



WPLYW LOKALIZACJI OCZYSZCZALNI NA TEMPERATURĘ DOPIYWAJĄCYCH DO NIEJ ŚCIEKÓW

Grzegorz Kaczor, Piotr Bugajski, Krzysztof Chmielowski
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

INFLUENCE OF TRATMENT PLANT LOCATION ON TEMPERATURE OF INFLOWING SEWAGE

Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań było uzyskanie wiedzy, jak umiejscowienie oczyszczalni względem zlewni kanalizacyjnej wpływa na temperaturę dopływających do niej ścieków. Analizą objęto cztery systemy kanalizacyjne, różniące się długością kolektora tranzytowego pomiędzy oczyszczalnią a zabudowaniami mieszkalnymi, w których wytwarzane były ścieki bytowe. W badanych systemach kanalizacyjnych ścieki odprowadzane były do oczyszczalni o przepustowości hydraulicznej od 100 do 300 m³·d⁻¹, charakteryzujących się liczbą RLM nie większą niż 2000. Pomiary temperatury ścieków odpływających z kanalizacji oraz powietrza atmosferycznego, w analizowanym roku 2012, prowadzono w sposób ciągły, z interwałem 1 godzinnym, za pomocą czujników rezystancyjnych połączonych z rejestratorami danych. Przeprowadzone badania wykazały, że odległość oczyszczalni od zlewni kanalizacyjnej wywiera istotny wpływ na temperaturę ścieków odpływających z sieci kanalizacyjnej. W okresie zimowym średnia dobowa temperatura ścieków odpływających z kolektorów tranzytowych o długości od 300 do 600 m była niższa nawet o blisko 3°C, natomiast w okresie letnim aż o 8°C, w porównaniu do kolektorów tranzytowych o długości nieprzekraczającej 10 m. Wykazano ponadto, że na temperaturę ścieków dopływających do oczyszczalni, oprócz długości kolektora tranzytowego, istotnie wpływa także natężenie przepływu ścieków. Przy wzroście natężenia odpływu ścieków z kanalizacji o 100%, ich temperatura może wzrosnąć w okresie zimowym o 1°C,

natomiast w letnim o 3°C. W przypadku sieci kanalizacyjnych zakończonych długimi kolektorami tranzytowymi, niekorzystnemu skróceniu ulega czas trwania temperatury ścieków optymalnej w aspekcie usuwania związków biogennych, a przy tym jednocześnie wydłuża się czas trwania temperatury ścieków niekorzystnej dla ich biologicznego oczyszczania.

Słowa kluczowe: oczyszczalnia ścieków, ścieki, kanalizacja, temperatura ścieków.

Abstract

The aim of the research was to get the expertise, how location of wastewater treatment plant to basin of sewage system influences the temperature of inflowing wastewater. The analysis included four sewage systems, which are different for the sake of length of transit canal between treatment plant and residential buildings, in which domestic sewage was produced. In analysed systems sewage flew into the treatment plants with hydraulic capacity range from 100 to 300 m³·d⁻¹, and with population equivalent less than 2000. Measurements of temperature of air and wastewater outflowing from sewage system, in analysed year 2012, were conducted continuously, with 1 hour interval, with use resistance sensors connected with data recorder. The research showed, that the distance of treatment plant to basin of sewage system has a significant impact on wastewater temperature outflowing from sewage system. In winter period mean daily wastewater temperature outflowing from transit manifolds with length from 300 to 600 m was lower even about 3°C, but in summer period up to 8°C, in comparison to transit manifolds with length less than 10 m. Moreover, it was proved that, apart from length of transit manifold, also intensity of wastewater flow has a significant impact on wastewater temperature flowing into the treatment plant. With increase of intensity of wastewater flow about 100%, its temperature can increase in winter period about 1°C, and about 3°C in summer period. In case of sewage systems ended with long transit manifold, the duration time of optimal sewage temperature in terms of biogenic compounds removal is unfavourable reduced, and at the same time the duration time of wastewater temperature unfavourable for its biological treatment is extended

Key words: wastewater treatment plant, wastewater, sewage system, wastewater temperature

