

Potencjał ścieków szarych w kontekście możliwości odzysku i zagospodarowania zdeponowanej w nich energii odpadowej w obiektach mieszkalnych

mgr inż. Beata Piotrowska

Analiza IPE nr 3/2023



**INSTYTUT
POLITYKI
ENERGETYCZNEJ**
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



Potencjał ścieków szarych w kontekście możliwości odzysku i zagospodarowania zdeponowanej w nich energii odpadowej w obiektach mieszkalnych

Beata Piotrowska¹

Neutralność klimatyczna nie jest kwestią wyboru

Osiągnięcie neutralności klimatycznej UE do 2050 roku jest następstwem zobowiązań podjętych w ramach podpisania porozumienia paryskiego w 2015 roku. W grudniu 2019 roku Komisja Europejska ogłosiła założenia *Europejskiego Zielonego Ładu* określającego wytyczne obowiązujące na drodze do wypracowania zerowej emisji netto.

Transformacja ekologiczna jest wyzwaniem koniecznym i w pełni popartym stanowiskiem nauki, co potwierdza opublikowany w latach 2021-2022 i opracowany przez Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*) szósty raport oceniający analizy naukowe, techniczne i społeczno-ekonomiczne dotyczące zmian klimatu (*Sixth Assessment Report*).

W sporządzonych analizach² podkreślono, że obecnie obserwowane ekstremalne zjawiska pogodowe i klimatyczne są wynikiem działalności człowieka. Zaznaczono, że trwała redukcja emisji gazów cieplarnianych mogłaby doprowadzić do zauważalnego spowolnienia zmian i zmniejszyłaby częstotliwość występowania anomalii pogodowych. Należy jednak liczyć się z faktem, że zmiany, które już zaszły nie są odwracalne, a osiągnięcie neutralności emisyjnej jest niezbędne do ich spowolnienia i zmniejszenia wzrostu temperatury na globie.

Musimy również liczyć się z faktem, że wybory i działania podejmowane przez nas w najbliższych latach będą miały realny wpływ nie tylko, na jakość życia przyszłych pokoleń, ale będą stanowić o naszym dobrostanie w najbliższych dziesięcioleciach, dlatego słowa wypowiedziane przez Przewodniczącego Rady Europejskiej Charlesa Michela w 2020 roku należy potraktować z pełną świadomością, a być może nawet przyjąć jako przestrozę.

¹ Absolwentka studiów inżynierskich i magisterskich na kierunku Ochrona Środowiska na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej. Swoje zainteresowania naukowe ogniskuje głównie wokół tematyki związanej z odzyskiem i wykorzystaniem ciepła odpadowego ze ścieków. Od 2019 roku jest zatrudniona na Politechnice Rzeszowskiej w grupie pracowników badawczo-dydaktycznych.

² Raport podsumowujący AR6: Zmiany klimatu 2023 (dostęp w dniu 24.03.2023)
<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>

„Neutralność klimatyczna nie jest już kwestią wyboru, jest ponad wszelką wątpliwość koniecznością”³(Charles Michel, przewodniczący Rady Europejskiej, lipiec 2020).

Realizacja założeń zgodnych z obecną europejską polityką klimatyczno-energetyczną może być największym wyzwaniem w historii UE, jakiemu będą musiały sprostać państwa członkowskie. Ważnym jest świadomość, że osiągnięcie równowagi między emisją gazów cieplarnianych, a ich pochłanianiem w procesach naturalnych, nie może być realizowane globalnie, jeśli nie zostaną wdrożone działania lokalne.

Gotowi na 55?

Ambitne plany klimatyczne i gospodarcze określone przez Radę i Parlament Europejski zaktualizowano publikując w 2021 roku pakiet regulacji pod nazwą *Gotowi na 55 (Fit for 55)*. Pakiet ten obejmuje zarówno nowelizacje jak i nowe zapisy legislacyjne, które mają stanowić narzędzie do osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 roku oraz do ograniczenia emisyjności europejskiej gospodarki, o co najmniej 55% do 2030 roku w odniesieniu do poziomu emisji z 1990 roku.

