

Aldona GRZELAK, Barbara FIAŁKIEWICZ-KOZIEŁ

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych
i Geologicznych, Instytut Geoekologii i Geoinformacji
ul. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań
e-mail: basiafk@amu.edu.pl

Perspektywy i potencjalne zagrożenia ponownego wykorzystania szarej wody

Prospects and Potential Risks of Gray Water Reuse

The present article is aimed to find out more about advantages and disadvantages of the gray waste water management. Grey water has been used in other countries for a long time. In Poland is still a novel method of recycling. Due to the many advantages, mainly linked to the environment protection, but also economic, social, technical or town-planning constraints, it can become an alternative solution in public buildings and, traditional Polish houses. Gray water system usually requires a larger financial contribution, due to the need for building a double installation comparing to the traditional installation of waste water management. The examples of other countries like Germany or France show that benefits from having this system compensate money invested. On the basis of literature the qualitative and quantitative characteristics of grey waste water was presented. A case study of Hotel Gołębiewski in Karpacz is described as a first example of use a gray water system. The entire hotel complex uses gray water to wash and toilet flush in hotel rooms. The owners of Gołębiewski complex have already introduced many proecological initiatives in area of water management and conservation.

Keywords: grey water, recycling, grey water system

Wstęp

Woda jest istotnym elementem, warunkującym życie i rozwój organizmów żywych, w tym człowieka [1]. Już w przeszłości egzystencja ludzi była uzależniona od dostępności wody, a wraz z rozwojem cywilizacji uznano, że zasoby wody są nieskończone i powszechne [2]. W dobie, kiedy zasoby wody na Ziemi się kurczą, szuka się sposobu, aby efektywnie zminimalizować jej zużycie, ograniczając pobór wody pitnej do celów, które nie potrzebują tak wysokiej jakości. W związku z tym opracowano kilka metod, które pomagają człowiekowi zrealizować to założenie. Możemy zaliczyć do nich między innymi ograniczenie zużycia wody wodociągowej poprzez instalacje tak zwanych perlatorów na bateriach czerpalnych, czyli urządzeń, które zmniejszają wypływ wody z wylewki, co pozwala na zmniejszenie zużycia bieżącej wody nawet o ok. 15% [2].

Innym przykładem technologii, która pomaga oszczędzać zasoby wody, są budynki autonomiczne zaprojektowane w taki sposób, aby mogły funkcjonować

bez względu na infrastrukturę zewnętrzną, czyli bez potrzeby korzystania z sieci kanalizacyjnej czy wodnej. Ponieważ budynki te pracują niezależnie od sieci wodociągowej, zaopatrzenie w wodę może nie stanowić problemu, gdy źródłem wody jest studnia. Takie rozwiązanie nie jest jednak możliwe we wszystkich budynkach. Większość budynków autonomicznych korzysta z wody deszczowej, ograniczając tym samym zużycie wody pitnej [3].

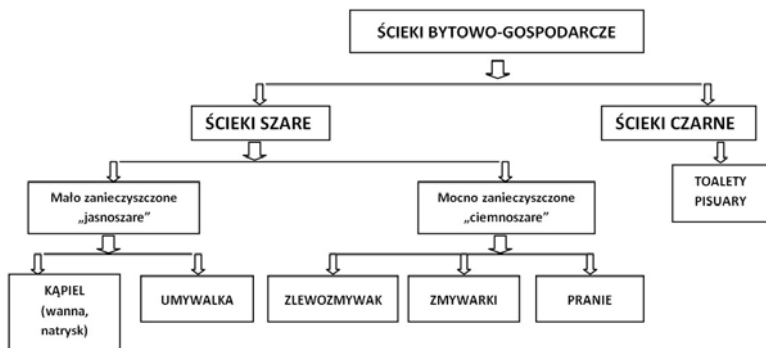
Istotnym rozwiązaniem mającym na celu pozyskiwanie wody jest recykling szarej wody, czyli tzw. ścieków szarych. W ostatnich latach metoda ta jest coraz bardziej popularna w krajach wysoko rozwiniętych i rozwijających się. Szarej wody używa się do celów niespożywczych, jednak z uwagi na względy higieniczne, estetyczne, użytkowe oraz bezpieczeństwo sanitarne konieczne jest jej wcześniejsze oczyszczenie. U podstaw wykorzystania tej metody leżą przede wszystkim względy ekonomiczne, choć za główne przyczyny podaje się niedobory wody na danym obszarze lub regulacje prawne [2]. W przypadku niedoboru wody na danym obszarze koszty wykorzystania innych jej źródeł są znacznie większe niż oczyszczenie szarych ścieków. Również brak pozwolenia na odprowadzanie oczyszczonych ścieków do środowiska zachęca do ponownego ich wykorzystania, gdyż to rozwiązanie jest bardziej ekonomiczne i przyjazne środowisku niż budowa kanalizacji czy wywóz ścieków [4, 5].

Celem pracy jest przedstawienie problematyki odzysku szarej wody, omówienie zalet i potencjalnych zagrożeń związanych z powtórным wykorzystaniem szarych ścieków. Mimo iż jest to metoda o ogromnym potencjale, ciągle rzadko stosowana w naszym kraju, czego dowodem jest przywołany jedyny w Polsce kompleks hotelowy, wykorzystujący tę sieć instalacji.

1. Szara woda

1.1. Definicja szarej wody

Ścieki, które powstają w gospodarstwach domowych, możemy podzielić na dwie grupy (rys. 1). Pierwszą stanowią tak zwane ścieki czarne, czyli te, które pochodzą ze spłukiwania toalet, natomiast do drugiej grupy zaliczamy ścieki szare - wody, które są zużywane na pozostałe cele, takie jak pranie, kąpiel czy zmywanie naczyń [4, 6, 7].



