



WPŁYW OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W KOTLINIE SĄDECKIEJ NA ZMIENNOŚĆ ILOŚCIOWĄ ŚCIEKÓW DOPIŁYWAJĄCYCH DO OCZYSZCZALNI WIEŁOPOLE

Ewa Wąsik, Piotr Bugajski, Krzysztof Chmielowski, Agnieszka Cupak
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

THE INFLUENCE OF PRECIPITATION IN SĄDECKI BASIN ON THE VARIABILITY OF QUANTITATIVE WASTEWATER INFLOWING INTO THE TREATMENT PLANT WIEŁOPOLE

Streszczenie

Celem pracy była ocena wpływu opadów atmosferycznych, które były obserwowane w Nowym Sączu, na zmienność ilościową ścieków dopływających w latach 2008-2014 do oczyszczalni Wielopole. Dokonano analizy danych z wielolecia w postaci szeregu czasowego, a następnie wykorzystano metodę widmową Fouriera do operacji wygładzania z użyciem okna Hamminga. Określony po dekompozycji związek pomiędzy wysokością opadu a natężeniem ścieków surowych wykazał 56%-owy stopień ich powiązania. Oznacza to, że w okresie analizowanego wielolecia zmienność dopływu do oczyszczalni Wielopole można wytłumaczyć wysokością opadu przez 204 dni w roku.

Słowa kluczowe: opad atmosferyczny, natężenie ścieków, szeregi czasowe

Abstract

The aim of the study was to evaluate the effect of precipitation, which were observed in Nowy Sącz, on the variability of quantitative wastewater inflowing into the treatment plant Wielopole in the years 2008-2014. An analysis of the data from the multi-year was presented as a time

series. The next a method for spectral Fourier smoothing operation using a Hamming window was using. The 56 % relationship between the amount of precipitation and the daily flow of sewage was after decomposition. This means that variability of the flow to the treatment plant Wielopole can be explained by the amount of precipitation in 204 days for annual period.

Keywords: *precipitation, amount of sewage, time series*

WPROWADZENIE

W Karpatach Polskich i na ich przedpolu najwyższe miesięczne sumy opadów notowane są od maja do września, a wśród tych pięciu miesięcy głównie w czerwcu, lipcu i sierpniu (Cebulska M., Twardosz R. 2012). Ukształtowanie Kotliny Sądeckiej, na terenie której położona jest aglomeracja Nowy Sącz, oraz występująca tam cyrkulacja cyklonalna powietrza (Niedźwiedz T. i in. 2009) sprzyja tworzeniu się opadów ulewnych.

W okresie 130 lat na stacji meteorologicznej w Nowym Sączu stwierdzono 48 przypadków anomalnie wysokich opadów (AWO) miesięcznych (Twardosz R., Cebulska M. 2014).

Miasto Nowy Sącz postawiło sobie za cel poprawę infrastruktury związanej z odprowadzaniem ścieków opadowych nie tylko poprzez budowę nowych kanałów deszczowych i przelewów burzowych, lecz również poprzez modernizację istniejącej sieci kanalizacyjnej. Jest to istotny problem w najstarszej części miasta, które oprócz kanalizacji sanitarnej posiada kanalizację ogólnospławną wspólnie odprowadzającą ścieki deszczowe oraz bytowo-gospodarcze. Prawidłowe odprowadzanie wód opadowych na terenie zurbanizowanym jest szczególnie ważne podczas intensywnych opadów deszczu, często skutkujących podtopieniami ulic (www.dts24.pl/zalania-sa-nieuniknione_18655.html).

Podczas wymiarowania nowej kanalizacji deszczowej brane są pod uwagę zależności matematyczne opadów i odpływów z rozpatrywanego obszaru (Królikowska J. i in. 2015). Najczęściej stosowaną przez projektantów metodą obliczeniową jest metoda granicznych natężeń deszczu z wykorzystaniem modelu opadów Błaszczyka w postaci uproszczonej. Przyjmowany we wzorze Błaszczyka średni opad normalny dla Polski w wysokości 600 mm odbiega jednak od wartości udokumentowanych na stacji meteorologicznej w Nowym Sączu. Mały Rocznik Statystyczny (2015) podaje jako roczne sumy opadów w latach 1971-2000 oraz 1991-2000 wartości odpowiednio 696 mm oraz 703 mm. Opracowana natomiast przez Cebulską i in. (2007) wysokość rocznych opadów w okresie wielolecia 1881-2005 wyniosła 718 ± 10 mm. Z tego powodu w celach projektowych powinny być uwzględniane lokalne modele opadu deszczu.