WPROWADZENIE

W ramach realizacji Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych podjęto w Polsce szereg działań, z których najważniejsze obejmowały modernizację lub budowę 1163 oczyszczalni, przeznaczonych do unieszkodliwiania ścieków komunalnych. W ostatniej aktualizacji KPOŚK, dokonanej w roku 2015, zaplanowano budowę 119 nowych oczyszczalni ścieków, z czego 91 po roku 2015. Wszystkie nowobudowane oraz modernizowane oczyszczalnie ścieków przygotowane są do biologicznego usuwania związków biogenych. W aspekcie usuwania azotu i fosforu ze ścieków należy mieć na uwadze, że skuteczna efektywność redukcji tych zanieczyszczeń nie zależy wyłącznie od samego układu technologicznego oczyszczalni, ale także od: pH i temperatury ścieków, stężeń zanieczyszczeń w ściekach surowych, nierównomierności dopływu ścieków do oczyszczalni, stanu świeżości dopływających ścieków, dopływu do kanalizacji wód obcych, występowania w ściekach związków toksycznych i in. Wśród wymienionych czynników, największy wpływ na sprawność usuwania związków biogenych, a zwłaszcza poszczególnych form azotu, ma temperatura ścieków (Henze i in. 2002, Gašpariková i in., 2005; Krzanowski i Wałęga, 2009). W przypadku przechłodzonych ścieków, których temperatura jest niższa od 5°C, nawet przy zastosowaniu najbardziej zaawansowanych reaktorów biologicznych nie ma możliwości skutecznego obniżenia omawianych biogenów (Barnard, 2000; Siwiec, 2001). Ma to związek z wymaganymi warunkami rozwoju bakterii oraz innych mikroorganizmów biorących aktywny udział w biologicznym unieszkodliwianiu zanieczyszczeń. Temperatura, przy której obserwuje się przyspieszenie procesów biochemicznych, zawiera się w przedziale od 10 do 22°C (Henze i in. 2002). Obniżenie temperatury ścieków o 10°C, może spowodować spadek aktywności nityfikacyjnej nawet o 70% (Arnold i in., 2000). Przy niskiej temperaturze ścieków osłabieniu ulega także proces powstawania kwasów organicznych, co niekorzystnie wpływa na biologiczną eliminację fosforu. Temperatura ścieków w bioreaktorze, optymalna dla prawidłowego przebiegu procesów metabolicznych bakterii psychrofilnych, zawiera się w przedziale od 12 do 20°C, natomiast dla bakterii mezofilnych od 25 do 40°C (Dworkin i in., 1991). Na podstawie badań Buraczewskiego (1994), dotyczących aktywności mikroorganizmów osadu czynnego, stwierdza się, że temperatura ścieków poniżej 10°C określana jest jako dolna granica, poniżej której efektywność oczyszczania ulega gwałtownemu obniżeniu.

Podczas przepływu ścieków poprzez sieć kanalizacyjną ich temperatura obniża się. Mają na to wpływ takie czynniki jak: temperatura powietrza atmosferycznego, długość i średnica kolektorów, natężenie i prędkość przepływu ścieków, głębokość niwelety dna kanału, liczba studzienek i przepompowni oraz intensywność dopływu do kanalizacji wód infiltracyjnych i przypadkowych

(Kaczor, 2012). Mając na uwadze wymienione czynniki, aby utrzymać wysoką temperaturę ścieków surowych, oczyszczalnie powinny być lokalizowane jak najbliżej źródeł zanieczyszczeń. Tymczasem, o lokalizacji oczyszczalni decyduje przede wszystkim plan zagospodarowania przestrzennego, umiejscowienie sytuacyjno-wysokościowe umożliwiające grawitacyjny spływ ścieków z sieci kanalizacyjnej, bliskość odbiornika ścieków oczyszczonych, odpowiednia dostępna powierzchnia pod inwestycję umożliwiającą w przyszłości rozbudowę lub modernizację obiektu oraz względy ochrony środowiska. Osobną kwestią są wymagania odnośnie zasięgu strefy sanitarnej wokół oczyszczalni ścieków. Ma to związek z ewentualnymi przykrymi zapachami w jej otoczeniu, hałasem oraz emisją poprzez powietrze zanieczyszczeń mikrobiologicznych i gazowych. Przed wymienionymi czynnikami chroni mieszkańców odległość obiektu od zabudowy wynosząca nie mniej niż 150 m (Łyp, 2008). Jednakże w obecnych czasach, przy bardzo dużej świadomości i dbałości mieszkańców o swoje zdrowie, a zarazem ich nieufności do nowopowstających obiektów związanych z utylizacją wszelkiego rodzaju odpadów, praktycznie odległość ta zwykle nie jest mniejsza niż 300 m (Łyp, 2008). Przed podjęciem decyzji o budowie oczyszczalni, podczas wymaganych konsultacji społecznych, mieszkańcy obecnie bardzo często wymuszają hermetyzację najbardziej dokuczliwych emiterów odorów, takich jak: komory krat, punkty zlewne ścieków dowożonych oraz zbiorniki i obiekty do przeróbki osadów ściekowych. Podnosi to oczywiście, dość istotnie, koszty całej inwestycji.

