-300).

Do określenia oporów jednostkowych przepływu w rurociągach przyjęto gęstość i lepkość wody dla temperatury $+55,^{\circ}\text{C}$. Chropowatość przewodów przyjęto jak dla rur z tworzyw sztucznych wg DIN 1988-300: $k=0,007$ mm. Wymiary instalacji, dane szczegółowe oraz wyniki obliczeń instalacji według metodyki zawartej w DIN 1988-300 przedstawiono w tabeli 9.3. Dopuszczalną prędkość w przewodach w obrębie mieszkania przyjęto do 2,5 m/s, a w pozostałej części instalacji do 2,0 m/s.

Tabela 9.3. Przykład obliczeń instalacji według DIN 1988-300

Odcinek	L	$\Sigma\zeta$	Σq_n	q	D_e	e	D_i	v	R	R·L	Z	R·L+Z
	m	-	dm ³ /s	dm ³ /s	mm	mm	mm	m/s	Pa/m	kPa	kPa	kPa
Mieszkanie												
z-u	2,5	3,0	0,07	0,07	14	2	10	0,89	1128,55	2,821	1,17	4,00
u-w	1,5	1,0	0,14	0,08	14	2	10	1,00	1389,41	2,084	0,49	2,58
w-1	5,5	5,5	0,29	0,23	16	2	12	2,03	3972,42	21,848	11,19	33,04
Wodomierz $Q_n = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$, $K_v = 3,35 \text{ m}^3/\text{h}$												6,11
Pion												
1-2	3,0	1,0	0,58	0,39	20	2	16	1,96	2608,36	7,825	1,90	9,72
2-3	3,0	1,0	0,87	0,50	25	2,5	20	1,60	1358,37	4,075	1,26	5,33
3-4	3,0	1,0	1,16	0,58	25	2,5	20	1,85	1785,29	5,356	1,69	7,05
4-5	3,0	1,0	1,45	0,65	32	3	26	1,22	604,50	1,813	0,73	2,55
5-6	3,0	1,0	1,74	0,70	32	3	26	1,33	702,55	2,108	0,87	2,97
6-7	3,0	1,0	2,03	0,75	32	3	26	1,42	793,70	2,381	0,99	3,37
7-8	20,0	3,0	2,32	0,80	32	3	26	1,50	879,16	17,583	3,33	20,91
Przewody rozdzielcze (poziom)												
8-9	20,5	1,0	4,64	1,04	32	3	26	1,96	1434,21	29,401	1,90	31,30
9-10	20,0	1,0	6,96	1,20	40	3,5	33	1,40	580,67	11,613	0,97	12,58
10-11	10,0	1,0	9,28	1,32	40	3,5	33	1,54	691,20	6,912	1,17	8,09
11-12	25,5	8,5	13,92	1,50	40	3,5	33	1,75	873,58	22,276	12,89	35,17
Razem (bez oporów wodomierza)												178,66

Źródło: norma DIN 1988-300.

9.5. ANALIZA PORÓWNAWCZA WYBRANYCH METOD WYMIAROWANIA INSTALACJI CIEPŁEJ WODY

Obliczeń instalacji wg pozostałych metod dokonano zgodnie z zawartymi w nich wymogami i zaleceniami, trzymając się zasady, aby dobierać najmniejsze średnice przewodów. Poniżej wymieniono wymogi lub zalecenia, które według autorów należy podkreślić w danej metodzie.

- ! Korzystając z metody w normie PN-92/B-01706 trzymano się zaleceń nieprzekraczania prędkości wody 1,5 m/s w pionach i podłączeniach od pionów do punktów czerpalnych, oraz prędkości 1,0 m/s w przewodach rozdzielczych.
- ! Korzystając z metody w normie PN-EN 806-3 dobierano średnice przewodów z tabeli 3.8 dla rur wielowarstwowych PEX/Al/PE-HD, gdzie najmniejsza średnica wynosi 16 x 2 mm. Ponadto wg punktu 4.4 maksymalna prędkość w pojedynczym podejściu do przyboru może wynosić do 6,0 m/s, natomiast w pozostałych przewodach instalacji 2,0 m/s.
- ! Korzystając z metody PN-EN 806-3 zmodyfikowanej przez Jeżowieckiego i Nowakowskiego [JEŻOWIECKI, NOWAKOWSKI 2011; NOWAKOWSKI 2011] uwzględniono zmniejszenie jednostki obciążenia LU dla zlewu i wanny do połowy, przyjmując sumę jednostek obciążeniowych dla instalacji ciepłej wody w mieszkaniu $LU = 4$ i $LU_{max} = 2$ dla odczytów przepływów z wykresu B.1. Pozostałe założenia obliczeniowe były zgodne z normą PN-EN 806-3.

W tabeli 9.4 zestawiono przepływy obliczeniowe w poszczególnych odcinkach przyjętej do obliczeń instalacji ciepłej wody.

Tabela 9.4. Strumienie obliczeniowe ciepłej wody określone według analizowanych metod

Odcinek	Przepływy obliczeniowe q [dm ³ /s] według normy:			
	PN-92/B-01706	PN-EN 806-3	DIN 1988-300	PN-EN 806-3*
Mieszkanie				
z-u	0,07	0,10	0,07	0,10
u-w	0,14	0,30	0,08	0,20
w-1	0,25	0,48	0,23	0,27
Pion				
1-2	0,39	0,61	0,39	0,36
2-3	0,50	0,70	0,50	0,43
3-4	0,59	0,77	0,58	0,49
4-5	0,67	0,83	0,65	0,53
5-6	0,74	0,88	0,70	0,58
6-7	0,80	0,93	0,75	0,62
7-8	0,86	0,97	0,80	0,65
Przewody rozdzielcze (poziom)				
8-9	1,22	1,22	1,04	0,88
9-10	1,49	1,40	1,20	1,05
10-11	1,72	1,54	1,32	1,18
11-12	2,09	1,82	1,50	1,41

Objaśnienia: z - zlewozmywak; u - umywalka; w - wanna; * - zmodyfikowana [JEŻOWIECKI, NOWAKOWSKI 2011, NOWAKOWSKI 2011].

Największe przepływy w przewodach w obrębie mieszkania uzyskano w obliczeniach według PN-EN 806-3 a najmniejsze według DIN 1988-300. Dla pionu największe warto-

ści przepływów uzyskano licząc wg PN-EN 806-3, natomiast wartości najmniejsze otrzymano licząc wg zmodyfikowanej PN-EN 806-3 (po zmniejszeniu obciążeń LU dla przyborów) W przewodach rozdzielczych najwyższe przepływy uzyskano dla metodyki wg PN-92/B-01706, zaś najniższe dla metodyki wg zmodyfikowanej PN-EN 806-3. Następnie – w tabeli 9.5 – porównano dobrane średnice przewodów instalacji ciepłej wody dla przepływów określonych według analizowanych metod. Największe średnice przewodów otrzymano obliczając instalacje wg PN-92/B-01706, a najmniejsze wg DIN 1988-300.

Tabela 9.5. Średnice przewodów instalacji ciepłej wody określone według analizowanych metod

Odcinek	Wymiar przewodu $D_e \times e$ [mm] wg normy			
	PN-92/B-01706	PN-EN 806-3	DIN 1988-300	PN-EN 806-3
Mieszkanie				
z-u	14×2,0	14×2,0	14×2,0	16×2,0
u-w	16×2,0	20×2,0	14×2,0	16×2,0
w-1	20×2,0	25×2,5	16×2,0	20×2,0
Pion				
1-2	25×2,5	25×2,5	20×2,0	20×2,0
2-3	32×3,0	32×3,0	25×2,5	25×2,5
3-4	32×3,0	32×3,0	25×2,5	25×2,5
4-5	32×3,0	32×3,0	32×3,0	25×2,5
5-6	32×3,0	32×3,0	32×3,0	32×3,0
6-7	32×3,0	32×3,0	32×3,0	32×3,0
7-8	40×3,5	40×3,5	32×3,0	32×3,0
Przewody rozdzielcze (poziom)				
8-9	50×4,0	40×3,5	32×3,0	40×3,5
9-10	50×4,0	40×3,5	40×3,5	40×3,5
10-11	63×4,5	50×4,0	40×3,5	40×3,5
11-12	63×4,5	50×4,0	40×3,5	50×4,0

Objaśnienia: z - zlewozmywak; u - umywalka; w - wanna; *zmodyfikowana [JEZOWIECKI, NOWAKOWSKI 2011; NOWAKOWSKI 2011].

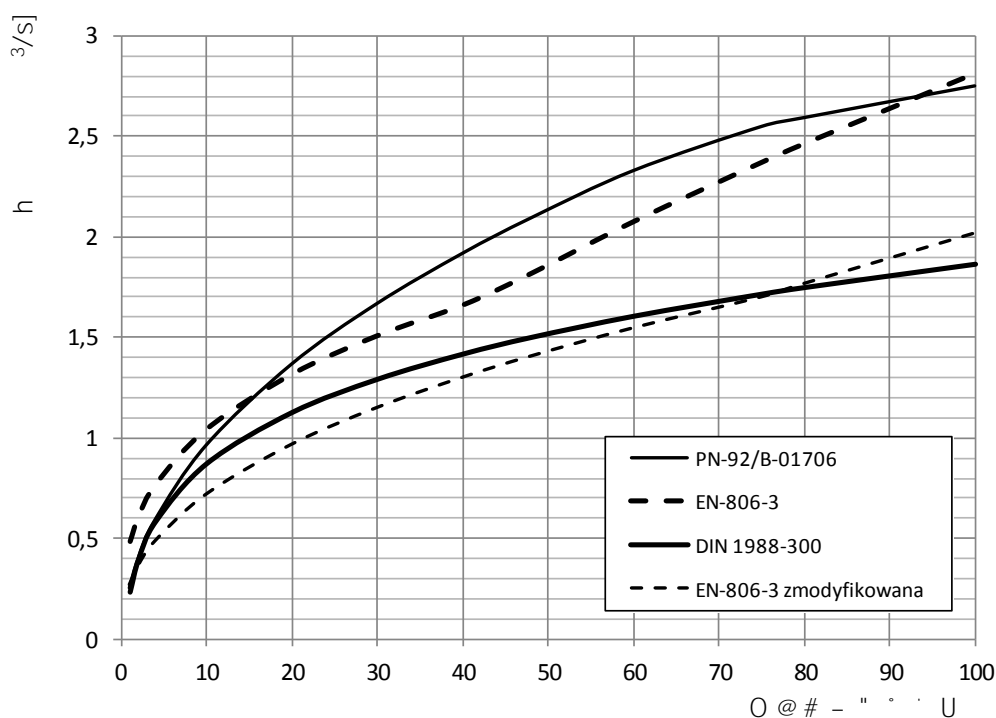
Znajduje to odbicie również w oszacowanych kosztach rur, które zestawiono wraz z obliczeniowymi oporami w tabeli 9.6. Najmniejsze spadki ciśnienia dla przepływów obliczeniowych uzyskano dla obliczeń wg PN-92/B-01706 lecz koszty rur dla tego wariantu były najwyższe. Natomiast najniższe koszty rur przy największym obliczeniowym spadku ciśnienia uzyskano dla obliczeń wg normy DIN 1988-300. Koszt rur wyniósł ok. 56% w stosunku do najdroższej instalacji. Duży udział w spadku ciśnienia w tym wariantcie mają straty ciśnienia w obrębie mieszkania. Można je obniżyć zwiększając średnice dobranych przewodów, co spowoduje tylko nieznaczny przyrost kosztów, gdyż dla małych średnic różnice w cenie przewodów są niewielkie.

Tabela 9.6. Spadki ciśnienia i koszty rur instalacji rozbiorczej ciepłej wody obliczone według analizowanych metod

Analizowany parametr	Instalacja obliczona według metody z normy			
	PN-92/B-01706	PN-EN 806-3	DIN 1988-300	PN-EN 806-3*
Spadek ciśnienia w obiegu krytycznym [kPa]	60,5	117,0	178,7	97,9
Spadek ciśnienia w obrębie mieszkania [kPa]	17,4	29,2	39,6	21,5
Względny koszt rur [%]	100	70	43	56

* - zmodyfikowana [JEŻOWIECKI, NOWAKOWSKI 2011; NOWAKOWSKI 2011].

Wykres na rysunku 9.6 przedstawia przepływy obliczeniowe określone według analizowanych metod obliczeniowych w zależności od liczby mieszkań obsługiwanych przez instalację – mieszkania wyposażone w zlewozmywak, wannę i umywalkę. Z rysunku tego wynika, iż określenie natężenia przepływów obliczeniowych w przewodach instalacji ciepłej wody wg metody wprowadzonej normą PN-EN 806-3 w stosunku do metodyki według PN 92/B-01706 daje wyniki zawyżone zarówno w obrębie mieszkań jak i w małych instalacjach obsługujących do 20 mieszkań, co wydaje się być nieuzasadnione.



Rys. 9.6. Przepływy obliczeniowe w instalacji ciepłej wody budynków mieszkalnych wielorodzinnych w funkcji liczby mieszkań, określone według analizowanych metod

Zastosowanie metodyki wymiarowania według PN-EN 806-3 po modyfikacji [JEŻOWIECKI, NOWAKOWSKI, 2011] powoduje zmniejszenie wartości przepływów obliczeniowych przewodów w obrębie mieszkań oraz w małych instalacjach obsługujących do 30 mieszkań do wartości najmniejszych w stosunku do sposobów pozostałych. Najbardziej zbliżone do nich wartości uzyskuje się wg DIN 1988-300.

10. PRZYKŁADY ANALIZY KOSZTÓW WYKONANIA INDYWIDUALNYCH SYSTEMÓW WODOCIĄGOWYCH

10.1. INFORMACJE WPROWADZAJĄCE

W gospodarce rynkowej szczególnie trudno ustalić wskaźniki kosztowe wykonania indywidualnych systemów wodociągowych, które zazwyczaj są realizowane przez małe firmy ustalające w drodze umowy bezpośredniej koszty wykonania takich systemów. Ponadto w zakresie poszczególnych rodzajów robót nastąpiła specjalizacja i najczęściej roboty związane z pozyskiwaniem wody wykonują inne firmy niż roboty instalacyjne, nie ujawniając kosztów osobom trzecim. Mając to na uwadze postanowiono rozpatrywany problem omówić w szerszym zakresie, nie ograniczając się jedynie do indywidualnych systemów wodociągowych, tym bardziej, że problem ten jest istotny również ze względu na cel, jakiemu ma służyć końcowy produkt. Z tego też powodu, po uzgodnieniach z wydawcami i autorami, zamieszczono przykłady z kilku wybranych publikacji.

Aktualizacja cen, a zarazem kosztów w danym roku, wymaga uwzględnienia rocznych wskaźników inflacji podawanych przez Główny Urząd Statystyczny lub portal informacyjny NBP (<https://poznajnbp.pl>). Rozbieżności w normatywach robocizny w wykonawstwie instalacji sanitarnych przedstawiono w publikacji BYKOWSKI, TCHORZEWSKI [2014].

Do rzeczowych podstaw kosztorysowania zaliczamy techniczne normy ilościowe, które określają przeciętne nakłady robocizny (R), materiałów (M) i maszyn, sprzętu oraz transportu technologicznego (S) na wykonanie jednostki produkcji [ZAJĄCZKOWSKA 1999], uwzględniając średnie warunki wykonawstwa robót, przy przyjęciu prawidłowej organizacji pracy oraz odpowiedniej technologii i usprzętowania wykonawców. Posiadanie prawidłowo opracowanych norm pracy w branży budowlanej, daje podstawę wyboru racjonalnych metod wykonania robót, ustalania mocy produkcyjnych, podejmowania decyzji dotyczących optymalizowania procesów produkcji [SMOKTUNOWICZ i in. 2001]. W zamówieniach prywatnych [ORŁOWSKI, SOBOLEWSKI WÓJCICKI 2002; Stowarzyszenie... 2005; Ustawa... 2014] i w większości przypadków zamówień publicznych [Rozporządzenie MI 2004; Ustawa ... 2004] do wyceny robót stosuje się nadal, choć już nie obligatoryjnie, normy nakładów rzeczowych zestawione w katalogach branżowych [DYLEWSKI 2004]. Istnieje co prawda możliwość zastosowania własnych (zakładowych) norm, niemniej powszechnie jest stosowanie norm zawartych w Katalogach Nakładów Rzeczowych (KNR). Łączne nakłady rzeczowe na wykonanie zadania, obliczone na podstawie norm, są z kolei podstawą do określenia istotnych charakterystyk inwestycji – czasu i kosztów, umożliwiając też komputerowe kosztorysowanie robót budowlanych i komputerowe planowanie przedsięwzięć przy użyciu odpowiedniego oprogramowania [MARCINKOWSKI 2007]. W tym kontekście zasadne i ważne wydaje się zwrócenie uwagi na aktualne problemy stosowania tych norm, jako podstawy kosztorysowania i planowania robót. Trafność wyceny kosztów oraz oszacowania czasu trwania robót daje bowiem możliwość bezproblemowego ich wykonania, zarówno z punktu widzenia wykonawcy jak i inwestora [KACPRZYK 2010]. Prawidłowa wycena inwestycji pozwala też firmie budowlanej lub instalatorskiej na zapewnienie odpowiedniej jakości robót, a inwestorowi daje gwarancję zakończenia inwestycji z sukcesem.

10.2. OCENA NORMATYWNYCH I RZECZYWISTYCH NAKLADÓW RZECZOWYCH ROBOCIZNY

Praca powstała na podstawie analizy katalogów nakładów rzeczowych [KNR 2-15:1985; KNR –W 2-15 1998; KNR W 2-16 1992; KNR 0-13 1996; KNR 0-31 2001; KNR 0-35 2002; KNZ 15 1994] oraz badań i pomiarów pracochłonności robót instalacyjnych wykonanych w latach 2009-2010 w firmie TK INSTALACJE z Gniezna, podczas realizacji hali widowiskowo-sportowej w Pobiedziskach. Podstawą oszacowania rzeczywistych nakładów rzeczowych robocizny były zapisy w kartach pracy pracowników, specyfikujących wszystkie czynności wykonywane w danym dniu roboczym.

Do analizy wybrano osiem typowych robót instalacyjnych cechujących się wysoką powtarzalnością operacji roboczych, w tym:

- ! instalacja zimnej i ciepłej wody z PE (Ø 20 mm),
- ! montaż baterii natryskowych,
- ! montaż brodzików natryskowych,
- ! montaż instalacji c.o. miedzianych o połączeniach lutowanych na ścianach w budynkach (Ø 22 mm),
- ! montaż grzejników stalowych dwupłytowych,
- ! montaż izolacji grzewczych,
- ! rurociągi ogrzewania podłogowego z PE sieciowanego,
- ! ułożenie mat do ogrzewania podłogowego.

Firma TK Instalacje, w której prowadzono badania, należy do sektora małych przedsiębiorstw zatrudniających do 10 osób. Każdy z pracowników ma wiedzę i doświadczenie z zakresie robót instalacyjnych oraz jest wyspecjalizowany w drugiej dziedzinie, np. jako spawacz, elektryk lub automatyk. Firma z 25-letnim doświadczeniem, wykonała około 500 większych i mniejszych inwestycji w trybie zamówień publicznych, w większości jako generalny wykonawca.

W tabeli 10.1 zestawiono normy robocizny dla analizowanych robót instalacyjnych, ujęte w katalogach nakładów rzeczowych, powszechnie stosowanych w kalkulacjach kosztorysowych. Jak wynika z przytoczonych wartości, normy dla analizowanych robót można przyjąć na podstawie jednego katalogu [ZAJĄCZKOWSKA 1999; Ustawa... 2004], dwóch [Rozporządzenie MRRiB 2000], a nawet trzech katalogów [SMOKTUNOWICZ 2001; ORŁOWSKI, SOBOLEWSKI, WÓJCICKI 2002; Stowarzyszenie... 2005; Rozporządzenie MI 2004; Ustawa ... 2014]. W zależności od przyjętego katalogu, podane wartości są w mniejszym lub większym stopniu zróżnicowane, a odchylenia mogą sięgać kilkunastu procent. Wyjątek stanowi pozycja „Montaż izolacji grzewczych”, dla której przyjęto w katalogach inne jednostki robót (m², m), a w przypadku wyboru katalogu KNZ-15 dla z. 2, kauczuku typu „CLIMAFLEX”, norma może stanowić 203% wartości normatywnej z KNR 0-35. W niektórych robotach [SMOKTUNOWICZ i in. 2001, Stowarzyszenie ... 2005; Rozporządzenie MI 2004] można też stwierdzić zróżnicowanie uszczegółowienia opisu operacji roboczych (wyszczególnienie).

