

Katarzyna GÓRSKA¹, Bartosz SZELAĞ¹, Jarosław GÓRSKI¹ i Łukasz BĄK¹

KORELACJE MIĘDZY WYBRANYMI ZANIECZYSZCZENIAMI W ŚCIEKACH DESZCZOWYCH

CORRELATION BETWEEN SELECTED POLLUTANTS IN RAINFALL WASTEWATER

Abstrakt: W ostatnim okresie coraz częściej zwraca się uwagę na fakt, że zanieczyszczenia ścieków deszczowych to nie tylko definiowane odpowiednimi przepisami zawiesiny ogólne i związki ropopochodne, ale też inne związki mające wpływ na środowisko gruntowe i wody odbiornika. Należą do nich m.in. metale ciężkie, chlorki, siarczany, biogeny, zanieczyszczenia mikrobiologiczne. Zróżnicowanie czynników wpływających na jakość ścieków deszczowych, związanych między innymi z zanieczyszczeniem powietrza atmosferycznego czy rodzajem pokrycia terenu oraz prowadzonej działalności człowieka, powoduje, że określenie typowego ich składu jest zadaniem bardzo trudnym, szczególnie jeśli mamy do czynienia z terenami zurbanizowanymi. W rezultacie duże zanieczyszczenie wód opadowych odprowadzanych z terenów miejskich wpływa zdecydowanie na okresowe pogorszenie stanu czystości wód oraz destabilizuje równowagę biologiczną w odbiorniku. W artykule przedstawiono wyniki badań stanu zanieczyszczenia ścieków deszczowych spływających systemem kanalizacyjnym z obszaru wybranej zlewni o typowo miejskim charakterze, zlokalizowanej w centrum Kielc. Do analiz wytypowano wezbrania z okresu letniego i zimowego, w czasie których pobrano za pomocą automatycznego samplera próby ścieków deszczowych i roztopowych. Oznaczono w nich stężenia metali ciężkich (Ni, Cu, Cr, Zn, Pb, Cd), chlorków oraz określono pH i temperaturę. Do oceny korelacji między analizowanymi wskaźnikami zanieczyszczeń zastosowano metodę składowych głównych, a na tej podstawie sporządzono biploty oraz wyznaczono współrzędne czynnikowe.

Słowa kluczowe: ścieki deszczowe, metale ciężkie, analiza składowych głównych, biploty

Wprowadzenie

Badania terenowe jakości ścieków deszczowych prowadzone w zlewniach zurbanizowanych [1-3] wykazują znaczne zróżnicowanie stężeń poszczególnych zanieczyszczeń w nich zawartych. Ich źródłem jest najczęściej ruch uliczny (zużywanie się części pojazdów, w tym opon i klocków hamulcowych, wycieki benzyny, spaliny samochodowe, korozja powierzchni metalowych i galwanizowanych, ścieranie się nawierzchni drogowej), atmosfera (pyły i cząstki w niej zawieszony) oraz w mniejszym stopniu tereny zielone (nawozy i środki owado- i grzybobójcze). Na zmienność wskaźników zanieczyszczeń zasadniczy wpływ ma przede wszystkim pora roku, ukształtowanie, rodzaj oraz wilgotność powierzchni terenu, prędkość wiatru, charakterystyki opadowe, kierunek przemieszczania się frontu opadowego, a także natężenie ruchu samochodowego [4-9]. Czynniki te determinują zawartość zawiesin ogólnych oraz metali ciężkich, jakie są akumulowane i zmywane z powierzchni zlewni. Badania prowadzone w kraju i zagranicą [10-17] podają, że ich stężenia w ściekach deszczowych odpływających ze zlewni miejskich zmieniają się w bardzo dużym zakresie, nawet jeżeli są to obszary o podobnym sposobie zagospodarowania. Stwierdzenie to

¹ Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Politechnika Świętokrzyska, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, tel. 41 34 24 733, email: k.gorska@tu.kielce.pl

^{*}Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'13, Jarnołtówek, 23-26.10.2013

upoważnia do postawienia tezy o braku możliwości ustalenia typowego składu ścieków deszczowych.