Można zatem zauważyć, że przy podejmowaniu decyzji o lokalizacji oczyszczalni należy wypracować kompromis pomiędzy wymaganiami i oczekiwaniami mieszkańców, a możliwie najkrótszym odcinkiem tranzytowym pomiędzy zlewnią ścieków, a miejscem ich unieszkodliwiania. Nadmierne przechłodzenie ścieków, podczas ich spływu do oczyszczalni przy zbyt długich kolektorach tranzytowych, może w znacznym stopniu wpływać na skuteczność biologicznego usuwania związków biogennych. Ze względów formalnoprawnych ma to szczególnie duże znaczenie w przypadku małych oczyszczalni ścieków zlokalizowanych w obrębie dużych aglomeracji (Rozporządzenie..., 2014).

CEL, ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Celem przeprowadzonych badań było uzyskanie wiedzy, jak umiejscowienie oczyszczalni, względem zlewni kanalizacyjnej, wpływa na temperaturę dopływających do niej ścieków. Analizą objęto cztery wybrane systemy kanalizacyjne, różniące się długością kolektora tranzytowego pomiędzy oczyszczalnią a zabudowaniami mieszkalnymi, w których wytwarzane były ścieki bytowe. W badanych systemach kanalizacyjnych ścieki odprowadzane były do oczyszczalni o przepustowości hydraulicznej od 100 do 300 m³·d⁻¹, charakteryzujących

się liczbą RLM nie większą niż 2000. Obserwacje temperatury ścieków prowadzono od 01.01.2010 do 31.12.2015r. Temperaturę powietrza atmosferycznego mierzono, z interwałem jedno godzinnym, za pomocą czujnika rezystancyjnego typu Pt100 Omnigrad T połączonego z rejestratorem danych MiniLog B firmy Endress +Hauser. Temperaturę ścieków dopływających do poszczególnych oczyszczalni mierzono w sposób ciągły w kinetach studni kanalizacyjnych za pomocą elektronicznych czujników temperatury z wbudowanym rejestratorem danych typu Nautilus 85 firmy ACR. Zakres pomiarowy czujnika Nautilus 85 zawiera się w przedziale od -40 do $+85^{\circ}\text{C}$, z dokładnością pomiaru $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Po wstępnym przeanalizowaniu danych z 5 lat badań ostatecznie zdecydowano, aby w niniejszej pracy wykorzystać wyłącznie dane pomiarowe z roku 2012, ponieważ charakteryzował się on najniższymi, w całym wieloleciu 2010–2015, średniodobowymi wartościami temperatury powietrza atmosferycznego w okresie zimowym oraz najwyższymi średniodobowymi wartościami temperatury powietrza atmosferycznego w okresie letnim.

OPIS OBIEKTÓW BADAŃ

W ramach realizacji celu badań analizie poddano temperaturę ścieków surowych odpływających z pięciu małych systemów kanalizacyjnych zlokalizowanych w odległości od 16 do 27 km od Krakowa.

Pierwszy obiekt badań, indeksowany w niniejszej pracy jako „A”, obejmuje sieć kanalizacyjną o długości 15,2 km (długość bez przykanalików), wykonana z rur PCV o średnicach 200, 250, 300, 350 i 400 mm. Do kanalizacji podłączone jest 455 budynków, zamieszkałych przez 2050 mieszkańców. Z kanalizacji, podczas pogody bezdeszczowej, odpływa średnio dobowo $190 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Długość odcinka tranzytowego pomiędzy oczyszczalnią a granicą zabudowy mieszkalnej wynosi 10 m.

