

Ewa OCIEPAPolitechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii i Ochrony Środowiska
ul. Brzeźnicka 60a, 42-200 Częstochowa

Ocena zanieczyszczenia ścieków deszczowych trafiających do systemów kanalizacyjnych

Woda opadowa ulega zanieczyszczeniu już w czasie kontaktu z powietrzem. W wyniku opadu powstaje spływ powierzchniowy, który ulega dalszemu, na ogół zdecydowanie wyższemu zanieczyszczeniu niż w atmosferze. Zgromadzone substancje są wprowadzane do gleb lub wód powierzchniowych, powodując ich skażenie. W wodach opadowych trafiających do kanalizacji lub gruntu spotyka się przede wszystkim takie zanieczyszczenia, jak: zawiesiny, węglowodory, metale ciężkie, związki biogenne, a nawet skażenia bakteriologiczne. W artykule przedstawiono wyniki badań stanu zanieczyszczenia ścieków deszczowych spływających do systemów kanalizacyjnych z ulic Częstochowy. Oznaczono: pH, zawiesinę ogólną, BZT₅, ChZT oraz metale ciężkie w ściekach trafiających do sieci kanalizacyjnej. Badano wpływ czasu trwania opadu na stężenia zanieczyszczeń w ściekach. Jednym z najważniejszych parametrów w ocenie stopnia zanieczyszczenia ścieków jest obecność zawiesiny. Zawartość jej w wodach opadowych była bardzo zróżnicowana i wahała się w przedziale od 11 do 410 mg/dm³. Jakość ścieków zależała przede wszystkim od rodzaju zagospodarowania zlewni, stanu sanitarnego zlewni, długości przerw między opadami i czasu trwania deszczu. Początkowy spływ ścieków deszczowych charakteryzował się na ogół największą koncentracją zanieczyszczeń. Po 20 min trwania deszczu redukcja zanieczyszczeń w porównaniu ze spływem początkowym wyniosła: zawiesina ogólna od 12,2 do 72,4%, BZT₅ od 25 do 75%, ChZT od 9,8 do 50,8%.

Słowa kluczowe: opady atmosferyczne, źródła zanieczyszczeń opadu, spływy z powierzchni uszczelnionych, metale ciężkie

Wprowadzenie

Wzrost urbanizacji prowadzi do zwiększania powierzchni szczelnych, z których następuje spływ ścieków opadowych do systemów kanalizacyjnych, a następnie do odbiorników tych ścieków. Przy szczelnym pokryciu zlewni zostaje z niej odprowadzone ok. 60÷70% wód opadowych, w związku z czym do gruntu wsiąka zaledwie 30÷40% całości opadu (w warunkach naturalnych w granicy 95%) [1].

Podstawowymi rodzajami zanieczyszczeń, jakie niosą ze sobą ścieki deszczowe, są [2, 3]: zanieczyszczenia grube, tj. piasek, żwir, zawiesiny, metale ciężkie, związki biogenne, substancje ropopochodne, nawozy naturalne i sztuczne, środki ochrony roślin.

Na ilość i stężenie zanieczyszczeń w spływach opadowych odprowadzanych z dróg, parkingów, placów do systemów kanalizacyjnych mają wpływ takie czynniki, jak [2, 4, 5]: stopień zanieczyszczenia atmosfery, natężenie ruchu pojazdów, rodzaj nawierzchni dróg, parkingów oraz częstotliwość i sposób ich oczyszczania, sposób zwalczania gołoledzi, charakterystyka opadu (czas trwania, intensywność, długość przerwy pomiędzy opadami), pora roku.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami, wody opadowe i roztopowe ujęte w systemy kanalizacyjne pochodzące z zanieczyszczonej powierzchni szczelnej, tj. z terenów przemysłowych, składowych, baz transportowych, lotnisk, centrów miast, dróg krajowych, wojewódzkich i powiatowych klasy G, a także parkingów o powierzchni powyżej 0,1 ha, wprowadzane do wód lub ziemi nie powinny zawierać więcej niż 100 mg/dm^3 zawiesin ogólnych oraz 15 mg/dm^3 węglowodorów ropopochodnych [6, 7]. We wszystkich pozostałych przypadkach wody opadowe i roztopowe mogą być wprowadzone do gruntu lub wód powierzchniowych bez ich oczyszczania. Oceny jakości ścieków w związku z tak sprecyzowanymi przepisami dokonuje się na ogół u wylotu kanałów do odbiorników. Biorąc pod uwagę to, że zanieczyszczenia wprowadzane do kanalizacji powodują zamulenia przewodów i uzbrojenia sieci, a także stężenia ich wpływają na stan ścieków u wylotu do odbiorników, w pracy dokonano oceny zanieczyszczenia ścieków deszczowych spływających do systemów kanalizacyjnych ze zlewni miejskich.