Gotowi na 55 uwzględnia modyfikacje ośmiu już obowiązujących regulacji prawnych, a ponadto wprowadza pięć nowych zapisów. W projekcie ujęto m.in. inicjatywy odnoszące się do modernizacji budynków pod kątem efektywności energetycznej, zaostrezenia obowiązków dotyczących rocznych oszczędności energii, a również uwzględniono wprowadzenie przepisów zmniejszających zużycie energii w budynkach sektora publicznego oraz ujęto zapis o opodatkowaniu produktów energetycznych i energii elektrycznej⁴.

Celem zawartym w pakiecie *Gotowi na 55* jest obniżenie końcowego zużycia energii w UE o 11,7% do 2030 roku względem poziomu z 2020 roku. Jest to niezwykle ważne zadanie z uwagi na dążenie do neutralności klimatycznej, ale także niezbędny krok ku zmniejszeniu zależności energetycznej UE, co pozwoli zmniejszyć koszty importu energii spoza krajów członkowskich, które obecnie sięgają blisko 330 miliardów euro rocznie⁵. Zastąpienie paliw kopalnych czystymi formami energii jest niezbędnym krokiem na drodze do zielonej

³ 5 faktów na temat celu UE, jakim jest neutralność klimatyczna (dostęp w dniu 18.03.2023)

<https://www.consilium.europa.eu/en/5-facts-eu-climate-neutrality/>

⁴Fit for 55 (dostęp w dniu 18.03.2023)

<https://www.consilium.europa.eu/pl/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>

⁵ Oszczędzanie energii: działania UE dla zmniejszenia zużycia energii (dostęp w dniu 19.03.2023)

<https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/society/20221128STO58002/oszczedzanie-energii-dzialania-ue-dla-zmniejszenia-zuzycia-energii>

transformacji oraz może skutecznie wesprzeć działania zmierzające ku niezależności od rosyjskich paliw kopalnych.

Gotowi na 55 ma zapewnić sprawiedliwą konkurencyjną transformację ekologiczną nie tylko do 2030 roku, ale i w latach następnych. Pakiet zakłada wykorzystanie dochodów do celów promowania i wdrażania inicjatyw zawartych w projekcie. Ma być to realizowane m.in. w ramach Społecznego Funduszu Klimatycznego. Możliwe subwencje mają wspierać inwestycje mające na celu zwiększenie poziomu efektywności energetycznej i renowacji budynków, niskoemisyjnego ogrzewania i chłodzenia.

Istotne dla przejścia na neutralność klimatyczną są działania jednostek, co zostało podkreślone w europejskim pakiecie na rzecz klimatu, który ma na celu wspieranie konkretnych działań społeczności na rzecz ograniczenia własnych emisji gazów cieplarnianych. My jako konsumenci powinniśmy mieć na uwadze, że poprzez swoje wybory i nawyki mamy realny wpływ na środowisko.

Charakterystyka energetyczna budynków

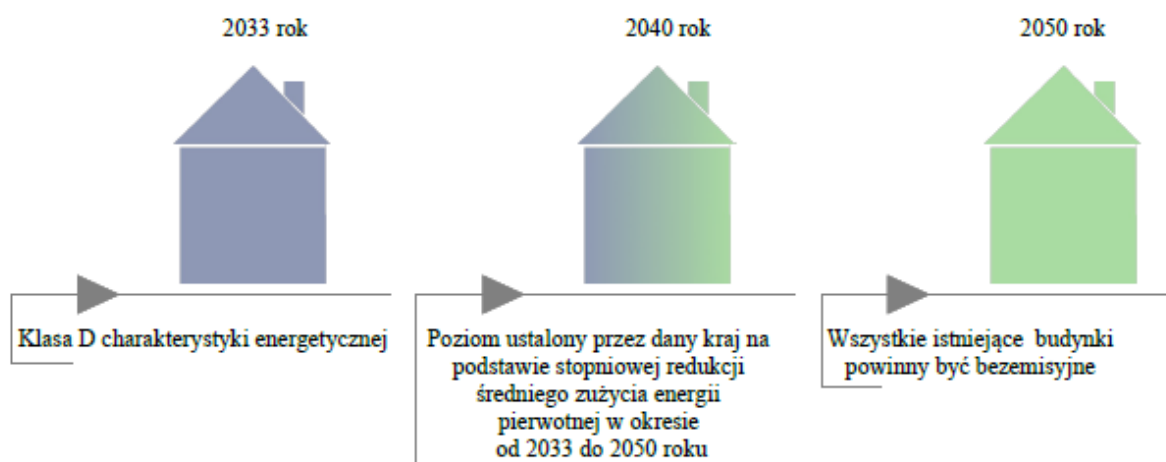
Budynki odpowiadają za 36% emisji gazów cieplarnianych w UE, dlatego tak ważne jest zmniejszenie zużycia energii na ich potrzeby. Nowelizacja dyrektywy o charakterystyce energetycznej budynków ujęta w pakiecie *Gotowi na 55* określa nowe, zdecydowanie bardziej ambitne normy efektywności energetycznej tego typu obiektów budowlanych. Jest to istotne działanie, zwłaszcza że ocenia się, iż nawet 75% budynków w UE jest nieefektywnych energetycznie⁶.