Drugi obiekt badań, oznaczony w niniejszej pracy jako „B”, stanowi sieć kanalizacyjna o długości 29 km (długość bez przykanalików), wykonana z rur z PCV o średnicach 200, 250, 300, 350 oraz 400 mm. Do kanalizacji podłączone jest 790 gospodarstw, zamieszkałych przez 3160 mieszkańców. Z kanalizacji, podczas pogody bezdeszczowej, odpływa średnio dobowo $230 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Długość odcinka tranzytowego pomiędzy oczyszczalnią a granicą zabudowy mieszkalnej wynosi 620 m.

Trzeci obiekt badań, indeksowany w niniejszej pracy jako „C”, obejmuje sieć kanalizacyjną o długości 4,9 km (długość bez przykanalików), wykonana z rur PCV o średnicach 200, 250 i 300 mm. Do kanalizacji podłączone jest 250 budynków, zamieszkałych przez 1200 mieszkańców. Z kanalizacji, podczas pogody bezdeszczowej, odpływa średnio dobowo $110 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Długość odcinka tranzytowego pomiędzy oczyszczalnią a granicą zabudowy mieszkalnej wynosi 460 m.

Czwarty obiekt, indeksowany w niniejszej pracy jako „D”, obejmuje sieć kanalizacyjną o długości 3,5 km (długość bez przykanalików), wykonana z rur PCV o średnicach 200, 250 i 300 mm. Do kanalizacji podłączone jest 200 budynków, zamieszkałych przez 850 mieszkańców. Z kanalizacji, podczas pogody bezdeszczowej, odpływa średnio dobowo $100 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Długość odcinka tranzytowego pomiędzy oczyszczalnią a granicą zabudowy mieszkalnej wynosi 300 m.

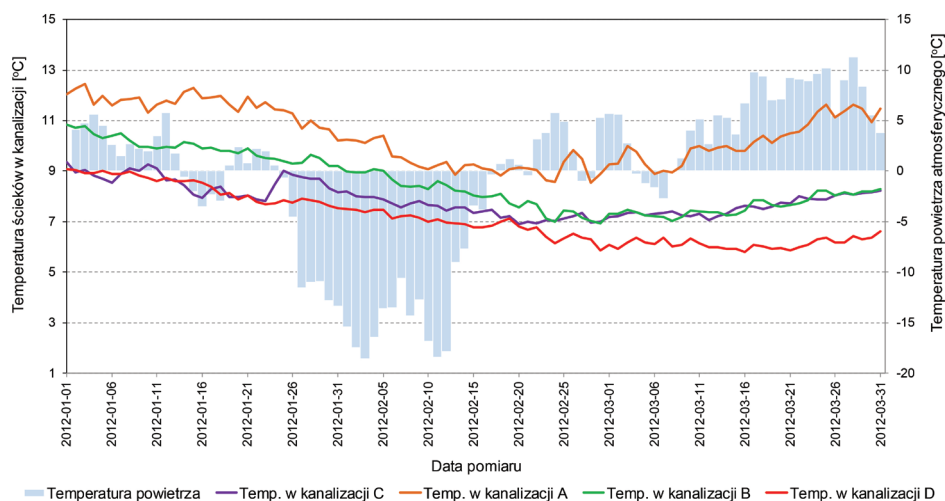
W badanych sieciach kanalizacyjnych nie występują przepompownie, które mogłyby, poprzez retencję ścieków, oddziaływać na ich temperaturę. We wszystkich analizowanych systemach kanalizacyjnych kolektory ściekowe ułożone są na głębokości od 1,6 do 4,5 m.

WYNIKI BADAŃ I ICH DYSKUSJA

W pierwszym etapie badań przeanalizowano przebieg dobowej temperatury ścieków wypływających z czterech kolektorów tranzytowych, o długości od 10 do 620 m, podczas trzech najchłodniejszych miesięcy roku 2012. Wyniki tych badań zamieszczono na rysunku 1.