1. Materiał i metody badań

1.1. Materiał badań

Przedmiotem badań były ścieki opadowe ulegające spływowi powierzchniowemu z kilku częstochowskich ulic do kanalizacji. Próbkę wód opadowych pobierano przed wpustami ulicznymi, odprowadzającymi ścieki opadowe do kanalizacji. Pobór próbek deszczowych odbywał się od 18 lipca 2009 do 8 grudnia 2009 r. Pobieranie próbek miało miejsce podczas trwania opadu atmosferycznego, na etapie początkowego spływu powierzchniowego oraz w czasie kolejnych minut trwania deszczu. Pobierano 3-4 próbki wód opadowych w odstępach czasu ok. 5÷10-minutowych. Próbkę deszczową pobierano do butelek o pojemności 2 dm^3 , a następnie przewożono do laboratorium, gdzie oznaczano: BZT_5 , ChZT, zawiesinę ogólną, pH, metale ciężkie (w wodzie opadowej po odsączeniu zawiesiny).

1.2. Metody badań

Zawiesinę ogólną oznaczano metodą wagową [8].

Oznaczenie pH ścieków wykonano metodą potencjometryczną [9].

Metale ciężkie oznaczano metodą ICP-AES w spektrometrze plazmowym Thermo Scientific - IRIS Intrepid II [XSP], zakres oznaczenia powyżej $0,05 \text{ } \mu\text{g/dm}^3$.

Do oznaczenia ChZT zastosowano metodę dwuchromianową z wykorzystaniem spektrofotometru HACH DR /4000 V [10].

BZT_5 oznaczono metodą respirometryczną z wykorzystaniem zestawu OXI Top WTW [8].

2. Wyniki badań i ich omówienie

W tabeli 1 przedstawiono wyniki badań stanu zanieczyszczenia ścieków deszczowych z poszczególnych ulic.