Wiele praktycznych informacji na temat procesu gromadzenia metali ciężkich i lotnych związków organicznych można znaleźć w pracy Mahbuba i in. [18]. Autorzy analizowali w niej nawierzchnie drogowe w zlewniach (zabudowa jednorodzinna, tereny przemysłowe oraz centra miast) w południowo-wschodniej części stanu Queensland w Australii. Badano w nich stężenia metali ciężkich (Ni, Al, Mn, Cu, Zn, Cd, Cr) oraz lotnych związków organicznych. Do interpretacji wyników wykorzystano analizę głównych składowych, która potwierdziła istotny wpływ średnicy zawieszin na zależność między średnim natężeniem ruchu a analizowanymi zanieczyszczeniami. Ponadto stwierdzono, że sposób użytkowania terenu nie ma wpływu na proces gromadzenia się zanieczyszczeń (metali ciężkich i lotnych związków organicznych) na nawierzchniach drogowych.

Badania zlewni drogowych (o pow. 0,392-1,280 ha) w USA prowadzone przez Stenstroma i Kayhaniana [19] wykazały silne korelacje między stężeniami wybranych metali ciężkich (Cu i Ni, Pb i Zn, Cd i Zn, Ni i Cr) oraz wartościami ChZT a stężeniami azotu amonowego, azotu Kjeldahla i całkowitego fosforu. Analizą zmian stężenia zanieczyszczeń w procesie depozycji i zmywania zajmowali się także Wicke i in. [20], przy czym w badaniach tych ograniczono się wyłącznie do powierzchni parkingowych. Wykazali oni silną zależność między ilością metali ciężkich (Zn, Cu, Pb) oraz zawieszin ogólnych deponowanych na różnych powierzchniach parkingowych a długością okresu bezdeszczowego.

Celem niniejszego artykułu są badania zależności między metalami ciężkimi (Ni, Cd, Pb, Cu, Cr, Zn) a stężeniem chlorków, pH i temperaturą ścieków deszczowych, do których wykorzystano analizę głównych składowych. Omówiono również zakresy zmian poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń.

Materiał i metody

Opis obiektu

W pracy wykorzystano badania jakości ścieków deszczowych wykonane w latach 2009-2011 w zlewni zurbanizowanej kanału Si9 na terenie miasta Kielce. Analizowana zlewnia zlokalizowana jest w centralno-wschodniej części miasta Kielce, a jej całkowita powierzchnia równa jest 62 ha. Zabudowę zlewni stanowią głównie osiedla mieszkaniowe, budynki użyteczności publicznej, ulice magistralne oraz boczne. Szczegółowy opis zlewni można odnaleźć w pracach Górskiej i Sikorskiego [3] oraz Bąka i in. [21].

Stanowisko badawcze zostało wyposażone w automatyczne urządzenie do poboru próbek ścieków ("SAMPLER 6712") oraz przepływomierz typu "2150" firmy Teledyne ISCO zlokalizowane w komorze rozdziału oczyszczalni wód deszczowych.

Metodyka badań

W przypadku prowadzonych badań sampler został skonfigurowany w ten sposób, że uruchamiano go w momencie przekroczenia zadanego poziomu ścieków w kanale (3-5 cm), rejestrowanego przez sondę do pomiaru napełnienia. Ilość próbek ścieków (max 24) oraz odstęp czasowy pomiędzy kolejnymi próbkami (5-20 min) ustalano indywidualnie dla

poszczególnych wezbrań. Zainstalowany przepływomierz działał na zasadzie pomiaru ciśnienia słupa wody oraz pomiaru prędkości średniej w znanym przekroju poprzecznym kanału. Wielkości te rejestrowane były za pomocą sondy AV zlokalizowanej w kanale Si9. Zamontowany w sondzie czujnik pomiaru temperatury ścieków deszczowych dokonywał pomiaru z dokładnością $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ oraz krokiem czasowym 15 min.