Najniższa temperatura godzinowa powietrza atmosferycznego w okresie od 01.01.2012 do 31.03.2012 wyniosła $-23,5^{\circ}\text{C}$, a najniższa średnia dobową $-18,5^{\circ}\text{C}$. W analizowanym okresie najwyższą dobową temperaturą charakteryzowały się ciekły wypływające z kolektora tranzytowego obiektu „A”. W kanalizacji tej najbliższe budynki, z których odpływają ścieki, zlokalizowane są już w odległości 10 m od terenu oczyszczalni. Najniższa średnia dobową temperatura ścieków, odpływających z kanalizacji „A” w badanym okresie, wyniosła $8,5^{\circ}\text{C}$ – w dniu 28.02.2012.

W przypadku kanalizacji „B” najniższa średnia dobową temperatura ścieków wyniosła $6,8^{\circ}\text{C}$ w dniu 29.02.2012, kanalizacji „C” $6,9^{\circ}\text{C}$ w dniu 20.02.2012, natomiast kanalizacji „D” $5,8^{\circ}\text{C}$ w dniu 29.02.2012. Analiza uzyskanych wyników wykazała, że we wszystkich systemach kanalizacyjnych, w których długość kolektora tranzytowego była znaczna, średnia dobową temperatura ścieków dopływających do oczyszczalni była niższa od $1,6$ do $2,7^{\circ}\text{C}$ – w porównaniu do obiektu „A” charakteryzującego się minimalnym odcinkiem tranzytowym. Zauważono ponadto, że w przypadku najdłuższego kolektora tranzytowego, w kanalizacji „B”, temperatura ścieków była wyższa niż w kanalizacji „D”, pomimo że w tej ostatniej kolektor tranzytowy był krótszy o 320 m. Można to wytłumaczyć tym, że natężenie przepływu ścieków w kanalizacji „B” było o 130% wyższe niż w kanalizacji „D”. Niemniej z porównania kanalizacji „A” i „B” o podobnych natężeniach przepływu ścieków wynika, że długi kolektor tranzytowy w kanalizacji „B” spowodował obniżenie temperatury ścieków o blisko 2°C .

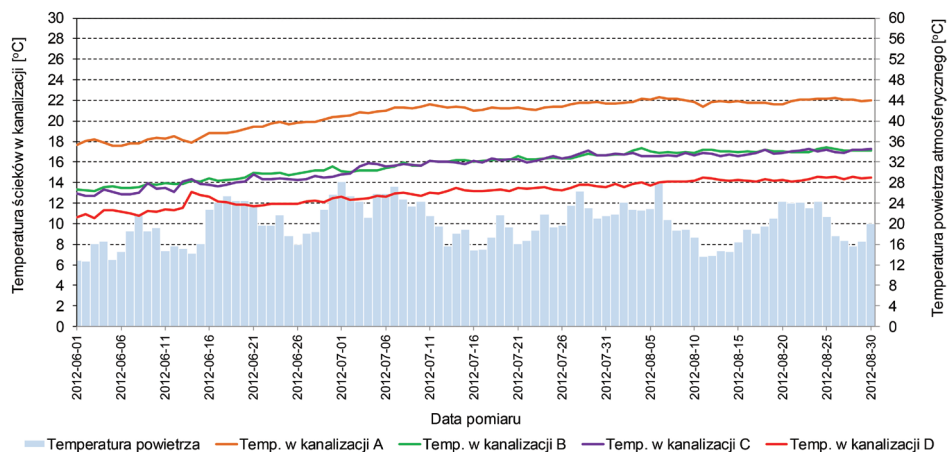


Rysunek 1. Kształtowanie się średniej dobowej temperatury ścieków odpływających z czterech analizowanych sieci kanalizacyjnych na tle średniej dobowej temperatury powietrza atmosferycznego w okresie od 01.01.2012 do 31.03.2012r

Figure 1. Formation of mean daily wastewater temperature outflowing from four analysed sewage systems against mean daily air temperature in period from 01.01.2012 to 31.03.2012r