Tabela 10.1. Normatywne jednostkowe nakłady rzeczowe robocizny na wykonanie wybranych robót instalacyjnych

Poz.	Roboty	Podstawa nakładów	Wyszczególnienie	Nakład robocizny
1	2	3	4	5
1.	Instalacja zimnej ciepłej wody z PE (Ø 20 mm)	KNR 0-13 0128-01	1. Trasowanie rur. 2. Cięcie rur PE. 3. Przygotowanie kształtek i rur do montażu (usunięcie zadziorów, pozostałości materiałowych i odłuszczenie z fazowaniem końcówek rur). 4. Wykonanie połączenia mechanicznego. 5. Mocowanie przewodów do ściany za pomocą uchwytów z PVC. 6. Wykonanie otworów w ścianach, osadzenie tulei ochronnych, uszczelnienie przejścia rury PE w tulei.	0,176 rg/m (100%)
2.	Montaż baterii natryskowych	KNR 2-15 0115-06	1. Sprawdzenie działania baterii. 2. Wykręcenie korka. 3. Przykręcenie baterii i połączenie z instalacją. 4. Ustawienie baterii z założeniem uszczelek.	1,117 rg/szt. (113%)
		KNR 0-31 0111-06	1. Sprawdzenie działania baterii. 2. Wykręcenie korków ocynkowanych. 3. Wkręcenie łączników mimośrodowych i założenie rozet. 4. Ustawienie baterii, założenie uszczelek i połączenie z instalacją. 5. Przykręcenie natrysku ręcznego albo ruchomej wylewki. 6. Dla baterii montowanych na obrzeżu urządzenia: montaż przyłączy elastycznych, ustawienie baterii, założenie uszczelek i przykręcenie baterii. 7. Uszczelnienie połączeń gwintowanych taśmą teflonową.	0,990 rg/szt. (100%)
		KNNR 4 0137-08	1. Sprawdzenie działania baterii. 2. Wykręcenie korka. 3. Wkręcenie króćców lub kolanek uniwersalnych z rozetkami. 4. Ustawienie baterii z założeniem uszczelek.	1,140 rg/szt. (115%)
3.	Montaż brodzików natryskowych	KNR2-15 0223-02	1. Wyznaczenie miejsca ustawienia przyboru. 2. Ustawienie przyboru z montażem urządzenia spustowego. 3. Zabezpieczenie przyboru przed zmianą położenia.	0,831 rg/kpl. (100%)
		KNR-W 2-15 0232-02	1. Wyznaczenie miejsca ustawienia przyboru. 2. Zmontowanie spustu. 3. Ustawienie przyboru. 4. Zabezpieczenie właściwego ustawienia przyboru.	0,960 rg/kpl. (115%)
		KNNR 4 0232-02	1. Wyznaczenie miejsca ustawienia przyboru. 2. Zmontowanie spustu. 3. Ustawienie przyboru. 4. Zabezpieczenie właściwego ustawienia przyboru.	0,980 rg/kpl. (118%)
4.	Rurociągi w instalacjach c.o. miedziane o połączeniach lutowanych na ścianach w budynkach (Ø 22 mm)	KNNR 4 0405-05	1. Wyznaczenie miejsca ułożenia rur. 2. Wykonanie otworów i obsadzenie uchwytów. 3. Przycinanie i gięcie rur. 4. Obsadzenie tulei ochronnych. 5. Ułożenie rur i kształtek oraz połączenie za pomocą lutowania.	0,721 rg/m (119%)
		KNR INSTAL 0301-05	1. Wyznaczenie miejsca ułożenia rurociągu i obsadzenia uchwytów. 2. Wiercenie otworów w ścianie i obsadzenie uchwytów. 3. Przecięcie rur, usuwanie gradu i kalibrowanie. 4. Wstępne ułożenie rur i łączników z do-pasowaniem. 5. Gięcie rur. 6. Założenie tulei ochronnych w przejściach przez ściany i stropy. 7. Przygotowanie złączy do lutowania. 8. Lutowanie kapilarne złączy. 9. Ułożenie rurociągu i zamocowanie uchwytów śrubami.	0,605 rg/m (100%)
		KNR-W 2-15 0405-05	1. Wyznaczenie miejsca ułożenia rur i obsadzenia uchwytów. 2. Wykonanie otworów i obsadzenie uchwytów. 3. Przycinanie i gięcie rur. 4. Obsadzenie tulei ochronnych. 5. Ułożenie rur i kształtek oraz połączeń za pomocą lutowania.	0,720 rg/m (119%)

1	2	3	4	5
5.	Montaż grzejników stalowych dwupłytowych	KNR 2-15 0419-03	1. Wyznaczenie miejsca zamocowania wsporników i uchwytów. 2. Wstrzeliwanie kołków w ścianę. 3. Zamocowanie wsporników i uchwytów. 4. Zawieszenie grzejnika na wspornikach. 5. Połączenie grzejnika z rurami przyłącznymi.	1,310 rg/kpl. (100%)
		KNR 0-35 0209-05	1. Wyznaczenie miejsca usytuowania grzejnika na ścianie oraz punktów montażu wsporników. 2. Wiercenie otworów w ścianie, wbitcie kołków rozporowych i zamocowanie wsporników. 3. Zawieszenie grzejnika na wspornikach wraz z jego wypoziomowaniem.	1,560 rg/kpl. (119%)
		KNNR 4 0418-05	1. Wyznaczenie miejsca zamocowania uchwytów. 2. Wykonanie otworów i obsadzenie uchwytów. 3. Zawieszenie grzejnika. 4. Połączenie grzejnika z rurami przyłącznymi.	1,420 rg/kpl. (108%)
6.	Montaż izolacji grzewczych	KNR-W 2-16 0501-01	1. Oczyszczenie izolowanej powierzchni z brudu. 2. Dopasowanie otulin. 3. Posmarowanie gorącym lepikiem izolowanej powierzchni oraz otulin. 4. Założenie otulin, zabezpieczenie drutem. 5. Uszczelnienie styków, wyrównanie powierzchni.	2,300 rg/m ²
		KNR0-35 0128-21	1. Wyznaczenie wg projektu odcinków rurociągu do wykonania izolacji; rozcięcie nacięcia wzdłużnego i nałożenie otuliny na rurociąg; smarowanie przeciętej powierzchni na stykach wzdłużnych klejem i dociskanie (rolki otuliny l = 2,0 m). 2. Przycinanie, wycinanie i docinanie otuliny wg wymiarów i kształtu odgałęzień rurociągów oraz smarowanie powierzchni styków klejem i dociskanie; wykonanie izolacji armatury taśmą z PE grub. 2 mm. 3). Smarowanie styków poprzecznych otuliny klejem i dociskanie.	0,064 rg/m (100%)
		KNZ-15 22-04	Izolacja rurociągów izolacją z kauczuku typ "CLIMAFLEX" gr. 9 mm: 1. Nałożenie izolacji na rurę. 2. Wycięcie izolacji na łukach i kolanach celem uformowania. 3. Klejenie izolacji taśmą lub klejem. 4. Wykonanie otworów na trzpienie zaworów. 5. Założenie klipsów – zapinek. 6. Owinięcie korpusów zaworów samoklejącą taśmą z polietylenu.	0,130 rg/m (203%)
7.	Rurociągi ogrzewania podłogowego z PE sieciowanego	KNNR 4 0410-05	1. Wyznaczenie miejsca ułożenia rurociągu. 2. Przycięcie rur na odpowiednią długość. 3. Założenie rury osłonowej. 4. Połączenie wyjścia z rozdzielacza z rurą PE. 5. Ułożenie rur na podłożu lub w gotowych bruzdach. 6. Przymocowanie rur uchwytami.	0,122 rg/m (100%)
		KNR-W 2-15 0410-05		0,122 rg/m (100%)
8.	Ułożenie mat do ogrzewania podłogowego	KNR2-02 0609-03	1. Oczyszczenie podłoża. 2. Zagruntowanie jednokrotne podłoża roztworem asfaltowym rzadkim lub emulsją asfaltową, ogrzanie lepiku i ułożenie izolacji poziomej na wierzchu konstrukcji na lepiku, na zaprawie lub na sucho.	0,089 rg/m ² (100%)

Źródło: opracowanie własne BYKOWSKI i TCHORZEWSKI [2014] na podstawie katalogów nakładów rzeczowych (KNR).

W tabeli 10.2 zestawiono normatywne i rzeczywiste łączne nakłady rzeczowe robocizny na wykonanie analizowanych robót instalacyjnych, realizowanych w wielofunkcyjnej sali sportowej zlokalizowanej przy Zespole Szkół w Pobiedziskach, wchodzącej w skład kompleksu sportowo-edukacyjnego. Wartości normatywne obliczono na podstawie rzeczywistej ilości robót i jednostkowych normatywnych nakładów robocizny (norm) przyjętych z bazy katalogów nakładów rzeczowych. Wartości rzeczywiste nakładów rzeczowych robocizny ustalono natomiast na podstawie szczegółowych zapisów w kartach pracy pracowników, specyfikujących wszystkie operacje robocze na wykonanie robót. Jak wykazały analizy łączny rzeczywisty nakład robocizny na analizowane roboty instalacyjne wykonywane na obiekcie przekroczył o 525 roboczogodzin nakłady oszacowane na podstawie jednostkowych wartości normatywnych, zawartych w stosownych katalogach nakładów rzeczowych (tab. 10.2).

Tabela 10.2. Normatywne i rzeczywiste łączne nakłady rzeczowe robocizny na wykonanie wybranych robót instalacyjnych w hali widowiskowej w Pobiedziskach

L.p.	Roboty	Nakłady rzeczowe robocizny		
		normatywne (rg)	rzeczywiste (rg)	odchylenie [c-b] (rg) [c/b] (%)
1	Instalacja zimnej i ciepłej wody z PE (Ø 20 mm)	53	94	+ 41 177
2	Montaż baterii natryskowych	114	194	+ 80 170
3	Montaż brodzików natryskowych	96	257	+ 161 268
4	Rurociągi w instalacjach c.o. miedziane o połączeniach lutowanych na ścianach w budynkach (Ø 22 mm)	967	1146	+ 179 118
5	Montaż grzejników stalowych dwupłytowych	142	190	+ 48 134
6	Montaż izolacji grzewczych	8	8	0 100
7	Rurociągi ogrzewania podłogowego z PE sieciowanego	63	80	+ 17 127
8	Ułożenie mat do ogrzewania podłogowego	9	8	- 1 89
Razem		1451	1977	+ 525 136

Źródło: badania własne w firmie TK INSTALACJE, Gniezno.

Rzeczywisty nakład rzeczowy robocizny na analizowanych ośmiu robotach instalacyjnych stanowił średnio 136% wartości nakładów szacowanych z zastosowaniem normatywów. Zwiększenie rzeczywistych nakładów robocizny odnotowano w sześciu na osiem analizowanych robót, przy czym w przypadku montażu brodzików natryskowych rzeczywisty nakład robocizny stanowił aż 268% wartości oszacowanych na podstawie norm. W przypadku jednej roboty – ułożenie mat do ogrzewania podłogowego – rzeczywisty nakład robocizny był nieznacznie mniejszy (o 1 roboczogodzinę) od wartości wynikających z normatywu. Podstawowy i stosowany najczęściej w kosztorysowaniu robót instalacyjnych katalog KNR 2-15 został opracowany w 1985 roku i normuje w większości pozycji przestarzałe już technologie. Brak zaktualizowanych norm na wiele obecnie stosowanych technik i materiałów w robotach instalacyjnych wymusza zastosowanie norm zbliżonych, co często powoduje powstawanie istot-

nych rozbieżności. W przypadku analizowanego montażu instalacji wodnych (tab. 10.2, poz. 1) w technologii rur typu ALU PEX firmy Uponor, do normowania wykorzystano analogię, stosując normy dla rurociągów z polietylenu, których technologia montażu różni się znacząco od montażu rur TECE. Zastosowanie w tym przypadku normy KNR dla nieaktualnej technologii spowodowało niedoszacowanie wartości realnej nakładu robocizny aż o 77%. Przykładem czynności zbędnych lecz ujętych w normie jest natomiast w analizowanych robotach układanie mat dla ogrzewania podłogowego (tab. 10.2 poz. 8). W związku z brakiem typowej normy dla tej roboty stosuje się normę dla izolacji cieplnych, ujmującą także lepikowanie i smołowanie. Norma robocizny uwzględnia przestarzałe technologie, obecnie wycofane z użycia i niestosowane wewnątrz pomieszczeń.

Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono też niedoszacowanie czasów niektórych czynności w wartościach normatywnych w porównaniu do listy czynności rzeczywiście wykonanych dla danej roboty budowlanej. Należą do nich przede wszystkim czynności związane z przygotowaniem i zorganizowaniem stanowiska pracy, dostarczenia materiałów z magazynu na stanowisko pracy, posprzątania, spakowania i zwrotu narzędzi i materiałów do magazynu. Przykładem ilustracji problemu może być montaż grzejników (tab. 10.2, poz. 5), dla którego na badanym obiekcie wartości normatywne robocizny były zaniżone w stosunku do nakładów realnych o 34%. W związku ze zmianą funkcji grzejników, które współcześnie spełniają również w dużym zakresie funkcję dekoracyjną i estetyczną, wzrosło znaczenie czynności przygotowujących (owijanie folią, zabezpieczanie grzejników), wydłużających czas montażu i podwyższających koszt takich robót. Niestety, co jest niedostatkami stosowania systemu norm uniwersalnych dla branży, normy na roboty instalacyjne nie ujmują współczynników odzwierciedlających wpływ skali obiektu i zakresu wykonywanych robót na rzeczywisty czas ich wykonania (specjalizacja, automatyzm operacji roboczych). Udział czynności tzw. „okołozadaniowych” w ogólnym czasie wykonania montażu dla jednostkowego urządzenia jest nieporównywalnie większy niż dla montażu przykładowo 100 urządzeń tego samego typu (wielokrotność powtarzania danej czynności). Podczas montażu wielu tych samych urządzeń pracownik specjalizuje się w pracy, co prowadzi do minimalizacji czasu wykonania poszczególnych operacji roboczych. Czas na czynności przygotowujące do wykonania roboty stanowi przy tym mniejszy udział w ogólnym bilansie czasu robocizny. Co prawda zwiększone koszty robót wykonawca może sobie odliczyć przez zastosowanie wyższego wskaźnika kosztów pośrednich, jednak nie taka jest rola tych kosztów.

Kolejnym problemem dostrzeżonym w trakcie analizy wyników jest możliwość zastosowania w kalkulacji kosztów danej roboty niekiedy kilku norm podających różne, czasem istotnie zróżnicowane wartości, przy trudnym do zinterpretowania i porównania opisie operacji roboczych. Obecność w praktyce dwóch lub wielu norm podających różne wartości zwiększa możliwość popełnienia błędów w procesie szacowania nakładów rzeczowych, a od kosztorysanta wymaga dużego doświadczenia. W przypadku robót izolacyjnych można skorzystać z trzech katalogów, przy czym część uwzględnia technologię opartą na osłanianiu rurociągów wełną szklaną lub mineralną, co obecnie nie ma już zastosowania.

Badania wykazały także, że w przypadku robót instalacyjnych (tab. 10.2, poz. 1-8), realizowanych w hali widowiskowo-sportowej w Pobiedziskach, łączny rzeczywisty nakład robocizny na ich wykonanie był o 525 roboczogodzin większy, w porównaniu do wartości planowanych, obliczonych przez wykonawcę na podstawie norm zawartych w katalogach nakładów rzeczowych. Może to niewielka wartość w porównaniu do całości robót, jednak w przypadku małych firm instalatorskich, może skutkować:

- ! wzrostem kosztów bezpośrednich robocizny w porównaniu do wartości planowanych w kosztorysie ofertowym, co dla wykonawcy w dłuższym okresie może powodować straty lub generowanie mniejszych zysków i związane z tym pogorszenie kondycji finanso-

wej a nawet groźbę bankructwa (w analizowanym przypadku, przy stawce robocizny kosztorysowej 20 zł/rg, wzrost kosztów bezpośrednich robocizny wyniósł 10500 zł),

- ! zatrudnieniem zbyt małym w stosunku do potrzeb liczby pracowników, a w konsekwencji koniecznością niekiedy zatrudniania „ad hoc” pracowników tymczasowych (ryzyko spadku ogólnej kwalifikacji kadry w związku z sezonowym i szybkim naborem),
- ! błędnym oszacowaniem terminu wykonania robót (ryzyko kar umownych).

Jak wynika z przeprowadzonych analiz można wskazać kilka podstawowych przyczyn powstawania różnic, a jedną z nich może być sama metoda kalkulacji norm. KRISTOWSKI [2005] zwraca uwagę, że podczas opracowywania katalogów (KNR) pomierzone wartości nakładów były następnie uśredniane. Średnia jest statystyką, którą oblicza się łatwo, ale która potrafi w wielu przypadkach zniekształcać rzeczywisty obraz zdarzenia. Deterministyczne wartości nakładów nie przedstawiają wtedy losowego charakteru czasu wykonywania procesów budowy. Należy domniemywać, że znamy wartość oczekiwaną, ale nie znamy przykładowo wielkości błędu, jaki możemy popełnić podczas planowania procesu budowy.

Na nieuwzględnienie zakłóceń w będących w użyciu normach (tzw. KNR) i niepewność potencjału produkcyjnego zwracają też uwagę MARCINKOWSKI i KOPER [2008]. Wskazują oni, że uwzględnienie ryzyka w ocenie czasu i kosztów realizacji zadań wymaga scharakteryzowania niepewności danych: nakładów rzeczowych, ich kosztów jednostkowych oraz liczby środków pracy skierowanych do realizacji zadań. Normy nakładów rzeczowych ustalane są na jednostkę efektu lub elementu obiektu budowlanego i opisują konkretne rozwiązania technologiczno-organizacyjne, określając nakład pracy robotników, pracy maszyn i urządzeń oraz ilości materiałów. Istnieje zatem potrzeba identyfikacji i opisu zmienności norm nakładów rzeczowych, awaryjności maszyn, absencji robotników itp., a przyjmowanie tych danych wg własnego (eksperskiego) osądu jest zagrożone dużym błędem. Istnieje więc potrzeba dalszych badań procesów pracy, których celem będzie zweryfikowanie norm nakładów rzeczowych na wykonanie procesów pracy [MARCINKOWSKI, KOPER, 2008]. Na zalety i wady stosowania uniwersalnej bazy robót KNR wskazuje też POLAK [2010]: zaletą jest szybkie i elastyczne grupowanie procesów, wadą natomiast pomijanie kontroli technicznej, która powinna być integralną częścią każdego procesu, decydując o jakości robót i usług budowlanych.

Niezależnie od omówionych niedostatków czy nawet wad norm w systemie katalogów nakładów rzeczowych (KNR) w ostatnich latach pojawił się też problem braku ich aktualizacji. Obszerna baza KNR została opracowana w latach 80. ubiegłego wieku na zlecenie właściwych ministerstw i wprowadzona do obligatoryjnego stosowania. Obszerną bazę KNR-ów na potrzeby budownictwa (w tym podstawowy dla robót instalacyjnych KNR 2-15 1985. *Instalacje wewnętrzne wodociągowe, kanalizacyjne, gazowe i centralnego ogrzewania*) opracowano w połowie lat 80. ubiegłego wieku, przy czym te analizowane w tej pracy – w latach 1985-2002. Ich opracowanie, na zlecenie właściwych ministerstw, powierzono specjalistycznym firmom (OGRBUD, WACETOB czy INSTAL). Katalogi zostały wprowadzone do obligatoryjnego stosowania w kalkulacji szczegółowej wykonawców decyzją nr 3 Ministerstwa Budownictwa i Przemysłu Materiałów Budowlanych z 1 lipca 1985 roku. W związku z faktem, że niektóre pozycje w zakresie ilościowym były niepełne a czasem błędne, a w zakresie rzeczowym przestarzałe, jeszcze w końcu lat 90. wydawano do nich zmiany, erraty lub uzupełnienia [ZAJĄCZKOWSKA 1999]. Z chwilą wejścia w życie ustawy o informowaniu o cenach towarów i usług [Ustawa ... 2014] katalogi KNR nie muszą być już bezwzględnie stosowane, co jednak spowodowało brak ich aktualizacji na szczeblu centralnym czy branżowym. Nadal są jednak powszechnie stosowane w praktyce i stanowią podstawę opracowywania różnych kosztorysów. Na rynku pojawiają się co prawda aktualizacje norm nakładów rzeczowych w budownictwie, w których starano się uwzględnić postęp technologiczny w tej dziedzinie gospodarki. Czy są one jednak wystarczające? W branży instalacyjnej takim przykładem może być KNR 9-22 [2011]. Rurociągi z żeliwa sferoidalnego, wcinki, odpowietrzniki, hydranty,

źródło i studnie, a na potrzeby kosztorysowania – programowo Norma PRO STANDARD EXPERT firmy ATHENASOFT.

Jedną z dziedzin, która obecnie najdynamiczniej rozwija się w budownictwie i w związku z tym wymaga częstej aktualizacji norm na nakłady rzeczowe, jest tzw. „chemia budowlana”. Pojawianie się nowych materiałów i technologii z reguły zapewnia uzyskiwanie wyższej jakości robót i zmniejszenie pracochłonności. Jednakże produkty opierające się na tej samej bazie chemicznej i podobne w ujęciu technologicznym lecz oferowane przez różne firmy różnią się wymaganiami odnośnie do przygotowania podłoża, wielkością jednostkowego zużycia, czy pracochłonnością. Stawia to duże wyzwanie dla kosztorysowania w kalkulacji tego typu robót. Za rozwojem nie nadążają ogólne katalogi nakładów rzeczowych i coraz trudniej jest znajdować w nich analogie lub stosować inter- czy ekstrapolację. Zaradzić temu mogłyby KNR opracowywane przez firmy wyspecjalizowane w normowaniu na zlecenie producentów chemii budowlanej. Tego typu katalogi powinny zawierać nakłady pozwalające na kalkulowanie kosztów robót w technologii, z wyłącznym zastosowaniem produktów danego producenta. Przykładem takiego katalogu jest Zakładowy Katalog Nakładów Rzeczowych. Roboty budowlane wykonywane w technologiach i materiałach marki Ceresit i Thomsit. Inny nowy Zakładowy Katalog Nakładów Rzeczowych firmy Henkel zawiera 9 rozdziałów obejmujących między innymi ocieplanie budynków metodą BSO (bezspoinowy system ociepleń) z użyciem styropianu lub wełny mineralnej, wykonywanie izolacji przeciwwodnych i przeciwwilgociowych itp. Katalog ZKNR C-2 (co ma obecnie najczęściej miejsce) – został wydany w wersji drukowanej oraz w formacie PDF na płycie CD. Aktualnie trwa proces wprowadzenia go do bibliotek najbardziej liczących się na rynku programów do kosztorysowania. Niestety nowe katalogi zakładowe obejmują tylko część rynku budowlanego, najczęściej dotyczącego nowości budowlanych i technologicznych. Z doświadczenia autorów można jednak wysunąć tezę, że w dziedzinie instalacji ich udział w ogólnej ilości dostępnych norm jest jeszcze stosunkowo niewielki.

Problemy normowania ilościowego w gospodarce rynkowej, wobec ciągłego postępu technicznego, są zatem bardzo trudne i złożone. Wykonawcy, korzystając z istniejącej bazy katalogów nakładów rzeczowych do kalkulacji cen ofertowych, powinni zdawać sobie sprawę z wynikających z tego konsekwencji i ewentualnych zagrożeń. Warto też przypomnieć, że wskazanie przez zamawiającego w przedmiarze robót określonych KNR nie wiąże wykonawców, a w specyfikacjach istotnych warunków zamówienia (SIWZ) często znajdujemy zapis o niewiążącym charakterze wybranych katalogów.

10.3. PRZYKŁADOWE ANALIZY KOSZTOWE

Pierwszą z analiz wykonano z wykorzystaniem zeszytu SECOCENBUDU nr 32/2015 (1580) oraz Biuletynu cen obiektów budowlanych (BCO), cz. I Obiekty kubaturowe – jako materiałów źródłowych. Wybrane wskaźniki dotyczą jednorodzinnych budynków mieszkalnych, obiektów technologicznych i inwentarskich do budowy na terenach wiejskich. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 10.3.

Uwaga: dotyczy kosztorysów w tabelach 10.3-10.8, w których podane ceny należy przemnożyć przez wskaźniki inflacji na kolejne lata w odniesieniu do roku dotyczącego podanych cen w tabelach. W ten sposób można uzyskać przybliżone wartości aktualnych cen na dany rok. Wskaźniki inflacji można odczytać w portalu informacyjnym NBP <https://poznajnbp.pl/> lub <https://pl.wikipedia.org/w/index.php?.title=inflacja> oraz <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ceny-handel/wskazniki-cen/wskaznikicen-towarow-i-uslug-konsumpcyjnych-pot-inflacja-/miesieczne-wskazniki-cen-towarow-i-uslug-konsumpcyjnych-od-1982-roku/>.