W ujęciu statystycznym zjawiska przyrodnicze można przedstawić w postaci uporządkowanych chronologicznie elementów ciągu, na które oddziałują poprzednie obserwacje oraz składnik losowy. Uzyskany w ten sposób szereg czasowy charakteryzuje określona zmienność, której strukturę harmoniczną można zbadać za pomocą analizy widmowej z wykorzystaniem funkcji trygonometrycznych Fouriera (Box G.E.P., Jenkins G.M., 1983). Metoda ta znana pod nazwą transformaty Fouriera polega na dekompozycji rzeczywistego szeregu czasowego i budowie modelu w postaci sumy tzw. harmonik czyli funkcji sinus lub cosinus w określonych częstotliwościach (www.statsoft.pl).

W celu zmniejszenia wpływu składnika losowego szereg czasowy należy podzielić na mniejsze segmenty i dla każdego wykonać analizę Fouriera. Takie przekształcenie transformaty Fouriera można osiągnąć poprzez wygładzenie przy pomocy ważonej średniej ruchomej stosując operacje tzw. okienkowania.

Jak podaje literatura struktura harmoniczna podstawowych elementów klimatu tj. temperatury powietrza i opadu atmosferycznego może być z powodzeniem opisana metodą transformaty Fouriera z użyciem operacji wygładzania przez okno widmowe Hamminga (Azad S., Rajeevan M. 2016; Churakova O. i in. 2014; Gregorczyk A., Michalska B. 2011; www.statsoft.pl/portals).

Cebulska i in. (2007) na podstawie wieloletnich danych, pochodzących z dziewięciu stacji opadowych położonych w dorzeczu górnej Wisły (m.in. z Krakowa i Nowego Sącza), zaproponowali prognozę rocznych opadów atmosferycznych w tym rejonie. W tym celu do opisu zjawisk okresowości w szeregu czasowym utworzonym przez roczne sumy opadów obserwowane w latach 1812-2000 dla Krakowa, autorzy wykorzystali metodę analizy widmowej Fouriera. Poddając analizie harmonicznej wieloletni przebieg opadów Cebulska i in. wykazali malejący trend wartości prognozowanych od 2001 r. do 2015 r., a następnie możliwość wzrostu ich wielkości do 2030 r.

Sądeckie Wodociągi realizują i planują również zadania związane z problemem infiltracji wód gruntowych do sieci kanalizacyjnej. Dopływ wód infiltracyjnych może być spowodowany m.in. mechanicznym uszkodzeniem przewodów kanalizacyjnych lub ich rozszczelnieniem (Kaczor G. 2009; Kaczor G. i Przebinda A. 2009). Jak podkreślają władze Spółki dopływ wód infiltracyjnych powoduje zawyżenie średniorocznego dobowego dopływu do kanałów nawet o ok. 10 000 m³/dobę (Wieloletni plan 2011).

Ścieki opadowe oraz wody infiltracyjne poprzez zwiększenie obciążenia hydraulicznego sieci kanalizacyjnej powodują wzrost natężenia ścieków surowych dopływających do oczyszczalni, co może mieć wpływ na jej prawidłowe działanie.

Celem artykułu była analiza zmienności opadów atmosferycznych w okresie wielolecia 2008-2014 oraz próba określenia ich wpływu na charakterystykę ilościową ścieków dopływających w tych latach z obszaru aglomeracji Nowy Sącz do oczyszczalni Wielopole.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotowa mechaniczno – biologiczna oczyszczalnia ścieków o wielkości 120 000 RLM znajduje się w gminie Chełmiec na terenie wsi Wielopole. Obiekt został zaprojektowany na średnią dobową przepustowość $Q_{dśr} = 30\,000\text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ oraz maksymalną dobową przepustowość $Q_{dmax} = 42\,200\text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ (Pozwolenie 1999).

Ścieki komunalne, pochodzące z terenu aglomeracji Nowy Sącz dopływają do oczyszczalni siecią kanalizacyjną oraz dowożone są samochodami asenizacyjnymi. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych jest rzeka Dunajec w km 103+600.

Długość sieci kanalizacyjnej obsługującej ok. 85 000 mieszkańców aglomeracji Nowy Sącz wynosi 359,8 km, w tym na terenie samego miasta ma ona łącznie 233,7 km, z czego 35% stanowi kanalizacja ogólnospławna.

Dane źródłowe o wysokości opadu atmosferycznego od 1 stycznia 2008 r. do 31 grudnia 2014 r. uzyskano z internetowej bazy obserwacji prowadzonych na Stacji Hydrologiczno-Meteorologicznej IMiGW w Nowym Sączu (www.tu-tiempo.net), natomiast wartości natężenia ścieków surowych, które w tym okresie czasu dopływały na oczyszczalnię Wielopole otrzymano z Sądeckich Wodociągów Sp. z o.o.