Rys. 1. Rodzaje zanieczyszczeń w ściekach szarych w zależności od źródła pochodzenia [8]

Fig. 1. Types of grey water contaminations [8]

1.2. Powstawanie szarej wody

W tradycyjnym gospodarstwie domowym 50÷80% wody ściekowej może być wykorzystane jako szara woda [3, 9, 10] z wyjątkiem wody po spłukaniu toalet. Szara woda znacznie różni się od wody powstałej po spłukaniu ubikacji zarówno ilością, jak i różnorodnością zawartych w niej chemikaliów i bakterii (od odchodów po toksyczne środki chemiczne).

Ilość powstających szarych ścieków zależy od wielkości zużycia wody. Średni przedział zużycia wody waha się między 90÷120 dm³/dMk, jednak w poszczególnych gospodarstwach domowych wielkość ta może się różnić w zależności od takich czynników, jak zamożność mieszkańców, dostępność wody czy też standard sanitarny [10]. Udział szarych ścieków uzależniony jest od ilości wody wykorzystywanej do płukania toalet. Przyjmuje się, że do spłukiwania toalet zużywa się ok. 30% pobieranej wody, a więc udział wody szarej stanowi 70% pobieranej wody [2]. Wartość ta ulega zmniejszeniu, jeśli część wody wodociągowej wykorzystujemy do celów ogrodowych. Ważne jest, by szarej wody nie przechowywać bez uprzedniego jej oczyszczenia, ponieważ jest ona zazwyczaj ciepła i zanieczyszczona substancjami organicznymi [10].

1.3. Charakterystyka jakościowa szarych ścieków

Jakość ścieków szarych charakteryzuje się za pomocą tych samych właściwości co ścieki bytowe, czyli nieczystości z budynków przeznaczonych na pobyt ludzi, osiedli mieszkaniowych i terenów usługowych, powstających w szczególności w wyniku ludzkiego metabolizmu oraz funkcjonowania gospodarstw domowych [11]. Należą do nich takie parametry, jak m.in. zawartość zawieszin, mętność, ChZT₅, zawartość azotu i fosforu ogólnego oraz poziom skażenia bakteriologicznego, w tym przypadku wyrażony ogólną liczbą bakterii Coli typu kałowego [12]. Ścieki szare i czarne różnią się ww. parametrami, co uzasadnia ich oddzielne odprowadzanie.

W ściekach szarych znajdują się zanieczyszczenia organiczne, które ulegają szybkiemu rozkładowi w porównaniu do ścieków czarnych [4]. Szara woda charakteryzuje się ubogą zawartością związków mineralnych. Zawiera 10% azotu ogólnego. Ilość fosforu uzależniona jest od zawartości fosforanów w środkach piorących i czyszczących. Przyjmuje się, że 50% fosforu całkowitego znajduje się w szarych ściekach podczas stosowania środków chemicznych zawierających fosfor. Szare ścieki są w mniejszym stopniu narażone na zanieczyszczenie bakteriologiczne niż ścieki czarne, gdzie ilość bakterii wzrasta, gdy z sieci wodociągowej lub kanalizacyjnej korzystają dzieci lub osoby starsze korzystające z pieluch. Innym źródłem bakterii w ściekach szarych jest ich wtórne zanieczyszczenie, czego przyczyną jest występowanie mikroorganizmów na ściankach przewodów odpływowych [13].

Biorąc pod uwagę wszystkie rodzaje szarych ścieków, nieczystości pochodzące z kuchni charakteryzują się największym stopniem zanieczyszczenia. Cechują się

one największym zapotrzebowaniem na tlen. Zakres ChZT oraz stężenie BZT₅ oscylują w podobnych granicach mieszczących się w przedziale 5÷1460 mg/dm³. Zawartość azotu ogólnego mieszcząca się w granicach 40÷74 mg/dm³ oraz fosforu ogólnego w zakresie 12÷74 mg/dm³ świadczy o tym, że ścieki te podatne są na rozkład biologiczny [14]. Powszechnie uważa się, że mycie surowych artykułów spożywczych jest źródłem obecności mikroorganizmów, przez co wzrasta poziom ich skażenia bakteriologicznego [15].

Ścieki pochodzące z prania podobnie jak w poprzednim przypadku zaliczamy do wysoce zanieczyszczonych. Ich poziom jest zmienny podczas procesu prania i ma związek z rodzajem używanych detergentów. Nieczystości te zawierają pochodzącą z pranych tkanin zawieszinę włóknistą oraz są one bardziej zasolone niż ścieki pochodzące z innych źródeł. Ścieki charakteryzują się wysokim zapotrzebowaniem na tlen. Średnie stężenie ChZT mieści się w zakresie 725÷1815 mg/dm³, natomiast wartość BZT₅ znajduje się w granicach 48÷472 mg/dm³ [4]. Jeśli chodzi o stężenie związków azotu i fosforu, to zależy ono od typu stosowanych detergentów oraz od rodzaju usuwanych zabrudzeń. Skażenie bakteriologiczne występuje, gdy prane są ubrania małych dzieci lub osób, które korzystają z pieluch [10].

