



Recykling ścieków w gospodarstwach domowych i budynkach użytkowania zbiorowego

Woda zdatna do picia często wykorzystywana jest lekkomyślnie, a każde ograniczenie jej zużycia może przynieść korzyści zarówno obecnemu, jak i przyszłym pokoleniom. Możliwe jest wtórne wykorzystanie wód zużytych w gospodarstwach domowych i budynkach użytkowania zbiorowego. Woda wykorzystana do mycia ciała, kąpiele (ok. 36% dobowego zużycia wody) może być użyta np. do spłukiwania misek ustępowych (ok. 30% dobowego zużycia wody). Jednak konieczne jest tu odpowiednie jej przygotowanie dla powtórnego użycia. Na świecie wykorzystywane są różne układy podczyszczania ścieków i wód recyrkulowanych oparte na procesach filtracji, sorpcji, dezynfekcji, biofiltracji i reaktorach biologicznego oczyszczania ścieków. Ich wykorzystanie może zmniejszyć zużycie wody pitnej do ok. 60%.

Recycling of sewage in households and collective use buildings

Drinking water is often used carelessly and any limitation of its use can bring benefits both to present and future generations. It is possible to reuse water used in households and collective use buildings. Water used for washing the body and baths (approximately 36% of the daily consumption of water) can be used e.g. for flushing toilets (about 30% of the daily water consumption). However, it is necessary to prepare the water for reuse. In the world different systems of sewage and recirculated water treatment are used, based on filtration processes, adsorption, disinfection, biofiltration and biological wastewater treatment reactors. Their use can reduce the consumption of drinking water to approximately 60%.

Zasoby wody słodkiej w Polsce są skromne. Szacuje się je na około $365 \text{ m}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Ta ilość teoretycznie wystarczy na pokrycie rocznego zapotrzebowania na wodę (około $36,5\text{-}54,75 \text{ m}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ [3]). Należy jednak wziąć pod uwagę niezadowalający stan wód (dobry stan stwierdza się zaledwie dla około 7% wód dorzeczy Wisły i Odry) oraz występujące w Polsce okresy suszy skutkujące niedoborami wody [5]. To sprawia, że wody zdatnej do picia w Polsce jest niebezpiecznie mało, a i ta często jest wykorzystywana lekkomyślnie. Każde ograniczenie jej zużycia może przynieść korzyści zarówno obecnemu, jak i przyszłym pokoleniom. Możliwe jest wykorzystanie tu wód zużytych (tzw. ścieki szare – wody zabrudzone, wolne od fekalii), wód deszczowych (ścieki opadowe z powierzch-



dr inż. Maciej Malarski,
Szkola Główna
Gospodarstwa
Wiejskiego
w Warszawie



Rys. 1 Miska ustępowa zintegrowana z umywalką
(Profile 5 Toilet Suite Deluxe)

ŹRÓDŁO: www.caroma.com.au, data: 22 listopada 2013

ni dachowych i z terenu posesji) oraz ścieki oczyszczone w przydomowych oczyszczalniach ścieków.

Przeciętne zużycie wody przez człowieka wynosi ok. 100-150 dm³ wody na dobę [2, 3, 18]. Większość tej wody wykorzystywana jest do mycia, sprzątania, spłukiwania misek ustępowych. Zaledwie ok. 13% wykorzystywane jest do przygotowywania posiłków. Podczas kąpieli, mycia ciała (higieny osobistej) i prania wykorzystywane jest ok. 50-75 dm³·M⁻¹·d⁻¹ (ok. 50%). Pozostała część wody (ok. 37%) wykorzystywana jest do spłukiwania misek ustępowych (30-45 dm³·M⁻¹·d⁻¹ – 30%) oraz sprzątania (7-10 dm³·M⁻¹·d⁻¹ – 7%). Do wszystkich wymienionych wyżej czynności zazwyczaj stosowana jest woda dobrej jakości - zdatna do picia [24].