Tabela 1

Stężenia zanieczyszczeń w ściekach deszczowych spływających z ulic Częstochowy

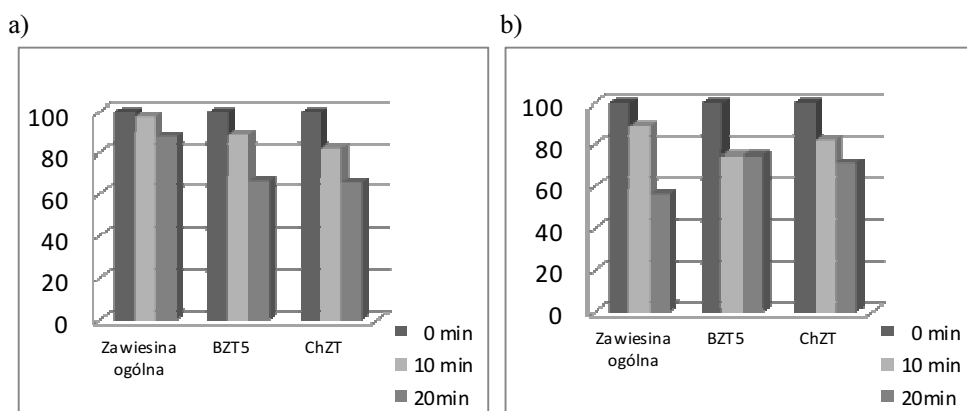
Czas min	pH	ChZT	BZT ₅	Zawiesina ogólna mg/dm ³	Metale ciężkie, µg/dm ³				
		mgO ₂ /dm ³			As	Pb	Cd	Ni	Cu
ul. Warszawska dn. 18.07.09									
0	6,5	62,0	45	410	18,97	46,0	0,71	17,09	5,44
5	6,5	59,4	45	403	18,95	46,0	0,70	17,08	5,41
10	6,4	50,8	40	401	17,89	45,5	0,70	16,97	5,31
20	6,4	41,0	30	360	15,21	44,0	0,67	16,05	4,87
ul. Warszawska dn. 08.12.09									
0	6,7	78,9	40	318	19,94	45,5	0,70	20,31	5,19
10	6,4	64,8	30	284	19,26	44,0	0,68	19,54	5,07
20	6,4	56,7	30	179	18,99	43,0	0,67	19,17	4,97
ul. Brzeźnicka dn. 26.07.09									
0	6,2	51,0	40	174	13,50	45,0	0,56	21,09	4,10
10	6,2	42,0	30	111	12,10	44,5	0,53	20,12	3,40
20	6,0	38,0	20	48	11,97	42,5	0,47	19,77	3,37
ul. Brzeźnicka dn. 08.12.09									
0	6,0	90,7	20	49	23,17	43,5	0,63	29,94	6,00
10	5,6	77,3	25	11	18,76	46,5	0,61	32,12	5,07
20	5,7	72,9	20	74	20,76	49,5	0,63	27,25	5,36
ul. PCK dn. 17.11.09, wpust deszczowy 1									
0	6,1	101,7	40	346	15,28	56,5	0,77	31,24	7,49
5	6,2	95,6	40	323	14,45	54,0	0,70	25,10	7,23
10	6,5	81,7	30	220	13,45	63,0	0,66	24,57	7,01
20	6,5	69,3	10	153	12,38	58,5	0,60	21,52	6,84
ul. PCK dn. 17.11.09, wpust deszczowy 2									
0	6,9	129,0	30	183	12,89	21,0	0,69	32,03	6,57
5	6,8	117,4	25	177	12,71	32,0	0,68	28,59	6,12
10	6,7	106,7	20	131	12,49	62,5	0,62	28,04	7,99
20	6,9	106,4	20	106	28,24	44,0	0,65	30,10	5,12
ul. Orkana dn. 26.07.09									
0	6,3	95,1	35	158	13,40	43,0	0,59	27,08	4,89
10	6,3	86,2	30	103	12,99	44,7	0,56	26,88	5,11
20	6,2	75,0	30	84	12,70	42,8	0,56	25,98	4,80
ul. Dąbrowskiego dn. 23.11.09									
0	6,4	52,1	25	155	19,00	42,0	0,60	19,50	5,54
10	6,3	61,8	20	105	18,65	42,6	0,61	19,42	5,23
20	6,3	70,9	25	215	18,00	41,9	0,60	18,00	5,00

Analiza wyników zamieszczonych w tabeli 1 wskazuje na wysokie zróżnicowanie zanieczyszczenia ścieków deszczowych, związane z miejscem, datą poboru próbki oraz czasem trwania opadu atmosferycznego (fazą deszczu). Duże wahania

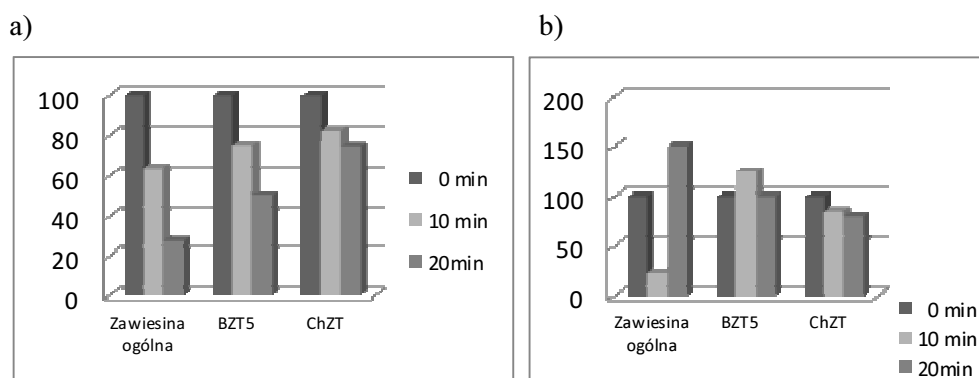
zanieczyszczeń w spływach deszczowych stwierdzili także inni autorzy [4, 11, 12]. Nawet ścieki pobrane w tym samym czasie z danej ulicy, ale przy dwóch różnych wpustach deszczowych różniły się znacznie stężeniem zanieczyszczeń, o czym świadczą wyniki badań ścieków z ulicy PCK.