Odczyn pH zmierzono za pomocą pehametru HI 9321 MICROPROCESSOR firmy HANNA Instruments, zgodnie z normą PN-90/C-04510/01. Stężenie chlorków Cl^{-} oznaczono według metodyki podanej w normie PN-ISO 9297/1994. Zawartość metali ciężkich zbadano metodą absorpcyjnej spektroskopii atomowej (ASA) z atomizacją płomieniową według normy PN-EN ISO 8288:2002. Przed wykonaniem oznaczenia próbki zostały zmineralizowane według metodyki opisanej w normie EN ISO 15587-1:2002.

W pierwszym etapie analiz określono zakresy oraz wartości średnie badanych zanieczyszczeń ścieków deszczowych, a następnie wyniki te porównano z badaniami z innych zlewni zurbanizowanych [22-24]. Następnie, do oceny zależności pomiędzy poszczególnymi wskaźnikami jakości ścieków zastosowano analizę głównych składowych. Jest to metoda redukcji wielowymiarowości danych zawierających dużą liczbę skorelowanych zmiennych. Redukcja ta jest osiągnięta przez transformację danych wejściowych do nowych zmiennych (głównych składowych), które są ortogonalne (nieskorelowane). Redukcja wymiaru przestrzeni cech, uporządkowanie ich na podzbiory (główne składowe) jest przydatna głównie ze względu na możliwość zinterpretowania relacji między składowymi, graficznej prezentacji konfiguracji porównywanych zmiennych, a wreszcie uporządkowania tych zmiennych według przyjętych cech. Analiza głównych składowych jest powszechnie stosowaną metodą do analizy danych jakościowych i ilościowych [25, 26].

Dyskusja i wyniki badań

Zakres badań obejmował okres od kwietnia 2009 r. do maja 2011 r., w czasie którego przeanalizowano 17 fal wezbraniowych w tym 13 wywołanych opadem deszczu (wiosna-lato-jesień) oraz 4 spowodowane topnieniem śniegu (zima).

Analizując zestawione w tabeli 1 zakresy stężeń chlorków, można zauważyć, że w przypadku zlewni kieleckiej ich wartości maksymalne nie przekraczały $185,0 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ dla wezbrań deszczowych oraz $325 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ dla wezbrań roztopowych. W okresie zimowym wartości średnie były ponad 3-krotnie wyższe niż w letnim. Porównując uzyskane wyniki z badaniami prowadzonymi w innych zlewniach [22-24], w których stężenia Cl^{-} osiągały nawet $25\,000 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$, można stwierdzić, że otrzymane wartości były wielokrotnie niższe. Należy podkreślić, że wysokie wartości stężeń chlorków w ściekach deszczowych wynikają głównie z używania mieszaniny piasku i chlorku sodu do zimowego utrzymania ulic. O prawidłowym wyznaczeniu wartości maksymalnych decyduje więc przede wszystkim właściwy moment poboru próby. Wykorzystywany w zlewni kieleckiej sampler podczas wysokich mrozów był demontowany (groźba uszkodzenia pompy perystaltycznej), a uruchamiany w momencie, kiedy temperatury nie były niższe niż -5°C .

Wartości pH zmieniały się w bardzo wąskim zakresie: 7,2-7,6 w zimie oraz 7,05-7,8 w lecie, mieszcząc się w przedziałach podawanych w literaturze [22, 23]. Temperatura

ścieków deszczowych wahała się w granicach 4,28-15,61°C (średnia 11,12°C) w wezbraniach deszczowych oraz 1,49-3,80°C (średnia 2,99°C) w roztopowych.

Tabela 1

Stężenia metali ciężkich i chlorków w ściekach deszczowych w świetle badań własnych i literaturowych

Table 1

Concentrations of heavy metals and chlorides in wastewater rain in terms of research their own and literature