Szara woda pochodząca z wanny i prysznicza należy do najczystszych, jednak woda spod prysznicza odznacza się większym stężeniem zanieczyszczenia niż ta z wanny [10]. Wynika to z faktu, że pod prysznicem zużywamy mniej wody niż w wannie przy podobnym użyciu środków higieny osobistej. W tym przypadku poziom ChZT określono w granicach 100÷633 mg/dm³, a stężenie BZT₅ w granicach 50÷300 mg/dm³ [9]. Zanieczyszczenia znajdujące się w tych ściekach są łatwo rozpuszczalne, dlatego też czas ich magazynowania powinien być na tyle krótki, by nie doszło do procesów gnilnych [4]. Niskie stężenie azotu i fosforu powoduje, że dawkowanie związków biologicznych jest konieczne w przypadku ich oczyszczania biologicznego [9].

Mieszane ścieki składają się z wód pochodzących z wszystkich wyżej wymienionych źródeł. Należy zwrócić uwagę na fakt, że nieczystości pochodzące z kuchni nie są zazwyczaj poddawane recyklingowi. Ma to niewątpliwie związek z tłuszczami, jakie dostają się do instalacji kuchennej, które nie rozpuszczają się w wodzie i zapychają filtry służące do jej oczyszczania. Dodatkowo na taki stan rzeczy mają wpływ resztki jedzenia, które przedostają się do instalacji podczas zmywania naczyń. One też powodują, że zapychają się filtry, a ponadto myjąc surowe produkty spożywcze nad zlewem, dostarczamy do systemu ogromną ilość mikroorganizmów, które wpływają na wzrost bakterii w wodzie [4]. Ścieki pochodzące z łazienek są w Europie najczęściej pozyskiwane. W takich państwach jak Niemcy czy Holandia ścieki te obejmują także odpływ z pralki, natomiast w Anglii zakres ten poszerzają również wody pochodzące z umywalk czy wanny [9]. Porównując skład jakościowy wody szarej mieszanej do tej pochodzącej z pojedynczych źródeł, można zauważyć, że ścieki mieszane charakteryzują się mniejszym zakresem stężeń w stosunku do tych pochodzących z jednostkowych generatorów. Jest to spowodowane zmieszaniem się wody szarej pochodzącej z różnych źródeł, przez co wyrównuje się jej skład oraz parametry [4].

1.4. Charakterystyka jakościowa szarych ścieków na świecie

W ostatnich latach wzrosło zainteresowanie recyklingiem szarych ścieków. Z uwagi na fakt, iż Polska znajduje się w grupie krajów o niewielkich zasobach wodnych, wykorzystanie tej technologii jest uzasadnione [2]. W tabeli 1 przedstawione są wyniki badań jakości ścieków szarych w takich krajach europejskich, jak: Anglia, Niemcy i Holandia, gdzie zarówno wskaźnik zapotrzebowania na wodę, jak i poziom instalacji sanitarnych są porównywalne z Polską. Zaprezentowano również wyniki badań z Jordanii, gdzie prowadzi się liczne badania dotyczące recyklingu ścieków szarych. Badaniom fizykochemicznym i bakteriologicznym poddano nieczystości pochodzące z różnych typów urządzeń sanitarnych, jak również tzw. ścieki mieszane [4].

Tabela 1. Charakterystyka jakościowa ścieków szarych [9, 16-19]

Table 1. Quantitative characteristic of grey water [9, 16-19]

Parametry	Anglia [16]	Niemcy [17]	Holandia [18]	Jordania [19]	Europa [9]
	Prysznic, wanna, umywalka	Prysznic, wanna, umywalka i pralka	Mieszane	Prysznic, wanna, umywalka i pralka	Mieszane
Mętność	164	nb	nb	nb	nb
Zawiesiny mg/dm ³	100	nb	nb	1291	6,4÷240
BZT ₅ mg/dm ³	146	150÷250	215	314	50÷350
ChZT mg/dm ³	451	250÷430	425	870	100÷681
Coli fekalne w 100 ml	1740	10 ⁴ ÷10 ⁶ /ml	nb	nb	1÷1,5·10 ⁸
Azot mg/dm ³	10,4	nb	17,2	2	3,72÷53,6
Fosfor mg/dm ³	0,35	nb	5,7	3	0,7÷22,8

nb - nie badano

Na podstawie danych zawartych w tabeli 1 można zaobserwować, że dane z krajów europejskich mają zbliżone parametry. Zawartości azotu w Anglii i Holandii jest porównywalna, jednak należy zwrócić uwagę, iż wskaźniki fosforu w tych krajach znacznie się od siebie różnią. Znaczne różnice można zaobserwować między ściekami mieszanymi pochodzącymi z krajów europejskich a ściekami z Jordanii. Woda szara pochodząca z Jordanii odznacza się większym zapotrzebowaniem na tlen, jak również większym stężeniem zawieszin. Wszystkie badania wykazały obecność bakterii, w tym typu kałowego, niezależnie od tego, jakie generatory wchodziły w skład badanych mieszanych ścieków szarych. Podobnie wygląda sytuacja, jeśli chodzi o wskaźnik BZT₅ oraz ChZT. Wyraźnie widać,

że dane z krajów Europy mieszczą się w środkowym przedziale wartości pochodzących z Jordanii.

2. Wady i zalety ponownego wykorzystania szarej wody

Zastosowanie technologii służącej do powtórnego wykorzystania ścieków szarych jest bardzo korzystne pod względem ekonomicznym, ekologicznym, a także prawnym. W rzeczywistości jednak dwa ostatnie aspekty mają związek z wymiarem ekonomicznym.