Badane ścieki opadowe miały odczyn lekko kwaśny, pH wahało się w zakresie od 5,6 do 6,9. Czas nie wpływał znacząco na zmianę wartości pH. Ilość zawiesiny w ściekach była zróżnicowana od 11 mg/dm³ (ul. Brzeźnicka) do 410 mg/dm³ (ul. Warszawska). Wartości ChZT wahały się również w szerokim zakresie - od 38,0 mgO₂/dm³ (ul. Brzeźnicka) do 129,0 mgO₂/dm³ (ul. PCK). Wartości BZT₅ mieściły się w przedziale od 10 mgO₂/dm³ (ul. PCK) do 45 mgO₂/dm³ (ul. Warszawska). Udział zawiesin ogólnych w spływach był w większości przypadków bardzo wysoki, z czego największy udział mają zawiesiny mineralne. ChZT zgodnie z danymi literaturowymi jest najbardziej miarodajnym w ocenie zanieczyszczenia ścieków deszczowych, zaś BZT₅ może być uznany za wskaźnik pomocniczy z uwagi na możliwość toksycznego oddziaływania substancji chemicznych zawartych w ściekach deszczowych na bakterie. Analiza wyników zamieszczonych w tabeli 1 pozwala stwierdzić, że dla większości pomiarów istniała korelacja między wartościami ChZT a BZT₅ w kolejnych fazach odpływu ścieków do kanalizacji. Zależność ta nie jest zachowana dla ścieków pochodzących z ulic PCK i Orkana. Metale ciężkie występowały w niewielkich stężeniach. Niskie stężenie metali ciężkich w spływach opadowych może wynikać z faktu, iż pierwiastki te zasorbowane są przede wszystkim na powierzchni cząstek stałych, a zawartość metali określano po odsączeniu zawiesiny. Liczne badania potwierdzają, że z zawiesiną może być związanych ponad 80% różnych zanieczyszczeń, np. 97÷99% ołowiu [13-15]. Usunięcie zawiesin zatem przyczyni się do spadku stężenia metali w ściekach [4].

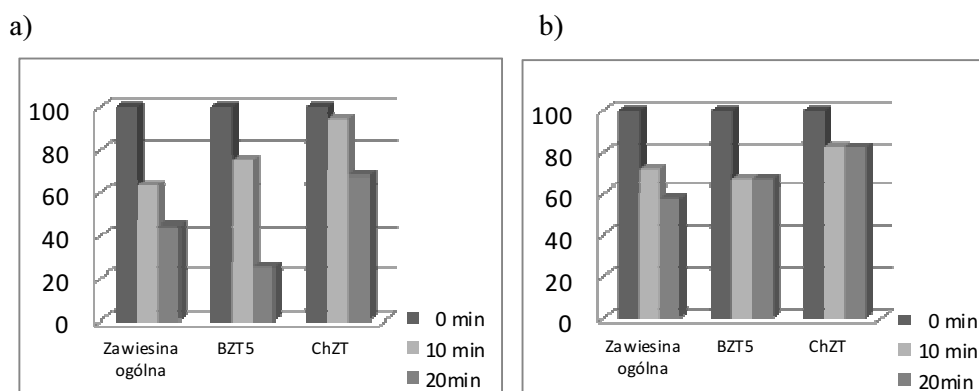
Na rysunkach 1-4 przedstawiono procentowe zmiany wartości zawiesiny ogólnej, BZT₅, ChZT, w kolejnych minutach trwania spływu dla poszczególnych ulic. Za 100% przyjęto stężenia wskaźników zanieczyszczeń w początkowym etapie spływu.



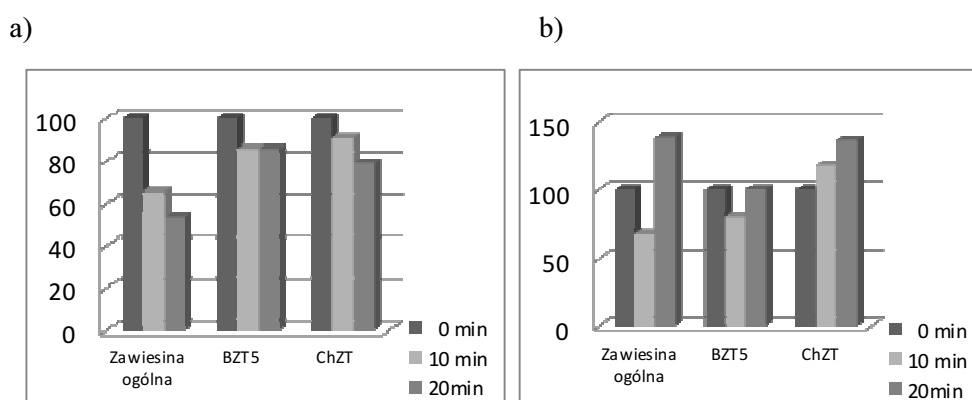
Rys. 1. Procentowa zmiana wskaźników zanieczyszczeń w spływach opadowych: a) ul. Warszawska 18.07.09, b) ul. Warszawska 08.12.09