Wymagania dotyczące jakości wód wykorzystywanych w gospodarstwach domowych

Istotne jest, aby woda wykorzystywana w kuchni spełniała wymagania odnośnie jakości wody zdatnej do spożycia, jednak nie jest wymagane, aby woda podawana do miski ustępowej, czy pralki spełniała najwyższe parametry jakości. W drugim przypadku ważne jest, aby woda stosowana do prania nie powodowała barwienia i niszczenia ubrań. Do tego celu mogą być wykorzystywane wody opadowe spływające z dachu. Są to wody uważane za miękkie, zawierające znikome ilości związków wapnia i magnezu. Dzięki temu nadają się one do prania oraz do mycia samochodu. Nie pozostawiają tzw. „białych zacieków”.

Stosowanie wody o wysokich parametrach jakości [24] dla wszystkich celów bytowych człowieka jest w zasadzie nieuzasadnionym marnotrawstwem. Przykładowo spłukiwanie misek ustępowych może odbywać się z wykorzystaniem wody pochodzącej z recyklingu, oczywiście po

koniecznym w takim przypadku odpowiednim przygotowaniu wody.

Konieczność zastosowania właściwego procesu przygotowania dla wód recykulowanych wynika ze składu wód opadowych, ścieków oczyszczonych, czy ścieków szarych. Ciecze te mogą zawierać różne zanieczyszczenia ograniczające możliwość ich zastosowania nawet w toaletach.

W wodach szarych znajdują się różnego rodzaju mydła, szampony, proszki do prania, a także tłuszcze i inne zanieczyszczenia stałe. W przypadku wód deszczowych należy spodziewać się dużych ilości składników mineralnych (jak piasek), większych elementów organicznych (liście, trawa, odpady stałe), zanieczyszczeń mikrobiologicznych [16, 17]. Ścieki oczyszczone w przydomowych oczyszczalniach ścieków zawierają zanieczyszczenia głównie pochodzenia organicznego (w tym bakterie oraz grzyby chorobotwórcze) [15]. Mogą się tu również znajdować składniki typu mineralnego (np. piasek).

Stosowanie wody o wysokich parametrach jakości dla wszystkich celów bytowych człowieka jest w zasadzie nieuzasadnionym marnotrawstwem

Wszystkie składniki wód i ścieków mających być recykulowane do ponownego wykorzystania, przyczyniają się do intensyfikacji zabarwienia, mętności i nieprzyjemnego zapachu. To z kolei przyczynia się do niechęci ze strony użytkowników do stosowania tych wód nawet w toaletach. Ponadto wody zużyte (zawierające ww. składniki) mogą powodować nadmierne osadzanie się zanieczyszczeń na powierzchni ceramicznej urządzeń sanitarnych, a także przy spłukiwaniu miski ustępowej mogą powodować wytwarzanie aerozoli, nie zawsze bezpiecznych dla zdrowia człowieka [14]. Powoduje to konieczność oczyszczenia wód zużytych i ścieków z gospodarstwa domowego lub budynku użytkownika zbiorowego przed ich powtórny wykorzystaniem, w stopniu niezagrażającym zdrowiu i życiu człowieka, a także minimalizującym poziom osadzania się zanieczyszczeń.

Możliwości wykorzystania wód szarych

Jakość ścieków szarych, które mogą być powtórnie wykorzystane w Polsce nie jest określona żadnymi przepisami czy aktami prawnymi. Na podstawie literatury [22] można przyjąć, że ewentualna instalacja systemu powinna minimalizować zagrożenie chorobowe, minimalizować możliwość występowania siedlisk much, nie przeszkadzać sąsiadom, nie zagrażać zdrowiu i środowisku, a i jej eksploatacja powinna być przyjazna w użyciu. Wykonanie samej instalacji powinno gwarantować minimalny kontakt człowieka z tymi ściekami. Możliwe jest również określenie maksymalnego czasu ewentualnego przetrzymania wód szarych, wynikającego z postępującego w nich roz-

Tab. 1

Filtracja wód szarych popralniczych na filtrze narurkowym sznurkowym o dokładności filtracji 1 μm^[19]