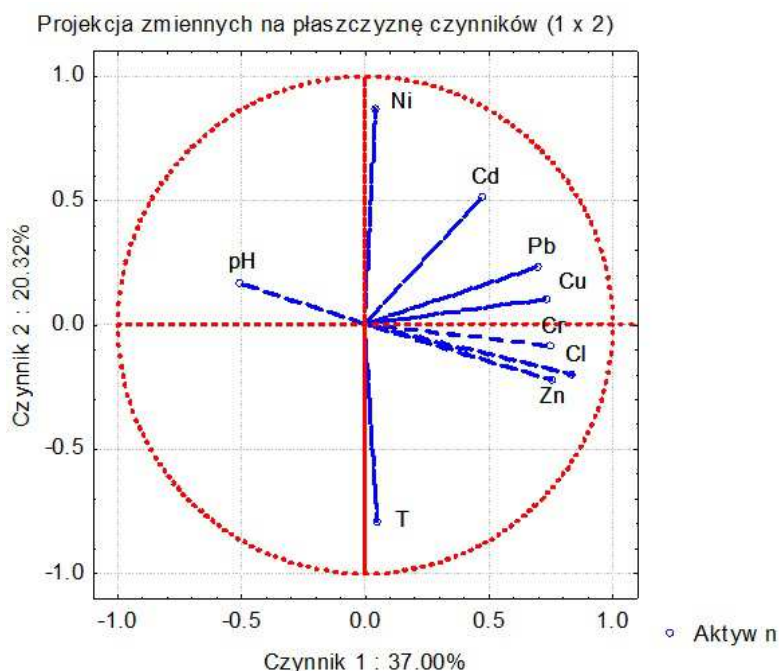
Miary statystyczne	Chlorki	Metale ciężkie					
	Cl ⁻	Ni	Cu	Cr	Zn	Pb	Cd
	[g·m ⁻³]	[g·m ⁻³]	[g·m ⁻³]	[g·m ⁻³]	[g·m ⁻³]	[g·m ⁻³]	[g·m ⁻³]
Badania własne							
wezbrania deszczowe (okres letni)							
zakres	30,0-185,0	0,000-0,114	0,024-1,068	0,002-0,350	0,045-3,873	0,049-1,282	0,000-0,162
średnia	54,65	0,034	0,122	0,068	0,414	0,403	0,021
wezbrania roztopowe (okres zimowy)							
zakres	66,0-325,0	0,011-0,168	0,054-0,320	0,000-0,196	0,091-0,858	0,157-1,405	0,007-0,034
średnia	188,0	0,083	0,137	0,062	0,371	0,391	0,018
Dąbrowski [22]							
zakres	10,6-3843	-	-	0,030-0,400	0,450-8,250	0,160-2,500	0,000-0,400
Królikowski i Tuz [23]							
zakres	265,0-9900	0,016-0,073	0,017-0,314	0,006-0,097	0,131-1,581	0,030-0,580	0,001-0,008
średnia	1959	0,036	0,132	0,057	0,867	0,250	0,003
Garbarczyk [24]							
zakres	10,0-25000	0,020-0,040	0,100-0,200	0,020-0,060	0,300-0,800	0,200-0,400	0,002-0,003

Dla wezbrań deszczowych i roztopowych stwierdzono nieznaczne różnice średnich stężeń w przypadku Cr i Cd. Z kolei dla Ni i Cu wartości średnie były wyższe w okresie zimowym, natomiast dla Zn i Pb zależność była odwrotna. W przypadku wartości maksymalnych dla wezbrań roztopowych znacznie niższe stężenia osiągały Cu i Zn oraz w mniejszym stopniu Cr i Cd (tab. 1).

Porównując obliczone wartości średnie stężeń z danymi literaturowymi (tab. 1), można zauważyć, że tylko dla Pb i Cd były one wyższe, a dla pozostałych metali (oprócz Zn) były porównywalne. Natomiast dla wartości maksymalnych jedynie w przypadku Ni (0,168 g·m⁻³) oraz Cu (1,068 g·m⁻³) nie mieściły się one w zakresach podanych przez innych badaczy.

W pierwszym etapie analizy głównych składowych wyznaczono wartości własne dla danych z okresu letniego i zimowego niezbędnych do określenia liczby składowych. W tym celu zastosowano kryterium Kaisera, zgodnie z którym powinno przyjmować się czynniki o wartościach własnych powyżej 1,0. Dla obydwu badanych okresów czasu w dalszych rozważaniach uwzględniono wyłącznie 3 pierwsze główne składowe. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że w przypadku wezbrań roztopowych i deszczowych pierwsza składowa objaśnia odpowiednio 49,16 i 37,0% wariancji, natomiast II i III składowe objaśniają odpowiednio 20,87 i 11,74% oraz 20,32 i 14,75% wariancji.