Obecnie instalacje służące do ponownego wykorzystania szarej wody znajdują się w budynkach o dużym zużyciu wody, gdzie realny zwrot nakładu inwestycyjnego jest możliwy w ciągu 5-10 lat. Dużym zainteresowaniem tego typu inwestycjami cieszy się sektor hotelarski, gdzie zużycie wody to około $70 \text{ m}^3/1$ miejsce noclegowe/rok, a oszczędności mogą sięgać nawet do 40% [16]. Woda spod prysznica może być z powodzeniem wykorzystana do spłukiwania toalet. W indywidualnych gospodarstwach domowych czy miejskich wielorodzinnych ilość szarej wody w rodzinie czteroosobowej sięga $30\div 86 \text{ m}^3$ w skali roku przy zużyciu $135 \text{ m}^3/\text{rok}$ [10]. Inną dziedziną posługującą się takim rozwiązaniem jest przemysł, gdzie zużycie wody również jest znaczne. Inwestowanie w system szarej wody jest bardziej opłacalne niż regularny wywóz ścieków lub budowa nowego systemu kanalizacyjnego.

Recykling wody zaczyna być coraz bardziej rozważany w Europie. Nie ma jeszcze regulacji prawnych w tej sprawie, jednak testuje się różne rozwiązania techniczne. Istnieje jednak kilka barier, które skutecznie hamują idee szarego recyklingu.

Istotną przeszkodą jest psychika użytkownika, który może mieć wątpliwości co do ponownego wykorzystania wody z kąpiel. Fakt, że część odbiorców miałoby użytkować wodę, w której przed chwilą brali kąpiel, myli ręce czy też prali brudne rzeczy, wzbudzać może w nich odrazę do takiej formy recyklingu wody. Bardzo prawdopodobne jest, że ludzie mogą bać się o swoje zdrowie w związku z tym, że woda, z której będą korzystać, przestała być czysta i zawiera różnego rodzaju bakterie oraz mikroorganizmy. Dla pewnej części użytkowników taka technologia może kojarzyć się z pogorszeniem standardu życia, ponieważ w dawnych czasach ludzie wykorzystywali np. wodę, w której się kąpali, do zrobienia prania [20].

Istotnym minusem są koszty takiej inwestycji. Instalacja jest dość droga, głównie dlatego, że należy wykonać dwa odrębne obiegi wody [11, 20]. Ważne jest bowiem, aby przy dualnym systemie funkcjonowania sieci wodociągowej skuteczność oczyszczania wody szarej była na jak największym poziomie. Nieprawidłowo oczyszczona woda może powodować problemy podczas użytkowania, takie jak zapychanie przewodów dostawczych czy utrudnione utrzymanie higieny miski ustępowej. Ma to również wpływ na zdrowie człowieka ze względu na pojawienie się mikroorganizmów chorobotwórczych podczas spłukiwania miski ustępowej [10]. Konieczne jest również przestrzeganie wytycznych dotyczących wody niepitnej.

We Francji polega to na oznaczeniu rur na zielono, zamontowaniu tablic z napisem „woda niepitna” w miejscach poboru wody, np. przy kranach na zewnątrz domów, gdzie woda jest przeznaczona do podlewania ogrodów. Sieć ta musi gwarantować absolutny podział między tymi systemami dystrybucji. Istotne jest również zapewnienie wentylacji w miejscu, w którym przechowujemy wodę, ponieważ jej brak może prowadzić do rozwoju bakterii i przekształcić siarkę zawartą w detergentach (np. mydło do rąk) w jony siarki, które nadadzą wodzie charakterystyczny zapach siarkowodoru - zgniłych jaj [20]. W związku z tym już na początku przy rozważaniach dotyczących tej instalacji istotne jest sprawdzenie wykonalności w danych warunkach oraz kalkulacja kosztów i zysków. Z pewnością ograniczymy koszty, jeśli już we wstępnym projekcie będzie przewidziana instalacja dualna [3].

Następne ograniczenie dotyczy regulacji prawnych. Aktualnie tylko w nielicznych krajach Europy istnieją przepisy, które ustalają zasady odzyskiwania szarej wody. W związku z oczekiwaniem na stworzenie takich przepisów w fazie doświadczalnej są różne metody pozwalające na recykling ścieków szarych, które wymagają specjalnych pozwoleń uzyskiwanych przed ich realizacją [11, 20]. Współcześnie przepisy sanitarne nie zakładają możliwości ponownego wykorzystania wody szarej, dlatego też prowadzi się specjalny tryb postępowania [8]. Koncepcję tę popiera jednak francuski czy niemiecki odpowiednik sanepidu, który to prężnie rekomenduje rozwiązania pozwalające na szary recykling pod warunkiem, że nie ma dla nich istotnych ograniczeń. Przy wydawaniu decyzji opiera się zarówno na kwestiach związanych z ochroną środowiska naturalnego, jak i aspektach sanitarnych [20].

Kolejna przeszkoda jest bardzo ważna ze społecznego punktu widzenia. Chodzi tu mianowicie o fakt, iż problematyczne staje się funkcjonowanie takiej instalacji, jeśli w domu mieszkają małe dzieci lub osoby starsze korzystające w swoim codziennym życiu z pieluch [10, 20]. Wiadomo, że takie osoby nie panują w pełni nad swoimi potrzebami fizjologicznymi. Problem ten pojawia się np. podczas kąpieli. Spuszczając wodę, fekalia i nieczystości wraz z odpływającą wodą przedostają się do systemu, zapychając filtry oczyszczające wodę i uniemożliwiając dalsze poprawne funkcjonowanie tej instalacji. Konieczne jest wtedy oczyszczenie lub wymiana filtru na nowy. Dlatego też bardzo trudne jest założenie takiej instalacji w blokach czy budynkach wielorodzinnych ze względu na fakt, iż w przynajmniej jednej rodzinie znajdzie się małe dziecko lub osoba starsza, która będzie zaburzała poprawne funkcjonowanie systemu oczyszczania wody.