Wskaźnik	Jednostka	Woda surowa	Kolejny filtrat [dm ³]					
			23	44	53	83	98	126 – spadek prędkości filtracji (pełna kolmatacja)
Barwa pozorna	mgPt/l	790	920	700	560	600	710	660
Mętność	NTU	132	151	132	108	109	128	115
pH	-	8,68	8,72	8,71	8,66	8,66	8,64	8,65
Przewodnictwo	μs/cm	2200	2370	2320	2250	2226	2230	2270
Zagniwalność	h	30	30	30	30	30	30	30
Zasadowość	mval/l	11,8	11,5	11,5	11,1	11,1	11,1	11,1
Twardość	mgCaCO ₃ /l	304	305	309	305	312	315	310
ChZT	mg ^o O ₂ /l	896	448	512	384	640	896	832
BZT5	mg ^o O ₂ /l	144	174	168	156	162	156	162
Zawiesina ogólna	mg/l	476	380	360	492	308	256	216
Zawiesina mineralna	mg/l	196	204	180	216	240	128	164
Sucha pozostałość	mg/l	2134	2016	1984	1996	1920	1870	1872
Pozostałość po prażeniu	mg/l	1398	1510	1295	1166	1369	1449	1386
Nog	mg N/l	11	12		11			9
Pog	mg P/l	3,1	3,5		2,7			3

ŹRÓDŁO: Malarski M.: Podczyszczanie wód szarych popralniczych na filtrach narurkowych wkładowych, Instal nr 9/2012,

kładu biologicznego. Zaleca się, aby czas przetrzymania nie przekraczał 48h. W niektórych publikacjach mowa jest również o 24h, a nawet 10h [19, 20]. Po tym czasie badane próby ścieków szarych wykazywały efekt zagniwania.

Tak więc, przed powtórny wykorzystaniem ścieków w budynkach, należy je przystosować. Konieczne jest jednak każdorazowe przeanalizowanie, czy i jak wszystkie rodzaje wód i ścieków warto oczyszczać dla ich recykulacji. Przykładowo ścieki z kuchni są ściekami zaliczanymi do grupy ścieków szarych. Jednak są to ścieki wysoce zanieczyszczone składnikami pochodzenia organicznego, łatwo zagniwające. Ponadto, biorąc pod uwagę fakt ich niewielkiej ilości (10% dobowego zużycia wody w gospodarstwach domowych), nie jest zalecane wykorzystywanie ich do recyklingu jako takich. W przypadku ścieków z kąpieli, mycia ciała sprawa jest zupełnie inna. Są to ścieki o stosunkowo niewielkich stężeniach zanieczyszczeń. Zawierają głównie mydła, szampony, brud, włosy, kawałki odzieży. Ich ilość odpowiada około 30% dobowego zapotrzebowania człowieka na wodę, a więc ich wtórne wykorzystanie może przynieść zadowalające efekty zmniejszając znacznie zużycie wody zdatnej do picia.

Ścieki nie zawierające fekaliiów, mogą być przykładowo wykorzystane do spłukiwania miski ustępowej w gospodarstwach domowych czy innych budynkach użytkownika zbiorowego. Jak wiadomo przeciętny człowiek woli do

Jakość ścieków szarych, które mogą być powtórnie wykorzystane w Polsce nie jest określona żadnymi przepisami czy aktami prawnymi



Rys. 2 Miska ustępowa zintegrowana z pralką automatyczną (Washup by Altera Design Studio)

ŹRÓDŁO: www.dexigner.com, data: 22 listopada 2013

tego celu wykorzystywać ciecz przynajmniej estetyczną wizualnie. W związku z tym ścieki te muszą być poddane odpowiedniemu oczyszczeniu. „Prosta” filtracja przeprowadzana na filtrze narurkowym wkładowym (filtr typu „pralkowego”) nie będzie tu jednak wystarczająca. Jako pojedynczy filtr nie daje praktycznie żadnych efektów poprawy jakości ścieków. Ponadto jest w stanie przefiltrować niewielką ilość ścieków do momentu osiągnięcia pełnej kolmatacji wkładu (wyniki badań własnych autora z wykorzystaniem filtra narurkowego wkładowego z wkładem sznurkowym o dokładności filtracji 1 mm przedstawiono w tab. 1). Tak więc dla recyklingu ścieków, konieczne jest wykorzystanie układu oczyszczania ścieków opartego na kilku procesach jednostkowych, takich jak: filtracja, sorpcja, dezynfekcja, biofiltracja, czy oczyszczanie w reaktorach biologicznego oczyszczania ścieków oraz filtracja membranowa.