Analiza danych pomiarowych przedstawionych na rysunku 1 wskazuje na jeszcze jeden pozytywny aspekt, związany z krótkimi odcinkami tranzytowymi. Mianowicie, przy wzroście temperatury powietrza atmosferycznego dużo szybciej wzrosła temperatura ścieków w kanalizacji „A”, charakteryzującej się znikomą długością odcinka tranzytowego. Przykładowo w dniu 25.03.2012, kiedy średnia dobowa temperatura powietrza atmosferycznego wynosiła 10,2°C, różnica pomiędzy temperaturą ścieków odpływających z kolektora kanalizacji „A” i kolektora kanalizacji „B” wyniosła już 3,4°C, natomiast w przypadku kanalizacji „D” – aż 5,2°C. Dodatkowo można stwierdzić, że w kanalizacji „A”, w analizowanym okresie, temperatura ścieków pozwalała już na biologiczne usuwanie związków azotu, co nie było jeszcze możliwe w pozostałych analizowanych systemach kanalizacyjnych.

W drugim etapie badań przeanalizowano przebieg dobowej temperatury ścieków wypływających z czterech kolektorów tranzytowych podczas okresu wysokich temperatur powietrza atmosferycznego, tj. od 01.06.2012 do 31.08.2012. Uzyskane wyniki przedstawiono na rysunku 2.



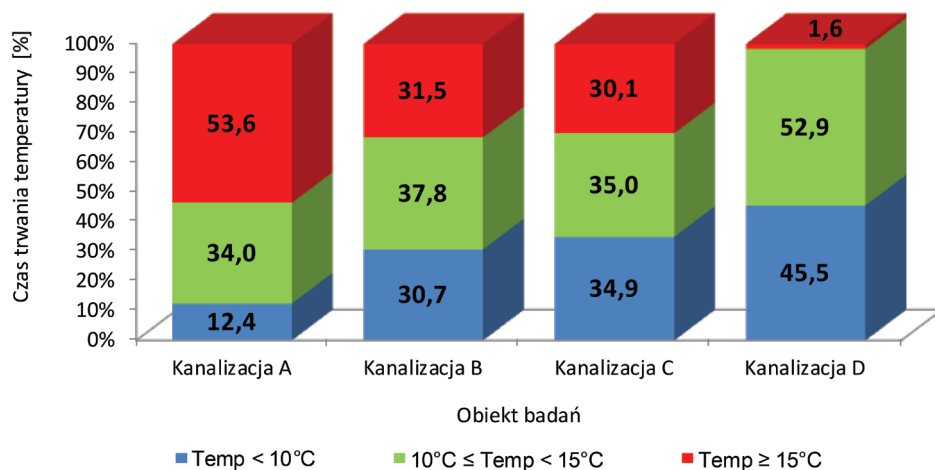
Rysunek 2. Kształtowanie się średniej dobowej temperatury ścieków odpływających z czterech analizowanych sieci kanalizacyjnych na tle średniej dobowej temperatury powietrza atmosferycznego w okresie od 01.06.2012 do 31.08.2012r

Figure 2. Formation of mean daily wastewater temperature outflowing from four analysed sewage systems against mean daily air temperature in period from 01.06.2012 to 31.08.2012r

Średnia dobowa temperatura powietrza atmosferycznego w analizowanym okresie wahała się od 12,8 do 28,1°C. Średnia dobowa temperatura ścieków odpływających z kanalizacji „A” (charakteryzującej się najkrótszym kolektorem tranzytowym) wahała się od 17,6 do 22,3°C, w kanalizacji „B” (charakteryzującej się najdłuższym kolektorem tranzytowym) – od 13,2 do 14°C, w kanalizacji „C” – od 12,7 do 17,3°C, a w kanalizacji „D” – od 10,6 do 14°C. W analizowanym okresie, cechującym się wysoką temperaturą powietrza atmosferycznego, różnica pomiędzy maksymalną dobową temperaturą ścieków w kanalizacji „A”, a maksymalną dobową temperaturą ścieków w kanalizacji „B”, wyniosła blisko 5°C. Porównanie pomiędzy maksymalną dobową temperaturą ścieków w kanalizacji „A” i kanalizacji „C” wykazało natomiast różnicę sięgającą 8°C. W aspekcie usuwania związków biogenych taka różnica temperatur, utrzymująca się przez kilka miesięcy w roku, na pewno nie pozostanie bez wpływu na jakość ścieków oczyszczonych.