3. Jak powtórnie wykorzystać szarą wodę?

3.1. Zużycie wody w gospodarstwie domowym

Aktualnie prowadzi się szereg badań nad systemami, które mają na celu umożliwić wykorzystanie raz już zużytej wody do różnych celów, w tym do spłukiwania misy ustępowej. Efektywność systemów służących odzyskowi wody zależy między innymi od bilansu ekonomiczno-objętościowego oraz od sprawności systemu

filtracyjnego, który oczyszcza ścieki szare. Celem oczyszczania wody szarej jest zmniejszenie zużycia wody przeznaczonej do konsumpcji. Odpowiednio oczyszczona woda szara zmniejsza zapotrzebowanie na wodę wodociągową na poziomie 29÷35% całkowitego zużycia wody [20]. Tym samym zmniejsza się także ilość odprowadzanych ścieków. Warunkiem osiągnięcia tak wysokiego wyniku jest odpowiednie zaprojektowanie instalacji dualnej oraz sprawdzenie jej uwarunkowań ekonomicznych.

Wytwarzana podczas domowych procesów szara woda stanowi do 50÷80% ilości wszystkich ścieków w tradycyjnym gospodarstwie [21]. W jej skład wchodzi głównie detergenty, takie jak mydła, proszki do prania czy szampony. Na podstawie badań przeprowadzonych przez Dobrzańskiego i Jodłowskiego możemy zauważyć, że najwięcej wody zużywanej jest do spłukiwania toalety - blisko 50%. Następnie 30% całego zużycia wody wykorzystuje się podczas korzystania z prysznica. Wykorzystując wodę podczas użytkowania umywalki, zużywamy jej najmniej, bo zaledwie 10%, i zazwyczaj wiąże się to z korzystaniem z toalety.

Bardzo ważna przy zużywaniu wody w gospodarstwach domowych jest różnica między ilością wody zużywanej do spłukiwania toalety a danymi podanymi przez producenta. Według badań, objętość ta powinna wynosić 3 i 6 dm³ w zależności od używanego klawisza spłuczki. W rzeczywistości jednak zmierzono zużycie wynoszące 4,5 i 8,5 dm³ [10]. Mimo regulacji spłuczki wartości tych nie dało się zmniejszyć. Rozbieżność ta miała wpływ na objętość zużywanej wody oraz na zapotrzebowanie wody do spłukiwania misy ustępowej, czyli szarą wodę. Należy zwrócić uwagę na fakt, iż jednostkowe zużycie wody może być różne w zależności od przyzwyczajeń i stylu życia użytkowników.

3.2. Uzdatanianie szarej wody

Szara woda jest dużo łatwiejsza do uzdatniania od ścieków, ponieważ jest o wiele mniej skażona. Jednak nieoczyszczona woda staje się zagrożeniem dla człowieka, gdyż zawiera bakterie, które znajdują się również w ściekach, aczkolwiek w dużo mniejszej ilości. Ścieki szare zawierają drobnoustroje zgodnie ze źródłem jej pochodzenia, dlatego też inaczej powinno się traktować wodę pochodzącą z budynku jednorodzinnego niż wodę z budynku wielorodzinnego [12]. Mając kontakt z szarą wodą z budynku wielorodzinnego, ludzie narażeni są na działalność mikroorganizmów i bakterii pochodzących od szerokiego grona osób, a tym samym zwiększa się zagrożenie przenoszenia chorób między mieszkańcami. W budynku jednorodzinnym mieszkańcy są ciągle poddawani działaniu bakterii współmieszkańców.

Istnieje możliwość bezpośredniego przetworzenia szarej wody w domu bądź w ogrodzie. Jedyne warunki, jaki musi być spełniony, to wykonanie osobnego, tzw. dualnego, systemu kanalizacyjnego dla wody szarej, odrębnego od toalet [20]. Szarą wodę należy użyć bezzwłocznie, a kiedy chcemy ją gromadzić, to jest to możliwe tylko po uprzednim jej oczyszczeniu. Należy pamiętać, że woda odzyskiwana w ten sposób nigdy nie nadaje się do bezpośredniego spożycia. Dzięki jej

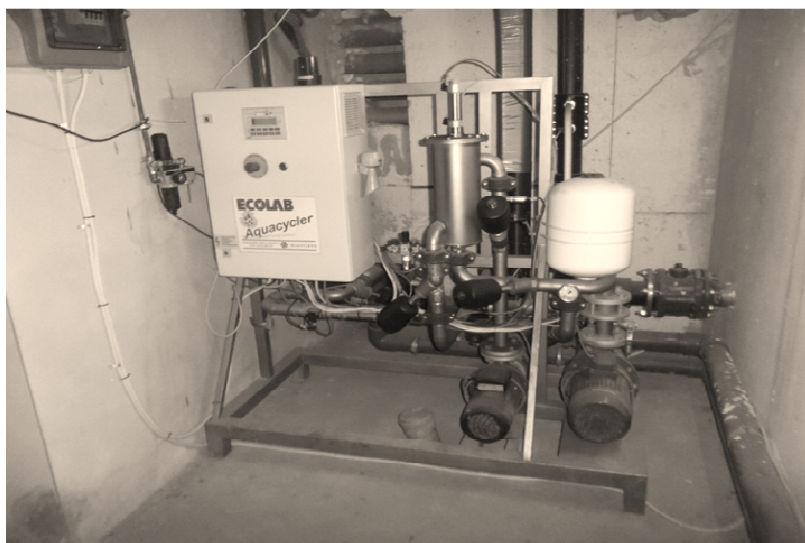
kilkukrotnej filtracji oraz przetworzeniu przez mikroorganizmy, które odpowiedzialne są za natlenienie oraz wchłanianie substancji odżywczych, można tę wodę wykorzystywać do robienia prania czy też splukiwania tradycyjnych ubikacji. Stosunkowo czysta szara woda, za pomocą węża, może być odprowadzana do ogrodu lub też na odpowiednio wcześniej przygotowane pole filtracyjne, czyli grunty wykorzystywane do oczyszczania ścieków, ale niewykorzystywane rolniczo. Tam woda ta zostaje poddana fitoremediacji, czyli działaniu roślin oczyszczających wodę i ich korzeni [15]. Z uwagi na fakt, że szara woda zawiera pozostałości substancji odżywczych i patogenów oraz jest ona wylewana jako ciepła, nie powinno się jej przechowywać bez uprzedniej filtracji, tylko rozprowadzać bezpośrednio po ogrodzie. W Polsce dość rozpowszechnionym przykładem zalegalizowanego rozsączania wody przekształconej przez mikroorganizmy jest sieć rozsączająca z przydomowych oczyszczalni ścieków. Zaznaczyć tu należy, że ten przetworzony ściek ma o wiele większą koncentrację patogenów w porównaniu z szarą wodą, a jest prawnie dopuszczany do rozsączania w ogrodach [20].