Dla danych z wielolecia określono podstawowe statystyki opisowe tj. średnią, medianę, odchylenie standardowe, rozstęp międzykwartylowy oraz wartości znacznie odbiegające od typowego rozkładu (odstające i ekstremalne). Poddano również analizie ilość przekroczeń przepustowości oczyszczalni ścieków w stosunku do wartości dopuszczalnej w pozwoleniu wodno-prawnym (Pozwolenie 1999).

W celu oceny identyfikacji i opisanie struktury rzeczywistego szeregu czasowego dobowe obserwacje opadu atmosferycznego poddano graficznej prezentacji na tle źródłowych danych utworzonych przez sekwencję dobowego natężenia przepływu ścieków, które w latach 2008-2014 dopływały do oczyszczalni.

Kolejnym krokiem była identyfikacja składników cyklicznych widma. W tym celu surowe szeregi czasowe poddano transformacji Fouriera, a następnie operacji wygładzania za pomocą okna Hamminga. Zobrazowano również ogólną tendencję przebiegu otrzymanych szeregów.

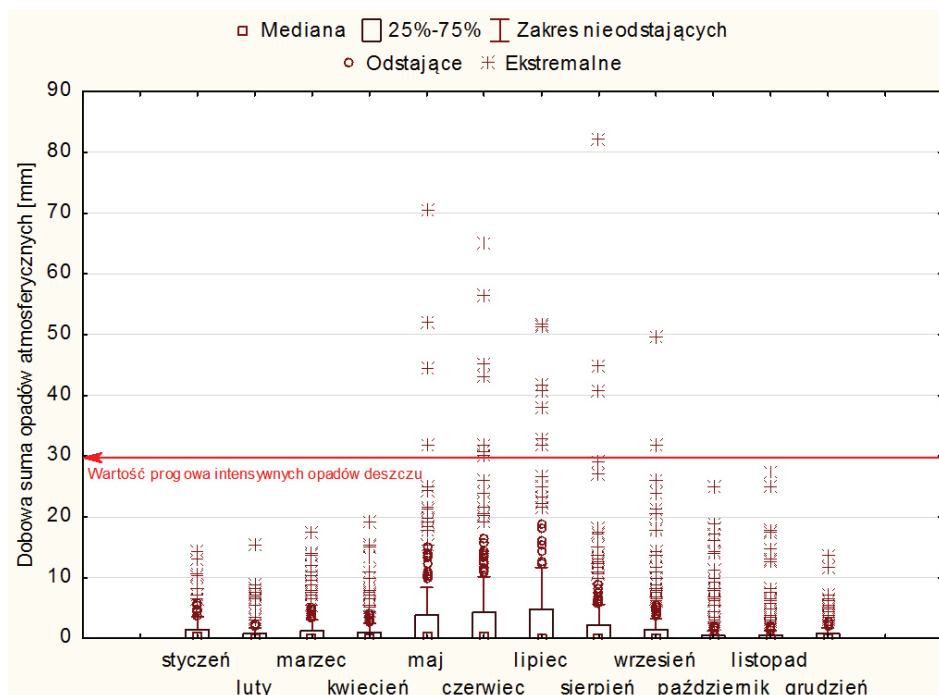
Analiza szeregu pod względem cykliczności polegała na określeniu za pomocą funkcji autokorelacji, czy wartości szeregu są skorelowane z obserwacjami opóźnionymi. Z otrzymanych korelogramów odczytano istotę zależności pomiędzy poszczególnymi wartościami szeregu.

Ostatecznie uzyskane po dekompozycji pojedyncze widma Fouriera poddano wzajemnej analizie. Celem porównania widma opad/przepływ było znalezienie korelacji między dwoma szeregami występującymi w różnych częstotliwościach (www.statsoft.pl).

Wyniki badań poddano statystycznemu opracowaniu przy użyciu programu STATISTICA 10.

WYNIKI I DYSKUSJA

Statystyczną analizę danych źródłowych dla okresu badań od roku 2008 do roku 2014 przedstawiono na rysunku 1 i 2 oraz w tabeli 1.



Rysunek 1. Rozkład dobowych sum opadów atmosferycznych obserwowanych w Nowym Sączu w kolejnych miesiącach roku z okresu wielolecia 2008-2014

Figure 1. Distribution of daily precipitation observed in Nowy Sącz in subsequent months of the year from the period 2008-2014