Rys. 2. Procentowa zmiana wskaźników zanieczyszczeń w splywach opadowych: a) ul. Brzeźnicka 27.07.09, b) ul. Brzeźnicka 08.12.09



Rys. 3. Procentowa zmiana wskaźników zanieczyszczeń w splywach opadowych: a) ul. PCK 17.11.09, wpust deszczowy nr 1, b) ul. PCK 17.11.09, wpust deszczowy nr 2



Rys. 4. Procentowa zmiana wskaźników zanieczyszczeń w splywach opadowych: a) ul. Orkana 26.07.09, b) ul. Dąbrowskiego 23.11.09

Analiza wyników badań wskazuje, że największa koncentracja zanieczyszczeń występowała najczęściej podczas początkowego spływu powierzchniowego, w następnych etapach jego trwania występowało zmniejszenie stężenia zanieczyszczeń w nim zawartych. Po 20 min trwania deszczu redukcja zanieczyszczeń w porównaniu ze spływem początkowym wyniosła: zawiesina ogólna od 12,2 do 72,4%, BZT₅ od 25 do 75%, ChZT od 9,8 do 37,5%. W ściekach z ulic Brzeźnickiej i Dąbrowskiego stwierdzono wzrost zanieczyszczeń w kolejnych fazach opadu. Przyczyny mogły być różne, np. wzrost natężenia opadu w następnych etapach spływu i związane z tym wypłukiwanie nagromadzonych w zagłębieniach terenu zanieczyszczeń. Badania innych autorów również potwierdzają, że „pierwsza fala” jest najczęściej najbardziej zanieczyszczona. Zjawisko to nie jest jednak regułą, zdarzają się wypadki, kiedy najwyższe stężenie zanieczyszczeń pojawia się w dalszym etapie spływu bądź utrzymuje się na wysokim poziomie przez znacznie dłuższy czas [16-18].

Wnioski

Na podstawie przeglądu literatury oraz przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Wyniki badań wskazują na duże zróżnicowanie zanieczyszczenia ścieków deszczowych, związane z miejscem, datą poboru próbki oraz fazą deszczu. Stężenia zanieczyszczeń z uwagi na dużą zmienność powinny być monitorowane.
2. Spływy opadowe ze względu na zmienne stężenia zanieczyszczeń mogą przyjmować charakter groźnych dla środowiska ścieków bądź obojętnych dla otoczenia wód opadowych.
3. Największa koncentracja zanieczyszczeń występuje najczęściej podczas początkowego spływu powierzchniowego, w następnych etapach jego trwania stwierdzono zmniejszenie stężenia zanieczyszczeń w nich zawartych. Po 20 min trwania deszczu redukcja zanieczyszczeń w porównaniu ze spływem początkowym wyniosła: zawiesina ogólna od 12,2 do 72,4%, BZT₅ od 25 do 75%, ChZT od 9,8 do 50,8%.
4. W nielicznych przypadkach stwierdzono wzrost zanieczyszczeń w kolejnych fazach opadu. Przyczyny mogły być różne, np. wzrost natężenia opadu w następnych etapach spływu i związane z tym wypłukiwanie nagromadzonych w zagłębieniach terenu zanieczyszczeń.
5. Stężenie metali ciężkich w badanych próbkach ścieków było niskie. Wynikało to z faktu, że badania stężenia metali wykonano w wodzie opadowej po odsączeniu zawiesiny, która może absorbować nawet ponad 90% metali ciężkich.

Podziękowanie

Praca została zrealizowana w ramach BS-401/301/05/P.