Renowacja energetyczna budynków może przyczynić się do osiągnięcia znacznych oszczędności z tytułu obniżenia rachunków za energię, a co za tym idzie może istotnie wpłynąć na jakość życia mieszkańców. Ponadto celem nowych przepisów będzie stopniowe wycofywanie budynków o najgorszej charakterystyce energetycznej oraz stałe zwiększanie energooszczędności krajowych zasobów budowlanych.

Zgodnie z zapowiedzią w świadectwach charakterystyki energetycznej budynków zostaną uwzględnione dwie nowe kategorie tj. „A0”, która odpowiadałaby obiektom bezemisyjnym oraz „A+” dla obiektów bezemisyjnych, które dodatkowo przekazują wytwarzaną energię ze źródeł odnawialnych do sieci energetycznych. Ponadto w pakiecie *Gotowi na 55* zdefiniowano metodę oceny średniego zużycia energii pierwotnej w budynkach mieszkalnych, które będą

⁶ *Gotowi na 55*: bardziej ekologiczne budynki w UE (dostęp w dniu 12.03.2023)
<https://www.consilium.europa.eu/pl/infographics/fit-for-55-making-buildings-in-the-eu-greener/>

obowiązywać w okresie od 2033 do 2050 roku (rys. 1). Należy jednak wspomnieć, że wybrane obiekty tj. budynki historyczne, te wykorzystywane do celów obronnych, czy obiekty religijne będą zwolnione z posiadania wymaganej klasy charakterystyki energetycznej.



Rys. 1. Średnie zużycie energii pierwotnej w budynkach mieszkalnych określone w ramach pakietu *Gotowi na 55*. Opracowanie własne na podstawie: <https://www.consilium.europa.eu/pl/infographics/fit-for-55-making-buildings-in-the-eu-greener/> (dostęp w dniu 18.03.2023)

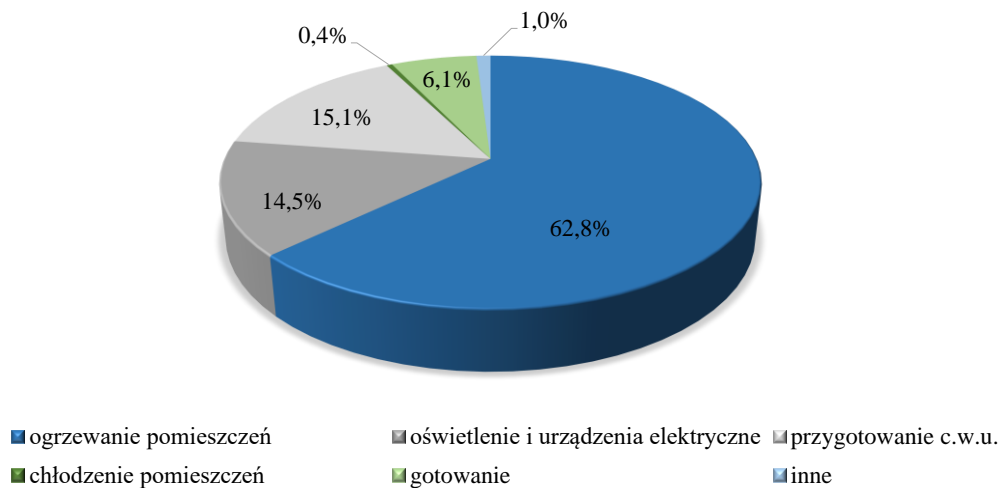
Państwa członkowskie mają sporządzić krajowe plany renowacji budynków, w których będą zawarte plany działań uwzględniające krajowe cele dotyczące rocznego wskaźnika renowacji oraz zużycia energii pierwotnej i końcowej przez krajowe zasoby budowlane.