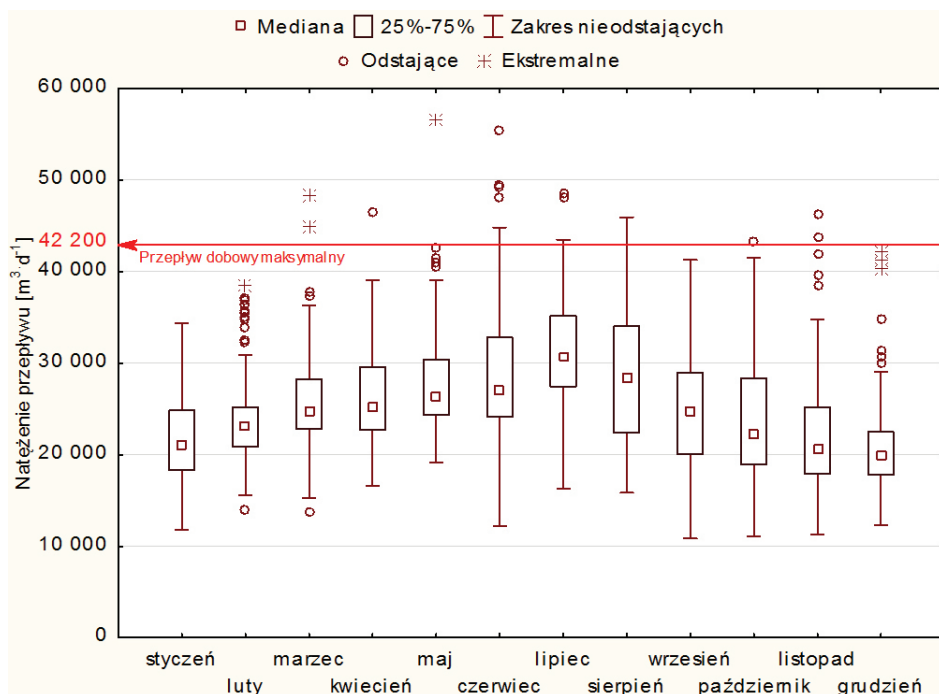
Analizując miesięczny rozkład opadów w zależności od pory roku można stwierdzić przewagę opadów letnich (od maja do lipca) nad opadami zimowymi (od grudnia do lutego), co jest charakterystyczne dla strefy umiarkowanej klimatu obejmującej obszar Polski.

Zgodnie z progową wartością dobowej wysokości opadów określającą opady o wysokości powyżej 30 mm jako intensywne (Zarządzenie 2013) określono częstotliwość ich występowania w latach 2008-2014 (tabela 1). Porów-

nując poszczególne miesiące wyraźnie widać występowanie opadów intensywnych od maja do września, a szczególnie w miesiącach letnich. Suma opadów obserwowanych w lecie i na jesieni stanowiła 89% opadów rocznych z 2009 r. i 67% opadów rocznych z 2010 r. Cały rok 2010 wyróżnił się pod względem ilości intensywnych opadów atmosferycznych, w konsekwencji czego ich suma roczna była aż o 62 % wyższa od rocznej sumy opadów z wielolecia 1881-2005 podawanych przez Cebulską i in. (2007).

Tabela 1. Analiza sumy opadów atmosferycznych oraz w okresie wielolecia 2008-2014
Table 1. Analysis of the total precipitation and the multi-year period 2008-2014

Parametr/Rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Okres wielolecia 2008-2014
Roczna suma opadów (mm)	642,11	920,72	1160,74	655,54	613,17	752,60	894,04	805,56
Miesięczna średnia suma opadów na wiosnę (mm)	24,55	34,03	40,63	26,41	51,22	32,59	34,46	104,53
Miesięczna średnia suma opadów w lecie (mm)	88,57	159,34	172,64	136,90	101,18	104,23	143,34	388,37
Miesięczna średnia suma opadów na jesieni (mm)	75,60	115,49	86,02	43,18	56,57	36,49	90,85	216,09
Miesięczna średnia suma opadów w zimie (mm)	26,94	49,10	36,56	15,83	32,09	48,84	16,25	96,69
Dobowe wysokości tzw. intensywnych opadów (mm)	41,66 (VII) 37,85 (VII) 32 (IX)	56,64 (VI) 30,99 (VI) 43,18(VI) 45,21 (VI) 82,3 (VIII)	70,36 (V) 65,02 (VI) 51,56 (VII) 44,7 (VIII) 49,53 (IX)	29,97 (VI) 51,31 (VII)	32,0 (VI)	44,45 (V) 56,39 (VI)	52,07 (V) 40,89 (VII) 33,02 (VII) 40,89 (VIII)	-



Rysunek 2. Rozkład dobowego natężenia ścieków dopływających do oczyszczalni w Nowym Sączu w kolejnych miesiącach roku z okresu wielolecia 2008-2014