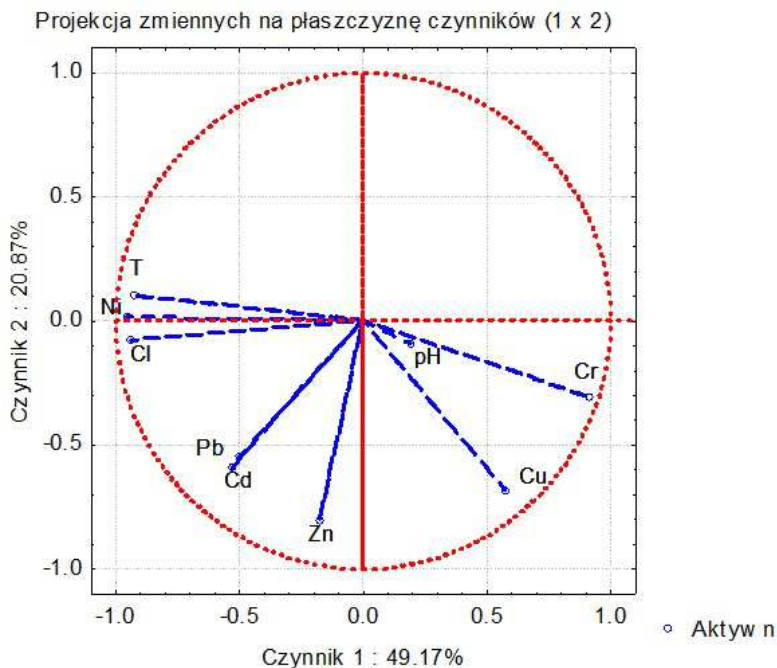
Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że w przypadku wezbrań deszczowych występują zależności pomiędzy wartością pH a stężeniami chlorków, cynku i chromu (rys. 1), co jednak ma charakter całkowicie przypadkowy i nie jest uzasadnione z chemicznego punktu widzenia. Ponadto, analizując kąty między promieniami wodzącymi, zauważono występowanie zależności pomiędzy stężeniami Cl^- i Zn oraz Cl^- i Cr, Cr i Zn, a także Pb i Cu. Na wielkość pierwszej składowej decydujący wpływ ma stężenie chlorków, miedzi, chromu i ołowiu, z kolei na drugą i trzecią składową wpływają odpowiednio: zawartość niklu i temperatura przepływających ścieków deszczowych (T) oraz stężenie ołowiu i kadmu.



Rys. 1. Konfiguracja wektorów ładunków względem dwóch pierwszych składowych dla ścieków deszczowych z okresu letniego

Fig. 1. Configure the load vectors of the first two components of storm water from period of summer

Dla analizowanych wezbrań roztopowych wykazano zależności pomiędzy temperaturą ścieków deszczowych i stężeniami miedzi oraz chromu, a także pomiędzy wartościami pH i zawartością niklu (rys. 2). Podobnie jak w poprzednim przypadku, zależności te mają charakter typowo stochastyczny i nie mogą być podstawą do jakichkolwiek uogólnień. Stwierdzono także silną zależność między stężeniami Cd i Pb oraz Cl^- i Ni. Na pierwszą składową istotny wpływ ma stężenie chlorków, niklu, chromu oraz temperatura przepływających ścieków, natomiast na drugą oraz trzecią składową odpowiednio: stężenia miedzi i cynku oraz pH. Przeprowadzone obliczenia wykazały znacznie mniejsze oddziaływanie zawartości ołowiu i kadmu na wartość drugiej składowej.