Ciepło odpadowe alternatywnym źródłem energii w budynkach

Szacuje się, że największy udział w zużyciu energii w gospodarstwach domowych ma ogrzewanie pomieszczeń (62,8%) oraz przygotowanie ciepłej wody na cele użytkowe (15,1%) (rys. 2)⁷. W budynkach pasywnych zużycie energii do celów przygotowania c.w.u. może stanowić nawet 50% całkowitego zapotrzebowania energetycznego, gdyż standardy projektowe w przypadku budownictwa pasywnego cechują bardzo dobre parametry izolacyjne przegród zewnętrznych oraz wykorzystanie technologii umożliwiających zminimalizowanie zużycia energii na ogrzewanie i chłodzenie przestrzeni (np. gruntowych wymienników ciepła), ale nieuwzględniających redukcji zużycia energii na cele przygotowania c.w.u.

⁷ Zużycie energii w gospodarstwach domowych (dostęp w dniu 12.03.2023) <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220617-1>

Zużycie energii w gospodarstwach domowych w UE w 2020 r.



Rys. 2. Zużycie energii w gospodarstwach domowych w UE w 2020 roku. Opracowanie własne na podstawie: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220617-1> (dostęp w dniu 12.03.2023)

Przy uwzględnieniu szacunków, że gospodarstwo domowe liczące 4 osoby zużywa dziennie około 180 dm³ ciepłej wody potrzebne jest dostarczenie około 2200 kWh energii rocznie, aby podgrzać wodę do celów użytkowych. Uwzględniając rosnące ceny energii można zauważyć, że przygotowanie c.w.u. w budynkach stanowi znaczny koszt eksploatacji tych obiektów.

Podaje się, że około 65% objętości zużytej ciepłej wody w budynku stanowią odprowadzane do instalacji kanalizacyjnej ścieki pochodzące z natrysków i wanien, które to charakteryzuje znaczna ilość zdeponowanego ciepła odpadowego. Odbiór i wykorzystanie tych pokładów ciepła może być skutecznym sposobem na zmniejszenie zużycia energii do celów przygotowania c.w.u. Ponadto wdrożenie systemów odzysku ciepła odpadowego ze ścieków może przyczynić się do ograniczenia zużycia paliw kopalnych, a w konsekwencji redukcji emisji gazów cieplarnianych.

Zasadność odbioru energii ze ścieków

Badania⁸ przeprowadzone w Szwajcarii wykazały, że do instalacji kanalizacyjnej odprowadza się nawet 6000 GWh energii cieplnej w skali roku, co odpowiada 7% całkowitego zapotrzebowania na ciepło w tym kraju. Ścieki są cennym źródłem ciepła, a w zależności od warunków eksploatacyjnych i technicznych systemów odzysku energii odpadowej możliwy jest odbiór ciepła na poziomie nawet 75%.

Oceniając zasadność odzysku ciepła ze ścieków należy rozróżnić pojęcie ścieków szarych oraz ścieków czarnych. Ścieki szare pochodzą głównie z natrysków, wanien oraz umywalk

⁸ Ścieki: Wartościowe źródło ciepła dla pomp ciepła i agregatów chłodniczych. Materiały konferencyjne. (dostęp w dniu 11.03.2023) <https://heatpumpingtechnologies.org/publications/sewage-water-interesting-heat-source-for-heat-pumps-and-chillers/>