Tabela 10.3. Średnie krajowe wskaźniki cenowe instalacji wodociagowych i kanalizacyjnych domów jednorodzinnych wg SECOENBUD na 2 kw. 2015

Lp.	Charakterystyka obiektu	J.m.	Cena w zł		Wskaźnik w zł na:		Udział % w cenie budynku
			jednostkowa	całkowita	m ² p.n.	m ³ k.b.	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Dom wolnostojący bez podpiwniczenia, z bloczków Ytong, powierzchnia zabudowy 225,3 m ² , powierzchnia użytkowa 129,5 m ² , kubatura brutto 876,5 m ³ , liczba kondygnacji 1	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur PVC i PE z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	472,46	8031,87	47,81	9,16	1,9
	- instalacja kanalizacyjna z rur PVC i PE z – jak wyżej	pkt odb.	2175,09	17400,71	103,58	19,85	4,2
2	Dom wolnostojący częściowo podpiwniczony z pustaków i cegły dziurawki, pow. zabudowy 121,11 m ² , pow. użytkowa 167,64 m ² , kubatura brutto 741,42 m ³ , liczba kondygnacji nadziemnych 2.	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur stalowych ocynkowanych z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	368,18	5522,77	26,66	7,45	1,1
	- instalacja kanalizacyjna z rur żeliwnych z – jak wyżej	pkt odb.	1521,65	12173,20	58,76	16,42	2,3
	Dom wolnostojący bez podpiwniczenia z cegły kratówki i płytek z betonu komórkowego, pow. zabudowy 160,60 m ² , pow. użytkowa 153,20 m ² , kubatura brutto 650,0 m ³ , liczba kondygnacji 1+ użytkowe poddasze	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur PP i PVC z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	239,70	4794,06	21,79	7,38	1,1
	- instalacja kanalizacyjna z rur PP i PVC z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt odb.	891,39	11588,10	52,67	17,83	2,7
4	Dom wolnostojący bez podpiwniczenia z cegły kratówki i muru pruskiego z pełnej cegły, pow. zabudowy 160,60 m ² , pow. użytkowa 153,20 m ² , kubatura brutto 650,0 m ³ , liczba kondygnacji 1 + użytkowe poddasze	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur PP i PVC z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	239,70	4794,06	21,79	7,38	1,1
	- instalacja kanalizacyjna – jak wyżej	pkt odb.	891,39	11588,10	52,67	17,83	2,6
5	Dom wolnostojący z bloczków z betonu komórkowego, pow. zabudowy 196,30 m ² , pow. użytkowa 1213,50 m ² , kubatura brutto 1079,00 m ³ , liczba kondygnacji 1, użytkowe poddasze	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur PP i PVC z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	240,18	4803,52	16,83	4,45	0,9
	- instalacja kanalizacyjna – jak wyżej	pkt odb.	797,39	9568,64	33,53	8,87	1,8

1	2	3	4	5	6	7	8
6	Dom wolnostojący z bloczków z betonu komórkowego częściowo podpiwniczony, pow. zabudowy 132,00 m ² , pow. użytkowa 142,00 m ² , kubatura brutto 550,00 m ³ , liczba kondygnacji 1, użytkowe poddasze	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur stalowych, ocynkowana z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	500,34	10507,13	52,96	19,10	2,7
	- instalacja kanalizacyjna z rur żeliwnych i PVC z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt odb.	965,77	14486,62	73,02	26,34	3,8
7	Dom wolnostojący z bloczków styropianowych, niepodpiwniczony, pow. zabudowy 113,30 m ² , pow. użytkowa 80,89 m ² , kubatura brutto 430,00 m ³ , liczba kondygnacji 1	m ² p. u.					
	- instalacja wodociągowa z rur PP i PVC z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	481,82	7709,20	79,81	17,93	3,6
	- instalacja kanalizacyjna z rur PP i PVC z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt odb.	817,74	6541,88	67,73	15,21	3,1
8	Dom wolnostojący z cegły ceramicznej Porotherm bez podpiwniczenia, pow. zabudowy 208,19 m ² , pow. użytkowa 209,76 m ² , kubatura brutto 1253,00 m ³ , liczba kondygnacji 1, użytkowe poddasze	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur miedzianych z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	544,58	10346,95	31,42	8,26	1,6
	- instalacja kanalizacyjna z rur PVC – jak wyżej	pkt odb.	1023,88	8191,08	24,87	6,54	1,3
9	Dom wolnostojący z bloczków z betonu komórkowego z podpiwniczeniem, pow. zabudowy 206,40 m ² , pow. użytkowa 234,60 m ² , kubatura br. 1424,00 m ³ , liczba kondygnacji 1+ użytkowe poddasze	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur wielowarstwowych PEX-Al.-PEX z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	480,14	8162,36	19,64	5,73	1,0
	- instalacja kanalizacyjna z rur PVC z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt odb.	1190,69	11906,86	28,66	8,36	1,5
10	Dom wolnostojący z pustaków ceramicznych i cegły kratówki bez podpiwniczenia, pow. zabudowy 202,10 m ² , pow. użytkowa 237,00 m ² , kubatura brutto 1190,00 m ³ , liczba kondygnacji 1+ użytkowe poddasze	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur wielowarstwowych PEX-Al.-PEX z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	296,30	7407,40	23,27	6,22	1,3
	- instalacja kanalizacyjna z rur PVC z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt odb.	773,99	11609,90	36,47	9,76	2,0

1	2	4	5	6	7	8	9
11	Dom wolnostojący z pustaków ceramicznych Porotherm bez podpiwniczenia, pow. zabudowy 181,30 m ² , pow. użytkowa 214,37 m ² , kubatura brutto 1061,50 m ³ , liczba kondygnacji 2	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur wielowarstwowych PEX-Al.-PEX z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	464,91	7903,47	32,88	7,45	1,2
	- instalacja kanalizacyjna z rur PVC z – jak wyżej	pkt odb.	1119,97	11199,67	46,59	10,55	1,8
12	Dom wolnostojący z bloczków z betonu komórkowego bez podpiwniczenia, pow. zabudowy 172,32 m ² , pow. użytkowa 239,40 m ² , kubatura brutto 888,00 m ³ , liczba kondygnacji 2	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur wielowarstwowych PE i PVC z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	349,39	5521,46	23,06	6,22	1,2
	- instalacja kanalizacyjna z rur PE i PVC z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt odb.	1011,35	8090,83	33,80	9,11	1,8
13	Dom wolnostojący energooszczędny z pustaków silka E24 bez podpiwniczenia, pow. zabudowy 150,96 m ² , pow. użytkowa 151,65 m ² , kubatura brutto 824,57 m ³ , liczba kondygnacji 1 + użytkowe poddasze	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur PP z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	339,91	9177,50	46,52	11,13	2,0
	- instalacja kanalizacyjna z rur PVC z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt odb.	869,43	12171,98	61,69	14,76	2,6
14	Dom wolnostojący energooszczędny z pustaków ceramicznych POROTHERM bez podpiwniczenia, pow. zabudowy 140,00 m ² , pow. użytkowa 153,10 m ² , kubatura brutto 725,00 m ³ , liczba kondygnacji 1 + użytkowe poddaszem	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur PEX-Al.-PEX z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	454,73	7730,47	40,01	10,66	1,2
	- instalacja kanalizacyjna z rur PVC z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt odb.	1035,72	12428,63	64,33	17,14	2,0
15	Dom wolnostojący pasywny z pustaków ceramicznych SILKA E24 bez podpiwniczenia, pow. zabudowy 129,03 m ² , pow. użytkowa 130,00 m ² , kubatura brutto 777,94 m ³ , liczba kondygnacji 1 z użytkowym poddaszem	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur miedzianych izolowana termicznie z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	433,24	6065,34	36,10	7,80	1,4
	- instalacja kanalizacyjna z rur PVC z – jak wyżej	pkt odb.	898,71	8088,43	48,15	10,40	1,8

1	2	4	5	6	7	8	9
17	Dom bliźniaczy z cegły ceramicznej pełnej z częściowym podpiwniczeniem, pow. zabudowy 2x133,2 m ² , pow. użytkowa 2x127,6 m ² , kubatura brutto 2x707,3 m ³ , liczba kondygnacji nadziemnych 2	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur PP z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	345,28	11048,99	31,46	7,81	1,4
	- instalacja kanalizacyjna z rur żeliwnych i PVC z- jak wyżej	pkt odb.	1002,51	20050,22	57,09	6,19	1,1
18	Dom bliźniaczy z pustaków ceramicznych U/220 bez podpiwniczenia, pow. zabudowy 2x177,7 m ² , pow. użytkowa 2x157,10 m ² , kubatura 2x760,0 m ³ , liczba kondygnacji nadziemnych 1 + użytkowe poddasze	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur PP i PVC z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	358,52	10038,47	22,25	6,60	1,2
	- instalacja kanalizacyjna z rur PP i PVC z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt odb.	638,68	11496,31	25,48	7,56	1,4
19	Dom bliźniaczy „Leśniczówka” o konstrukcji drewnianej słupowo ryglowej z częściowym podpiwniczeniem, pow. zabudowy 169,70 m ² , pow. użytkowa 214,80 m ² , kubatura brutto 1386,00 m ³ , liczba kond. nadziemnych 1 + użytkowe poddasze	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur stalowych ocynkowanych z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	446,01	15164,34	50,58	10,94	2,2
	- instalacja kanalizacyjna z rur żeliwnych i PVC – jak wyżej	pkt odb.	1106,06	17696,93	59,03	12,77	2,6
Budynek technologiczny stacji uzdatniania wody							
1	Budynek o konstrukcji żelbetowo-murowanej, pow. zabudowy 417,80 m ² , pow. użytkowa 352,55 m ² , kubatura brutto 2170,30 m ³ , liczba kondygnacji 1 + poddasze użytkowe	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur PVC. z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	307,57	4306,01	10,18	1,98	0,2
	- instalacja kanalizacyjna z rur PVC – jak wyżej	pkt odb.	542,66	8139,85	19,24	3,75	0,3
Budynki produkcyjne, inwentarskie i magazynowe na wsiach							
1	Budynek ubojni drobiu o konstrukcji stalowej, bez podpiwniczenia, liczba kondygnacji 1 + poddasze, pow. zabudowy 1273 m ² , pow. użytkowa 1387 m ² , kubatura br. 4170 m ³ . Zakładana zdolność ubojowa – 5000 szt./zmianę.	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur miedzianych z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	1480,98	90339,72	61,75	21,66	2,9
	- instalacja kanalizacyjna z rur PVC – jak wyżej	pkt odb.	2031,15	38591,89	26,38	9,25	1,2

1	2	4	5	6	7	8	9
2	Budynek piekarni o konstrukcji murowanej, liczba kondygnacji 1 + częściowo 2, pow. zabudowy 868,50 m ² , pow. użytkowa 885,20 m ² , kubatura br. 4168,60 m ³ .	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur stalowych ocynk. z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	586,49	28737,87	30,05	6,89	1,8
	- instalacja kanalizacyjna z rur PVC – jak wyżej	pkt odb.	986,52	28609,09	29,92	6,86	1,8
3	Hala magazynowa o konstrukcji żelbetowo murowanej, bez podpiwniczenia, liczba kondygnacji 1 + częściowo 2. Pow. zabudowy 1117,60 m ² , pow. użytkowa 1014,50 m ² , kubatura br. 11206,90 m ³	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur stalowych ocynkowanych z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	470,37	13640,78	11,68	1,22	0,5
	- instalacja kanalizacyjna z rur PVC z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt. odb.	831,66	10811,60	9,26	0,96	0,4
4	Budynek inwentarsko– garażowy o konstrukcji z betonu i cegły, bez podpiwniczenia, liczba kondygnacji 1 + częściowo 2, pow. zabudowy 57,40 m ² , pow. użytkowa 62,60 m ² , kubatura brutto 267,00 m ³	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur stalowych ocynkowanych z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	440,56	881,12	14,08	3,30	0,9
	- instalacja kanalizacyjna z rur żeliwnych – jak wyżej	pkt odb.	2265,90	4531,79	72,39	16,97	4,8
5	Budynek inwentarsko – składowy o konstrukcji z betonu i cegły, bez podpiwniczenia, liczba kondygnacji 1 + poddasze użytkowe, pow. zabudowy 133,50 m ² , pow. użytkowa 163,40 m ² , kubatura brutto 788,00 m ³	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur stalowych ocynkowanych z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	480,52	961,04	5,88	1,22	0,6
	- instalacja kanalizacyjna z rur żeliwnych z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt odb.	3358,61	3358,61	20,55	4,26	2,2
6	Budynek gospodarczy, konstrukcja tradycyjna, bez podpiwniczenia, liczba kondygnacji 1, pow. zabudowy 122,80 m ² , pow. użytkowa 96,00 m ² , kubatura brutto 466,00 m ³	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur stalowych ocynkowanych z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	173,25	519,76	5,41	1,12	0,4
	- instalacja kanalizacyjna z rur żeliwnych z – jak wyżej	pkt odb.	1028,47	1028,47	10,71	2,21	0,8

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Tuczarnia trzody chlewnej w wydzielonych kojcach dla 320 zwierząt Konstrukcja tradycyjna, bez podpiwniczenia, liczba kondygnacji 1, pow. zabudowy 122,80 m ² , pow. użytkowa 96,00 m ² , kubatura brutto 466,00 m ³	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur stalowych ocynkowanych z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	862,12	31898,56	43,13	13,33	5,5
	- instalacja kanalizacyjna z PVC – jak wyżej	pkt odb.	4322,61	4322,61	5,84	1,81	0,7
8	Brojleria dla kurcząt, konstrukcja żelbetowa + cegła, bez podpiwniczenia, liczba kondygnacji 1, pow. zabudowy 122,80 m ² , pow. użytkowa 96,00 m ² , kubatura brutto 466,00 m ³	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur stalowych ocynkowanych i rur PE z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	2979,31	20855,16	17,14	3,38	1,5
	- instalacja kanalizacyjna z żeliwa i PVC – jak wyżej	pkt odb.	4939,16	24,695,8	20,31	4,00	1,7
9	Kurnik dla niosek , konstrukcja żelbetowa + cegła, bez podpiwniczenia, liczba kondygnacji 1, pow. zabudowy 1328,80 m ² , pow. użytkowa 1170,90 m ² , kubatura brutto 6179,00 m ³	m ² p.u.					
	- instalacja wodociągowa z rur stalowych ocynkowanych i rur PE z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	2008,05	14056,32	11,55	2,27	1,1
	- instalacja kanalizacyjna z żeliwa i PVC – jak wyżej	pkt odb.	4730,09	23650,45	19,44	3,83	1,9
11	Szklarnia do upraw gruntowych , konstrukcja o szkielecie stalowym, bez podpiwniczenia, liczba kondygnacji 1, pow. zabudowy 190,50 m ² , pow. użytkowa 180,00 m ² , kubatura brutto 630,00 m ³	m ² p.u.					
	- instalacja podlewania z rur stalowych ocynkowanych i rur PVC z armaturą, przyborami i urządzeniami	pkt pob.	185,29	8893,70	49,41	14,12	3,7

Objaśnienia: p.u. – powierzchnia użytkowa, p.n. – powierzchnia netto, k.b. – kubatura brutto Źródło: SECOENBUD, 2 kw. 2015 r.

W tabeli 10.4 pokazano zróżnicowanie cen wykonania instalacji wodociągowej w budynku w zależności od materiału, z którego jest wykonywana sieć wodociągowa, typu budynku i wykonania materiałowego tego budynku.

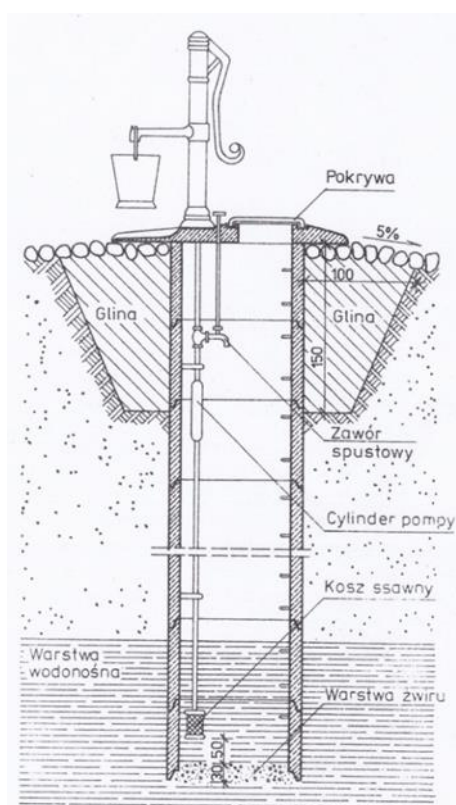
Tabela 10.4. Koszty wykonania instalacji wodociągowej w budynku w zależności od materiału użytego do jej budowy i rodzaju budynku

Budynek Dom	Sieć					Cena jedn. wodo- ciągu, zł/m	Powierzchnia, m ²		Kubatu- ra, m ³
	PE i PVC	z rur stalo- wych ocynk.	PP i PVC	mie- dzia- na	PEX- Al- PEX		zabu- dowy	użyt- kowa	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
- wolnostojący bez podpiwniczenia z bloczków Ytong,	tak					472,46	225,3	129,5	876,5
- wolnostojący częściowo podpiwniczony z pustaków i cegły dziurawki		tak				368,18	121,11	167,64	741,42
- wolnostojący bez podpiwniczenia z cegły kratówki i płytek z betonu komórkowego			tak			239,7	160,6	153,2	650
- wolnostojący bez podpiwniczenia z cegły kratówki i muru pruskiego			tak			239,7	196,3	1213,5	1079
- wolnostojący z bloczków z betonu komórkowego częściowo podpiwniczony		tak				500,34	132	142	550
- wolnostojący z bloczków styropianowych, niepodpiwniczony			tak			481,82	113,3	80,89	430
- wolnostojący z cegły ceramicznej PO-ROTHERM bez podpiwniczenia				tak		544,58	208,19	209,76	1253
- wolnostojący z bloczków z betonu komórkowego z podpiwniczeniem					tak	480,14	206,4	234,6	1424
- wolnostojący z pustaków ceramicznych i cegły kratówki bez podpiwniczenia					tak	296,3	202,1	237	1190
- wolnostojący z pustaków ceramicznych i cegły kratówki bez podpiwniczenia					tak	464,91	181,3	214,37	1061,5
- wolnostojący z bloczków z betonu komórkowego bez podpiwniczenia	tak					349,39	150,96	151,65	824,57
- wolnostojący z pustaków Silka bez podpiwniczenia			tak			339,91	150,96	151,65	824,57

cd. tab. 10.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
- wolnostojący z pustaków ceramicznych POROTHERM bez podpiwniczenia					tak	454,73	140	153,1	725
- wolnostojący pasywny z pustaków Silka E24 bez podpiwniczenia				tak		433,24	129,02	130	777,94
- wolnostojący letni z bali drewnianych bez podpiwniczenia			tak			374,84	104,3	128,6	615,9
- bliźniaczy z cegły ceramicznej pełnej z częściowym podpiwniczeniem			tak			345,28	266,4	255,2	1414,6
- bliźniaczy z pustaków ceramicznych bez podpiwniczenia			tak			358,52	355,4	314,2	1520

Źródło: SECOENBUD, 2 kw. 2015 r.



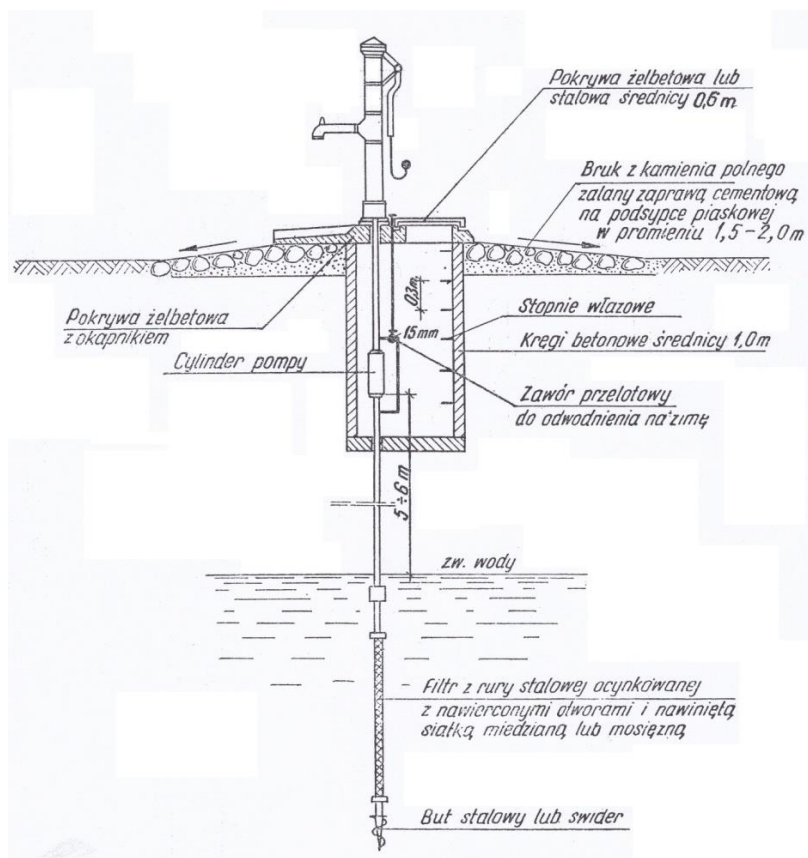
W celu przeprowadzenia, bardziej szczegółowej analizy wykonania sieci wodociągowej z własnym ujęciem, wybrano pięć różnych technologii budowy takiej instalacji:

- ! czerpanie wody ze studni kopanej z kręgów betonowych – rys. 10.1;
- ! czerpanie wody z obudowanej studni abisyńskiej – rys. 10.2;
- ! czerpanie wody ze studni kopanej za pomocą pompy samozasysającej – rys. 10.3;
- ! czerpanie wody ze studni kopanej z pompą samozasysającą z eżektorem – rys. 10.4;
- ! czerpanie wody ze studni z agregatem pompowym głębinowym – rys. 10.5.

Rys. 10.1 Czerpanie wody ze studni kopanej z kręgów betonowych

Źródło: KORYŃ [1973].

Celem ujednoczenia kosztów przyjęto dostawę wody jedynie zimnej dla czterech osób z wyposażeniem kuchni, łazienki, toalety, oraz jednakową długością rurociągów rozprowadzających wodę w mieszkaniu. Do każdego rysunku załączono szczegółową kalkulację wykonania sieci wodociągowej dla indywidualnych gospodarstw nie podłączonych do systemów zbiorczych.



Rys. 10.2. Czerpanie wody z obudowanej studni abisyńskiej z pompą ssąco-tłoczącą

Źródło: KORYŃ [1973].

Tabela. 10.5. Koszty wykonania studni abisyńskiej Źródło: KORYŃ [1973]

Wyszczególnienie	Ilość	Jednostka	Cena jednostkowa [zł]	Suma
Pompa ssąca tłokowa	1	szt.	150,00	150,00
Cylinder pompy	1	szt.	200,00	200,00
Odwiert wraz z rurą, filtrem z zaworem zwrotnym i koszem na głębokość 15 m	1	kpl.	1200,00	1200,00
Przedłużenie pręta	1	kpl.	200,00	200,00
Kręgi Ø 1000	3	szt.	140,00	420,00
Wkopanie kręgów	1	kpl.	860,00	860,00
Stopnie włazowe	4	szt.	15,00	60,00
Właz żeliwny Ø 600	1	szt.	180,00	180,00
Trójnik ocynkowany 1,1/4"x 3/4"x1,1/4"	1	szt.	15,60	15,60
Nypel ocynkowany 3/4"	1	szt.	4,80	4,80
Zawór kulowy 3/4"	1	szt.	36,68	36,68
Montaż pompy z cylindrem	1	kpl.	700,00	700,00
Razem brutto				4027,08

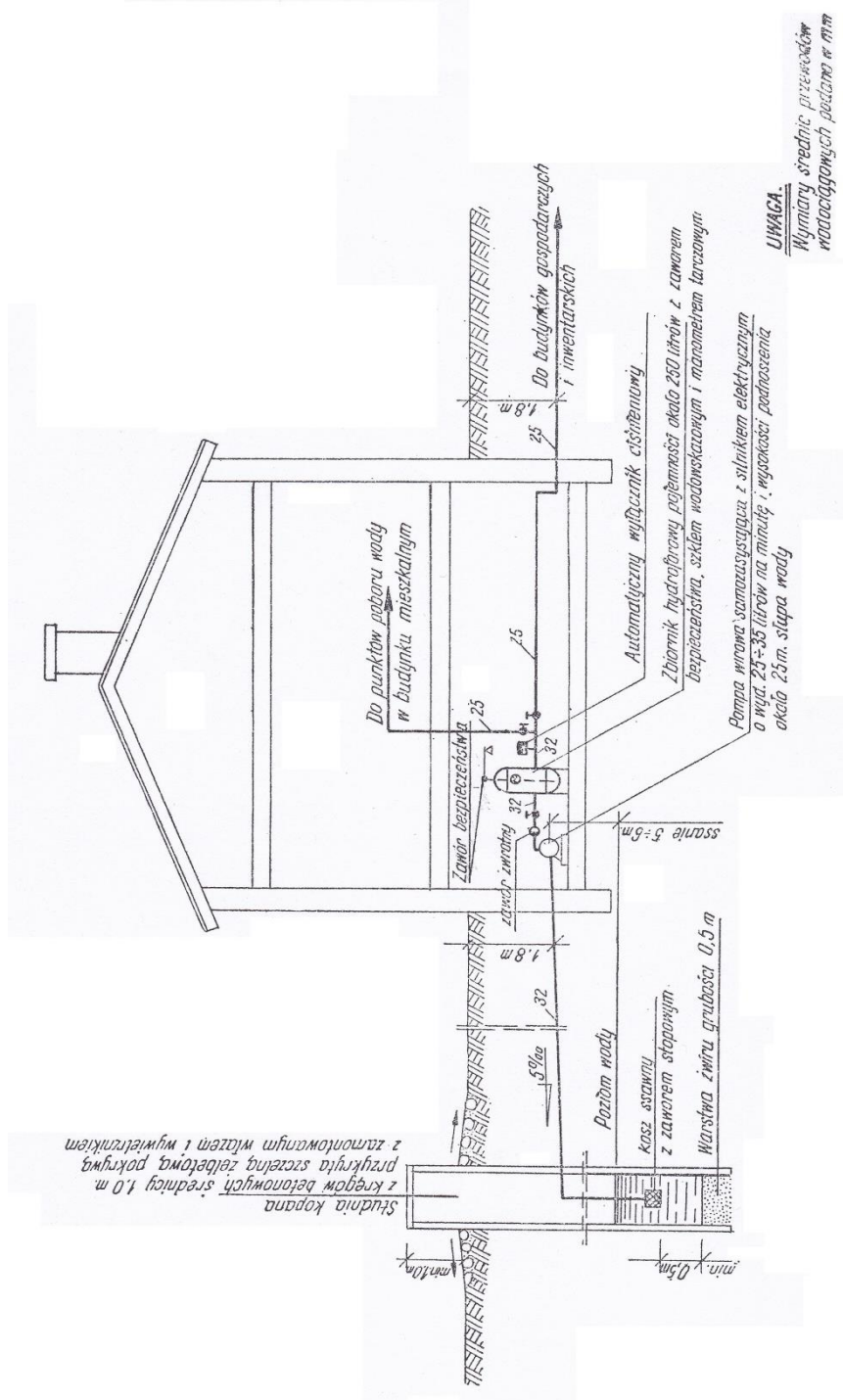
Tabela. 10.6. Koszty wykonania studni wierconej z pompą głębinową