Rys. 2. Konfiguracja wektorów ładunków względem dwóch pierwszych składowych dla ścieków roztopowych z okresu zimowego

Fig. 2. Configure the load vectors of the first two components of snowmelt from period of winter

Wnioski

1. Wartości średnie stężeń metali ciężkich w wezbraniach roztopowych były wyższe niż w deszczowych wyłącznie w przypadku Ni i Cu, zaś wartości maksymalne jedynie dla Ni i Pb, przy czym różnice te były nieznaczne. Odbiega to od powszechnego przekonania o znacznie wyższym zanieczyszczeniu ścieków deszczowych metalami ciężkimi w okresie zimowym.
2. Zakresy badanych stężeń metali ciężkich mieszczą się zasadniczo w granicach podawanych w literaturze. Wyjątek stanowią jedynie wartości maksymalne stężeń Ni oraz Cu, które są znacznie wyższe od podawanych.
3. Na podstawie analizy głównych składowych w zakresie danych jakościowych ścieków deszczowych zinterpretowano następujące zależności relacji między składowymi:
 - dla okresu letniego - pomiędzy stężeniami Cl^- i Zn, Cl^- i Cr, Cr i Zn oraz Pb i Cu,
 - dla okresu zimowego - pomiędzy stężeniami Cd i Pb oraz Cl^- i Ni.
4. Stwierdzone zależności pomiędzy Cd oraz Pb są typowe dla punktowych i obszarowych źródeł antropogenicznych. Metale te sorbują się na powierzchniach pyłów w procesie spalania węgla kamiennego (okres zimowy) oraz dostają się do środowiska wraz ze ścieraniem się ogumienia pojazdów. Podobnie stężenia Ni, który

występuje w oleju napędowym i opałowym, czy stężenia Zn i Cr pochodzące głównie ze ścierania powłok galwanicznych pojazdów.

5. Występowanie związków pomiędzy analizowanymi metalami a chlorkami może być związane z korozyjnym oddziaływaniem soli na elementy metalowe pojazdów samochodowych.

Literatura

- [1] Jaromin-Gleń KM, Widomski MK, Łagód G, Mazurek W. Proc ECOpole. 2012;6(2):725-730. DOI: 10.2429/proc.2012.6(2)099.
- [2] Gnecco I, Berretta C, Lanza LG, La Barbera P. Italy Atmos Res. 2005;77:60-73. DOI: 10.1016/j.atmosres.2004.10.017.
- [3] Górską K, Sikorski M. Proc ECOpole. 2013;7(1):333-341. DOI: 10.2429/proc.2013.7(1)045.
- [4] Chudziak A. Wod Kan. 2008;1:44-45.
- [5] Górską K. Zmienność ładunków zanieczyszczeń w ściekach deszczowych na przykładzie wybranej zlewni. [Rozprawa doktorska]. Kielce: Politechnika Świętokrzyska; 2012.
- [6] Małecka D, Małecki JJ. Udział opadów atmosferycznych w kształtowaniu chemizmu wód strefy hipergenicnej. Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce. Łódź: Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego; 2000.
- [7] Sansalone JJ, Buchberger SG. J. Environ Eng. 1997;123(2):134-143. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9372(1997)123:2(134).
- [8] Sawicka-Siarkiewicz H. Ograniczenie zanieczyszczeń w spływach powierzchniowych z dróg. Ocena technologii i zasady wyboru. Warszawa: Wyd. IOŚ; 2003.
- [9] Twarowski R, Błachuta J, Gendolla T, Liana E, Sienkiewicz R. Rozkład przestrzenny depozycji zanieczyszczeń z opadów atmosferycznych na obszarze Polski w zależności od kierunków napływu mas powietrza. Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce. Łódź: Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego; 2002.
- [10] Królikowski A, Garbarczyk K, Gwoździej-Mazur J, Butarewicz A. Osady powstające w obiektach kanalizacji deszczowej. Monografia 35. Lublin: PAN; 2005.
- [11] Mangani G, Berloni A, Bellucci F, Tatano F, Maione M. Water Air Soil Pollut. 2005;160:213-228.
- [12] Rossa L, Sikorski M. Woda - Środowisko - Obszary Wiejskie. 2006;1(16):335-347.
- [13] Ernst WH, Joosse-Van Damme NG. Zanieczyszczenie środowiska substancjami mineralnymi. Skutki biologiczne. Warszawa: PWRiL; 1989.
- [14] Lee JH, Lau SL, Kayhanian M, Stenstrom MK. Water Res. 2004;38:4153-4163. DOI: 10.1016/j.watres.2004.07.012.
- [15] Soller J, Stephenson J, Olivieri K, Downing J, Olivieri AW. J Environ Manage. 2005;76:309-318. DOI: 10.1016/j.jenvman.2004.12.007.
- [16] Lee JH, Bang KW. Water Res. 2000;34(6):1773-1780. DOI: 10.1016/S0043-1354(99)00325-5.
- [17] Zobrist J, Müller SR, Ammann A, Mottier V, Ochs M, Schoenenberger R, et al. Water Res. 2000;34(5):1455-1462. DOI: 10.1016/S0043-1354(99)00290-0.
- [18] Mahbub P, Goonetilleke A, Ayoko GA, Egodawatta P, Yigitcanlar T. Analysis of build-up of heavy metals and volatile organics on urban roads in Gold Coast. 7th International Conference on Sustainable Techniques and Strategies for Urban Water Management. Australia: 2010.
- [19] Stenstrom MK, Kayhanian M. First Flush Phenomenon Characterization. Report to the California Department of Transportation. Sacramento: 2005.
- [20] Wicke D, Cochrane TA, O'Sullivan A. J Environ Manage. 2012;113:347-354. DOI: 10.1016/j.jenvman.2012.09.005
- [21] Bąk Ł, Górski J, Górską K, Szelań B. Ochr Środow. 2012;34(2):49-52.
- [22] Królikowski A, Tuz PK. Ocena stanu czystości wód małych rzek będących odbiornikami ścieków opadowych z terenu zurbanizowanego. IV Kongres Kanalizatorów Polskich POLKAN. Łódź; 1999:269-281.
- [23] Dąbrowski W. Oddziaływanie sieci kanalizacyjnych na środowisko. Kraków: Wyd. Politechniki Krakowskiej; 1998.
- [24] Garbarczyk K. Wpływ ścieków deszczowych na zawartość zanieczyszczeń w osadach zatrzymywanych w urządzeniach kanalizacji deszczowej systemu rozdzielczego. [Rozprawa doktorska]. Białystok: Politechnika Białostocka; 1999.