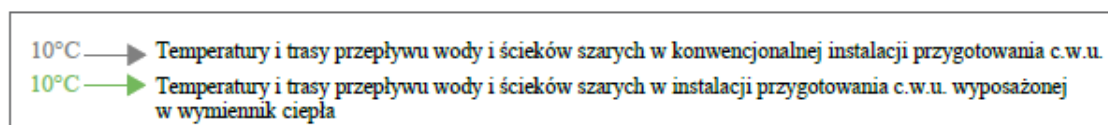
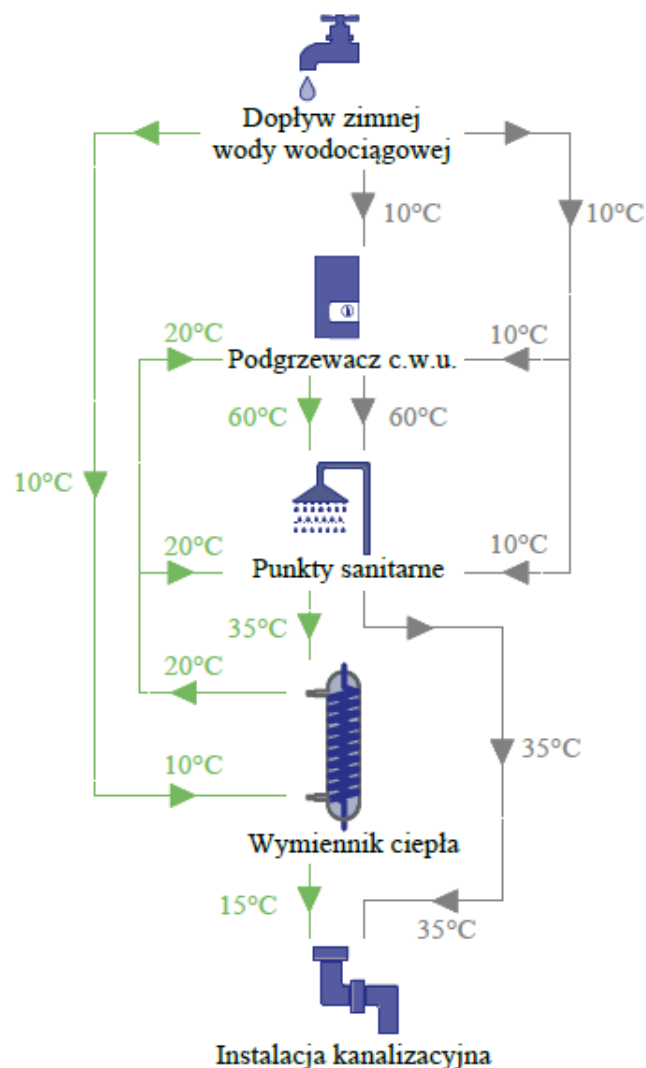
i charakteryzują się znacznie wyższą temperaturą (30°C-45°C) oraz niższą zawartością zanieczyszczeń względem ścieków czarnych, które odprowadzane są głównie z misek ustępowych i które uznawane są za niskotemperaturowe (10°C-20°C).

Ciepło zdeponowane w ściekach jest możliwe do odzyskania niezależnie od warunków pogodowych i może być efektywnie wykorzystywane w obiektach o różnym przeznaczeniu m.in. w budynkach mieszkalnych, hotelach, restauracjach czy w obiektach basenowych. Ścieki mogą być również wykorzystywane jako dolne źródło energii dla pomp ciepła.

Wymienniki ciepła stosowane w instalacjach kanalizacyjnych budynków mieszkalnych w celu wstępnego podgrzania c.w.u. są urządzeniami, których ogólna konstrukcja opiera się na zastosowaniu dwóch kanałów o przekroju kołowym lub prostokątnym. Jeden z nich służy do odprowadzania ścieków z urządzeń sanitarnych, natomiast drugim transportowana jest zimna woda wodociągowa. Przepływająca w wymienniku zimna woda wodociągowa podlega wstępnemu podgrzaniu w procesie odzysku energii odpadowej ze ścieków.

W instalacji wodociągowej z odzyskiem ciepła ze ścieków szarych woda po wstępnym podgrzaniu kierowana jest do instalacji przygotowania c.w.u., a następnie do punktów czerpalnych. W konwencjonalnym systemie podgrzewania wody do celów użytkowych, w którym nie uwzględnia się montażu wymiennika ciepła trasa przepływu zimnej wody wodociągowej obejmuje jedynie jej dopływ do podgrzewacza i do baterii mieszającej.

Wstępne podgrzanie wody wodociągowej w wymienniku pozwala na redukcję zużycia energii potrzebnej do jej przygotowania w podgrzewaczu lub/i zmniejszenie strumienia objętości wody dopływającej do urządzenia grzewczego, co natomiast pozwala na zmniejszenie zapotrzebowania energetycznego budynku na cele przygotowania ciepłej wody kąpielowej (rys. 3).