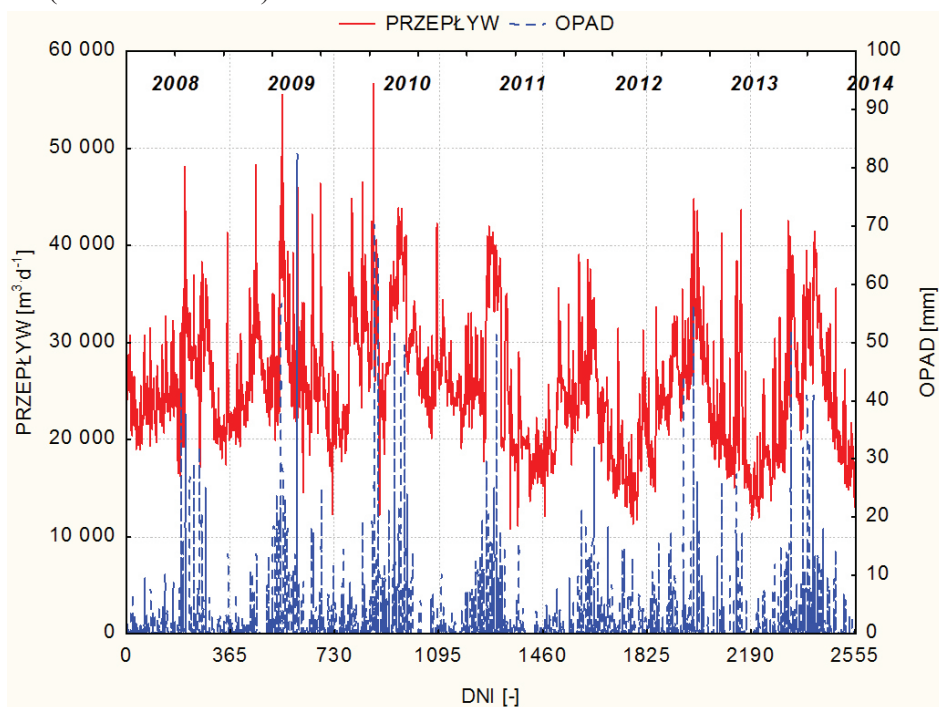
Figure 2. Distribution of daily volume of wastewater flowing into the treatment plant in Nowy Sącz in subsequent months of the year from the period 2008-2014

Analizując następnie dobowe natężenie ścieków dopływających do oczyszczalni Wielopole w latach 2008-2014 (rys.2) zaobserwowano, że najwyższymi wartościami mediana oraz odchylenia standardowego wyróżniały się miesiące letnie tzn. czerwiec, lipiec i sierpień, charakteryzujące się występowaniem intensywnych deszczy. Najniższe mediany oraz rozstęp międzykwartylowy odnotowano w miesiącach zimowych od grudnia do stycznia czyli w miesiącach o niskim zużyciu wody oraz najniższej średniej sumie opadów.

W okresie omawianego wielolecia podczas występowania intensywnych deszczy zaobserwowano na oczyszczalni ścieków Wielopole przekroczenia dopuszczalnej wartości maksymalnej przepustowości $Q_{\text{dmax}} = 42\,200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ (Pozwolenie 1999). Dwanaście przypadków przekroczeń miało miejsce w roku 2009 (głównie w czerwcu i lipcu), natomiast w roku 2010 na dziesięć przypadków aż sześć zanotowano w sierpniu. Największy dobowy przepływ o wartości ($56\,640 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$) zanotowano podczas gwałtownych opadów deszczu skutku-

jących powodzią w maju 2010 r. Chmielowski i Ślizowski (2010) dokonując oceny skuteczności pracy oczyszczalni ścieków Wielopole od stycznia do listopada 2009 r. stwierdzili prawidłowe działanie obiektu zgodne z wymogami pozwolenia wodno-prawnego.

W ciągu rozpatrywanych lat 2008-2014 obliczone dla miesiąca lipca średnie dobowe natężenie ścieków wyniosło $30\,831\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ i było o 3% wyższe od wartości określonej w pozwoleniu wodno-prawnym. Średnia dobowa objętość ścieków dopływających w okresie wielolecia do oczyszczalni ścieków w Nowym Sączu wyniosła $25\,301\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ i była o 16% niższa od dopuszczalnej wartości (Pozwolenie 1999).