4. Instalacja szarej wody na przykładzie Hotelu Gołębiowski w Karpaczu

Hotel Gołębiowski w Karpaczu znajduje się u podnóża Śnieżki - najwyższego pasma Karkonoszy, na wysokości 800 m n.p.m. Ze względu na swoją atrakcyjną lokalizację cieszy się popularnością wśród wielu turystów. W związku z tym, iż cały kompleks jest ogromny, wykorzystuje on wiele technologii prośrodowiskowych, aby w jak najmniejszym stopniu ingerować w otaczające go środowisko przyrodnicze.

Realizacja instalacji szarej wody w Hotelu Gołębiowski w Karpaczu była pierwszym w Polsce tak dużym przedsięwzięciem dla budynku hotelowego. Głównym pomysłodawcą tego projektu był właściciel hotelu Tadeusz Gołębiowski, natomiast wykonania go podjęła się jedna z białostockich firm. Cała sieć znajduje się w budynku od samego początku jego funkcjonowania. System szarej wody obejmuje całą część pokojową wraz z pralnią, natomiast aparatura wraz ze wszystkimi podłączeniami mieści się w piwnicach budynku.

Hotel wykorzystuje szarą wodę do dwóch celów. Pierwszy z nich to pranie, z którego część wody trafia do kanalizacji, a część jest odzyskiwana. Cały obieg polega na tym, że pralki zwykle zaprogramowane są na trzy płukania. Woda z pierwszego płukania, czyli ta z największą ilością środków chemicznych, trafia bezpośrednio do kanalizacji, natomiast ta z drugiego i trzeciego płukania przeznaczonymi do tego celu przewodami instalacji sanitarnej dopływa w pierwszej kolejności do filtra (rys. 2), gdzie zostaje oczyszczona z pozostałych chemikaliów, a następnie przepompowana do specjalnie przystosowanych zbiorników (rys. 3 i 4). Woda ta zostaje ponownie wykorzystana podczas kolejnego prania, gdzie jest zasysana przez pralkę wyłącznie do prania wstępnego. Dzięki tej instalacji z prania, które wykorzystuje 500 litrów wody, możemy powtórnie odzyskać nawet 200 litrów, co prowadzi do obniżenia kosztów zużycia wody oraz energii.



Rys. 2. Instalacja szarej wody z filtrem firmy Ecolab w Hotelu Gołębiowski w Karpaczu

Autor: A. Grzelak (11.04.2015)

Fig. 2. Grey water recycling in Hotel Gołębiowski with Aquacycler filtration system (Ecolab)

Author: A. Grzelak (11.04.2015)



Rys. 3. Pojemniki, w których magazynowana jest odzyskana szara woda z prania

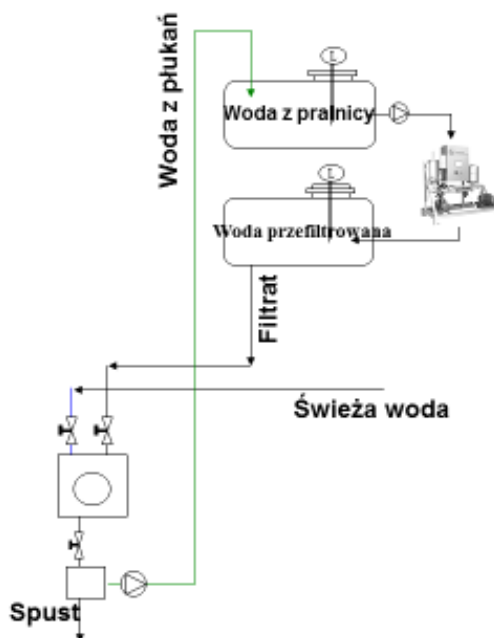
Autor: A. Grzelak (11.04.2015)

Fig. 3. Washing water storage tanks

Author: A. Grzelak (11.04.2015)

Drugim celem, do którego hotel wykorzystuje odzyskaną szarą wodę, jest spłukiwanie toalet. W tym przypadku woda, którą zużyto w umywalce oraz pod prysznicem

trafia, przez specjalną instalację, do filtra, gdzie zostaje oczyszczona ze znacznej ilości detergentów. W następnym etapie zostaje ona przepompowywana przez odpowiednie pompy do ogromnych zbiorników, a tam dodaje się do niej chemię w celu neutralizacji zanieczyszczeń. Obieg wody z tego źródła kończy się na zasysaniu jej do spłukiwania toalet w pokojach hotelowych.