Rys. 3. Schemat ideowy przepływu wody i ścieków szarych w systemie przygotowania c.w.u. i instalacji kanalizacyjnej. Opracowanie własne.

Badania⁹ prowadzone w ostatnich latach potwierdzają, że współdziałanie wymienników ciepła z instalacją kanalizacyjną i systemem przygotowania c.w.u. jest uzasadnione ekonomicznie i ekologicznie. W Polsce zastosowanie wymienników prysznicowych może być szczególnie korzystne w przypadku podgrzewania ciepłej wody użytkowej za pomocą elektrycznych podgrzewaczy wody z uwagi, iż energia elektryczna pochodzi głównie ze spalania węgla. Wyniki analiz obejmujących tematykę odbioru ciepła ze ścieków szarych wskazują na celowość ich wykorzystania jako wartościowego źródła energii

⁹ M.Z. Pomianowski, H. Johra, A. Marszał-Pomianowska, C. Zhang, *Sustainable and energy-efficient domestic hot water systems: A review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 128, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109900>.

w gospodarstwach domowych jak i w budynkach wielorodzinnych oraz obiektach użyteczności publicznej, w tym w obiektach wielokondygnacyjnych.

Technologie odzysku energii odpadowej ze ścieków

Odzysk ciepła odpadowego w obiektach mieszkalnym może być realizowany:

- indywidualnie - dla poszczególnych przyborów sanitarnych przy wykorzystaniu wymienników, które lokalizuje się bezpośrednio przy odpływie ścieków szarych do instalacji kanalizacyjnej,
- zbiorczo - z kilku przyborów sanitarnych, z których odprowadzane są zarówno ścieki szare jak i ścieki czarne, przy zastosowaniu wymienników ciepła zlokalizowanych w pobliżu ujścia ścieków do sieci kanalizacyjnej.

Z uwagi na niską temperaturę ścieków czarnych i znaczną zawartość zanieczyszczeń, zasadny pod względem efektywności odzysku energii jest montaż wymiennika ciepła na odpływie z urządzeń, z których odprowadzane są ścieki szare.

Podstawową metodą odzyskiwania energii odpadowej zawartej w ściekach w instalacjach kanalizacyjnych budynków mieszkalnych jest montaż jednostek *DWHR* (*Drain Water Heat Recovery*). Wysoką efektywnością odzysku energii ze ścieków szarych charakteryzują się przepływowe wymienniki ciepła przeznaczone do montażu bezpośrednio przy odpływie ścieków do instalacji kanalizacyjnej.

Urządzenia te mogą być instalowane według trzech typowych wariantów projektowych (rys. 4), co obok wyboru rozwiązania technicznego jednostki wymiany ciepła w znacznym stopniu decyduje o zasadności energetycznej i finansowej inwestycji związanej implementacją systemu *DWHR* w budynkach.

Za najbardziej efektywne pod względem możliwości odzysku energii odpadowej uznaje się rozwiązanie projektowe, które uwzględnia dopływ wody zimnej do wymiennika ciepła, skąd będzie ona kierowana już jako woda wstępnie podgrzana zarówno do podgrzewacza c.w.u. jak i do baterii mieszającej przy przyborze sanitarnym (rys. 4a).