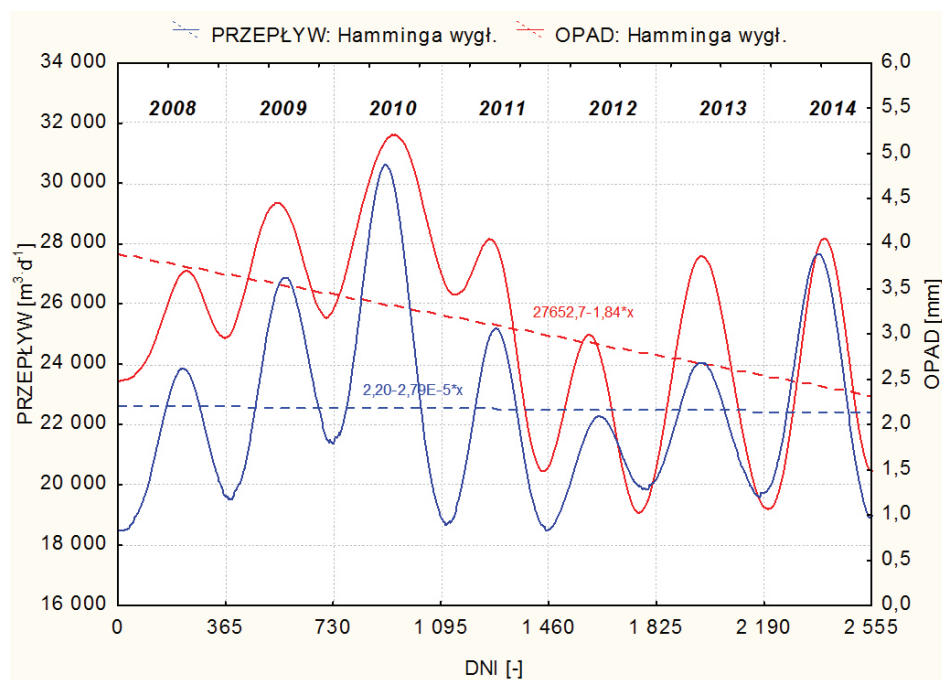
Rysunek 3. Szereg czasowy opadu atmosferycznego na tle dobowego natężenia przepływu ścieków dopływających do oczyszczalni ścieków w Nowym Sączu w latach 2008-2014

Figure 3. Time series of daily sewage amount entering the wastewater treatment plant in Nowy Sącz in the years 2008-2014

Na rysunku 3 przedstawiono wygenerowane dla okresu 2008-2014 rzeczywiste szeregi czasowe o dobowej rozdzielczości. Obrazują one zmiany opadu

atmosferycznego zanotowane na stacji meteorologicznej Nowym Sączu na tle zmian natężenia ścieków dopływających do oczyszczalni ścieków Wielopole. Struktura obydwu szeregów surowych charakteryzuje się znacznymi wahaniami wartości, brakiem wyraźnie zarysowanego trendu oraz niesprecyzowanej cykliczności zmian.

Dokonując próby określenia korelacji pomiędzy ilością ścieków dopływających do oczyszczalni a wysokością opadów atmosferycznych w poszczególnych miesiącach roku stwierdzono, że jedyną zależnością o przeciętnej wartości (współczynnik $r=0,46$) charakteryzowały się wrzesień i listopad. Są to miesiące, w których w Polsce południowej najrzadziej występują cyrkulacje odpowiednio typu „C” i „a” (Twardosz R., Cebulska M. 2014). Należy pamiętać, że na współczynnik korelacji mają wpływ wartości skrajne, dlatego w przypadku pozostałych miesięcy zaobserwowano słabą lub wręcz nikłą zależność. Biorąc pod uwagę pory roku współczynnik korelacji wahał się od słabej zależności w zimie ($r=0,26$) do wysokiej zależności w lecie ($r=0,67$).



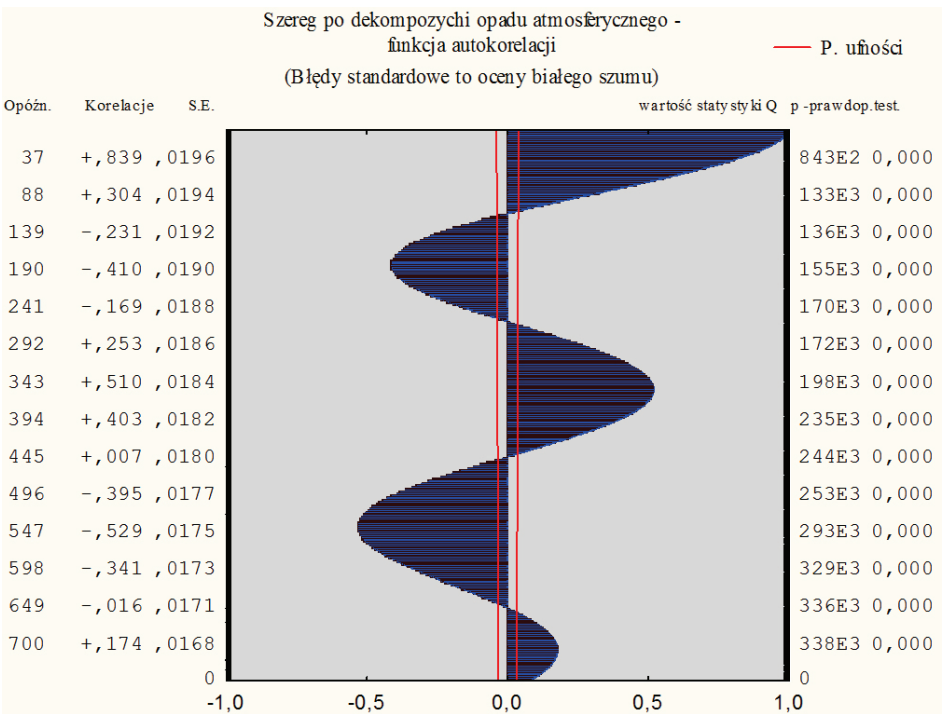
Rysunek 4. Wyniki dekompozycji z użyciem okna Hamminga. Widoczny trend i cykliczność zmian