Wyszczególnienie	Ilość	Jednostka	Cena jednostkowa, zł	Suma, zł
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Odwiert wraz z rurą osłonową na głębokość 35 m	1	kpl.	2400,00	2400,00
Pompa głębinowa binowa PM o wydajności $Q=20-100$ l/min z kablem 15m	1	szt.	1820,00	1820,00
Zawór zwrotny z grzybkim mosiężnym 1,1/4"	1	szt.	52,00	52,00
Redukcja mosiężna 1,1/2"x 1,1/4"	1	szt.	31,83	31,38
Nypel mosiężny 1.1/4"	1	szt.	21,00	21,00
Kształtka PE o40/Gz 1,1/4"	1	szt.	11,07	11,07
Puszka elektryczna, hermetyczna z wyłącznikiem i kondensatorem do pompy	1	szt.		
Głowica do studni głębinowej	1	szt.	250,00	250,00
Redukcja mosiężna 1x 1,1/4"	1	szt.	28,00	28,00
Mufka mosiężna 1,1/4"	1	szt.	27,50	27,50
Kształtka PE Ø40/Gz 1,1/4"	1	szt.	11,07	11,07
Rura PE Ø 40	15	m	7,20	108,00
Linka z tworzywa sztucznego do zawieszenia pompy	17	m	7,06	120,02
Śrubunek mosiężny 1"	1	szt.	20,45	20,45
Trójnik mosiężny 1"	1	szt.	24,35	24,35
Nypel mosiężny 1"	1	szt.	14,66	14,66
Zawór kulowy 1"	1	szt.	57,56	57,56
Kształtka PE Ø32/Cz 1" Ø 32/Gz 1"	1	szt.	9,80	9,80
Redukcja mosiężna 1x 3/4"	1	szt.	6,17	6,17
Nypel mosiężny 3/4"	1	szt.	8,14	8,14
Zawór kulowy 3/4"	1	szt.	36,68	36,68
Kręgi Ø1000	3	szt.	140,00	420,00
Stopnie włączowe	4	szt.	15,00	60,00
Właz żeliwny Ø 600	1	szt.	180,00	180,00
Wkopanie kręgów	1	kpl.	860,00	860,00
Montaż pompy głębinowej	1	kpl.	700,00	700,00
Rura PE Ø32	15	m	5,26	78,90
Wykonanie przyłącza od studzienki do budynku	15	m	90,00	1350,00
Kolano ocynkowane 1,1/4	2	szt.	6,88	13,76
Redukcja ocynkowana 1 1/4 x 1"	2	szt.	7,60	15,20
Śrubunek 1" mosiężny	2	szt.	24,35	48,70
Kształtka PE Ø 32/Gz 1"	1	szt.	9,80	9,80
Hydrofor 300l wraz z wodowskazem	1	szt.	848,70	848,70
Redukcja ocynkowana 2" x 3/4"	1	szt.	14,60	14,60

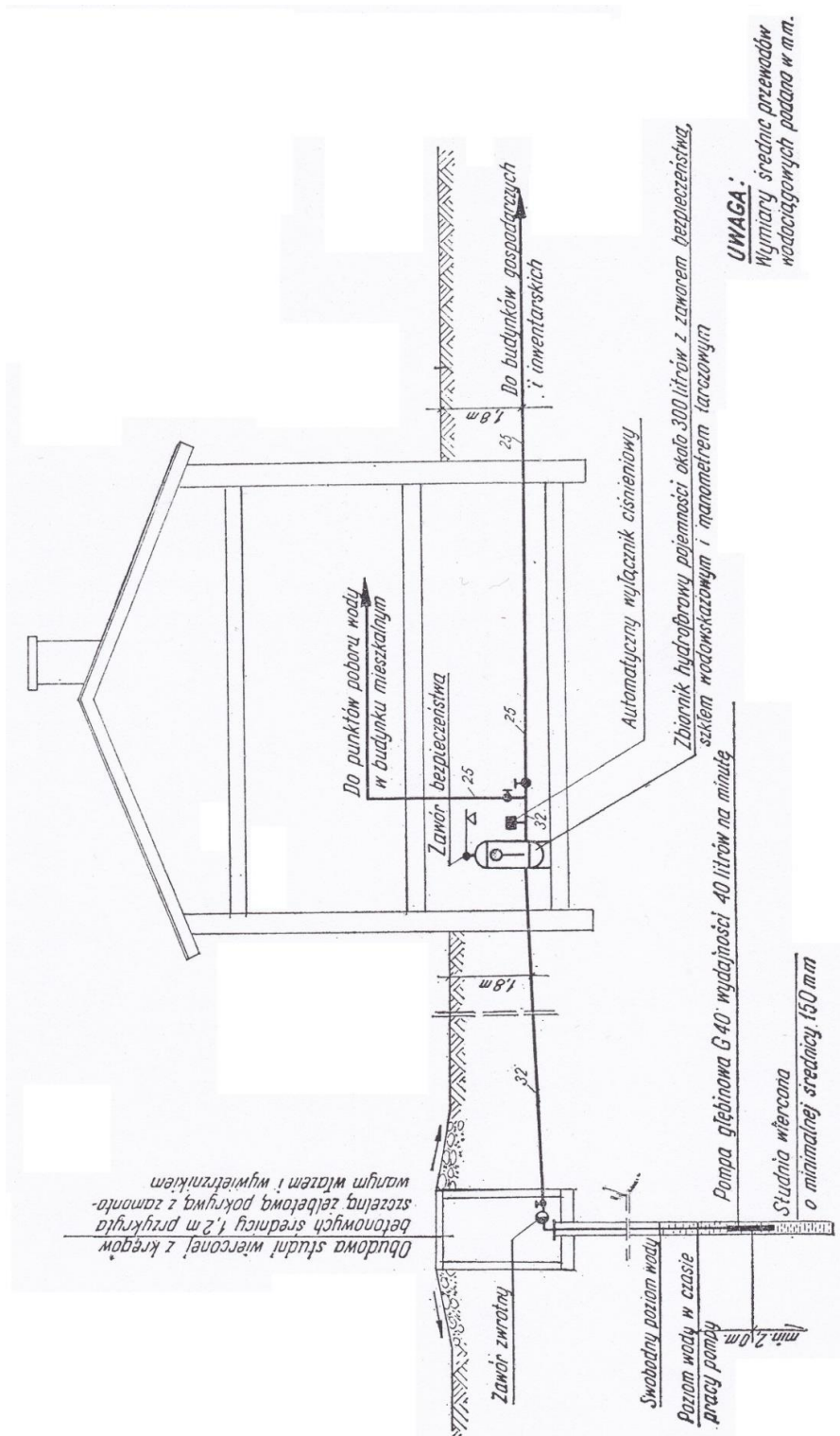
cd. tab. 10.6

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Kolano ocynkowane 3/4"	1	szt.	4,50	4,50
Nypel ocynkowany 3/4"	1	szt.	4,80	4,80
Zawór kulowy 3/4"	1	szt.	36,68	36,68
Nypel mosiężny 3/4"	1	szt.	8,14	8,14
Łącznik ciśnienia LC A2	1	szt.	238,00	238,00
Zawór bezpieczeństwa do 6 bar	1	szt.	45,00	45,00
Montaż hydroforu	1	kpl.	350,00	350,00
Razem brutto				10344,63

Źródło: badania własne firmy ProAqua, Instalacje sanitarne, Warszawa, 2016.



Rys. 10.3. Czerpanie wody ze studni kopanej za pomocą pompy wirowej samozasysającej
Źródło: KORYN [1973].



Rys. 10.5. Czerpanie wody ze studni wierconej za pomocą pompy głębinowej
Źródło: KORYŃ [1973].

Tabela 10.7. Przykładowy kosztorys wykonania instalacji wody zimnej, ciepłej i układu cyrkulacyjnego w domu jednorodzinnym z rur TECE-flex w systemie rozdzielaczowym

Wyszczególnienie	Ilość	Jednostka	Cena jednostkowa	Suma
Rura Ø 16x2,2	88	m	8,54	751,52
Rura Ø 20x2,8	15	m	10,41	156,15
Rura Ø25x3,5	42	m	19,50	819,00
Peszel na rurę Ø 16x2,2	88	m	1,82	160,16
Izolacja na rurę Ø 20x 2,8	15	m	2,15	32,25
Izolacja na rurę Ø 25x3,5	42	m	2,73	114,66
Szafki rozdzielaczowe	2	szt.	255,00	510,00
Kolanka naścienne	21	szt.	30,87	648,27
Pozostałe kształtki i zawory w rozdzielaczach i na połączenie rurociągów	1	kpl.	2865,27	2865,27
Rozdzielacz wejścia wody do budynku				
Filtr z regulatorem ciśnienia f-my Honeywell	1	szt.	432,36	432,36
Zawór antyskażeniowy 1"	1	szt.	112,45	112,45
Pozostałe kształtki mosiężne i zawory w rozdzielaczu wejścia wody do budynku	1	kpl.	1705,19	1705,19
Wykonanie wewnętrznej instalacji wody zimnej, ciepłej i cyrkulacji	1	kpl.	2920,00	2920,00
Kotłownia				
Kocioł jednofunkcyjny kondensacyjny f-my ACV HRE -18	1	szt.	6478,18	6478,18
Podgrzewacz wody "zbiornik w zbiorniku " 200/100 l producent PHWU Chelchowski	1	szt.	3308,70	3308,70
Pompa cyrkulacyjna Star Z Nowa firmy Wilo	1	szt.	535,62	535,62
Naczynie przeponowe 12 l	1	szt.	177,12	177,12
Czujnik temperatury c.w.u.	1	szt.	178,14	178,14
Adapter 80/125 kombi kompakt	1	szt.	319,31	319,31
Poziome przejście przewodu spalinowego o 80 x 125 L=750	1	szt.	199,41	199,41
Kolano Ø80/125 90°	1	szt.	183,92	183,92
Osprzęt wymiennika wody zimnej, ciepłej wraz z zaworem termostatycznym mieszającym	1	kpl.	1692,92	1692,92
Montaż urządzeń w kotłowni	1	kpl.	2500,00	2500,00
Razem brutto	6800,60			

Źródło: badania własne firmy ProAqua, Instalacje sanitarne, Warszawa, 2016.

Tabela 10.8. Kosztorys wykonania instalacji wody zimnej, ciepłej i cyrkulacji w domu jednorodzinnym z rury PP zbrojonej włóknem szklanym

Materialy instalacyjne	Ilość	Jednostki	Cena jednostkowa	Suma dla budynku
Rura Ø 20	70	m	10,80	756,00
Rura Ø 25	58	m	14,20	823,60
Izolacja na rurę Ø 20	70	m	2,15	150,50
Izolacja na rurę Ø 25	58	m	2,73	158,34
Kształtki z PP oraz zawory odcinające do połączenia rurociągów	1	kpl.	550,00	550,00
Kolanka naścienne	21	szt.	16,70	350,70
Rozdzielacz wejścia wody do budynku				
Filtr do wody z wkładem sznureczkowym	1	szt.	80,00	80,00
Zawór antyskażeniowy 1"	1	szt.	112,45	112,45
Pozostałe kształtki ocynkowane i zawory kulowe	1	kpl.	1280,00	1280,00
Wykonanie instalacji wody zimnej ,ciepłej i cyrkulacji	1	kpl.	2400,00	2400,00
Kotłownia				
Kocioł Vitopend 100 z otwartą komorą spalania	1	szt.	4501,80	4501,80
Podgrzewacz W-E 150.74 Biawar	1	szt.	2000,00	2000,00
Czujnik temperatury wody	1	szt.	472,32	472,32
Rury i kształtki do podłączenia przewodu spalinowego	1	kpl.	385,00	385,00
Pompa cyrkulacyjna Star Z. Nowa f-my Wilo	1	szt.	535,62	535,62
Naczynie przeponowe 12 L	1	szt.	177,12	177,12
Osprzęt wymiennika z zaworem termostatycznym, mieszającym z zastosowaniem kształtek	1	kpl.	1100,00	1100,00
Ocynkowanych				
Montaż urządzeń w kotłowni	1	kpl.	2500,00	2500,00
Razem brutto				18333,45

Źródło: badania własne firma ProAqua, Instalacje sanitarne, Warszawa, 2016.

W Warunkach Technicznych Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych (WTWiORB), wydawanych przez ITB, opisano wymagania techniczne dotyczące wykonania instalacji oraz zakres badania prawidłowości spełnienia przez nie wybranych wymagań. Oprócz wymagań i badań (np. badanie szczelności), które uszczegółowiono – wprowadzono do WTWiORB wymagania i badania w zakresie związanym ze stosowaniem w instalacjach nowych materiałów, wyrobów i technologii. Ponieważ nie ma w Polsce dokumentu, który określałby zakres i formę projektu technicznego instalacji wodociągowej, niektóre z wymagań mogą nie być w projekcie określone w sposób wystarczająco szczegółowy do przeprowadzenia badań odbiorczych i sprawdzenia wykonania w niezbędnym zakresie. Jeżeli instalacja wodociągowa ma być odbierana zgodnie z niniejszymi warunkami technicznymi, to projekt techniczny instalacji powinien zawierać wymagania, których spełnienie będzie oceniane podczas odbioru.

W związku z tym decyzja o przyjęciu dla określonej instalacji wodociągowej niniejszych WTWiORB, związana jest z koniecznością umieszczenia w projekcie technicznym wymagań ocenianych podczas odbioru – a w razie ich braku – uzupełnienia projektu o te wymagania. Pociąga to za sobą potrzebę sprawdzania projektu pod tym kątem.

Roboty budowlane stanowiące przedmiot WTWiORB określone są następującymi kodami wg Wspólnego Słownika Zamówień CPV [Rozporządzenie Komisji (WE) 2003]:

- 45330000-9 Roboty instalacyjne wodno-kanalizacyjne i sanitarne,
- 45332000-7 Roboty instalacyjne wodne i kanalizacyjne,
- 45332200-5 Roboty instalacyjne hydrauliczne,'
- 45332400-7 Roboty instalacyjne w zakresie urządzeń sanitarnych.

Zasady podane w publikacji „Instalacje wodociągowe” serii WTWiORB [Instalacje... 2012; PŁUCIENNIK i in. 2012] powinny być stosowane podczas wykonywania i odbioru instalacji wodociągowych w budynkach mieszkalnych, użyteczności publicznej i zamieszkania zbiorowego. Mogą być również wykorzystywane przy wykonywaniu i odbiorze instalacji wodociągowych w innych budynkach, jeżeli sposób użytkowania instalacji jest podobny, jak w wyżej wymienionych obiektach.

11. ROLA GMINY W KSZTAŁTOWANIU ROZWOJU INFRASTRUKTURY

11.1 FUNKCJE GMINY

Zgodnie z celem opracowania monografii istotne znaczenie dla rozwoju infrastruktury, szczególnie na obszarach wiejskich, ma do spełnienia gmina. Funkcje te są niekiedy na tych terenach niedostrzegane, a tym samym niedoceniane. Aby zmienić ten stan, postanowiono przedstawić kilka poglądów specjalistów na ww. temat z wybranych publikacji.

NIEWIADOMSKI [2003] stwierdza, że gmina jest podstawowym podmiotem w strukturze samorządu terytorialnego oraz podstawowym elementem planowania przestrzennego, stanowiącym o przeznaczeniu i zasadach gospodarowania terenu. Tylko jej rozstrzygnięcia planistyczne mają moc obowiązującą i wiążą właścicieli gruntów. Żadne inne jednostki samorządu terytorialnego ani administracja rządowa nie mają takich uprawnień. Planowanie samorządowych województw sprowadza się do roli podmiotu kształtującego politykę przestrzenną w regionie oraz łącznika między planowaniem gminy i polityką przestrzenną państwa. Powiat natomiast pełni jedynie funkcję subregionalną w planowaniu przestrzennym województwa.

CYMERMAN [2009] podkreśla, że podstawowym zadaniem gminy jest realizacja zadań publicznych o znaczeniu lokalnym, które wykonuje w imieniu własnym, a nie państwa – wszelkie działania prowadzi na własną odpowiedzialność, a jedynym ogranicznikiem są obowiązujące akty prawne. Gmina jest podstawową jednostką planistyczną, która zgodnie z ustawą o samorządzie gminnym zobowiązana jest do zaspokajania zbiorowych potrzeb, m.in. zaopatrzenia ludności w wodę.

GRZYMAŁA [2010] stwierdza, że potrzeby komunalne realizowane są przez wspólnoty lokalne, czyli w obecnych polskich realiach głównie przez wspólnoty samorządowe, których działalność w zakresie gospodarki komunalnej, zgodnie z ustawą o gospodarce komunalnej [Dz. U. z 1997 r. nr 9 poz. 43, z późn. zm.] polega na wykonywaniu przez jednostki samorządu terytorialnego zadań własnych w celu zaspokojenia potrzeb wspólnoty samorządowej. Zadania te obejmują dziedziny wymienione m.in. w ustawie o samorządzie gminnym [Dz. U. z 1990 r. nr 16 poz. 95 art.7].

Warto nadmienić, że pojęcie *potrzeby komunalne* powszechnie rozumiane jest w odniesieniu do miast, a nie aglomeracji wiejskich. Pojęcie *działalności komunalnej* określone zostało przez Trybunał Konstytucyjny w uchwale z dnia 27 września 1994 r. [Orzecznictwo T.K. 1994] – stanowiąc o wykładni art. 85 i 87 (wówczas jeszcze ustawy o samorządzie terytorialnym) w sprawie nadzoru nad działalnością komunalną, w której stwierdzono że działalnością komunalną jest wszelka działalność gmin oraz innych wymienionych w ustawie działalności jednostek samorządu terytorialnego, czyli innymi słowy – wszystkie zadania, które ustawodawca nakłada na gminę, stanowią działalność komunalną. Trybunał uznał również, że całość zadań samorządu terytorialnego – zarówno zadania własne, jak i zlecone wykonywane przez gminę – stanowią działalność komunalną i mają charakter funkcji państwa rozumianego jako powszechne organizacje władzy publicznej, która powinna odpowiadać rygorom legalności do wykonywania funkcji państwowych, przewidzianym przez konstytucję.

Zadania własne samorządu terytorialnego służą zaspokajaniu potrzeb społeczności lokalnej (wspólnoty gminnej), zaś zadania zlecone służą społeczności zorganizowanej w organizm państwa. Trybunał uznał ponadto, że „cel działalności komunalnej”, a więc zaspokajanie potrzeb mieszkańców, ma być realizowany przez całą działalność komunalną i że nie ma podstaw prawnych do podziału poszczególnych zadań i kompetencji samorządu na te, które mniej lub bardziej przyczynią się do realizacji owego „celu”. W zasadzie więc Trybunał zaliczył do działalności komunalnej wszystkie wymienione w ustawie o samorządach terytorialnych za-

dania służące wspólnocie gminnej, czyli również sprawy oświaty, kultury, ochrony zdrowia, bezpieczeństwa itd., co jest ujęciem o wiele szerszym w porównaniu z tradycyjnym ekonomicznym rozumieniem tej działalności.

Z dotychczas przedstawionego przeglądu wiedzy wynika, że nie stworzono jednej uniwersalnej definicji gospodarki komunalnej. Poszczególni twórcy uwypuklają różne jej aspekty: od ekonomicznego poprzez prawny do bardziej społecznego czy wspólnotowego. Wszystkie te aspekty wzajemnie się przenikają, co wskazuje na cechy użyteczności publicznej gospodarki komunalnej.

Na gruncie prawa polskiego pojęcie użyteczności publicznej nie jest jednak precyzyjnie zdefiniowane. Jak zauważa BAŁDYGA [2004] „formułując definicję działalności o charakterze użyteczności publicznej, możemy wskazać – kierując się wykładnią językową, że działalność ta ma przynosić pożytek ogółowi i nie ma być nastawiona na maksymalizację zysku”.

Jest to wyraźne określenie oczekiwań ekonomicznych typu non-profit w stosunku do tej działalności.

W Zielonej Księdze o usługach użyteczności publicznej przyjętej w 2003 r. [Green... 2003], Komisja Europejska zainicjowała dyskusję na temat sposobu propagowania świadczenia wysokiej jakości usług użyteczności publicznej w Unii Europejskiej. Podkreślono w niej też propagację europejskiego modelu świadczenia usług użyteczności publicznej przy jednoczesnym poszanowaniu tradycji, sytuacji ekonomicznej i struktur organizacyjnych w poszczególnych państwach członkowskich. Komisja pozostawiła poszczególnym krajom wolną rękę w określaniu definicji, organizacji, finansowania oraz kontrolowania usług użyteczności publicznej. Sprawy te pozostawiono w gestii odpowiednich władz krajowych, regionalnych czy lokalnych.

Z kolei Biała Księga, przyjęta w dniu 12 maja 2004 r. [Komunikat ... 2004] przedstawia wnioski z publicznych konsultacji przeprowadzonych w 2003 r., na podstawie opublikowanej Zielonej Księgi. Przede wszystkim uznano pewne wspólne zrozumienie koncepcji usług użyteczności publicznej w Unii Europejskiej, która opiera się na takich wspólnych elementach, jak: łatwa dostępność usług, ciągłość, przystępność cen, ochrona użytkowników i konsumentów. Jednocześnie w Białej Księdze utrzymano pierwszoplanową rolę poszczególnych państw w określeniu, czym są usługi użyteczności publicznej, jak mają być zorganizowane, finansowane i kontrolowane.

Powyższe stwierdzenia prawne pozwalają uznać globalną gospodarkę komunalną, jako istotny rodzaj infrastruktury technicznej. Jednocześnie uzasadnia to możliwość stosowania podobnych metod oceny systemów wodociągowych budowanych na terenach miejskich i wiejskich.

Zarządzanie sektorem gospodarki komunalnej na świecie wg GRZYMAŁY [2010] realizuje się przy wykorzystaniu jednego z trzech modeli, a mianowicie: publicznym, prywatnym, publiczno-prywatnym. We wszystkich 25. krajach Unii działało na koniec 2005 roku ok. 16 tys. spółek komunalnych na obszarach miejskich i wiejskich (ok. 2,5 tys. w Polsce), zatrudniających 1,1 mln pracowników (160 tys. w Polsce), których roczny obrót wynosił 140 mld euro (5,2 mld euro w Polsce). W Polsce 62% spółek to całkowita własność gmin. Działalność gospodarki komunalnej w UE realizuje się przez komunalny zakład budżetowy, spółkę komunalną, powierzenie zadań prywatnemu operatorowi w ramach umowy.