Literatura

- [1] Królikowska J., Podczyszczanie ścieków opadowych przy zastosowaniu hydroseparatora, *Wodociągi i Kanalizacja* 2009, 4, 42-43.
- [2] Ociepa E., Kisiel A., Lach J., Ochrona wód powierzchniowych przed zrzutami ścieków deszczowych z sieci kanalizacyjnych, *Proceedings of ECOpole 2009*, 3, 1, 15-20.
- [3] Mangani G., Berloni A., Bellucci F., Tatano F., Maione M., Evaluation of the pollutant content in road runoff first flush waters, *Water, Air Soil Pollut.* 2005, 160, 213-228.
- [4] Sawicka-Siarkiewicz H., Ograniczenie zanieczyszczeń w spływach powierzchniowych dróg - Ocena technologii i zasady wyboru, *Wyd. Instytutu Ochrony Środowiska, Warszawa* 2003, 9-53.
- [5] Mrowiec M., Efektywne wymiarowanie i dynamiczna regulacja kanalizacyjnych zbiorników retencyjnych, *Monografia nr 171, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa* 2009.
- [6] Rozporządzenia Ministra Środowiska z 28 stycznia 2009 zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego, *DzU 2009, Nr 27, poz. 167*.
- [7] Krzyszczak M., Prawo, a odprowadzenie ścieków deszczowych, *Wodociągi i Kanalizacja* 2008, 4, 38-39.
- [8] Janosz-Rajczyk M. (red.), *Ćwiczenia laboratoryjne z technologii wody*, *Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa* 2008.
- [9] PN-90/C-04540/01 Woda i ścieki. Badania pH, kwasowości i zasadowości.
- [10] PN-ISO 6060 : 2006 Oznaczenie chemicznego zapotrzebowania tlenu.
- [11] Łyp B., *Infrastruktura wodno-ściekowa w planowaniu miast*, *Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa* 2008.
- [12] Polkowska Ż., Namieśnik J., Road and roof runoff waters as a source of pollution in a big urban agglomeration (Gdansk, Poland), *Ecological Chemistry and Engineering S* 2008, 15, 375-385.
- [13] Grabarczyk K., Charakterystyka zawiesin występujących w ściekach deszczowych i skuteczność ich usuwania w procesie sedymentacji, *Instal* 2002, 11, 42-45.
- [14] Babelski Z., Ocena zanieczyszczenia ścieków deszczowych z różnych zlewni miejskich, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 1999, 11, 414-418.
- [15] Słyś D., *Retencja i infiltracja wód deszczowych*, *Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów* 2008.
- [16] Zawilski M., Brzezińska A., Wpływ przeciążenia biologicznej oczyszczalni ścieków w okresach mokrej pogody na jej sprawność, *Ochrona Środowiska* 2003, 2, 37-42.
- [17] Świgoń Z., Wskazówki prawno-techniczne zagospodarowania wód deszczowych, *Wodociągi i Kanalizacja* 2009, 4, 22-23.
- [18] Błaszczak P., Zasady odprowadzania wód opadowych z terenów miejskich, *Mat. IV Konf. Naukowo-Technicznej, Łódź* 2002, 25-3.

Evaluation of Contamination of Precipitation Water Flowing into Draining Systems

Precipitation water becomes contaminated already during contact with air. As a result of precipitation, a surface run-off forms, which undergoes further, usually much higher pollution than in the atmosphere. The collected pollutants are introduced to soils or surface waters, causing their contamination. In precipitation water flowing into the draining system or the ground: suspensions, hydrocarbons, heavy metals, nutrients and even bacteriological contaminations. In this article was shown the research concerning level of pollutions of sewage flowing into sewerage system from Częstochowa streets. It was marked: pH, total sus-

pension, BOD₅, COD and heavy metals sewage which flow off into sewerage system. One of the most important parameters in the assessment of the degree of wastewater contamination is the presence of suspension. The content of suspension in precipitation water was very variable, ranging from several to several dozen thousand $11 \div 410 \text{ mg/dm}^3$. The wastewater quality depends primarily on the type of development of the drainage area, the sanitary condition, the length of breaks between rainfalls and the rainfall duration. The initial run-off of rain wastewater was characterized by the highest concentration of pollutants. After 20 minutes rained reduction of pollution in comparison to surface run-off forms was; total suspension from 12.2 to 72.4%, BOD₅ from 25 to 75% COD from 9.8 to 50.8%.

Keywords: precipitations, precipitation contamination sources, sealed surface run-off, heavy metals