Figure 4. Decomposition using a Hamming window results. Visible trend and cyclical changes

W celu identyfikacji składników cyklicznych i zbadania tendencji zmian surowe szeregi czasowe poddano kolejno analizie pojedynczego widma Fouriera stosując operacje okienkowania. Na rysunku 4 przedstawiono rezultaty dekompozycji za pomocą wygładzania z użyciem okna Hamminga.

Zaobserwowano nieznacznie malejący trend dla dobowych wysokości opadu zanotowanych w latach 2008-2014. Obserwacja ta jest zbieżna z prognozą podaną przez Cebulską i in. (2007), z której wynikało, że tendencja spadkowa miała utrzymywać się do roku 2015, a później można było oczekiwać wzrostu ilości opadów. W przypadku charakteru zmian natężenia dopływu do oczyszczalni w okresie badań rysuje się wyraźnie malejący trend w okresie omawianego wielolecia.

W celu przeanalizowania szeregu opadu atmosferycznego pod względem cykliczności dokonano jego autokorelacji (rys.5). Z wykresu funkcji autokorelacji można odczytać, że drugie maksimum wystąpiło w 354 dniu roku, natomiast trzecie maksimum miało miejsce po kolejnych 357 dniach, co sugeruje roczną cykliczność tego szeregu.



Rysunek 5. Wykres funkcji autokorelacji szeregu wartości opadu atmosferycznego
Figure 5. Autocorrelation of the series of daily precipitation

Ostatnim etapem było określenie związku pomiędzy opadem atmosferycznym a zmiennością ilościową ścieków surowych. Określona na 365 dni przez Wąsik i in. (2016) sezonowość szeregu czasowego dobowych wartości natężenia ścieków dopływających do przedmiotowej oczyszczalni pozwoliła na podanie wzajemnej analizie obydwu otrzymane po dekompozycji widma Fouriera. Otrzymany współczynnik korelacji na poziomie 0,75 wskazuje na istnienie bardzo wysokiej zależności liniowej. Współczynnik determinacji o wartości 56% oznacza, że w okresie rocznym dwieście cztery przypadki zmienności natężenia przepływu mogą zostać wyjaśnione zmiennością opadu atmosferycznego na terenie aglomeracji Nowy Sącz.

WNIOSKI

1. Przedsięwzięcia ostatniego 5-lecia związane z projektami „Modernizacja i rozbudowa systemu gospodarki wodno-ściekowej Miasta Nowego Sącza z przyległymi terenami gmin sąsiednich” oraz „Rozbudowa wodociągów i kanalizacji w Gminie Nowy Sącz i Stary Sącz” zostały docenione w Polsce jako „Skok cywilizacyjny dzięki inwestycjom” (Raport 2015). Jak ważna dla tego obszaru jest dalsza realizacja zadań związanych z uporządkowaniem gospodarki wodno-ściekowej wskazuje wysoka zależność między przepustowością oczyszczalni ścieków Wielopole a wysokością opadów obserwowanych na terenie aglomeracji Nowy Sącz (www.swns.pl).
2. Łatwa do zastosowania metoda oparta na analizie widma Fouriera poprzedzonego operacją okienkowania okazała się być użytecznym narzędziem do określenia cykliczności zmian opadu atmosferycznego.
3. Otrzymany na poziomie 56% współczynnik determinacji oznacza, że w okresie rocznym na terenie aglomeracji Nowy Sącz dwieście cztery przypadki zmienności natężenia dopływu ścieków do oczyszczalni Wielopole mogły zostać wyjaśnione zmiennością opadu atmosferycznego. Fakt ten jest szczególnie istotny, ponieważ w związku ze zmianą obszaru, który obejmuje aglomerację Nowy Sącz istniejąca oczyszczalnia powinna zostać poddana modernizacji ze względu na planowany dobowy dopływ ścieków od 180 000 RLM (Uchwała 2015).