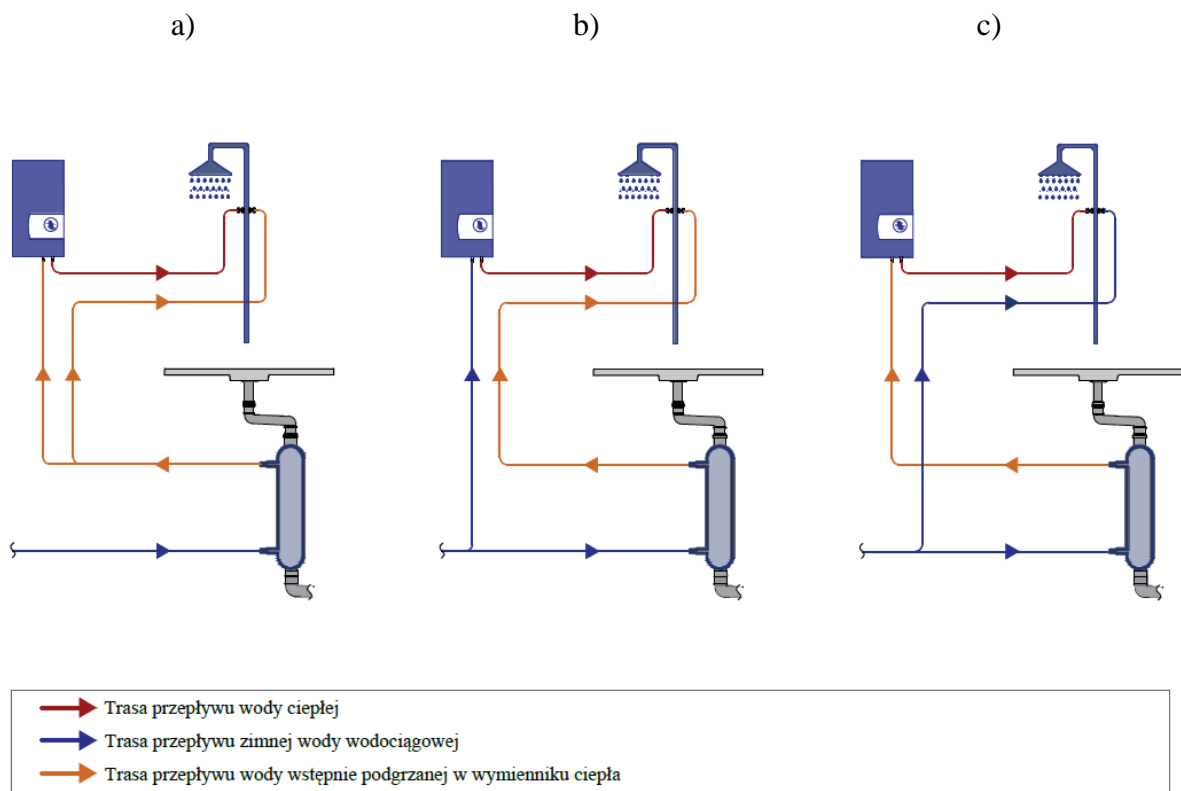
W przypadku, gdy podgrzewacz wody nie jest zlokalizowany w pobliżu jednostki *DWHR*, bardziej korzystne może okazać się rozwiązanie uwzględniające doprowadzenie zimnej wody wodociągowej do podgrzewacza c.w.u. oraz wymiennika, po czym woda wstępnie podgrzana na wypływie z jednostki *DWHR* kierowana będzie jedynie do baterii mieszającej (rys. 4b).

Istnieje również możliwość doprowadzenia zimnej wody wodociągowej do podgrzewacza c.w.u. oraz do wymiennika ciepła skąd woda wstępnie podgrzana będzie kierowana tylko do podgrzewacza c.w.u. (rys. 4c). Ten wariant projektowy znajduje zastosowanie w sytuacjach,

gdy doprowadzenie wody wstępnie podgrzanej do baterii mieszającej nie jest możliwe technicznie bądź nie znajduje uzasadnienia finansowego.

Systemy *DWHR* z powodzeniem mogą być aplikowane nie tylko w nowopowstających obiektach, ale również w istniejących budynkach. W przypadku, gdy montaż wymiennika ciepła nie jest możliwy w pobliżu odpływu z punktu sanitarnego, urządzenia te mogą znajdować się w osobnym pomieszczeniu np. w podpiwniczeniu czy w pomieszczeniu gospodarczym.

Wybór optymalnego rozwiązania systemu odzysku ciepła wymaga indywidualnego podejścia projektowego i zależy od szeregu czynników, w tym warunków eksploatacyjnych i układu instalacji wodno-kanalizacyjnej oraz stanu technicznego budynku (w przypadku obiektów istniejących). Szczególnie korzystne jest uwzględnienie montażu wymiennika ciepła na etapie projektowania instalacji sanitarnych w nowych lub modernizowanych budynkach. Pozwala to na minimalizację nakładów związanych z realizacją inwestycji, co bezpośrednio przekłada się na jej rentowność. W przypadku budynków nowopowstających wartość nakładów inwestycyjnych systemu odzysku ciepła ze ścieków szarych determinuje zakup wymiennika ciepła.



Rys. 4. Możliwości projektowe montażu wymiennika ciepła przy odpływie ścieków szarych z przyboru sanitarnego. Opracowanie własne.