- [25] Goonetilleke A, Thomas E, Ginn S, Gilbert D. *J Environ Manage.* 2005;74(1):31-42. DOI: 10.1016/j.jenvman.2004.08.006
- [26] Huang J, Du P, Ao C, Ho M, Lei M, Wang Z. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2007;79(6):650-654. DOI: 10.1007/s00128-007-9297-1.

CORRELATION BETWEEN SELECTED POLLUTANTS IN RAINFALL WASTEWATER

Faculty of Environmental Engineering, Geomatics and Power Engineering
Kielce University of Technology

Abstract: Recently, increasing attention has been paid to the fact that the rainfall wastewater pollution is defined not only by the suspended solids and oil derivatives, the admissible levels of which are given in regulations, but also by other compounds that affect the soil environment and the waters of the receiver. Those include, among others, heavy metals, chlorides, sulphates, biogenic substances, and microbiological pollutants. The quality of rainfall wastewater is influenced, among others by atmospheric air pollution, type of terrain coverage, and human activity. Diversity of factors that affect the quality of rainfall wastewater is enormous, which makes it extremely difficult to determine a typical composition of such wastewater, especially in urbanised areas. As a result, high pollution of rainfall waters running off from urban areas has a decisive impact on periodic deterioration of water purity and it disturbs the biological balance in the receiver. The paper presents the results of investigations on the pollution of rainfall wastewater running off, through a sewer system, from the area of selected catchment, typically urban in character, located in the centre of Kielce. The analysis was conducted for high water stages occurring in summer and winter periods. Samples of rainfall and spring thaw wastewater were collected using an automatic sampler. Heavy metals (Ni, Cu, Cr, Zn, Pb, Cd) and chloride concentrations, pH and temperature were determined for those samples. To assess the correlation between analysed pollution indexes, the Principal Component Analysis was used, on the basis of which biplots were made and factor coordinates were determined.

Keywords: rainfall wastewater, heavy metals, Principal Component Analysis, biplots