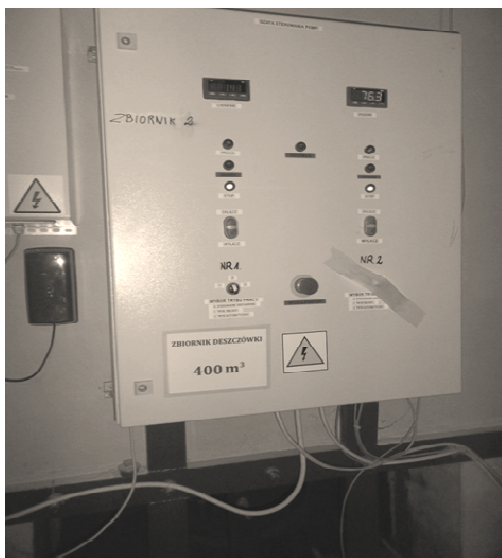


Rys. 4. Zasada działania Aquacycler firmy Ecolab (dzięki uprzejmości i pozwoleniu firmy Ecolab, <http://www.ecolab.com.pl>)

Fig. 4. Scheme of Aquacycler filtration system (thanks to Ecolab, <http://www.ecolab.com.pl>)

Warto dodać, że w zbiornikach, w których gromadzona jest częściowo oczyszczona szara woda, pomimo dodatku chemii, gromadzi się na dnie mułkowaty osad. Taką ewentualność również przewidziano i aby usuwać nagromadzony osad, do zbiorników podłączone są odpowiednie pompy odmulające, które ustawia się na określony czas (110 godzin), po którym zasysają osadzony na dnie zbiornika muł i odprowadzają go prosto do kanalizacji. Przy tego typu przedsięwzięciu bardzo ważna dla prawidłowego funkcjonowania instalacji jest możliwie wysoka liczba gości hotelowych, którzy korzystają z łazienek, dzięki czemu zachowany będzie stały obieg wody. Godny uwagi jest również fakt, że mimo iż hotel posiada dualny system instalacji, to w razie jakiegokolwiek awarii systemu bądź usterki technicznej posiada dodatkowe rozwiązania, które pozwalają na prawidłowe funkcjonowanie całej struktury. Kompleks hotelowy, przy tak ekonomicznym gospodarowaniu zasobami wodnymi, osiąga oszczędności na poziomie 20÷25%. Należy zwrócić jednak uwagę, iż instalacja ta jest opłacalna głównie przy nowych inwestycjach.

Szara woda to nie jedyne ekologiczne i ekonomiczne rozwiązanie, jakie stosuje się w Hotelu Gołębiowski. Hotel wykorzystuje również wodę deszczową, która jest gromadzona w przystosowanym do tego celu betonowym zbiorniku o pojemności 400 m³. Tutaj również działają różnego rodzaju pompy i filtry (rys. 5), służące do odzysku wody w celu uzupełnienia basenów, podlewania roślinności czy też podłączenia do hydrantów znajdujących się na terenie kompleksu.



Rys. 5. Zbiornik do zbierania wody deszczowej

Autor: A. Grzelak (11.04.2015)

Fig. 5. Rainwater storage tank

Author: A. Grzelak (11.04.2015)



Rys. 6. System rur do ochładzania agregatów

Autor: A. Grzelak (11.04.2015)

Fig. 6. Cooling system of the aggregates

Author: A. Grzelak (11.04.2015)

W celu usunięcia mułu zastosowano filtry piaskowe. Innym przykładem technologii, z której korzysta hotel, jest ochładzanie chłodni wodą. W tym przypadku wykorzystywana jest woda ze studni, które znajdują się na terenie całego kompleksu. Zimna woda ze studni przez system rur (rys. 6) trafia do agregatów, które chłodzi. Chłodząc je jednocześnie sama się nagrzewa, następnie woda o temperaturze $21\div 27^{\circ}\text{C}$ trafia do odpowiednich zbiorników, a stamtąd do kotłowni, gdzie woda jest ogrzewana do temperatury $40\div 41^{\circ}\text{C}$, by trafić do łazienek w hotelu. Jest to więc podwójna korzyść, z jednej strony chłodzenie chłodni zimną wodą, a więc oszczędność prądu, z drugiej natomiast mniejszy koszt podgrzania już cieplej wody.

Podsumowanie

W dobie kryzysu, kiedy niekontrolowane zużycie wody pitnej oraz zmiany klimatu spowodowały znaczny spadek dostępnych zasobów wody, istotne jest, aby w sposób racjonalny gospodarować wodą i odzyskiwać ją do ponownego użycia. Nowe budownictwo powinno uwzględniać przyjazne środowisku technologie, które w znacznym stopniu ograniczą wykorzystanie światowych zasobów wody. Hotel Gołębiowski to ogromny kompleks, znajdujący się na trzecim miejscu w Europie pod względem wielkości. Przedstawiony obiekt hotelowy jest wyróżniający w zakresie racjonalnego gospodarowania wodą i inicjatyw prośrodowiskowych. Dzięki zastosowanym rozwiązaniom osiąga zminimalizowanie kosztów na poziomie 25% i odzysk wody do 40%. Nowe inwestycje, już na poziomie projektowym, powinny zawierać proekologiczne rozwiązania, mające na celu ograniczenie zużycia wody oraz energii.

Podziękowania

Autorzy składają podziękowania Panu Damianowi Stachurze - dyrektorowi Hotelu Gołębiowski w Karpaczu za zaproszenie do hotelu i umożliwienie wykonania zdjęć wykorzystanych w pracy, firmie Ecolab za wyrażenie zgody na udostępnienie schematu przedstawiającego działanie systemu recyklingu wody Aquacycler, a także Profesorowi UAM Grzegorzowi Kowalewskiemu za pomoc merytoryczną, cenne wskazówki oraz poświęcony czas i mobilizację do pracy.