Cechą charakterystyczną w gospodarce komunalnej według GRZYMAŁY [2010] jest ustalenie taryf, które mają kluczowe znaczenie. W procesie ustalania wysokości taryf odbijają się wszystkie wewnętrzne kwestie ekonomiczne przedsiębiorstw komunalnych, a także uwarunkowania zewnętrzne, zwłaszcza społeczne i polityczne. Podstawą ustalania większości taryf komunalnych jest metoda oparta na rachunku kosztów. W przedsiębiorstwach komunalnych, a szczególnie wodociągowo-kanalizacyjnych, występuje nietypowa struktura kosztów, charakteryzująca się dużym udziałem kosztów stałych. Tradycyjnie od taryf komunalnych oczekuje

się takiego poziomu, który powinien jak najlepiej realizować cele uwypuklone w ustawie o gospodarce komunalnej, czyli innymi słowy – oczekuje się, że taryfy te będą tak niskie jak to tylko możliwe. Wobec powyższego – w gospodarce komunalnej powiązanej z samorządem terytorialnym cenom można przypisać także funkcję polityczną. Z uwagi na to, że dobra komunalne, czyli wyroby i usługi świadczone przez podmioty komunalne zaspakajają podstawowe, codzienne i w zasadzie powszechnie potrzeby ludności, ceny i opłaty za te dobra ujęte są w postaci taryf komunalnych. JEŻOWSKI i GRZYMAŁA [2009] stwierdzają, że ceny określone przez organ samorządowy w ramach polityki taryfowej spełniają różne funkcje. Do podstawowych należą: funkcja przychodowa, informacyjna, motywacyjna (stymulacyjna i redystrybucyjna).

Funkcja przychodowa ukazuje ogólny poziom taryf i wypełnia podstawową rolę w zapewnieniu niezbędnych przychodów mających na celu bieżące finansowanie działalności oraz rozwój przedsiębiorstwa. Jeśli funkcja ta nie spełnia swojej roli, to z reguły następuje upadek przedsiębiorstwa, chyba że istnieje zewnętrzne subsydiowanie z podatków i budżetów samorządowych.

Prawidłowo realizowana funkcja informacyjna dostarcza odbiorcom informacji o kosztach zasobów użytych do wytwarzania i dostarczania danych dóbr. Oczekuje się dokładnego odwzorowania kosztów w opłatach taryfowych powstałych w wyniku popytu na dane dobro. Jeżeli funkcja ta realizowana jest nieprawidłowo, czyli zawodzi, to grupy odbiorców obciążane są niesprawiedliwie, co prowadzi do subsydiowania wewnętrznego (krzyżowego). Zadanie funkcji motywacyjnej polega na stworzeniu mechanizmu efektywnego wykorzystania ograniczonych zasobów przez wpływ na popyt odbiorców – zmianę ich zachowań i zwyczajów. Stanowi to bodziec do oszczędzania, dzięki czemu można na przykład wyeliminować marnotrawstwo wody, czy energii. Ponadto funkcja ta zmniejsza potrzeby inwestowania w infrastrukturę, na przykład wodociągowo-kanalizacyjną (tzw. koszty uniknięte), co ukierunkowuje działania w stronę optymalnego wykorzystania już istniejącego potencjału produkcyjnego i dystrybucyjnego. Funkcja ta wpływa także na politykę ochrony środowiska i w ten sposób promuje rozwój zrównoważony.

Funkcja redystrybucyjna ma za zadanie, w sposób zgodny z realizacją celów społecznych, dostarczyć produkty i usługi komunalne do jak największej liczby odbiorców. Pod tym kątem weryfikuje się systemy taryfowe przez obniżenie ich poziomu poniżej kosztów jednostkowych. Funkcja ta jest w zasadzie niekompatybilna z funkcjami wyżej omówionymi, tym bardziej im większe są odchylenia ustalonych opłat od rzeczywistych kosztów dostarczenia produktów, czy usług. Funkcja ta, mając za zadanie ochronę najsłabszych ekonomicznie grup ludności, w rezultacie preferuje i uprzywilejowuje silniejsze ekonomicznie gospodarstwa domowe, które tym sposobem osiągają dodatkową korzyść. Mamy tu do czynienia z transferem korzyści zależnym od konsumpcji jednostkowej.

Funkcja polityczna koreluje z funkcją redystrybucyjną, ponieważ w wyniku nacisków ze strony władz lokalnych istnieje tendencja do utrzymania niższego poziomu taryf. W ten sposób władze lokalne starają się obniżyć ryzyko związane z utratą mandatu w następnych wyborach samorządowych. Siła tego nacisku jest związana z formą organizacyjno-prawną podmiotów komunalnych oraz ze strukturą własności. W podmiotach bardziej niezależnych, na przykład w spółkach prawa handlowego z niewielkimi udziałami lub bez udziału gmin, naciski te mają mniejsze znaczenie. Podmioty uzależnione od władz stanowią pewne narzędzie polityki komunalnej w gminie.

Wspomniane uprzednio, przy omawianiu funkcji sytuacji zewnętrznego subsydiowania, czy też wywieranie nacisków na wysokość ustalanych taryf są dość często sygnalizowane i krytykowane w innych publikacjach, np. ŚWIGOŃ [2009].

DENCZEW [2004] w pojęciu infrastruktura techniczna wyodrębnia gospodarkę komunalną. Twierdzi, że w polskim piśmiennictwie technicznym problem gospodarki komunalnej w ujęciu inżynierskim nie był dotychczas przedmiotem kompleksowego opracowania. Do gospo-

darki komunalnej zalicza: wodociągi, kanalizację, energetykę elektryczną, ciepło, gaz, telekomunikację, drogi, komunikacje, odpady, zieleń miejską, a także melioracje miejskie.

SIEMIŃSKI [1996] stwierdza, że jednym z istotnych warunków wzrostu aktywności gospodarczej poprawy warunków bytowych ludności wiejskiej, a także skutecznej restrukturyzacji rolnictwa jest poziom rozwoju infrastruktury. Infrastruktura stanowi jeden z podstawowych elementów w układzie społeczno-gospodarczym i przestrzennym danego kraju i warunkuje jego rozwój. Wszystkie przemiany w tym układzie są związane ze stanem i rozwojem infrastruktury. Oznacza to, że produkt krajowy brutto, przebieg procesów produkcyjnych, szeroko rozumiana konsumpcja, a nawet wydajność pracy są ściśle uzależnione nie tylko od rozmieszczenia infrastruktury, jej stanu, ale przede wszystkim – od racjonalnego działania wszystkich działów infrastruktury. Normalne funkcjonowanie infrastruktury, tzn. prawidłowe i bezawaryjne wiąże się również z bezpieczeństwem danego obszaru, a ponadto implikuje stan i kształtowanie się warunków szeroko rozumianej ochrony środowiska przyrodniczego. Rolnictwo jest nadal jedną z głównych funkcji obszarów wiejskich. Na wielu obszarach funkcja ta była, jest i będzie dominującą, na wielu innych dodatkową, na jeszcze innych marginalną. Ranga tej funkcji będzie jednak maleć. Według SIEMIŃSKIEGO oznacza to, że infrastrukturę obszarów wiejskich trzeba widzieć w szerszym kontekście zróżnicowań, w ujęciu dynamicznym i również w powiązaniu z całą gospodarką narodową, w tym głównie z gospodarką żywnościową i tzw. bezpieczeństwem żywnościowym kraju. Niedorozwój infrastruktury, a nawet jej zacofanie jest nie do pogodzenia z jej znaczeniem. Nie chodzi tu o poszczególne podsystemy infrastruktury technicznej, ale o infrastrukturę jako całość. Nie można bowiem rozwijać jednych podsystemów przy zaniedbaniu innych. Funkcjonowanie infrastruktury technicznej ze swej istoty wynika z silnego uzależnienia działania całości poszczególnych, nawet drobnych elementów tej całości.

Według PIĘCKA [2002], infrastruktura i wykształcenie wyznaczają swoiste minimum, którego brak czyni nieefektywnymi wszelkie działania wobec wsi i rolnictwa. Jest to bardzo istotne stwierdzenie w świetle realizacji niniejszej pracy, a jednocześnie kontrowersyjne w odniesieniu do innych autorów.

KULAWIK [2000] i WILCZYŃSKA [1983] przestrzegają przed jednostronnością w traktowaniu infrastruktury jako głównej determinanty rozwoju obszarów wiejskich uznając, że rzeczywiste mechanizmy procesów rozwojowych są daleko bardziej złożone, skomplikowane, współzależne i wielorako uwarunkowane. Według GOZDALIKA [1998] nie oznacza to jednak, że poziom rozwoju infrastruktury nie może warunkować, a nawet stymulować, rozwoju obszarów wiejskich. Braki infrastruktury często stanowią barierę tego rozwoju.

SALOMON [2010] uważa, że odpowiedni poziom infrastruktury technicznej jest jednym z ważniejszych czynników rozwoju gospodarczego kraju. W przypadku obszarów wiejskich nie chodzi wyłącznie o rozwój sektora rolnego – istotne jest również wykreowanie lub wzmocnienie zainteresowania mieszkańców działalnością pozarolniczą. Takie elementy infrastruktury, jak drogi, łączność, sieć elektroenergetyczna, zaopatrzenie w wodę, odprowadzanie ścieków – poprawiają nie tylko standard życia mieszkańców, ale przyczyniają się również do zwiększenia atrakcyjności inwestycyjnej i zapobiegają skutecznemu odpływowi wykwalifikowanej siły roboczej do miast. Rozwój infrastruktury społecznej jest kosztowny, a efekty gospodarcze i społeczne widoczne są po czasie. Dlatego też w tej sferze władzom lokalnym niezbędna jest pomoc zewnętrzna, ponieważ ani społeczność wiejska, ani samorządy nie są w stanie przeznaczyć na ten cel odpowiedniej ilości środków finansowych. Władze lokalne stoją przed koniecznością poszukiwania dodatkowych źródeł finansowania inwestycji infrastrukturalnych. Szczególnie ważnym wobec powyższego jest efektywne wykorzystanie środków zewnętrznych, zarówno krajowych, jak i zagranicznych.

Pojęcie infrastruktury w kategoriach zagospodarowania przestrzennego wg SIEMIŃSKIEGO [1992, 1996] i WÓJCICKIEGO [2000] obejmuje ogół urządzeń, instytucji, obiektów na danym

obszarze, ściśle związanych z tym obszarem i nieodzownych do właściwego funkcjonowania gospodarki na tym obszarze i życia określonych społeczności. W publikacjach z tego zakresu wyróżnia się najczęściej trzy rodzaje infrastruktury: ekonomiczną, techniczną i społeczną.

Według PAWEŁKA I BERGLA [2002] oraz BERGLA I SATORA [2003], że wraz z podłączeniem gospodarstwa rolnego do wodociągu zbiorowego czy indywidualnego wzrasta ośmiokrotnie ilość pobieranej wody na cele bytowo-gospodarcze przy równoczesnym wzroście ilości wody pobieranej na cele produkcyjne. Stan taki wynika m.in. z faktu, że rozwój sieci wodociągowej stoi znacznie wyżej w hierarchii potrzeb ludności wiejskiej. Ponadto autorzy stwierdzili, że inwestycje z zakresu kanalizacji i oczyszczalni ścieków wymagają większych nakładów i postrzegane są przez część lokalnej społeczności jako dodatkowe obciążenie finansowe, a nie jako element podnoszący standard życia i ograniczający degradację środowiska przyrodniczego.

KREŻOLEK I RYCAŁEL [1995] przeprowadzili próbę zastosowania metody z teorii systemów AHP (ang. Analytic Hierarchy Process) do oceny infrastruktury technicznej wsi. Metoda AHP łączy dwa podejścia, a mianowicie dedukcyjne, koncentrujące się na poszczególnych częściach systemu oraz systemowe koncentrujące się na pracy całego systemu. Wszystkie współczesne problemy należy traktować jako kompleksowe systemy złożone z elementów wzajemnie na siebie oddziałujących. Stąd też podejściem fundamentalnym do ich rozwiązywania jest łączenie dedukcyjne z systemowym.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń, wykorzystujących metodę AHP, utworzono ranking ważności poszczególnych rodzajów infrastruktury technicznej. Każdemu rodzajowi przypisano odpowiednią liczbę punktów: 230 pkt. – ośrodki zdrowia, **135 pkt. – melioracje**, 123 pkt. – scalanie gruntów, 60 pkt. – szkoły, 44 pkt. – drogi technologiczne, 39 pkt. – banki, po 30 pkt. – opieka społeczna oraz przedszkola, domy kultury, 29 pkt. – budownictwo wiejskie, **16 pkt. – zaopatrzenie w wodę, drogi gminne.**

Według tej samej metody AHP udokumentowano, że:

- ! możliwe jest stworzenie struktury podziału dużych i kompleksowych problemów decyzyjnych na mniejsze i bardziej wykonalne wersje,
- ! wykorzystuje się jednocześnie dane modelu i opinie ekspertów,
- ! można osiągnąć znakomite wyniki w bardzo krótkim czasie i przy małych nakładach fizycznych i finansowych,
- ! uwzględnione są interakcje i niezależność wszystkich czynników wpływających na podejmowane decyzje.

Uzyskany wynik przez KREŻOLEK I RYCAŁA [1995], stawiający melioracje przed wodociągami na liście rankingowej, obecnie niezbyt pokrywa się z rzeczywistością i wskazuje, że preferencje te są uzależnione w znacznym stopniu od natężenia opadów atmosferycznych w analizowanych okresach.

Analizując i oceniając treści w ww. publikacjach, można stwierdzić brak pełnych zgodności w poglądach specjalistów co do funkcji jakie powinna spełniać gmina oraz zakresu pojęcia „infrastruktura”. Natomiast zakres tych funkcji i ich formalne uprawnienia pozwalają w istotny sposób na kształtowanie rozwoju przestrzennego obszaru zarządzanego przez gminę.

11.2. PROBLEM KOSZTÓW DOSTAWY WODY DO ODBIORCÓW

W celu bardziej obiektywnego scharakteryzowania ww. problemu postanowiono wykorzystać opinie specjalistów przedstawione w wybranych publikacjach.

CHUDZIŃSKI [2010] ujawnia związki między polityką, a ustanawianiem taryfy za sprzedaż wody. Częstym przypadkiem jest podejmowanie decyzji przez radę gminy o dopłatach do produkcji wody i powiadamianie o tym fakcie wójta i przedsiębiorstwo wodociągowe. Taki mechanizm powoduje ograniczenie stanu należności za dostarczoną wodę, a przez to

potencjalne zredukowanie kosztów, jeśli przedsiębiorstwo (czy też inna organizacja) posługuje się zewnętrznym źródłem finansowania. Mechanizm ten powtarzany każdego roku (by taryfy nie rosły) powoduje w konsekwencji wyczerpanie możliwości budżetu gminy w zakresie subsydiowania działalności wodociągowej. Dopłaty likwiduje się, skazując mieszkańców na kilkudziesięcioprocentowe podwyżki. W rezultacie następuje zmiana układu politycznego w gminie.

Często rady gmin kreują politykę ustanawiania różnych taryf cenowych w zależności od okresu budowy sieci wodociągowej. W ten sposób nowo zbudowana sieć wodociągowa dostarcza wodę części mieszkańcom po znacznie wyższej cenie, wynika to z obciążeń kosztami całej nowej inwestycji. Tak prowadzona polityka wpływa na ustanawianie zróżnicowanych cen wody. Tego typu problemy wynikają m.in. z faktu, że zwrot inwestycji wodociągowych następuje po okresie wielu dziesięcioleci, a warto tu wspomnieć, że okres ten dla inwestycji kanalizacyjnych jest jeszcze znacznie dłuższy.

MASŁOWSKA-BANDOSZ [2010] przypomina, że zgodnie z zasadą „zanieczyszczający płaci” podmioty pobierające wodę oraz odprowadzające ścieki do wód lub do ziemi zobligowane są do ponoszenia odpowiednich opłat podanych w następujących dokumentach: Dz.U. z 2001 r. nr 62 poz. 627 (z późn. zm.), M.P. z 2009 r. nr 57 poz. 780, Dz.U. z 2008 r. nr 196 poz. 1217.

Wprawdzie na podstawie art. 289 ust. 1 „Prawo ochrony środowiska” nie wnosi się opłat za korzystanie ze środowiska, których półroczna wysokość wnoszona na rachunek urzędu marszałkowskiego nie przekracza 400 zł. Nie zwalnia to jednak z obowiązku składania wykazów o zakresie korzystania ze środowiska. Sejmik wojewódzki może w drodze aktu prawa miejscowego, ustalić podwyższenie opłat, jednak nie więcej niż do 50%. W przypadku braku wymaganego pozwolenia za pobór wody lub wprowadzanie ścieków do wód lub do ziemi, podmiot korzystający ze środowiska ponosi opłaty podwyższone o 500%.

W tabelach 11.1 i 11.2 zamieszczono jednostkowe stawki za pobór 1 m³ wód powierzchniowych śródlądowych lub podziemnej, obowiązujące w 2010 r. oraz za wody opadowe i roztopowe.

Tabela 11.1. Jednostkowe stawki opłat za pobór 1 m³ wody powierzchniowej śródlądowej lub podziemnej, obowiązujące w 2010 r.

Rodzaj pobranej wody	Jednostkowa stawka opłaty [zł/m ³]
Woda podziemna	0,099
Woda podziemna wykorzystana do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia lub na cele socjalno-bytowe	0,058
Woda podziemna wykorzystana na potrzeby produkcji, w której woda wchodzi w skład lub bezpośredni kontakt z produktami żywnościowymi, farmaceutycznymi lub na cele konfekcjonowania	0,084
Woda powierzchniowa śródlądowa	0,049
Woda powierzchniowa śródlądowa wykorzystywana do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia lub na cele socjalno-bytowe	0,035

Źródło: MASŁOWSKA-BANDOSZ [2010].

Tabela 11.2. Stawki opłat za wody opadowe lub roztopowe w zależności od typu powierzchni

Typ powierzchni	Jednostkowa stawka opłaty [zł/m ³]
Powierzchnia terenów przemysłowych, składowych lub baz transportowych	0,250
Powierzchnia portów, o których mowa w Ustawie z dnia 21 grudnia 2000 r. o żegludzie śródlądowej (tj. Dz.U. 2001 nr 43 poz. 43, z późn. zm.), portów morskich i lotnisk	0,060
Powierzchnia dróg i parkingów o nawierzchni szczelnej, w tym także na terenach przemysłowych, składowych lub baz transportowych	0,049
Powierzchnia parkingów o nawierzchni nieszczelnej, o liczbie miejsc parkingowych powyżej 500 samochodów, w tym także na terenach przemysłowych, składowych lub baz transportowych	0,074
Powierzchnia dróg i parkingów o nawierzchni szczelnej, położonych w miastach o gęstości zaludnienia przekraczających 1 300 osób/km ²	0,036

Źródło: MASŁOWSKA-BANDOSZ [2010].

W publikacji tej są podane również stawki za wprowadzenie ścieków wód chłodniczych oraz wartości współczynników różnicujących względem sposobów uzdatniania wody, a także regionu, z którego będzie pobierana woda.

ŚWIGOŃ [2009] podejmuje próbę logicznego spojrzenia od strony konsumenta na problem wody. Wskazuje, że woda konieczna jest do: celów spożywczych, higieny mieszkańców, utrzymania zieleni (parków, ogródków), celów gospodarczych społeczeństwa. Za tę grupę sposobu użytkowania wody płaci każdy obywatel. Ponadto woda niezbędna jest do produkcji artykułów spożywczych i celów przemysłowych. Z porównania cen wody i ścieków w 400 przedsiębiorstwach w Polsce wynika, że cena 1 m³ wody systematycznie wzrastała i jest bardzo zmienna, np. w 2005 r. w MPWiK w Warszawie wynosiła 5,62 m³, a w 2008 r. wzrosła do 8,54 m³. Jednocześnie cena odbioru ścieków jest przeciętnie wyższa o 50% i również systematycznie wzrastała w latach 2005–2008.

Ceny wody w innych państwach Europy są zbliżone i wynosiły w 2008 r. we Włoszech 1,83–2,25 euro/m³, w Hiszpanii i Francji – 2,3–2,8 euro/m³, a w Niemczech, które ustabilizowały swoje zasoby wodne za cenę ogromnych inwestycji budżetowych, cena wody oscyluje od 2,5 do 3,2 euro/m³. Pobór wody w ww. państwach kształtuje się na poziomie 180–220 dm³ na mieszkańca i dobę. Mając na uwadze niskie objętości wody, przypadające na mieszkańca w Polsce (5500 m³ wody/rok), należy się spodziewać w najbliższych latach dalszego wzrostu cen wody.

W odniesieniu do publikacji ŚWIGONIA [2009] warto wskazać, że rozporządzenie Ministra Infrastruktury [2002] przewiduje m.in. dla mieszkań wyposażonych w instalację wody zimnej, ciepłej i kanalizacji 160 dm³/Md, a więc mniej niż w ww. państwach europejskich.

W rzeczywistości wg badań przeprowadzonych przez Mikołajczyka [2012] na terenie gmin powiatu plockiego zużycie wody na jednego mieszkańca i dobę w latach 2006–2008 oscylowało od 69 do 79,4 dm³/d. W województwie mazowieckim było wyższe i wyniosło 126–119 dm³/d, a w Polsce średnio od 71 do 79 dm³/d. Są gminy w Polsce, w których zużycie wody w ww. latach utrzymywało się na bardzo niskim poziomie – od 34 do 36 dm³/d. Obniżenie zużycia wody w większości przypadków spowodowało wzrost cen wody, co wynika z relacji kosztów eksploatacji wodociągu, w konsekwencji doprowadzając niektóre przedsiębiorstwa do bankructwa.

W kontekście analizowanych powyżej publikacji ŚWIGONIA [2009] i innych warto wspomnieć o publikacji RAKA [2010], omawiającej pojęcie tzw. wody wirtualnej, tj. związanej

Tabela 11.3. Średnie ilości wody wirtualnej, związanej z wytworzeniem wybranych produktów

Produkt	Ilość wody	Jednostka
1 dm ³ mleka	1 000	dm ³
1 dm ³ wina	960	dm ³
1 dm ³ piwa	300	dm ³
Kromka chleba (30 g)	40	dm ³
Jabłko (100 g)	70	dm ³
Hamburger	2 400	dm ³
Kartka papieru A4	10	dm ³
1 t pszenicy	1 334	m ³
1 t wołowy	15 497	m ³
1 t wieprzowiny	4 856	m ³

Źródło: RAK [2010].

z różnego rodzaju produktami spożywczymi, niezbędnej do ich wytwarzania. Średnie zawartości wody wirtualnej, związanej z wybranymi produktami, zestawiono w tabeli 11.3, zaś w tabeli 11.4 – roczne zużycie wody wirtualnej przypadające na jednego mieszkańca w ciągu roku.

Z analizy tabeli 11.4 wynika, że Polska jest państwem o małym zużyciu wody na potrzeby komunalne, wyższym zużyciu wody własnej niż z importu na żywność i również wyższym zużyciu wody własnej niż z importu na produkty przemysłowe. W rezultacie sumaryczne zużycie wody wirtualnej na mieszkańca i rok jest najniższe spośród porównywanych państw (1103 m³/mk/rok).

Tabela 11.4. Roczne zużycie wody wirtualnej na jednego mieszkańca

Kraj	Potrzeby komunalne [m ³ /mk/rok]	Żywność [m ³ /mk/rok]		Produkty przemysłowe [m ³ /mk/rok]		Suma [m ³ /mk/rok]
		A	B	A	B	
USA	217	1 192	267	609	197	2 483
Japonia	136	165	614	1 408	129	1 156
Meksyk	139	837	361	31	72	1 441
Holandia	28	31	586	161	417	1 223
Polska	48	559	269	178	48	1 103
Rosja	98	1 380	283	91	5	1 858
Szwajcaria	63	136	780	148	555	1 682

A – wody własne, B – woda z importu towarów

Źródło: RAK [2010].

W rezultacie końcowe oszacowania wskazują, że 85% wirtualnej wody zużywa się do produkcji żywności (a więc na obszarach wiejskich), 10% dla potrzeb przemysłu, a 5% to potrzeby komunalne. W Polsce objętość wody wirtualnej, związanej z produkcją żywności, to 830 m³/mk/rok, co stanowi 50% całkowitych zasobów wód powierzchniowych (1580 m³/mk/rok). Stąd też sugestie ŚWIGONIA [2009] o konieczności racjonalnego gospodarowania są całkowicie uzasadnione.

BACHOR i inni [2011] analizują m.in. wpływ mienia komunalnego będącego majątkiem, którym dysponują jednostki samorządu terytorialnego, a zwłaszcza gminy, na koszty wody dla mieszkańców.

Szczególne znaczenie w majątku komunalnym zajmuje infrastruktura techniczna, od której zależy rozwój i funkcjonowanie jednostek osadniczych. Infrastruktura ta służy zaspokajaniu potrzeb zbiorowych ludności, głównie przez świadczenie za jej pomocą usług o charakterze użyteczności publicznej.