Na rynku dostępne są różne rozwiązania wymienników ciepła. Bardzo istotnymi czynnikami warunkującymi dobór rozwiązania technicznego wymiennika jest dostępność miejsca pod jego zabudowę, a także cena jednostek *DWHR*.

W grupie wymienników ciepła przeznaczonych do instalacji bezpośrednio przy odpływie ścieków z punktu sanitarnego może wyszczególnić:

- poziome wymienniki ciepła,
- pionowe, wymienniki ciepła,
- wymienniki wbudowane w prysznic.

Wśród wymienników ciepła montowanych przy odpływie ścieków do sieci kanalizacyjnej można wyróżnić:

- wymienniki w postaci rury ciepłej,
- wymienniki z retencją ścieków,
- wymienniki z retencją wody wodociągowej.

Zakup jednostki *DWHR*, stanowi istotny wkład pieniężny w inwestycję związaną z odzyskiem ciepła ze ścieków szarych. Koszt zakupu wymiennika ciepła jest bardzo zróżnicowany. Wysokosprawne, pionowe jednostki mogą kosztować nawet 1500 euro. Na rynku dostępne są również znacznie tańsze wymienniki prysznicowe, których cena oscyluje w okolicach 500 euro, jednak ich efektywność odzysku ciepła jest znacznie niższa aniżeli w przypadku urządzeń pionowych. Inwestycje, które umożliwiają redukcję zużycia energii i emisję CO₂ niekiedy podlegają dotacjom rządowym, a obecność programów wsparcia finansowego na zakup wymiennika ciepła mogłaby zauważalnie wpłynąć na popularyzację technologii *DWHR* w obiektach mieszkalnych w Polsce.

Wnioski

- Sektor budynków odpowiada za 40% końcowego zużycia energii oraz za 36% emisji gazów cieplarnianych w UE, dlatego poprawa efektywności energetycznej obiektów budowlanych jest kluczowa w zakresie przeciwdziałania obecnych i przyszłych problemów środowiskowych i energetycznych.
- Wykorzystanie energii zdeponowanej w ściekach szarych może być skutecznym sposobem na zmniejszenie zużycia energii do celów przygotowania c.w.u. w budynkach mieszkalnych, a tym samym może przyczynić się do ograniczenia zużycia paliw kopalnych, a w konsekwencji redukcji emisji gazów cieplarnianych.

- W ostatnich latach zmienił się stan wiedzy w zakresie technologii odzysku ciepła odpadowego, a obecnie ścieki szare przestają być utożsamiane jedynie z odpadami, a stają się postrzegane jako wartościowe źródło energii.
- W kontekście rozwoju i popularyzacji technologii odzysku ciepła ze ścieków w budynkach mieszkalnych kluczowa jest edukacja ekologiczna społeczeństwa mająca na celu zwiększenie świadomości związanej z postrzeganiem ciepła odpadowego, jako ekologicznego i ekonomicznego sposobu pozyskiwania energii.
- Wykorzystanie energii ze ścieków szarych jest zasadne zwłaszcza w budynkach pasywnych, których koncepcja projektowa pozwala na zmniejszenie zapotrzebowania na ogrzewanie i chłodzenie przestrzeni, ale nie uwzględnia minimalizacji zużycia energii na przygotowanie ciepłej wody użytkowej, przez co szacuje się, że może ona stanowić nawet 50% całkowitego zapotrzebowania energetycznego.
- Odbiór ciepła ze ścieków ma duży potencjał energetyczny nie tylko w sektorze budynków mieszkalnych, ale także w budynkach użyteczności publicznej, a także w sieciach miejskich, ponieważ ścieki mogą być wykorzystywane do poprawy ogólnej efektywności energetycznej systemów ogrzewania i chłodzenia.
- Rozwiązania projektowe uwzględniające odzysk ciepła ze ścieków cechuje niezależność od warunków atmosferycznych, które w przypadku technologii OZE stanowią o produkcji energii.



INSTYTUT
POLITYKI
ENERGETYCZNEJ
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

Instytut Polityki Energetycznej
im. Ignacego Łukasiewicza

Inkubator Technologiczny 4
Jasionka 954E
36-002 Jasionka

e-mail: biuro@instytutpe.pl
www.instytutpe.pl