Literatura

- [1] Romanowska-Puczko P., Potrzebujemy jej do życia, Refleksje 2014, 4, 44-45.
- [2] Pawlak M., Indywidualne sposoby zmniejszenia zużycia wody pitnej, BMP Ochrona Środowiska, 4, 48-51.
- [3] Dębowski J., Radoń M., Sposoby rozwiązania instalacji w budynkach autonomicznych, Czasopismo Techniczne 2011, 2-A/2, 35-42.
- [4] Iwanicka Z., Charakterystyka ścieków szarych, [w:] Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska, tom 2, red. T. Traczewska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2012.

- [5] Thakur S., Chauhan M.S., Grey water recycling, *Journal of Environmental Science and Sustainability (JESS)* 2013, 1(4), 117-119. Online: www.jessresearch.com (dostęp: 14.04.2015 r.).
- [6] PN-EN 12056-1:2002P Systemy kanalizacji grawitacyjnej wewnątrz budynków cz.1: Postanowienia ogólne i wymagania.
- [7] Bilitewski B., Hardtle G., Marek K., *Podręcznik gospodarki odpadami. Teoria i praktyka*, Wyd. Seidel Przywecki, Warszawa 2006.
- [8] Jaszczyszyn K., Komorowska-Kaufman M., Zrównoważone gospodarowanie wodą - charakterystyka i wtórne wykorzystanie ścieków szarych, cz. 1, *Gospodarka Wodna* 2014, 11, 397-402.
- [9] Li F., Wichmann K., Otterpohl R., Evaluation of appropriate technologies for grey water treatments and reuses, *Water Science & Technology* 2009, 59(2), 249-259.
- [10] Dobrzański M., Jodłowski A., *Oczyszczanie szarej wody pochodzącej z gospodarstwa domowego*, [w:] *Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska*, tom 4, red. T. Traczewska, B. Kaźmierczak, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2014.
- [11] Allen L., Christian-Smith J., Palaniappan M., *Overview of Greywater Reuse: The Potential of Greywater Systems to Aid Sustainable Water Management*. Pacific Institute, 2010.
- [12] Krishna Kumar O., Adithya A., Abhilash R., Aravind T., Household grey water treatment - utilization for flushing of toilets, *International Journal of Applied Engineering Research* 2013, 15, 1801-1807.
- [13] Wilo, 2009, *Inżynieria ścieków. Podręcznik projektowania instalacji*, www.wilo.pl (dostęp: 23.03.2015 r.).
- [14] Winward G., Avery L., Stephenson T., Jeffrey P., Le Corre K., Fewtrell L., Jefferson B., Pathogens in urban wastewater suitable for reuse, *Water Science and Technology* 2009, 6(4), 291-301.
- [15] Finley S., Reuse of domestic grey water for the irrigation of food crops, *Water, Air and Soil Pollution* 2008, 1(4), 235-245.
- [16] Jefferson B., Palmer A., Jeffrey P., Stuetz R., Judd S., Grey water characterisation and its impact on the selection and operation of technologies for urban reuse, *Water Science and Technology* 2004, 50(2), 157-164.
- [17] Nodle E., Grey water reuse systems for toilet flushing in multistory buildings - over ten years' experience in Berlin, *Urban Water* 1999, 1(4), 275-284.
- [18] Hernandez L., Zeeman G., Temmink H., Buisman C., Characterisation and biological treatment of greywater, *Water Science and Technology* 2007, 56(5), 193-200.
- [19] Abu-Ghunmi L., Zeeman G., van Lier J., Feyyed M., Quantitative and qualitative characteristics of grey water for reuse requirements and treatment alternatives: the case of Jordan, *Water Science and Technology* 2008, 58(7), 1385-1396.
- [20] Sarna A., *Techniki uzdatniania wody. Szary recykling*, *Magazyn Instalatora* 2012, 162(2), 52-53.
- [21] Janiszewska S., Porównanie metod koagulacji i elektrokoagulacji w oczyszczaniu modelowej szarej wody, [w:] *Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska*, tom 2, red. T. Traczewska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2012.

Streszczenie

Przedmiotem pracy jest problematyka związana z ponownym zagospodarowaniem szarej wody. Wykorzystanie szarej wody, od dawna stosowane na świecie, dopiero teraz zdobywa uznanie w Polsce. Z uwagi na wiele zalet, głównie ekologicznych, ale również ekonomicznych, społecznych technicznych czy też urbanistycznych, może stać się alternatywnym rozwiązaniem nie tylko w budynkach użyteczności publicznej, ale także w tradycyjnych polskich domach jednorodzinnych. System szarej wody wymaga zazwyczaj większego wkładu finansowego ze względu na konieczność zamontowania dualnej instalacji, jednak z upływem lat korzyści pochodzące z posiadania tego systemu rekompensują zainwestowane pieniądze. Przykładem budynku posiadającego instalację szarej wody jest Hotel Gołębiowski w Karpaczu. Jest to pierwszy kompleks hotelowy w Polsce posiadający system służący do szarego recyklingu, wykorzystujący wodę szarą do dwóch celów - prania oraz splukiwania toalet w pokojach hotelowych. Hotel korzysta z wielu rozwiązań służących oszczędności wody, tj. zbieranie wody deszczowej czy wykorzystywanie wody do ochładzania agregatów.

Słowa kluczowe: szara woda, recykling, system szarej wody