Efektywność zarządzania tą infrastrukturą może być m.in. oceniana przez wskaźnik produktywności majątku trwałego, wyrażony zależnością:

$$S = S/Mtr$$

gdzie:

S – przychody ze sprzedaży,

Mtr – wartość majątku trwałego

Ten podstawowy wskaźnik efektywności informuje o kwocie przychodów uzyskiwanych przez jedną złotówkę posiadanego majątku, natomiast jego odwrotność jest określona jako majątkochłonność przychodu (MS) i oznacza wartość majątku zaangażowanego do uzyskania jednostki produkcji lub sprzedaży. Zatem:

$$MS = Mtr/S$$

gdzie: oznaczenia jak wyżej.

Wzrost wskaźnika produktywności majątku, a równocześnie spadek majątkochłonności (zwanej w literaturze kapitałochłonnością) jest zjawiskiem pozytywnym, oznacza bowiem poprawę wykorzystania majątku i szybsze jego krążenie.

Przedmiotem oceny są relacje między stanem wyposażenia przedsiębiorstwa w składniki majątkowe, a osiągniętymi wynikami produkcyjnymi w postaci przychodów. Nazywane są one produktywnością majątku i świadczą o intensywności jego wykorzystania. Informują ponadto o rotacji majątku, czyli o liczbie cykli jego obrotu, w celu uzyskania przychodów z działalności gospodarczej.

Przeprowadzone przez BACHORA i in. [2011] badania w latach 2003–2005 na próbie 107 spółek komunalnych wykazały następujące wielkości wskaźnika produktywności majątku trwałego (SM) w poszczególnych branżach:

- ! wodociągowo-kanalizacyjna – 0,33;
- ! energetyki ciepłej – 0,97;
- ! komunikacji miejskiej – 1,16;
- ! gospodarki odpadami – 1,33.

Najniższą produktywnością wykazują się spółki branży wodociągowo-kanalizacyjnej, najwyższą zaś gospodarki odpadami. Branże wodociągowo-kanalizacyjne cechuje wysoka majątkochłonność. Czterokrotnie wyższa produktywność w spółkach gospodarki odpadami wynika z wysokich przychodów w stosunku do posiadanego majątku. Spółki te nie potrzebują dla osiągnięcia wysokich przychodów tak dużego i rozległego majątku.

Oprócz wskaźnika SM , BACHOR i in. [2011] w swoich badaniach określili dla miejskiej gospodarki komunalnej wiele innych wskaźników, które po odpowiedniej modyfikacji mogą być przydatne do oceny infrastruktury technicznej wodociągów dla gospodarki komunalnej na obszarach wiejskich.

Z opinii wymienionych wyżej specjalistów ujawniają się różnice w ocenie problemów związanych z kosztami, budową i eksploatacją poszczególnych rodzajów infrastruktury na obszarach miejskich i wiejskich. Ponadto, w opiniach tych udokumentowany został wpływ polityki gminy na ustalenie taryf za sprzedaż wody odbiorcom.

Na szczególną uwagę zasługuje publikacja RAKA [2010] dotycząca wody wirtualnej, której zużycie na obszarach wiejskich szacuje się na 80%. Obszary te wobec powyższego wymagają szczególnej troski w zakresie gospodarki wodnej.

Dotychczas nie znaleziono w literaturze związku między zużyciem wody wirtualnej a kosztami dostawy wody do odbiorców.

11.3 FORMALNOPRAWNE WARUNKI WYKONANIA INSTALACJI WODOCIĄGOWYCH I KANALIZACYJNYCH

W projektowaniu zewnętrznych sieci wodociągowych i kanalizacyjnych należy stosować minimalne lub większe odległości pomiędzy poszczególnymi rodzajami instalacji i zieleni. Wszelkie zbliżenia sieci należy uzgadniać z Zespołami Uzgadniania Dokumentacji w Starostwach Powiatowych.

Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych (WTWiORB) od wielu już lat cieszą się niezmiennie dużym zainteresowaniem środowiska budowlanego. Dlatego Instytut Techniki Budowlanej (ITB) podjął w 2003 r. inicjatywę ich publikacji, początkowo w ramach serii wydawniczej „Instrukcje, Wytyczne, Poradniki”, a obecnie w odrębnej serii WTWiORB. Ukazujące się kolejno zeszyty są kontynuacją wydawnictw o takim samym tytule z lat 1960-1990.

Wydawane przez ITB w latach 1960-1990 WTWiORB były opracowywane na podstawie ustawy Prawo budowlane z roku 1972 i zaliczane do przepisów techniczno-budowlanych, w związku z czym miały charakter dokumentów obowiązujących.

Zgodnie z aktualną wersją artykułu 7 ustawy Prawo budowlane z 7 lipca 1994 r. (Dz.U. 2020 poz. 1333) do przepisów techniczno-budowlanych zalicza się jedynie:

- warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane i ich usytuowanie,
- warunki techniczne użytkowania obiektów budowlanych.

Według obecnie obowiązującego prawa budowlanego zeszyty serii WTWiORB nie są więc przepisami techniczno-budowlanymi, ale wobec braku polskich norm z tego zakresu zasadne jest, aby ich zalecenia znalazły się w treści zamówienia i umowy między inwestorem a wykonawcą.

Roboty budowlane wykonywane są na podstawie dokumentacji projektowej, przygotowanej zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2012 poz. 462) oraz opracowywanej indywidualnie specyfikacji technicznej wykonania i odbioru robót.

W przypadku umów o realizację obiektów objętych ustawą Prawo zamówień publicznych z 29 stycznia 2004 r. (Dz. U. 2004 nr 19, poz. 177 z późn. zm.) szczegółowy zakres i forma dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznej wykonania i odbioru robót oraz program funkcjonalno-użytkowy określone są w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004 r. (Dz. U. 2004 nr 202, poz. 2072 z późn. zm.).

Poszczególne zeszyty WTWiORB mogą służyć jako materiał pomocniczy do sporządzania specyfikacji technicznej wykonania i odbioru robót, dokumentu niezbędnego przy zawieraniu umów na roboty budowlane. Każdy zeszyt podaje podstawowe wymagania dotyczące wykonywania i odbioru robót budowlanych stanowiących przedmiot danego zeszytu, umożliwiające prawidłowe i na wymaganym poziomie jakościowym wykonanie tych robót. Zawiera również zasady przeprowadzania odbioru robót zanikających, odbioru fragmentów obiektu, odbioru międzyoperacyjnych, a także odbioru końcowych, tj. przed przekazaniem obiektu inwestorowi. W celu ułatwienia korzystania z tej serii wydawniczej w opracowywaniu specyfikacji w przypadku zamówień publicznych, kiedy wymagane jest stosowanie podziału robót według Wspólnego słownika zamówień CPV (Dz. Urz. UE L 329 2003), we wstępie lub w pierwszym rozdziale każdego zeszytu, w punkcie omawiającym przedmiot i zakres stosowania danych warunków technicznych, podane są odpowiednie kody CPV.

11.4. WYBRANE TERMINY I DEFINICJE DOTYCZĄCE BUDOWY I EKSPLOATACJI INSTALACJI WODOCIĄGOWYCH ORAZ MIKROBIOLOGICZNYCH BADAŃ WODY

Instalacja wodociągowa – układy połączonych przewodów, armatury i urządzeń, służące do zaopatrywania budynku w zimną i ciepłą wodę, spełniającą wymagania jakościowe określone w przepisach odrębnych, dotyczących warunków, jakim powinna odpowiadać woda do spożycia przez ludzi.

Ciśnienie robocze instalacji p_{rob} lub p_{oper} – projektowe (obliczeniowe) ciśnienie pracy instalacji przewidziane w dokumentacji projektowej, które w celu zachowania zakładanej trwałości instalacji nie może być przekroczone w żadnym jej punkcie.

Ciśnienie próbne instalacji $p_{próbn}$ – ciśnienie w najniższym punkcie instalacji, przy którym dokonywane jest badanie jej szczelności.

Średnica nominalna DN lub d_n – średnica wyrażona przez dogodnie zaokrągloną liczbę, w przybliżeniu równą średnicy rzeczywistej (dla rur – średnicy zewnętrznej, dla kielichów kształtek – średnicy wewnętrznej), wyrażonej w milimetrach.

Trwałość instalacji wykonanej z przewodów z tworzywa sztucznego – zależność zakładanej trwałości instalacji od ciśnienia i temperatury; przyjmuje się przy założeniu 50-letniego okresu eksploatacji instalacji, z uwzględnieniem sum czasów pracy w temperaturach o określonych wartościach. Temperatura awaryjna instalacji wykonanej z przewodów z tworzywa sztucznego może występować sumarycznie przez 100 godzin w czasie 50-letniego okresu eksploatacji instalacji, przy czym jednorazowy czas temperatury awaryjnej nie może przekroczyć trzech godzin. Dłuższe okresy występowania temperatury awaryjnej mogą spowodować ograniczenie trwałości tej instalacji.

Specyfikacja techniczna – dokument określający cechy, które powinien mieć wyrób lub proces jego wytwarzania w zakresie jakości, parametrów technicznych, bezpieczeństwa lub wymiarów, w tym w odniesieniu do nazewnictwa, symboli, badań i metodologii badań, opakowania, znakowania i oznaczania wyrobu.

R2A – podłoże Chap.-Doxa (Chapka-Doxa, bulion odżywczy/wzbogacony – rodzaje podłoża stosowanych w analizach mikrobiologicznych)

SEM – skaningowy mikroskop elektroniczny (ang. *Scanning Electronic Microscope*)

jtk/cm² – jednostka tworząca kolonię bakterii na danej powierzchni

PO₄⁻³ – ortofosforan

PVC – polichlorek winylu

PE – polietylen

PEHD – polietylen wysokiej gęstości

PP – polipropylen

PB – poli-1-butylen

EPS – pozakomórkowe biopolimery (ang. *extra cellular polymeric substances*)

BP – bakterie psychrofilne

BM – bakterie mezofilne

A – podłoże agar odżywczy/wzbogacony

Sab. – podłoże Sabouraud'a

OWO – ogólny węgiel organiczny

AOC – przyswajalny węgiel organiczny

BDOC – biodegradowalny rozpuszczony węgiel organiczny

Uwaga

Pełen tekst „Warunków Technicznych Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych – Instalacje Wodociągowe” jest do nabycia w Dziale Wydawniczym Instytutu Techniki Budowlanej, 02-656 Warszawa, ul. Ksawerów 21, tel. (22) 843 35 19.

Natomiast za zezwoleniem tego Instytutu do niniejszej instrukcji załącza się formularze dotyczące odbioru instalacji wodociągowych.

12. PODSUMOWANIE

Problem zaopatrzenia w wodę mieszkańców osiedli na obszarach wiejskich i podmiejskich jest nadal aktualny. Znaczna ilość istniejących instalacji wodociągowych została wykonana z materiałów obecnie kwestionowanych pod względem ujemnego wpływu na jakość wody, np. rury azbestowo-cementowe, rury PVC niestabilizowane. Ponadto, czas ich eksploatacji przekroczył znacznie 50 lat. Instalacje te będą modernizowane, a ponadto będą budowane nowe, których wyposażenie powinno być innowacyjne pod względem technicznym i środowiskowym dotyczącym zużycia wody i energii.

Nadal na obszarach wiejskich są budowane lub modernizowane instalacje zasilane w wodę z ujęć wody zlokalizowanych na terenie gospodarstw, których ilość jest obecnie szacowana na około 1 mln. Jakość wody czerpana z tego typu ujęć nie zawsze spełnia obecne wymagania zdrowotne, stąd też konieczność chronienia ujęć wody przed zanieczyszczeniami.

Prognozowane zmiany klimatu, zapóźnienia w racjonalnej gospodarce zasobami wodnymi, stosowane nadal, nie zawsze bezpieczne pod względem wpływu na jakość wody technologie ochrony roślin i nawożenia mogą w efekcie znacznie pogorszyć jakość wody w dotychczasowych źródłach zasilających wodociągi. Tego rodzaju ujemny wpływ będzie przeszkodą w rozwoju osiedli wiejskich, a także produkcji zwierzęcej i przemysłu rolno-spożywczego.

Mając na uwadze powyższe, w monografii zawarto kolejno następujące informacje dotyczące:

- ! stanu gospodarowania zasobami wodnymi w Polsce i skutkami zaniechania działań ochraniających zasoby wody;
- ! problemów pobierania wody z pierwszej warstwy wodonośnej i zagrożenia jej jakości na skutek nieprzemyślanej działalności mieszkańców;
- ! racjonalnego doboru armatury i rurociągów do budowy instalacji wodociągowych;
- ! przykładowych kosztów budowy instalacji wodociągowych oraz procedury ich odbioru.

LITERATURA

- AL-JASSER A.O. 2007 Chlorine decay in drinking-water transmission and distribution systems: Pipe service age affect. *Water Research*. Vol. 41 p. 387–396.
- AL-MALACK M.H., SHEIKHELDIN S.Y. 2001. Effect of solar radiation on the migration of vinyl chloride monomer from unplasticized PVC pipes. *Water Research*. Vol. 35. No. 14 s. 3283–3290.
- APOLINARSKI M. 2004. Badanie procesu usuwania zanieczyszczeń organicznych z wody podziemnej przeznaczonej do picia na drodze koagulacji. W: „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”. Red. M. Elektorowicz, M. Sozański XVIII Krajowa, VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Poznań. Wydaw. PZITS s. 433-445.
- ARMON R., ARBEL T., GREEN M. 1998. A qualitative and quantitative study of biofilm disinfection on Glass, metal and PVC surfaces by chlorine, bromine and bromochloro-5,5 dimethylhydantoin (BCDMH). *Water Research*. Vol. 38. No. 12 s. 175–179.
- Bachor W. Ekstowicz B. Grzymała Z. Jeżowski P. Maśloch G. 2011. Podstawy ekonomiki i zarządzania w gospodarce komunalnej. Warszawa. Oficyna Wydaw. SGH ISBN 9788373786622 ss. 387.
- BALCERZAK W. 2004. Wpływ procesu eutrofizacji na kształtowanie jakości wody. W: Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód. Red. M. Elektorowicz, M. Sozański XVIII Krajowa, VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Poznań. Wydaw. PZITS tom I s. 245–255.
- Bałdyga M. 2004. Gospodarka komunalna – aspekty prawne. Wydawnictwo Profesjonalne ALPHA Pro. Ostrołęka ISBN: 83-919761-6-5 ss. 302.
- BARCZYK G. 2006. Wody podziemne w środowisku przyrodniczym. Podstawy hydrogeologii stosowanej. Red. T. Macioszczyk. Warszawa. PWN s. 17–29.
- Baza aktualnych cen wody i odprowadzania ścieków. Portal Informacyjny Izby Gospodarczej „Wodociągi Polskie”. [Dostęp: 29.09.2020] Dostępny w Internecie: www.cenywody.pl.
- BENTHAM R.H. 2000. Routine sampling and the control of Legionella spp. in cooling tower water systems. *Current Microbiology*. Vol. 41 s. 271–275.
- Bergel T., Satora S. 2003. Wpływ podłączenia budynków do kanalizacji zbiorowej na objętość wody zużywanej w gospodarstwach wiejskich w Mszanie Górnej. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 3. T. II s. 15–22.
- BESNER M-C., GAUTHIER V., BARBEAU B., MILLETTE R., CHAPLEAU R., PRÉVOST M. 2001. Understanding distribution systems water quality. *Journal AWWA*. Vol. 93. Iss. 7 s. 101–114.
- BIEGELEISEN B. 1925. Podręcznik dla instalatorów wodociągowych i kanalizacyjnych. Kraków Miejskie Muzeum Przemysłu Imienia Dra Adriana Baranieckiego w Krakowie ss. 117.
- BISWAS A. K., KIRCHHERR J. 2012. Water prices in Europe need to rise substantially to encourage more sustainable water consumption [online]. European Environment Agency. [Dostęp: 20.08.2020]. Dostępny w Internecie: <https://thirdworldcentre.org/communication-media/water-prices-in-europe-need-to-rise-substantially-to-encourage-more-sustainable-water-consumption/>.
- BOSE P., RECKHOW D.A. 2007. The effect of ozonation on natural organic matter removal by alum coagulation. *Water Research*. Vol. 41 s. 1516–1524.
- BRINKMAN N.E., HAUGLAND R.A., WYMER L.J., BYAPPANAHALLI M., WHITMAN R.L., VESPER S.J. 2003. Evaluation of a rapid, quantitative real-time PCR method for evaluation of pathogenic Candida cells in water. *App. Env. Microbiol.* Vol. 69. No 3s. 1775-1782.

- BRIX J., HEYD H., GERLACH E. 1936. Die Wasserversorgung. München–Berlin .Verlag von R. Oldenbourgss. 151. BRIX J., HEYD H., GERLACH E. 1942. Die Wasserversorgung. München–Berlin. Verlag von R. Oldenbourg. Wyd. 3 ss. 368.
- BUDZIŁO B. 2009. Badanie wodociągów wybranych miast południowej Polski. Instal nr 10 s. 64–67.
- BYKOWSKI J., TCHORZEWSKI K. 2014. Normatywne i rzeczywiste nakłady rzeczowe robocizny w wykonawstwie instalacji sanitarnych. Instal. Nr 3 s. 40–44.
- CHOI Y., CHO M., LEE Y., CHOI J., YOON J. 2007. Inactivation of *Bacillus subtilis* spores during ozonation in water treatment plant: Influence of pre-treatment and consequences for positioning of the ozonation step. Chemosphere. Vol. 69 s. 675–681.
- CHU C., LU C. 2004. Effects of axalic acid on the regrowth of heterotrophic bacteria in the distributed drinking water. Chemosphere. Vol. 57 s. 531–539.
- CHUDZICKI J. 2015. Co robić, gdy zacznie brakować wody? Przemyślenia na przykładzie Australii. Technologia Wody. Nr 04/2015 (24) s. 39–43.
- CHUDZICKI J., SOSNOWSKI S. 2011. Instalacje wodociągowe, projektowanie, wykonanie, eksploatacja. Wyd. III. Warszawa. Wydaw. Seidel-Przywecki. ISBN 978-83-60956-25-0 ss. 377.
- CHUDZIŃSKI P. 2010. Taryfowa polityka. Wodociągi i Kanalizacja. Nr 6(76). Poznań ss. 2.
- CODONY F., MORATO J., RIBAS F., MAS J. 2002. Effect of chlorine, biodegradable dissolved organic carbon and suspended bacteria on biofilm development in drinking water systems. Journal Basic Microbiology. Vol. 42. Iss. 5 s. 311–319.
- CORTI A., MUNIYASAMY S., VITALI M., IMAM S.H., CHIellini E. 2010. Oxidation and biodegradation of polyethylene films containing prooxidant additives: Synergistic effects of sunlight exposure, thermal aging and fungal biodegradation. Polymer Degradation and Stability. Vol. 95. Iss. 6 s. 1106–1114.
- COSTERTON J.W., STEWART P.S., GREENBERG E.P. 1999. Bacterial biofilms: A common cause of persistent infections. Science. Vol. 284 s. 1318–1322.
- CYMERMAN R. 2009. Podstawy planowania przestrzennego i projektowania urbanistycznego. Wydaw. UW-M. Olsztyn. ISBN 9788372995933 s. 254.
- CZACZYK K., WOJCIECHOWSKA K. 2003. Tworzenie biofilmów bakteryjnych – istota zjawiska i mechanizmy oddziaływania. Biotechnologia. Nr 3 s. 180–192.
- DAVIES J.-M., MAZUMDER A. 2003. Health and environmental police issues in Canada: the role of watershed management in sustaining clean drinking water quality at surface sources. Journal of Environmental Management. Vol. 68 s. 273–286.
- DENCZEW S. 2004. Podstawy gospodarki komunalnej. Współczesne zagadnienia sektorów inżynierskich. Białystok. Wydaw. Politechniki Białostockiej. ISBN 8388229672 ss. 164.
- DENCZEW S., KRÓLIKOWSKI A. 2012. Podstawy nowoczesnej eksploatacji układów wodociągowych. Warszawa. Arkady. ISBN 83-213-4266-3 ss. 252.
- DOWGIAŁŁO J., EYMONTT A., WIERZBICKI K. 2013a. Dopuszczalne zanieczyszczenia i przyczyny ich powstawania w wodzie do picia istotne w rozwoju produkcji zwierzęcej. W: Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem infrastruktury, ochrony środowiska i produkcji energii alternatywnej. Monografia. Red. W. Romaniuk. Falenty-Warszawa. Wydaw. ITP s. 59–65.
- DOWGIAŁŁO J., EYMONTT A., WIERZBICKI K. 2013b. Zasoby wody w Polsce i jej zapotrzebowanie do produkcji zwierzęcej. W: Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem infrastruktury, ochrony środowiska i produkcji energii alternatywnej. Monografia. Red. W. Romaniuk. Falenty–Warszawa. Wydaw. ITP s. 66–71.
- DOWGIAŁŁO J., NUNNBERG J., WIERZBICKI K. 2002. Infrastruktura techniczna zbioru odpadów zwierzęcych wysokiego ryzyka (HRM). Inżynieria Rolnicza. Nr 3 s. 89–95.

- DOWGIAŁŁO J., RUDNIK K., WIERZBICKI K. 2009. Racjonalne rozwiązanie zabezpieczenia środowiska przed odpadami zwierzęcymi. *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie*. Tom 52, Nr 1 s. 32–36.
- DRUPKA S., SIKORSKI M. 1999. Studnia w zagrodzie wiejskiej. *Technika Rolnicza*. Nr 3 s. 22–25.
- DVGW 1940. DVGW-Regelwerk. Arbeitsblatt W 308. Richtlinien für die Berechnung der Kaltwasserleitungen in Hausanlagen. Berlin. Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern.
- DVGW1936. Ausführung und Veränderung von Wasserleitungsanlagen in Gebäuden und Grundstücken. Technische Vorschriften und Richtlinien. DVGW–TVR Wasser 1936. Berlin. Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern, ss. 38.
- DYLEWSKI J. 2004. Krótki zarys historii wyliczenia należności za roboty budowlane i przepisów proceduralnych normujących [online]. *Buduj z Głową*. Nr 1/2/3. [Dostęp 16.06.2020]. Dostępny w Internecie: <http://www.bzg.pl/node/135>, <http://www.bzg.pl/node/171>, <http://www.bzg.pl/node/199>.
- EEA 2009. Household water use and price of water in Hungary [online]. European Environment Agency. [Dostęp 12.11.2019]. Dostępny w Internecie: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/household-water-use-and-price-of-water-in-hungary>.
- ESCOBAR I.C., HONG S., RANDALL A.A. 2000. Removal of assimilable organic carbon and biodegradable dissolved organic carbon by reverse osmosis and nanofiltration membranes. *Journal of Membrane Science*. Vol. 175 s. 1–17.
- ESCOBAR I.C., RANDALL A.A. 2001. Case study: Ozonation and distribution system biostability. *Journal AWWA*. Vol. 93. Iss. 10 s. 77–89.
- EUROPA 2020 Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu. Komunikat Komisji (KOM(2010) 2020. [online]. [Dostęp: 20.08.2020]. Dostępny w Internecie: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL_TXT/?uri=CELEX:52010DC2020.
- EUROPA 2020. Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu – komunikat Unii Europejskiej. [Data 29.09.2020]. Dostęp w Internecie: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/europe-2020-indicators>.
- EVANS L.V. 2000. *Biofilms: Recent advances in their study and control*. Amsterdam. Harwood Academic Publishers. ISBN 9058230937 ss. 466.
- EYMONTT A., RUDNIK K., WIERZBICKI K. 2015. Zagrożenia zanieczyszczenia wody z pierwszej warstwy wodonośnej. W: *Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej na tle ochrony środowiska i standardów Unii Europejskiej*. Monografia. Red. W. Romaniuk, H. Janowska-Huflejt. Falenty–Warszawa. Wydaw. ITP s. 39–46.
- EYMONTT A., WIERZBICKI K. 2014. Social innovations in the field of wastewater treatment in rural areas. *Environmental Protection and Natural Resources*. Vol. 25 No. 4(62) s. 69–75.
- EYMONTT A., WIERZBICKI K. 2015. Infrastruktura gospodarcza, techniczna warunkiem zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich. W: *Badania naukowe w procesie kształtowania polskiej wizji Wspólnej Polityki Rolnej i Wspólnej Polityki Rybackiej*. Red. E.K. Chyłek, M. Pietras. III Kongres Nauk Rolniczych „Nauka – Praktyce” s. 177–183.
- FRICKER E.J., FRICKER C.R. 1995. Detection of *Legionella* spp. Using a commercially available polymerase chain reaction test. *Water Science Technology*. Vol. 31. Issues 5–6 p. 407–408. DOI: [https://doi.org/10.1016/0273-1223\(95\)00301-3](https://doi.org/10.1016/0273-1223(95)00301-3).
- GABRYSZEWSKI T. 1983. *Wodociągi*. Warszawa. Arkady. ISBN 83-213-3087-8 ss. 640.
- GAJEWSKI A.J. 1994. Znaczenie ektoenzymów produkowanych przez mikroorganizmy w procesach przekształceń i degradacji biopolimerów organicznych w ekosystemach wodnych. *Postępy Mikrobiologii*. T. 33 Nr 4 s. 513–539.