Ostatnim etapem badań było porównanie czasów trwania temperatury ścieków odpływających z czterech analizowanych sieci kanalizacyjnych. Do analizy wybrano trzy przedziały temperatury ścieków: mniejszą od 10°C, zamkniętą w przedziale od 10 do 15°C oraz większą bądź równą 15°C. Analizowany, w niniejszej pracy, rok kalendarzowy 2012 obejmował 366 dni, czyli 8784

godziny. Badania temperatury prowadzono w sposób ciągły, a odczyty wykonywano w odstępach 1 godzinnych. Pozwoliło to na bardzo precyzyjne określenie czasów trwania temperatury ścieków w trzech wymienionych przedziałach. Aby uzyskane rezultaty analizy były bardziej czytelne oraz porównywalne, wyniki przedstawiono w procentach (rys. 3). Jako 100% czasu trwania danej temperatury przyjęto 8784 godzin.



Rysunek 3. Procentowy rozkład czasu trwania poszczególnych temperatur ścieków odpływających z analizowanych systemów kanalizacyjnych

Figure 3. Percentage distribution of duration time of each temperatures of wastewater outflowing from analysed sewage systems

Na podstawie wyników zaprezentowanych na rysunku 3 można bardzo dokładnie ocenić, jak lokalizacja danej oczyszczalni wpłynęła na rozkład temperatury dopływających do niej ścieków. W przypadku kanalizacji „A” czas trwania temperatury mniejszej od 10°C (niekorzystnej w aspekcie biologicznego usuwania związków biogennych) stanowił tylko 1086 h, czyli 45 d. W przypadku kanalizacji „B” czas ten był już ponad 1,5 krotnie dłuższy i wynosił 2696 h, czyli 112 d. To oznacza, że przez 1/3 roku temperatura ścieków odpływających z tej kanalizacji wpływała negatywnie na proces usuwania związków biogennych. Znacznie gorsze wyniki uzyskano dla kanalizacji „C” i „D”. W tej ostatniej, czas trwania temperatury niższej od 10°C stanowił aż 3995 h, czyli 167 d. Warty uwagi jest również czas trwania temperatury wyższej od 15°C, czyli intensyfikującej proces biologicznego usuwania azotu i fosforu. W przypadku kanalizacji „A” tak wysoka temperatura ścieków surowych utrzymywała się przez 53,6% roku, czyli przez 4075 h (196 d). W przypadku pozostałych kanalizacji czasy trwania tej temperatury były znacznie niższe. Przykładowo w kanalizacji „B” czas ten

wynosił 2770 h, czyli 115 d, w kanalizacji C – 2643 h, czyli 110 d, natomiast w kanalizacji D – już tylko 144 h, czyli tylko 6 d.

Uzyskane i zaprezentowane wyniki wykazują bardzo wymownie, że odległość małej oczyszczalni ścieków (o RLM < 2000) od zlewni kanalizacyjnej wpływa bardzo istotnie na temperaturę ścieków dopływających do reaktorów biologicznych. Temperatura ścieków wewnątrz komór reaktorów zależy już wyłącznie od ich konstrukcji (otwarte czy zamknięte), charakteru przepływu ścieków (przepływowe, tłokowe czy sekwencyjne), ilości energii wytwarzanej podczas procesów biologicznych, a także ewentualnej ekspozycji komór na promieniowanie słoneczne. Wymienione czynniki powodują, że temperatura ścieków w bioreaktorach może być wyższa lub niższa od temperatury ścieków dopływających. Stan ten ulega dodatkowo ciągłym zmianom w ciągu roku w zależności od kształtowania się i wahań temperatury powietrza atmosferycznego.

Przeprowadzone badania wykazały ponadto, że na temperaturę ścieków dopływających do oczyszczalni, oprócz długości kolektora tranzytowego, istotnie wpływa także natężenie przepływu ścieków.