Systemy dla recyklingu wody

Wśród proponowanych na rynku systemów oczyszczania wód zużytych, dla ponownego ich wykorzystania, najczęściej stosowane są systemy oparte na filtrach siatkowych, polipropylenowych, filtrach piaskowych i dezynfekcji chlorem [1,10,11,12,21]. W literaturze prezentuje się również skuteczność działania biofiltrów z roślinnością bagienną [4, 8, 9, 13], a także bardziej zaawansowane urządzenia i technologie, takie jak reaktory RBC, czy bioreaktory membranowe [6, 7, 12, 23, 25]. Wszystkie proponowane układy mogą być stosowane w budynkach użytkownika zbiorowego, budynkach mieszkalnych wielorodzinnych oraz w osiedlach domów jednorodzinnych. Niestety charakteryzują się one dość znaczną kubaturą, a także i ceną, co ogranicza możliwość łatwego i taniego ich montażu w gospodarstwie domowym. Są to w większości urządzenia możliwe do zastosowania w obiektach

użyteczności publicznej, ewentualnie w budynkach mieszkalnych wielo- i jednorodzinnych z centralnym przygotowaniem wody szarej, na przykład do spłukiwania misek ustępowych w poszczególnych toaletach w całym budynku. Instalacja tych systemów w zasadzie powinna odbywać się w trakcie budowy budynków. W innym przypadku może wymagać znacznej przebudowy budynku dla jej zainstalowania.

Oczywiście istnieje również możliwość lokalnego przechwytywania ścieków i wykorzystywania ich powtórnie jako wody szare. W literaturze [22] przedstawione są rozwiązania umożliwiające wykorzystanie wód zużytych w toaletach bez ich oczyszczania. Mogą to być: miska ustępowa zintegrowana z umywalką (rys. 1) (oszczędność wody 0,5-2 dm³ na każde spłukiwanie), miska ustępowa separująca mocz oraz kał, czy też miska ustępowa zintegrowana z pralką automatyczną (rys. 2). Tego typu urządzenia, nie przewidują dłuższego przetrzymywania wód szarych i mogą być stosowane tylko przy natychmiastowym ich wykorzystaniu. W innym przypadku zaleca się jednak, aby dopiero odpowiednio oczyszczona woda szara była wykorzystywana w budynkach.

Podsumowanie

Technicznie systemy oczyszczania ścieków dla recyklingu wody są konstrukcyjnie zbliżone do instalacji przydomowych oczyszczalni ścieków, rozbudowane ewentualnie o system filtracji precyzyjnej i dezynfekcji. Niestety są to drogie urządzenia i nie należy spodziewać się szybkiego zwrotu ewentualnej inwestycji.

Mimo wszystko stosowanie instalacji dla recyrkulacji wody zużytej jest korzystne, zwłaszcza pod kątem zmniejszenia zapotrzebowania na wodę pitną.

Powtórne wykorzystanie wód zużytych (ścieków szarych, wód i ścieków deszczowych, ścieków oczyszczonych odprowadzanych z oczyszczalni przydomowych) w gospodarstwie domowym, może zmniejszyć zużycie wody nawet do 60%. Oczywiście wody recyrkulowane powinny być poddane odpowiedniemu oczyszczeniu, zapewniającemu komfort osobom korzystającym z tego typu wody i instalacji. Należy jednak pamiętać, że wody recyrkulowane,

np. do spłukiwania miski ustępowej, nie muszą posiadać właściwości wody zdanej do picia [24], ale powinny być akceptowalne organoleptycznie. ■

ŹRÓDŁA:

- [1] Christowa-Boal D., Eden, R.E., McFarlane S.: An investigation into greywater reuse for urban residential properties, *Desalination*, 106, 391–197, 1996,
- [2] Chudzicki J.: Oszczędzanie wody bez rezygnacji z komfortu, *Ładny Dom* 2010,
- [3] Chudzicki J., Sosnowski S.: Instalacje wodociągowe. Projektowanie, wykonawstwo, eksploatacja, Wydawnictwo Seidel-Przywecki 2005,
- [4] Czemieli J.: Phosphorus and nitrogen in sanitary systems in Kalmar, *Urban Water* 2, 63–69, 2000,
- [5] Ćwikła J., Konieczny K.: Możliwości zastosowania wody z odnowy po mikrofiltracyjnym doczyszczaniu ścieków komunalnych, *Instal* 5/2010,
- [6] Friedler E., Hadari M.: Economic feasibility of on-site greywater reuse in multi-storey buildings, *Desalination* 190, 221–234, 2006,
- [7] Friedler E., Kovalio R., Galil N. I.: On-site greywater treatment and reuse in multi-storey buildings, *Water Science & Technology* 51, 187–194, 2005,
- [8] Ghisi E., Ferreira D.F.: Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil, *Building and Environment* 42, 2512–2522, 2007,
- [9] Ghisi E., Mengotti de Oliveira S.: Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil, *Building and Environment* 42, 1731–1742, 2007,
- [10] Godfrey S., Labhasetwar P., Wate S.: Greywater reuse in residential schools in Madhya Pradesh, India – A case study of cost-benefit analysis, *Resources, Conservation and Recycling* 53, 287–293, 2009,
- [11] Gual M., Moia A., March J.G.: Monitoring of an indoor pilot plant for osmosis rejection and greywater reuse to flush toilets in a hotel, *Desalination*, 219, 81–88, 2008,
- [12] Jefferson B., Laine A., Parsons S., Stephenson T., Judd S.: Technologies for domestic wastewater recycling, *Urban Water* 1, 285–292, 1999,
- [13] Jensen P. D.: Design and performance of ecological sanitation systems in Norway, *EcoSanRes* 2002,
- [14] Jeppens B.: Domestic greywater re-use: Australia's challenge for the future, *Desalination*, 106, 311–315, 1996,
- [15] Józwiakowski K., Korniłowicz-Kowalska T., Iglig H.: Estimation of sanitary status of sewage treated in constructed wetland systems. Sewage and waste materials in environment. Monograph, edited by W. Sądej, Contemporary problems of management and environmental protection. University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Chapter 1, 7–21, 2009,
- [16] Kowalkowski A., Józwiak M., Kozłowski R.: Metoda badania wpływu wód opadowych na właściwości gleb leśnych. Regionalny Monitoring Środowiska Przyrodniczego, nr 3, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce, 2002,
- [17] Królikowska J., Królikowski A.: Wody opadowe. Odprowadzanie, zagospodarowanie, podczyszczanie i wykorzystanie, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, s. 352, Warszawa 2012,
- [18] Kundzewicz Z. W., Zalewski M., Kędziora A., Pierzgalski E.: Zagrożenia związane z wodą, *Nauka* 4/2010,
- [19] Malarski M.: Podczyszczanie wód szarych popalniczych na filtrach narurkowych wkładkowych, *Instal* nr 9/2012,
- [20] Malarski M.: „Treatment of bath greywater using cartridge filters as a way to reduce water consumption in households”. *Land Reclamations* nr 45(1)/2013, str. 49–59,
- [21] March J.G., Gual M., Orozco F.: Experiences on greywater re-use for toilet flushing in a hotel (Mallorca Island, Spain), *Desalination*, 164, 241–247, 2004,
- [22] Mucha J., Jodłowski A.: Ocena możliwości wykorzystania wody szarej, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* nr 7-8/2010,
- [23] Nolde E.: Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings – over ten years experience in Berlin, *Urban Water* 1, 275–284, 1999,
- [24] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U.2010.72.466),
- [25] Surendran S.O., Wheatley A.: Grey-Water Reclamation for Non-Potable Re-Use, *JCIWEM* 12, 406–413, 1998,
- [26] www.caroma.com.au, data: 22 listopada 2013,
- [27] www.dexigner.com, data: 22 listopada 2013.

Zielony Mikołaj z workiem ekologicznych niespodzianek – specjalna kampania dla uczestników programu EDUCON zakończona!

4 tygodnie specjalnych ofert w wyjątkowych cenach:

- Pakiety sponsorskie na IV edycję Międzynarodowej Konferencji Logistyka Odzysku
- Wyjazdy na szkolenia do Japonii
- Kampanie reklamowe w czasopismach Logistyka Odzysku oraz MiniLO&Aniela
- Doradztwo środowiskowe i audyt środowiskowy

Nie możesz przegapić kolejnej takiej okazji!
Zapraszamy do udziału w kolejnej Kampanii – już w kwietniu!

Przeczytaj pełną relację z Kampanii Zielony Mikołaj:
www.mmconsulting.waw.pl/relacja-zielony-mikolaj