- GAUTHIER V., GÉRARD B., PORTAL J-M., BLOCK J-C., GATEL D. 1999. Organic matter as loose deposits in a drinking water distribution system. *Water Research*. Vol. 33. No. 4 s. 1014–1026.
- GEORGE R.L. 2001. The history of plumbing. *Plumbing Engineer*. March-June. Part. 1 to: Learning from past experiences, s. 45–68.
- GOZDALIK U. 1998. Czynniki stymulujące i hamujące wielofunkcyjny rozwój terenów wiejskich. *Zeszyty Naukowe AR Kraków*. Nr 9. Seria Sesja Naukowa s. 123–131.
- GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA A. 2006. Występowanie grzybów mikroskopowych w systemach dystrybucji wody pitnej i związane z tym zagrożenia zdrowia. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*. Nr 7/8 s. 72–76.
- GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA A., SIŃSKI E. 2010. Mikroorganizmy chorobotwórcze i potencjalnie chorobotwórcze w ekosystemach wodnych i sieciach wodociągowych. Warszawa. Wydaw. Seidel-Przywecki. ISBN 978-83-60956-11 ss. 256.
- GRAYMAN W., ROSSMAN L.A., DEININGER R.A., SMITH C.D., ARNOLD C.N., SMITH J.F. 2004. Mixing and aging of water in distribution system storage facilities. *Journal AWWA*. Vol. 96. Iss. 9 s. 70–80.
- Green paper on services of general interest (Presented by the Commission) [online]. COM(2003) 21.5.2003. Bruksela. [Data dostępu: 20.08.2020]. Dostępne w Internecie: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52003DC0270&from=EN>
- Grundlagen für die Berechnung von Hauswasserleitungen 1932. *Das Gas-und Wasserfach*. Nr 44.
- GRZYMAŁA Z. 2010. Restrukturyzacja sektora komunalnego w Polsce. Aspekty organizacyjno-prawne i ekonomiczne. Warszawa. Wydaw. SGH ISBN: 978-83-7378-338-0 ss. 360.
- GUS 2002. Budynki i infrastruktura w gospodarstwach rolnych. Powszechny spis rolny. Warszawa Główny Urząd Statystyczny, ss. 52.
- GUTOWSKA-SIWIEC L. 2011. Zasoby wodne w Polsce na tle zasobów ziemi i wobec zmian klimatu. *Biuletyn Forum debaty publicznej* nr 8. Warszawa. Kancelaria Prezydenta RP s. 8–10.
- GWF 2009. Chronik des DVGW 1859–2009. Jubiläumsausgabe [online]. [Dostęp 16.06.2020]. Dostępny w Internecie: <https://www.yumpu.com/fr/document/read/9827658/chronik-des-dvgw-1859-2009-pdf-194-kb>.
- HALLAM N.B., WEST J.R., FORSTE C.F., POWELL J.C., SPENCER I. 2002. The decay of chlorine associated with the pipe wall in water distribution systems. *Water Research*. Vol. 36 s. 3479–3488.
- HALLAM N.B., WEST J.R., FORSTER C.F., SIMMS J. 2001. The potential for biofilm growth in water distribution systems. *Water Research*. Vol. 35. No. 17 p. 4063–4071.
- HAPCIOĞLU, B., YEĞENOĞLU, Y., ERTURAN, Z., NAKIPOĞLU, Y., İŞSEVER, H. 2005. Heterotrophic bacteria and filamentous fungi isolated from a hospital water distribution system. *Indoor and Built Env*. Vol. 14. Iss. 6 s. 483–493.
- HASSINEN J., LUNDBÄCK M., IFWARSON M., GEDDE U.W. 2004. Deterioration of polyethylene pipes expose to chlorinated water. *Polymer Degradation and Stability*. Vol. 84 s. 261–267.
- HEIDRICH Z., JĘDRZEJKIEWICZ J. 2007. Analiza zużycia wody w miastach polskich w latach 1995–2005. *Ochrona Środowiska*. T. 29 Nr 4 s. 29–34.
- HUNTER R.B. 1940a. Methods of Estimating Loads in Plumbing Systems. *Building Materials and Structures*. Report BMS65. Vol. 23. Washington. US Department of Commerce, National Bureau of Standards pp. 28. [Dostęp: 12.11.2019]. Dostępny w Internecie: <https://archive.org/details/methodsofestimat65hunt/page/2/mode/2up>.

- HUNTER R.B. 1940b. Plumbing Manual. Materials and Structures. Report BMS66. Washington. United States Government Printing Office. pp. 76. [Dostęp 12.11.2019]. Dostępny w Internecie: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/BMS/nbsbuildingmaterialsstructures66.pdf>.
- HUNTER R.B. 1941. Water-distributing systems for buildings. Materials and Structures. Report BMS79. Washington. United States Government Printing Office. pp. 32. [Dostęp 12.11.2019]. Dostępny w internecie: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/BMS/nbsbuildingmaterialsstructures79.pdf>.
- IKADA E. 1999. Electron microscope observation of biodegradation of polymers. *Journal of Environmental Polymer Degradation*. Vol. 7. No. 4 s. 197–201.
- Instalacje wodociągowe – E4: 2012. Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych (WTWiORB) – seria wydawnicza Instytutu Techniki Budowlanej.
- JANSON L.-E. 2010. Rury z tworzyw sztucznych do zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków. Tłum. J. Borowski. Toruń. Polskie Stowarzyszenie Producentów Rur i Kształtek z Tworzyw Sztucznych. ISBN 978-83-930901-0-5 ss. 371.
- JEŻOWIECKI J., NOWAKOWSKI E. 2011. Określenie średnic przewodów w instalacjach wodociągowych budynków mieszkalnych. Nowoczesne rozwiązania w inżynierii środowiska. T.1. Wrocław. PWr. Skrypt PWR, [Dostęp: 12.11.2019]. Dostępne w Internecie http://www.iko.pwr.wroc.pl/Air/Abstract/FT_Jezowiecki,_Nowakowski_Ok0404200204.doc
- JEŻOWSKI P., GRZYMAŁA Z. 2009. Przesłanki likwidacji komunalnych zakładów budżetowych. *Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów. Zesz. Nauk.* Nr 92. Warszawa. Wydaw. SGH. ISSN 1234-8872. Dostępne w Internecie: [https://ssl-kolegia.sgh.waw.pl/pl/KZiF/](https://ssl-kolegia.sgh.waw.pl/pl/KZiF/czasopi-sma/zeszyty_naukowe_studia_i_prace_kzif/Documents/z.%2092.pdf) czasopi-sma/zeszyty_naukowe_studia_i_prace_kzif/Documents/z.%2092.pdf. ss. 9-45.
- KACPRZYK B. 2010. Kosztorysowanie obiektów i robót budowlanych. Warszawa. POLCEN sp. z o. o. ISBN 978-83-89234-87-2 ss. 284.
- KERNEIS A., NAKACHE F., DEGUIN A., FEINBERG M. 1995. The effects of water residence time on the biological quality in a distribution network. *Water Research*. Vol. 29. No. 7 s. 1719–1727.
- KIEDRYŃSKA L. 2004. Zasiedlanie granulowanych węgli aktywnych przez mikroorganizmy w procesie uzdatniania wody. *Ochrona Środowiska*. T. 26. Nr 1 s. 39–42.
- KIWALA M. 2009. Wizualna ocena tworzenia biofilmu bakteryjnego na powierzchni polipropylenowych nośników złoża biologicznego. W: *Rozkład i korozja mikrobiologiczna materiałów technicznych*. Z 55. V Konferencja Naukowa. Łódź. Politechnika Łódzka ss. 154.
- KLAUS-DIETER A. 2005. Pollution and environmental protection. Chemical aspects and related considerations. Poznań. Wydaw. Nauk. UAM. ISBN: 9788323215059 ss. 224.
- KŁOS M., ZIMOCH I. 2005. Wykorzystanie analizy jakości wody do oceny pracy sieci wodociągowej. *Ochrona Środowiska*. T. 27. Nr 4 s. 27–30.
- KŁOS-TRĘBACZKIEWICZ H., OSUCH-PAJDZIŃSKA E. 2007. Charakterystyka sektora komunalnych wodociągów i kanalizacji w miastach polskich. *Ochrona Środowiska*. T. 29. Nr 4 s. 57–60.
- KNNR 42001. Instalacje sanitarne i sieci zewnętrzne. Kosztorysowe Normy Nakładów Rzeczowych. Warszawa. Kancelaria Prezesa Rady Ministrów.
- KNR 0-13 1996. Suplement do KNR 2-15. Instalacje wewnętrzne wodociągowe i kanalizacyjne z tworzyw sztucznych. Katalog Nakładów Rzeczowych. Warszawa IGM.
- KNR 0-31 2001. Instalacje wewnętrzne wody zimnej i ciepłej, centralnego ogrzewania oraz ogrzewania podłogowego wykonywane z rur z tworzyw sztucznych pb, w technologii Hepworth. Katalog Nakładów Rzeczowych. IGM.

- KNR 0-352002. Instalacje wewnętrzne wody zimnej i ciepłej oraz centralnego ogrzewania wykonywane z rur miedzianych w technologii lutowania kapilarnego cz. I. Katalog Nakładów Rzeczowych. IGM.
- KNR 2-02 1998. Konstrukcje budowlane. T. 1. Katalog Nakładów Rzeczowych. ORGBUD.
- KNR 2-15 1985. Instalacje wewnętrzne wodociągowe, kanalizacyjne, gazowe i centralnego ogrzewania. Katalog Nakładów Rzeczowych. ORGBUD.
- KNR 2-16 1992. Izolacje termiczne. Katalog Nakładów Rzeczowych. Warszawa, WACETOB ss. 101.
- KNR 9-22. 2011. Rurociągi z żeliwa sferoidalnego, wcinki, odpowietrzniki, hydranty, źródła i studnie. Publikacja ORGBUD-SERWIS.
- KNR INSTAL 1996. Instalacje wodociągowe, gazowe i centralnego ogrzewania z rur miedzianych. Katalog Nakładów Rzeczowych. INSTAL.
- KNR-W 2-151998. Instalacje wewnętrzne wodociągowe, kanalizacyjne, gazowe i centralnego ogrzewania. Katalog Nakładów Rzeczowych. WACETOB.
- KNZ-15 1994. Nowe technologie w budownictwie. Izolacje. Miejsce wydania, Warszawa WACETOB.
- KONEN T.P., GONCALVES O.M. 1993. Summary of mathematical models for the design of water distribution systems within buildings. International symposium on water supply and drainage for buildings. Proceedings Annual Meeting CIB W062. Porto, Portugal. Wydaw. International Council for Research and Innovation in Building and Construction s. 345-370. [Dostęp 12.05.2019]. Dostępne w Internecie: <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB19259.pdf>.
- KOOL J.L., CARPENTER J.C., FIELDS B.S. 1999. Effect of monochloramine disinfection of municipal drinking water on risk of nosocomial Legionnaires' disease. The Lancet. Vol. 353, January 23 s. 272-277.
- KORYŃ E. 1973. Urządzenia sanitarne w wiejskich budynkach zagrodowych – poradnik. Warszawa. Wydaw. Arkady. Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa ss. 145.
- KOWAL A.L. 2003. Przyczyny i zapobieganie zmianom jakości wody w systemach wodociągowych. Ochrona Środowiska. T. 25. Nr 4 s. 28-30.
- KOWAL A.L., ŚWIDERSKA-BRÓŻ M. 2000. Oczyszczanie wody. Warszawa. Wydaw. Nauk. PWN. ISBN 9788301151799 s. 794.
- KOWALCZYK S. 2019. Ostatnią rybę wyłowimy przed 2050. Instytut Rynków i Konkurencji SGH Warszawa. Rozmowa z Edytą Bryłą. Gazeta Wyborcza dn. 25-26.05 s. 9.
- KOWALSKA B., KOWALSKI D., KWIETNIEWSKI M. 2009. Wymywanie związków organicznych w sieciach wodociągowych wykonanych z PVC. W: Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody. Materiały Konferencyjne. T. 1. Gliwice. Wydaw. Politechnika Śląska, Instytut Inżynierii Wodnej i Ścieków. ISBN 9788393475858 s. 243-253.
- KOWALSKI T. 2007. Wykorzystanie i oczyszczanie wód zanieczyszczonych. Wrocław. Ofic. Wydaw. PWroc. ISBN 8370859976 ss. 207.
- KRĘŻOLEK S.T., RYCAŁEK Cz. 1995. Techniczna infrastruktura w świetle hierarchii ważności. Techniczna infrastruktura wsi. Materiały z II Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej pt. Infrastruktura wsi – perspektywy i zadania. s. 77-81.
- KRISTOWSKI A. 2005. Bezpieczeństwo planowania procesu budowy z uwzględnieniem ryzyka, niepewności i zakłóceń. Przegląd Budowlany. Nr 4 s. 48-50.
- KULAWIK J. 2000. Wybrane problemy finansowania infrastruktury obszarów wiejskich. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej. Nr 1. Warszawa. IERiGŻ s. 21-35.
- KUNICKI-GOLDFINGER W.J.H. 2008. Życie bakterii. Warszawa. Wydaw. Nauk. PWN. ISBN 83-01-12786-4 ss. 616.

- KUŚ K., ŚCIERANKA G. 2005. Wpływ materiału i parametrów eksploatacyjnych sieci wodociągowej na jakość wody na przykładzie Chorzowsko-Świętochłowieckiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Chorzowie. *Ochrona Środowiska*. T. 27. Nr 4 s. 31–33.
- LADD J.S. 2005. An evaluation and pressure-driven design of potable water plumbing systems. Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Civil Engineering. Blacksburg, Virginia, 13 May ss. 192.
- LAPPIN-SCOTT H.M, COSTERTON J.W. 2003. *Microbial biofilms*. Cambridge. Cambridge University Press. ss. 10. [Dostęp: 12.08.2020]. Dostępne w Internecie: https://assets.cambridge.org/97805215/42128/excerpt/9780521542128_excerpt.pdf.
- LASEK S. 2013. Oszczędzanie wody a armatura sanitarna. W: *Instalacje wodociągowe i kanalizacyjne*. Red. Z. Heidrich, A. Malesińska., J. Chudzicki. Warszawa. Wydaw. Seidel-Przywecki s. 57–66.
- LE CHEVALLIER M.W., SCHULZ W., LEE R.G. 1991. Bacterial nutrients in drinking water. *Applied and Environmental Microbiology*. Vol. 57. No. 3 s. 857–862.
- LEHTOLA M.J., MIETTINEN I.T., LAMPOLA T., HIRVONEN A., VARTIAINEN T., MARTIKAINEN P.J. 2005. Pipeline materials modify the effectiveness of disinfectants in drinking water distribution systems. *Water Research*. Vol. 39 s. 1962–1971.
- LI S., NI L., SUN C., WANG L. 2004. Influence of organic matter on orthophosphate corrosion inhibition for copper pipe in soft water. *Corrosion Science*. Vol. 46 s. 137–145.
- LIPIAK D. 2004. Usuwanie i zapobieganie skażeniom bakteriologicznym z wykorzystaniem dwutlenku chloru na podstawie wybranych przykładów. W: *Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód*. Red. M. Elektorowicz, M. Sozański. XVIII Krajowa, VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Poznań. Wydaw. PZITS. s. 689–701.
- LIPIAK D., KNIOTEK W., SUCHAŃSKI W. 2003. Wykorzystywanie dwutlenku chloru do dezynfekcji i stabilizacji mikrobiologicznej wody na przykładzie sieci wodociągowej w Nowym Targu. *Ochrona Środowiska*. T. 25. Nr 3 s. 61–64.
- LIU W., WU H., WANG Z., ONG S.L., HU J.Y., NG W.J. 2002. Investigation of assimilable organic carbon (AOC) and bacterial regrowth in drinking water distribution system. *Water Research*. Vol. 36 s. 891–898.
- LU W., KIÉNE L., LÉVI Y. 1999. Chlorine demand and of biofilms in water distribution systems. *Water Research*. Vol. 33. No. 3 s. 827–835.
- LUKASIK J., CHENG Y.-F., LU F., TAMPLIN M., FARRAH R. 1999. Removal of microorganisms from water by columns containing sand coated with ferric and aluminium hydroxides. *Water Research*. Vol. 33. No. 3 s. 769–777.
- MACIOSZCZYK T., RODZIOCH A., FRĄCZEK E. 1993. *Projektowanie stref ochronnych źródeł i ujęć wód podziemnych*. Poradnik metodyczny. Warszawa. MOŚZNiL ISBN 83-85284-12-5 ss. 96.
- MAĆKIEWICZ J., DZIUBEK A.M., CZARNIECKA J. 2003. Zapotrzebowanie na dwutlenek chloru w uzdatnianiu wód infiltracyjnych. *Ochrona Środowiska*. T. 25. Nr 1 s. 9–12.
- MAKER J.M. 2000. A preliminary analysis of failures in gray cast iron water pipes. *Engineering Failure Analysis*. Vol. 7 s. 43–53.
- MARCINKOWSKI R. 2007. Harmonogramowanie produkcji przedsiębiorstwa budowlanego. *Przegląd Budowlany*. Nr 2 s. 41–47.
- MARCINKOWSKI R., KOPER A. 2008. Ocena ryzyka czasu i kosztów w planowaniu produkcji budowlanej. *Przegląd Budowlany*. Nr 7–8 s. 70–75.
- MASŁOWSKA-BANDOSZ M. 2010. Ekosystem opłat za wodę i ścieki. *Wodociągi i Kanalizacja*. Nr 6(76) s. 26–29.
- MATUSZEWSKA R., KROGULSKA B. 2003. Występowanie bakterii z rodzaju *Legionella* w instalacjach wodnych wykonanych z różnego materiału. W: *Rozkład i korozja mikrobiolo-*

- giczna materiałów technicznych. III Konferencja Naukowa. Łódź. 8-10.09.2003. Wydaw. PŁodz. s. 78-83.
- MICHAŁKIEWICZ, M. 2013. Mikrobiologiczne skażenie wody – przyczyny, skutki, konsekwencje. *Technologia Wody*. Nr 4 (24) s. 8–20.
- MIKOŁAJCZYK M. 2012. Analiza jednostkowych wskaźników zużycia wody w gospodarstwach domowych w warunkach miejskich i wiejskich. *Instal*. Nr 2 s. 47–49.
- MIKOŁAJCZYK M. 2012. Analiza jednostkowych wskaźników zużycia wody w gospodarstwach domowych w warunkach miejskich i wiejskich. *Instal*. Nr 2. Warszawa s. 47–49.
- NACHLIK E. 2011. Podstawowe definicje oraz cele i zadania gospodarki wodnej. *Biuletyn Forum debaty publicznej*. Nr 8. Warszawa. Kancelaria Prezydenta RP s. 11–20.
- NIEWIADOMSKI Z. 2003. Planowanie przestrzenne – zarys systemu. Warszawa. Wydaw. Prawnicze Lexis Nexis. ISBN 8373342699 ss. 224.
- NIST 2020. The National Institute of Standards and Technology [Dostęp 06.10.2020]. Dostępny w Internecie <https://www.nist.gov/history>.
- NOWAKOWSKI E. 2011. Metoda uproszczona wymiarowania przewodów w instalacjach do przesyłu wody. *Rynek Instalacyjny*. Nr 12 s. 25–28.
- OHASHI A., KOYAMA T., SYUTSUBO K., HARADA H. 1999. A novel method for evaluation of biofilm ten sile strength resisting erosion. *Water Science and Technology*. Vol. 39. No 7; s. 261–268. Dostępny w Internecie [https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(99\)00176-6](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(99)00176-6).
- OLAŃCZUK-NEYMAN K., SOKOŁOWSKA A., BRAY R., SKUCHA M. 2004. Changes of microbiological quality of water In distribution system. W: *Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód*. Red. Elektorowicz M., Sozański M. XVIII Krajowa, VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Poznań. Wydaw. PZITS s. 169–176.
- OLLOS P.J., HUCK P.M., SLAWSON R.M. 2003. Factors affecting biofilm accumulation in model distribution systems. *Journal AWWA*. Vol. 95. Iss. 1 s. 87–97.
- OLSIŃSKA U., SKIBIŃSKA K. 2007. Modelowanie zmian jakości wody w systemie dystrybucji. *Ochrona Środowiska*. T. 29. Nr 2 s. 33–40.
- ORŁOWSKI H. J., SOBOLEWSKI R., WÓJCICKI R. 2002. Regulamin kosztorysowania. Warszawa. POLCEN sp. z o. o. ss. 16. [Data 12.08.2020]. Dostępny w Internecie https://www.bzg.pl/sites/www.bzg.pl.new/files/bzg-2003-03/polcen_reg.pdf.
- PALUCH J. 1973. *Mikrobiologia wód*. Warszawa. PWNT ss. 393.
- PAWELEK J., BERGEL T. 2002. Wybrane ekologiczne aspekty struktury zużycia wody w gospodarstwach wiejskich. *Inżynieria Rolnicza* Nr 3(36) s. 253–265.
- PIĘCEK B. 2002. Wiejskie obszary problemowe w aspekcie infrastruktury. W: A. Rosner (red.): *Wiejskie obszary kumulacji barier rozwojowych*. Warszawa. IRWiR PAN. ISBN 83-85369-57-0 ss. 214.
- PIELICHOWSKI J., PUSZYŃSKI A. 1998. *Technologia tworzyw sztucznych*. Wyd. V. ISBN 8320422477 Warszawa. WNT. ss. 346.
- PIG 2004. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000. Udostępnienie, weryfikacja, aktualizacja i rozwój. Instrukcja. Koordynacja P. Herbich. Warszawa. Państwowy Instytut Geologiczny JBR. Państwowa Służba Hydrogeologiczna.
- PLASKURA W., WEIN S. 1948. Instalacje wodociągowe i gazowe. Cz. 2. Urządzenia wodociągowe i kanalizacyjne. Katowice. „Ognisko” Spółdzielnia Księgarska ss. 78.
- PLUCIENNIK M., ZIMMER J., PŁACHTA J. 2012 Instalacje wodociągowe. Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych. Cz. E. Roboty instalacyjne sanitarne. Z. 4. Warszawa. Instytut Techniki Budowlanej. ISBN: 978-83-249-5650-0 ss. 60.
- POHLON E., MARXSEN J., KIRSTEN K. 2010. Pioneering bacterial and algal communities and potential extracellular enzyme activities of stream biofilms. *FEMS Microbiology Ecology*. Vol. 71. Iss. 3 s. 364–373.