WNIOSKI

1. Odległość oczyszczalni od zlewni kanalizacyjnej wywiera istotny wpływ na temperaturę ścieków odpływających z sieci kanalizacyjnej. W okresie zimowym średnia dobową temperaturę ścieków odpływających z kolektorów tranzytowych o długości od 300 do 600 m może być niższa nawet o 3°C, natomiast w okresie letnim aż o 8°C, w porównaniu do kolektorów tranzytowych o długości nie przekraczającej 10 m.
2. Na temperaturę ścieków dopływających do oczyszczalni, oprócz długości kolektora tranzytowego, istotnie wpływa także natężenie przepływu ścieków. Przy wzroście natężenia odpływu ścieków z kanalizacji o 100%, ich temperatura może wzrosnąć w okresie zimowym o 1°C, natomiast w letnim o 3°C.
3. W przypadku sieci kanalizacyjnych zakończonych długimi kolektorami tranzytowymi, niekorzystnemu skróceniu ulega czas trwania temperatury ścieków optymalnej w aspekcie usuwania związków biogenych, a przy tym jednocześnie wydłuża się czas trwania temperatury ścieków niekorzystnej dla ich biologicznego oczyszczania.
4. W systemach kanalizacyjnych, charakteryzujących się długimi kolektorami tranzytowymi, wyraźnie wydłuża się czas wzrostu temperatury ścieków dopływających do oczyszczalni pod wpływem wzrastającej temperatury powietrza atmosferycznego w porównaniu do systemów charakteryzujących się krótkimi odcinkami tranzytowymi.

LITERATURA

Arnold E., Bohm B., Wilderem P.A. (2000). *Application of activated sludge and biofilm sequencing batch reactor technology to treat reject water from sludge dewatering systems: a comparison*. Water Science and Technology, 41(1), 115-122.

Barnard J.L. (2000). *Projektowanie oczyszczalni z osadem czynnym usuwających związki biogenne*. Materiały seminarium szkoleniowego „Filozofia projektowania a eksploatacja oczyszczalni ścieków”, LEM Projekt s.c., Kraków.

Bugajski P. (2013). *Zmienność temperatury ścieków w małych systemach kanalizacyjnych*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, nr 3/1/2013, PAN Oddział w Krakowie, Kraków, 103–113.

Bugajski P., Kaczor G. (2012). *Zakres i zmienność temperatury ścieków w bioreaktorze sekwencyjnym*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 8'2012, Wydawnictwo Sigma NOT, Warszawa, 328–330.

Buraczewski G. (1994). *Biotechnologia osadu czynnego*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

Dworkin M., Falkow S., Rosenberg E., Schleifer K.H., Stackebrandt E. (2006). *The Prokaryotes. A Handbook on the Biology of Bacteria*. Third edition, vol. 3, Springer, Singapore.

Gašpariková E., Kapusta Š., Bodík I., Derco J., Kratochvíl K. (2005). *Evaluation of Anaerobic-Aerobic Wastewater Treatment Plant Operations*. Polish Journal of Environmental Studies, Hard Olsztyn, vol. 14, no. 1, 29–34.

Henze M., Harremoës P., Arvin E., (2002). *Wastewater treatment. Biological and Chemical process*. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag.

Kaczor G. (2012). *Wpływ ód infiltracyjnych i przypadkowych na funkcjonowanie małych systemów kanalizacyjnych*. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, zeszyt nr 495, rozprawy, nr 372, ss. 228.

Krzanowski S., Wałęga A. (2009). *Ocena przebiegu procesu nitryfikacji w oczyszczalniach ścieków z osadem czynnym przy wykorzystaniu różnych metod obliczania wieku osadu*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 2, 29–34.

Łyp B. (2008). *Infrastruktura wodno-ściekowa w planowaniu miast*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności sp. z o.o. Warszawa, ss.196.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 roku „w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego” (Dz. U. nr 2014 poz. 984).

Siwiec T. (2001). *Badanie wpływu temperatury na efektywność oczyszczania ścieków w wybranych reaktorach SBR*. Sympozjum Ogólnokrajowe HYDROPREZENTACJE IV, PZITS NOT Katowice, Ustroń 5-6 czerwca 2001, 351–365.

dr hab. inż. Grzegorz Kaczor, dr hab. inż. Piotr Bugajski,
dr hab. inż. Krzysztof Chmielowski
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej
30-059 Kraków, al. Mickiewicza 24/28, tel. 12 662 40 85
rmkaczor@cyf-kr.edu.pl

Wpłynęło: 14.04.2016

Akceptowano do druku: 30.05.2016