Badania zrealizowane w ramach DS 3347/KISiGW/2016 zostały sfinansowane z dotacji na naukę przyznanej przez MNiSW.

LITERATURA

Azad S., Rajeevan M., (2016), *Possible shift in the ENSO-Indian monsoon rainfall relationship under future global warming*, Scientific Reports; 6: 20145.

Box G.E.P., Jenkins G.M. (1983), *Analiza szeregów czasowych*. Warszawa, PWN.

Cebulska M., Twardosz R., (2012), *Zmienność czasowa najwyższych miesięcznych sum opadów atmosferycznych w polskich Karpatach Zachodnich (1951 – 2005)*, Prace Geograficzne UJ, z. 128, 123 – 134.

Cebulska M., Twardosz R., Cichocki J., (2007), *Zmiany rocznych sum opadów atmosferycznych w dorzeczu górnej Wisły w latach 1881-2030*, (w:) K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, UJ Kraków: 383-390.

Chmielowski K., Ślizowski R., (2010), *Ocena skuteczności oczyszczania ścieków w oczyszczalni ścieków w Nowym Sączu-Wielopolu*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich PAN, Oddział w Krakowie nr 2: 155–167.

Churakova O., Eugster W., Zielis S., Cherubini P., Etzold S., Saurer M., Siegwolf R., Buchmann N., (2014), *Increasing relevance of spring temperatures for Norway spruce trees in Davos, Switzerland, after the 1950s*, Trees 28:183–191.

Gregorczyk A., Michalska B., (2011), *Zmienność temperatury powietrza w Szczecinie w latach 1949-2008*, Acta Agrophysica, 17(2): 301-309.

Kaczor G. (2009), *Otwory we włazach studzienek kanalizacyjnych jako jedna z przyczyn przedostawania się wód przypadkowych do sieci rozdzielczej*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, nr 9: 155-163.

Kaczor G., Przebinda A., (2009), *Analiza uszkodzeń kanałów sanitarnych po krótkim okresie eksploatacji*. Inżynier Budownictwa, nr 11(67), Wydawnictwo Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa sp. z o.o.: 56 – 59.

Królikowska J., Królikowski A., Żaba T., (2015), *Kanalizacja Podstawy projektowania, wykonawstwa i eksploatacji*, Politechnika Krakowska Wydawnictwo.

Mały Rocznik Statystyczny Polski 2015, Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa.

Niedźwiedz T., Twardosz R., Walanus A., (2009), *Long-term variability of precipitation series in east central Europe in relation to circulation patterns*, Theoretical and Applied Climatology, 98, 3–4: 337–350.

Pozwolenie wodno-prawne wydane przez Prezydenta miasta Nowego Sącza 1999.

Raport “25 lat samorządności – POLSKIE MIASTA PRZYSZŁOŚCI”, (2015), Ośrodek dialogu i analiz THINKTANK: 48.

Twardosz R., Cebulska M., (2014), *Anomalnie wysokie miesięczne opady atmosferyczne w Polskich Karpatach i na ich przedpolu (1881 – 2010)*, Prace Geograficzne, z. 138, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ Kraków: 7 – 28.

Uchwała Nr VIII/143/15 Sejmiku Województwa Małopolskiego z dnia 27 kwietnia 2015 r. w sprawie wyznaczenia aglomeracji Nowy Sącz.

Wąsik E., Chmielowski K., (2016), *The use of Holt-Winters method for forecasting the amount of sewage inflowing into the wastewater treatment plant in Nowy Sącz*, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, Vol. 27 nr 1(67): 1-6.

Wieloletni plan rozwoju i modernizacji urządzeń wodociągowych i urządzeń kanalizacyjnych będących w posiadaniu Spółki „Sądeckie Wodociągi” Sp. z o. o. na lata 2012 – 2016, Załącznik do Uchwały Nr XVI/156/2011 Rady Miejskiej w Starym Sączu z dnia 30.12.2011 r.

Zarządzenie Dyrektora IMGW PIB w sprawie w sprawie klasyfikacji stopni zagrożenia dla zjawisk meteorologicznych stosowana w ostrzeżeniach meteorologicznych IMGW-PIB od 01.11.2013.

www.dts24.pl/zalania-sa-nieuniknione_18655.html

www.statsoft.pl

www.statsoft.pl/portals/0/Downloads/zmiennoscstemperatury.pdf

www.swns.pl

www.tutiempo.net

dr inż. Ewa Wąsik, dr hab. inż. Piotr Bugajski
dr hab. inż. Krzysztof Chmielowski, dr inż. Agnieszka Cupak

Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej,
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie,
Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków
e.wasik@ur.krakow.pl

Wpłynęło: 8.04.2016

Akceptowano do druku: 8.05.2016