- POLAK A. 2010. Metody identyfikacji procesów w budownictwie. *Przegląd Budowlany*. Nr 12 52–55.
- Portal bzg.pl. 2011. Katalogi Nakładów Rzeczowych w zamówieniach publicznych [online]. Portal bzg.pl Buduj z Głową. [Dostęp 15.10.2020]. Dostępny w Internecie: <https://www.bzg.pl/node/821> Baza aktualnych cen wody i odprowadzania ścieków. Portal Informacyjny Izby Gospodarczej „Wodociągi Polskie”. [Dostęp: 29.09.2020] Dostępne w Internecie: www.cenywody.pl].
- PREVOST M., ROMPRE A., COALLIER J., SERVAIS P., LAURENT P., CLEMENT B., LAFRANCE P. 1998. Suspended bacterial biomass and activity in full-scale drinking water distribution systems: Impact of water treatment. *Water Research*. Vol. 32. No. 5 s. 1393–1406.
- QIN J.-J., OO M.H., KEKRE K.A., KNOPS F., MILLER P. 2006. Impact of coagulation pH on enhanced removal of natural organic matter In treatment of reservoir water. *Separation Purification Technology*. Vol. 49 s. 295–298.
- RACZYK-STANISŁAWIAK U., DĄBROWSKA A., ŚWIETLIK J., NAWROCKI J. 2004. Dezynfekcja wody dwutlenkiem chloru i chlorem a stabilność biologiczna wody wodociągowej. W: *Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód*. Red. M. Elektorowicz, M. Sozański XVIII Krajowa, VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Poznań. Wydaw. PZITS s. 755–766.
- RADZISZEWSKI I. 1936. Rozdz. 9.W: Instalacje wodociągowe i kanalizacyjne. Podręcznik inżynierski. Red. S. Bryła. T. 4. Lwów-Warszawa.
- RAK J.R. 2010. Strategiczne znaczenie zasobów wody. *Instal* nr 9 s. 75–78.
- RASMUSSEN K., ØSTGAARD K. 2003. Adhesion of the marine bacterium *Pseudomonas* sp. NCIMB 2021 to different hydrogelsurface. *Water Research*. Vol. 37 s. 519–524.
- RUDNIK K., GŁASZCZKA A., WARDAL W., EYMONTT A., WASILEWSKI J., LUNDGAARD N., HOEJ J., FREDERIKSEN H., HINGE J. 2004. Magazynowanie nawozów naturalnych – Poradnik. Warszawa. IBMER. Skejby (Dania) DAAS, ISBN 83-89806-03-7 ss. 81.
- RUSHING J.C., EDWARDS M. 2004. The role of temperature gradients In residential copper pipe corrosion. *Corrosion Science*. Vol. 46 s. 1883–1894.
- SALOMON I. 2010. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich. Komisja Techniczna Infrastruktury Wsi Kraków. PAN nr 7/2010 s. 3–5.
- SATHANSIVAN A., OHGAKI S. 1999. Application of new bacterial regrowth potential method for water distribution system – a clear evidence of phosphorus limitation. *Water Research*. Vol. 33 Iss. 1 s. 137–144.
- SCHLEGEL H. 2005. *Mikrobiologia ogólna*. Warszawa. Wydaw. Nauk. PWN. ISBN 8301139994 ss. 736.
- SCHOENEN D. 2002. Role of disinfection in suppressing the spread of pathogens with drinking water: possibilities and limitations. *Water Research*. Vol. 36 s. 3874–3888.
- SHEN Y.-H., CHAUNG T.-H. 1998. Removal of dissolved organic carbon by coagulation and adsorption from polluted source water in southern Taiwan. *Environmental International*. Vol. 24 Iss. 4 s. 497–503.
- SHENG S., TING Y.-P., PEHKONEN S.O. 2007. The influence of sulphate-reducing bacteria biofilm on the corrosion of stainless steel AISI 316. *Corrosion Science*. Vol. 49 s. 2159–2176.
- SIEMIŃSKI I.L. 1992. *Zróżnicowanie infrastruktury obszarów wiejskich*. Warszawa. IRWiR, PAN ISBN 83-85369-18-X ss. 230.
- SIEMIŃSKI I.L. 1996. *Problemy infrastruktury technicznej obszarów wiejskich w Polsce (stan, rozmieszczenie, funkcjonowanie)*. Warszawa. IRWiR PAN. ISBN 838690206X ss. 129.
- SIMÕES M., SIMÕES L.C., VIEIRA M.J. 2010. A review of current and emergent biofilm control strategies. *Food Science and Technology*. Vol. 43. Iss. 4 s. 573–583.

- SITARSKA M. 2010. Biofilm w sieci wodociągowej, podatność wybranych wewnętrznych powierzchni rur na obrosty mikrobiologiczne [online]. Praca doktorska. Wrocław. PWr. ss. 205. [Dostęp 12.08.2020]. Dostępny w Internecie: <https://www.dbc.wroc.pl/dlibra/publication/4960/edition/4781/content?&action=ChangeMetaLangAction&lang=pl>.
- SMOKTUNOWICZ E. 2001. Kosztorysowanie obiektów i robot budowlanych. Warszawa. Wydaw. POLCEN sp. z o. o. ISBN 83912999-7-10X ss. 457.
- STEC A. 2015. Racjonalizacja zużycia wody w budynku jednorodzinny. *Technologia Wody*. Nr 5(43) s. 66–71.
- Stowarzyszenie Kosztorysantów Budowlanych 2005. Polskie standardy kosztorysowania robót budowlanych. Warszawa. WACETOB.
- SUCHAŃSKI W. 2004. Clarofos® – technologia zapewnienia jakości wody w trakcie przesyłu ze stacji uzdatniania do klienta. W: *Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód*. Red. M. Elektorowicz, M. Sozański XVIII Krajowa, VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Poznań. Wydaw. PZITS s. 705–716.
- ŚWIDERSKA-BRÓŻ M. 2001. Niepożądane zmiany jakości wody podczas jej oczyszczania i dystrybucji. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*. T. 4. Nr 3–4 s. 283–300.
- ŚWIDERSKA-BRÓŻ M. 2003a. Skutki braku stabilności biologicznej wody wodociągowej. *Ochrona Środowiska*. T. 25. Nr 4 s. 7–12.
- ŚWIDERSKA-BRÓŻ M. 2003b. Wtórne zanieczyszczenie wody w systemie jej dystrybucji. W: *„Mikrozanieczyszczenia w środowisku człowieka”*. III Konferencja Naukowa. Częstochowa s. 13–22.
- ŚWIDERSKA-BRÓŻ M., WOLSKA M. 2003. Korozyjność wody wodociągowej a zjawiska zachodzące w systemie jej dystrybucji. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*. Nr 1 s. 10-15.
- ŚWIETLIK J., DĄBROWSKA A., RACZYK-STANISŁAWIAK U., SIKORSKA E., NAWROCKI J. 2004. Badanie reaktywności naturalnej materii organicznej z dwutlenkiem chloru. W: *Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód*. Red. M. Elektorowicz, M. Sozański XVIII Krajowa, VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Poznań. Wydaw. PZITS s. 791–802.
- ŚWIETLIK J., RACZYK-STANISŁAWIAK U., NAWROCKI J. 2005. Wpływ procesów utleniania i biodegradacji na zmianę substancji organicznych naturalnie występujących w wodzie. *Ochrona Środowiska*. T. 27. Nr 3 s. 26–32.
- ŚWIGOŃ Z. 2009. Niezmiennie „drogi” dar natury. *Rynek Instalacyjny*. Nr 7-8 s. 88-90.
- System Kan-therm2014. System Kan-thermPressLBP. Cennik 10 [online]. [Dostęp 11.12.2019]. Dostępny w Internecie: <http://pl.kan-therm.com/kan/upload/Cennik%20Press.pdf>.
- SZAFLIK W., NEJRANOWSKI J. 2013a. Rozwój metod wymiarowania instalacji wodociągowych w budynkach [Konferencja nt. „Instalacje wodociągowe i kanalizacyjne – projektowanie, wykonawstwo, eksploatacja”]. Dębe k. Warszawy.
- SZAFLIK W., NEJRANOWSKI J. 2013b. Rozwój metod wymiarowania instalacji wodociągowych w budynkach. W: *Instalacje wodociągowe i kanalizacyjne*. Warszawa. Wydaw. Seidel-Przywecki s. 99–108.
- SZLEZYNGIER W. 1998. Tworzywa sztuczne: chemia, technologia wytwarzania, właściwości, przetwórstwo, zastosowanie. T. 1. Wyd. 2. Rzeszów. Wydaw. Oświatowe FOSZE. ISBN 8387602280 ss. 501.
- SZUSTER-JANIACZYK A. 2004. Jakość wody w sieci wodociągowej i możliwości jej poprawy w wyniku zastosowania polifosforanowych inhibitorów korozji. W: *Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód*. Red. M. Elektorowicz, M. Sozański XVIII Krajowa, VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Poznań. Wydaw. PZITS s. 803–817.

- TAYLOR J., TANG Z., XIAO W., HONG S. 2006. Monitoring of distribution water qualities under various Source water blending. *Environmental Monitoring and Assessment*. Vol. 117 s. 59–71.
- TERKIEWICZ P., KUBERSKI S., ŻAKOWSKA Z. 2003. Wpływ degradacji radiacyjnej PVC na podatność na korozję biologiczną. W: *Rozkład i korozja mikrobiologiczna materiałów technicznych*. III Konferencja Naukowa. Łódź. Wydaw. PLodz.
- TIMMS ZS., SLADE J.S., FRICKER C.R. 1995. Removal of *Cryptosporidium* by slow sand filtration. *Water Science Technology*. Vol. 31 Iss. 5-6 s. 81-84.
- TRACZEWSKA T.M., SITARSKA M. 2009. Development of biofilm on synthetic polymers used in water distribution. *Environmental Protection Engineering*. Vol. 35. No. 1 s. 151–159.
- TRACZEWSKA T.M., SITARSKA M., TRUSZ-ZDYBEK A. 2010. Formation of biofilm in tap water supply networks. W: *Environmental Engineering III*. London. Taylor & Francis Ltd. s. 533–538.
- TRAFNY E.A. 2000. Powstawanie biofilmu *Pseudomonasaeruginosa* i jego znaczenie w patogenezie zakażeń przewlekłych. *Postępy Mikrobiologii*. Nr 39 s. 55–71.
- TU S.-T., ZHANG H., ZHOU W.-W. 1999. Corrosion failures of high temperature heat pipes. *Engineering Failure Analysis*. Vol. 6 s. 363–370.
- USDA 2009. Agricultural waste management field handbook. Chapt. 3. Agricultural wastes and water, air, and animal resources[online]. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Part 651. ss.29. [Dostęp: 20.08.2020]. Dostępny w Internecie:
<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/national/water/?&cid=stelprdb1045935>
- VAN DER KOOIJ D., VAN LIEVERLOO J.H.M, SCHELLART J., HIEMSTRA P. 1999. Maintaining quality without a disinfectant residua. *Journal AWWA*. Vol. 91 Iss. 1 s. 55-64.
- VANHAECKE E., REMON J.-P., MOORS M., RAES F., DE RUDDER D., VAN PETEGHEM A. 1990. Kinetics of *Pseudomonas aeruginosa* adhesion to 304 and 316-L stainless steel: Role of cell surface hydrophobicity. *Applied and Environmental Microbiology*. Vol. 56(3) s. 788–795.
- VOLK C., BELL K., IBRAHIM E., VERGES D., AMY G., LECHEVALLIER M. 2000a. Impact of enhanced and optimized coagulation on removal of organic matter and its biodegradable fraction in drinking water. *Water Research*. Vol. 34. No. 12 s. 3247–3257.
- VOLK C., DUNDORE E., SCHIERMANN J., LECHEVALLIER M. 2000b. Practical evaluation of iron corrosion control in a drinking water distribution system. *Water Research*. Vol. 34. No. 6 s. 1967–1974.
- WALKER J., SURMAN S., JASS J. 2000. Industrial biofouling. Detection, prevention and control. Chichester. John Wiley & Sons. ISBN 0-471-98866-9 ss. 239.
- WÄSCHE S., HORN H., HEMPEL D.C. 2002. Influence of growth conditions on biofilm development and mass transfer at the bulk/biofilm interface. *Water Research*. Vol. 36 s. 4775–4784.
- WĄSOWSKI J., GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA A. 1995. Wtórne zanieczyszczenie wody w warszawskiej sieci wodociągowej. *Ochrona Środowiska T*. 3 z. 58 s. 59-62.
- WHIPPLE G.C., CARSON H.Y., HANLEY T.F., GROENINGER W.C., HANSEN A.E., GRIES J.M., CARTWRIGHT F.P., HUNTER R.B. 1924. Recommended minimum requirements for plumbing in dwellings and similar buildings. Final report of Subcommittee on Plumbing of the Building Code Committee, Washington. Government Printing Office, Publisher National Bureau of Standards, ss. 284. [Dostęp: 10.12.2019]. Dostępne w Internecie:
<https://archive.org/details/recommendedminim02whip/page/n5/mode/2up>.
- WIERZBICKI J. 1969. *Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja osiedli wiejskich*. Wyd. 4. Warszawa. Arkady ss. 523.

- WIERZBICKI J., SZPINDOR A. 1978. Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja osiedli wiejskich. Wyd. 5. Warszawa. Arkady. ISBN 83-213-3968-9 ss. 476.
- WIERZBICKI K., RUDNIK K., SADOWSKA M., JÓZWIKOWSKI T., PALMOWSKI J. 2002. Wybrane obiekty infrastruktury technicznej obszarów wiejskich. Warszawa. IBMER. ISBN 83-86264-84-5 ss. 114.
- WILCZYŃSKA K. 1983. Infrastruktura gospodarcza wsi i rolnictwa. Roczniki Naukowe Akademii Rolniczej w Poznaniu. Rozprawy naukowe nr 132. Poznań s. 8–9.
- WILMAŃSKI K., KUZIARA D. 2007. Modernizacja technologii oczyszczania wody z rzeki górskiej na przykładzie wodociągu w Wadowicach. Ochrona Środowiska. T. 29. Nr 3 s. 41–44.
- WÓJCICKI Z. 2000. Ekonomiczne uwarunkowania modernizacji infrastruktury obszarów wiejskich. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie. Z. 72. Kraków s. 6-7.
- WOLBORSKA A., ZARZYCKI R., CYRAN J., GRABOWSKA H., WYBÓR M. 2003. Ocena biologicznej aktywności filtrów węglowych w uzdatnianiu wód powierzchniowych na przykładzie wodociągu „Sulejów-Łódź”. Ochrona Środowiska. T. 25. Nr 4 s. 27-32.
- WÓYCICKI K. 1948. Wodociągi i kanalizacje. T. 1. Wodociągi. Wydaw. Ministerstwa Odbudowy. Nr 21. Warszawa. Skład Główny Trzaska, Ewert i Michalski ss. 286
- XIA S., LI X., ZHANG Q., XU B., LI G. 2007. Ultrafiltration of surface water with coagulation pretreatment by streaking current control. Desalination. Vol. 204 s. 351-358.
- ZACHEUS O.M., IIVANAINEN E.K., NISSINEN T.K., LEHTOLA M.J., MARTIKAINEN P.J. 2000. Bacterial biofilm formation on polivinył chloride, polyethylene and stainless steel expose to ozonated water. Water Research. Vol. 34 No. 1 s. 63-70.
- ZAJĄCZKOWSKA T. 1999. Kalkulacja kosztorysowa w budownictwie i jej komputerowe wspomaganie. Kraków. KB Zampex ss. 372.
- ŻARSKI K., NAKIELSKA M. 2012. Porównanie obliczeniowych metod wymiarowania instalacji ciepłej wody w budynkach mieszkalnych. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja. Nr 9 s. 379-383.
- ZARZYCKI R., IMBIEROWICZ M., STELMACHOWSKI M. 2007. Wprowadzenie do inżynierii ochrony środowiska. T. 1. Ochrona środowiska naturalnego. Warszawa. WNT. ISBN 978-83-204-3142-1 ss. 424.
- ZHANG T., FANG H. 2000. Digitalization of DGGe (denaturing gradient gel electrophoresis) profile and cluster analysis of microbial communities. Biotechnology Letters Vol. 22 No 5 s. 399-405. Dostępne w Internecie: <https://doi.org/10.1023/A:1005680803442>.
- ZIMOCH I., JAMER M., BINDA B. 2005. Eksploatacja systemu dystrybucji wody we Wrocławiu w aspekcie awaryjności sieci wodociągowej. Ochrona Środowiska. T. 27. Nr 3 s. 65–68.
- ZIMOCH I., ŻABA T. 2004. Metody oceny niezawodności funkcjonowania systemu dystrybucji wody. W: Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód. Red. M. Elektorowicz, M. Sozański XVIII Krajowa, VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Poznań. Wydaw. PZITS s. 791–802.
- ŻUCHOWICKI W. (red.) 2005. Wodociągi i kanalizacja. T. 1. Warszawa. Verlag Dashofer Sp. z o.o. ISBN 978-83-88285-85-1 ss. 49 [Dostęp 12.08.2020] Dostępny w Internecie: <https://docplayer.pl/1477797-Wodociangi-i-kanalizacja.html>.
- ZYSKA B. 2000. Mikrobiologiczny rozkład i korozja materiałów technicznych. Łódź. Wydaw. PŁodz. ISBN 830996819 ss. 203.
- ZYSKA B., ŻAKOWSKA Z. 2005. Mikrobiologia materiałów. Łódź. Wydaw. PŁodz. ISBN8372831505 ss. 618.

DOKUMENTY PRAWNE

- Dyrektywa Komisji 93/21/EWG z dnia 27 kwietnia 1993 r. dostosowująca do postępu technicznego po raz osiemnasty dyrektywę Rady 67/548/EWG w sprawie zbliżenia przepisów ustawowych, wykonawczych i administracyjnych, odnoszących się do klasyfikacji, pakowania i etykietowania substancji niebezpiecznych. OJ L 110.
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego oraz Komitetu Regionów. Biała Księga nt. usług użyteczności publicznej COM(2004) 374, 12.5.2004 [online]. Bruksela. [Data dostępu: 20.08.2020]. Dostępne w Internecie: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52004DC0374&from=EN>
- Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2019 poz. 1065.
- Obwieszczenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 1 sierpnia 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie. Dz.U. 2014 poz. 81.
- Orzecznictwo T.K. 1994. Trybunał Konstytucyjny w uchwale z dnia 27 września 1994 r.
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 2151/2003 z dnia 16 grudnia 2003 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 2195/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie Wspólnego Słownika Zamówień (CPV). Tekst mający znaczenie dla EOG. Dz. Urz. UE L 329 z. 17 grudnia 2003.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 23 października 2007 r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać wodomierze, oraz szczegółowego zakresu sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych. Dz.U. 2007nr 209 poz. 1513.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2002. Nr 75 poz. 690.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 r. w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody Dz.U. 2002 nr 8 poz. 70.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 18 maja 2004 r. w sprawie określenia metod i podstaw sporządzania kosztorysu inwestorskiego, obliczania planowanych kosztów prac projektowych oraz planowanych kosztów robót budowlanych określonych w programie funkcjonalno-użytkowym. Dz.U. 2004 nr 130 poz. 1389 z późn. zm.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego. Dz.U. 2004 nr 202 poz. 2072.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 16 kwietnia 2008 r. w sprawie szczegółowego sposobu stosowania nawozów oraz prowadzenia szkoleń z zakresu ich stosowania. Dz.U. 2008. Nr 80 poz. 479.
- Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 2 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań dla przyrządów pomiarowych. Dz.U. 2016 poz. 815.
- Rozporządzenie Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa z dnia 26 września 2000 r. w sprawie kosztorysowych norm nakładów rzeczowych, cen jednostkowych robót budowlanych oraz cen czynników produkcji dla potrzeb sporządzania kosztorysu inwestorskiego. Dz.U. 2000 nr 114 poz. 1195.

- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. 2017 poz. 2294.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu”. Dz.U. 2018 poz. 1339.
- Ustawa o gospodarce komunalnej Dz. U. z 1997 r. nr 9 poz. 43, z późn. zm.
- Ustawa o samorządzie gminnym Dz. U. z 1990 r. nr 16 poz. 95.
- Ustawa Prawo budowlane z 7 lipca 1994 r. Tekst jednolity Dz.U. 2006 nr 156 poz. 1118 z późn. zm.
- Ustawa z dnia 29 stycznia 2004 r. Prawo Zamówień Publicznych. Dz.U. 2004 nr 19 poz. 177 z późn. zm.
- Ustawa z dnia 9 maja 2014 r. o informowaniu o cenach towarów i usług. Dz.U. 2014 poz. 915.
- Ustawa z dnia 9 października 2015 r. o rewitalizacji. Dz.U. 2015 poz. 1777.

NORMY

- DIN 1988-300: 2012-05. Technische Regel für Trinkwasser-Installationen (TRWI) Ermittlung der Rohrdurchmesser. Technische Regel des DVGW.
- ISO 4064-1:2014. Water meters for cold potable water and hot water – Part 1: Metrological and technical requirements”.
- ISO 4064-2:2014. Water meters for cold potable water and hot water – Part 2: Test methods.
- ISO 4064-3:2014. Water meters for cold potable water and hot water – Part 3: Test report format.
- ISO 4064-4:2014. Water meters for cold potable water and hot water – Part 4: Non – metrological requirements – not covered in ISO 4064-1:2014_E.
- PN-92/B-01706. Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu.
- PN-EN 1057+A1:2010. Miedź i stopy miedzi – Rury miedziane okrągłe bez szwu do wody i gazu stosowane w instalacjach sanitarnych i ogrzewania.
- PN-EN 1111:2017-09. Armatura sanitarna – Baterie termostatyczne (PN 10) – Ogólne wymagania techniczne.
- PN-EN 1112:2008. Armatura sanitarna – Wyloty natrysków do armatury sanitarnej do systemu zasilania typu 1 i 2 – Ogólne wymagania techniczne.
- PN-EN 12729:2006. Urządzenia zapobiegające zanieczyszczeniu wody do picia w wyniku przepływu zwrotnego, izolator przepływów zwrotnych z możliwością nadzoru, z obniżoną strefą ciśnienia – Rodzina B, typ A.
- PN-EN 13959:2005 (U). Zawory zapobiegające zanieczyszczeniu wody o średnicach DN 6 do DN 250 – Rodzina E, typ A, B, C, D.
- PN-EN 14154-1: 2011. Wodomierze. Część 1: Wymagania ogólne.
- PN-EN 14154-2:2011. Wodomierze. Część 2: Instalacje i warunki użytkowania.
- PN-EN 14154-3:2011. Wodomierze. Część 3: Metody badań i wyposażenie. PN-EN 806-3:2006. Wymagania dotyczące wewnętrznych instalacji wodociągowych do przesyłu wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi – Część 3: Wymiarowanie przewodów – Metody uproszczone.
- PN-EN 14367:2005(U). Urządzenia zabezpieczające przed przepływem zwrotnym nie regulowane ze strefą zróżnicowanego ciśnienia – Rodzina C, typ A,
- PN-EN 14451:2005 (U). Urządzenia zapobiegające zanieczyszczeniu wody do picia w wyniku przepływu zwrotnego. Przerwyvacze próżni DN 8 do DN 80 – Rodzina D, typ A.

- PN-EN 14452:2005(U). Urządzenia zapobiegające zanieczyszczeniu wody do picia w wyniku przepływu zwrotnego. Przerwywacz na przewodzie z otworem napowietrzającym i elementem ruchomym DN 10 do DN 20 – Rodzina D, typ B.
- PN-EN 14454:2005 (U). Urządzenia zapobiegające zanieczyszczeniu wody do picia w wyniku przepływu zwrotnego. Izolator przepływów zwrotnych na przyłączy do węża DN 15 do DN 32 – Rodzina H, typ A.
- PN-EN 1717: 2003. Ochrona przed wtórnym zanieczyszczeniem wody w instalacjach wodociągowych i ogólne wymagania dotyczące urządzeń zapobiegających zanieczyszczeniu przez przepływ zwrotny.
- PN-EN 806-2:2005. Wymagania dotyczące wewnętrznych instalacji wodociągowych do przesyłu wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Część 2: Projektowanie.
- PN-EN 806-3:2006. Wymagania dotyczące wewnętrznych instalacji wodociągowych do przesyłu wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi – Część 3: Wymiarowanie przewodów – Metody uproszczone.
- PN-EN 817:2008. Armatura sanitarna – Baterie mechaniczne (PN 10) – Ogólne wymagania techniczne.
- PN-EN ISO 846:2002. Tworzywa sztuczne – Ocena działania mikroorganizmów.