

Barbara Osmulska-Mróż

OCHRONA I KSZTAŁTOWANIE MAŁYCH CIEKÓW NA TERENACH MIEJSKICH

Małe rzeki i strumienie, jako element systemu kanalizacji deszczowej na terenach zurbanizowanych, powinny spełniać funkcje:

- odbiorników ścieków opadowych i wód drenazowych,
- końcowego stopnia oczyszczania ścieków opadowych, chroniącego przed zanieczyszczeniem wody powierzchniowe,
- elementów krajobrazu korzystnie wpływających na estetykę, przyrodę i mikroklimat terenów miejskich.

Spełnienie tych wszystkich funkcji wymaga kompromisu pomiędzy użytkowaniem „zurbanizowanych” cieków a wymogami ochrony i standardami jakości ich środowiska wodnego. W sytuacji nieuporządkowanej miejskiej gospodarki ściekowej, rzeczki te stają się cuchnącymi, otwartymi kanałami, odbierającymi często nieoczyszczone ścieki. Z kolei odcięcie od nich wszystkich dopływów ze zlewni miejskiej, w tym również deszczowych, wywołuje przyspieszony zanik tych cieków, zwłaszcza, gdy zlikwidowano na nich małą retencję. Włączenie małych rzeczek w system miejskiej kanalizacji deszczowej może istotnie obniżyć koszty tej

kilkuletnich kompleksowych badań zjawiska ilość-jakość wody w cieku na terenie Warszawy [1] oraz doniesień literaturowych.

Klasyfikacja jakości wody w małych ciekach — odbiornikach ścieków opadowych

Przepływające przez tereny miejskie małe cieki, które odbierają ścieki opadowe, nie powinny być wykorzystywane do celów zaopatrzenia w wodę ludności i przemysłu spożywczego, hodowli ryb i zwierząt oraz do rekreacji. Nie istnieje bowiem praktyczna możliwość utrzymania w nich niezbędnego dla tych celów składu wody odpowiadającej I i II klasie czystości, ze względu na różnorodność zagospodarowania zlewni miejskiej oraz przestrzenne źródła zanieczyszczenia. Istnieje natomiast możliwość uzyskania, przy niskich stanach wody w okresach bezopadowych, jakości wody odpowiadającej III klasie czystości. Potwierdzeniem tego mogą być wyniki badań jakości wody eksperymentalnego cieku w okresach pogody bezopadowej (tab. 1).

PARAMETRY JAKOŚCI WODY W EKSPERYMENTALNYM CIEKU W OKRESACH POGODY SUCHEJ

Tabela 1

Stanowisko	Wskaźnik zanieczyszczenia, g/m ³	Wartości min — max	Średnia $\bar{x}$	Odchylenie standardowe	Zakres wartości średniej z populacji przy poziomie ufności			
					$\alpha=0,01$		$\alpha=0,05$	
Górne	Zawiesina ogólna	28,0 — 96,8	59,67	31,28	49,74	$\bar{x} <$ 69,60	52,12	$\bar{x} <$ 67,22
	Zawiesina mineralna	14,8 — 48,0	30,10	15,32	24,87	35,33	26,12	34,08
	ChZT	4,7 — 97,1	42,60	20,10	37,36	47,84	38,62	46,58
	Azot azotanowy	1,93 — 3,8	2,52	0,47	2,34	2,69	2,39	2,65
	Fosforany	0,0 — 1,72	0,77	0,39	0,62	0,92	0,65	0,89
	TC—węgiel całkowity	44,0 — 81,0	69,78	9,83	65,38	72,26	66,38	73,18
	TOC—węgiel organiczny	4,0 — 27,5	20,38	5,81	17,73	23,03	18,37	22,39
	Tlen	5,9 — 8,97	7,82	0,82	7,08	8,56	7,30	8,34
Dolne	Zawiesina ogólna	0,0 — 79,8	26,70	24,8	10,70	$\bar{x} <$ 42,70	14,55	$\bar{x} <$ 38,85
	Zawiesina mineralna	0,0 — 73,0	17,21	14,28	8,00	26,42	10,55	24,21
	ChZT	4,9 — 93,0	39,30	19,02	33,88	44,72	35,18	43,42
	Azot amonowy	1,17 — 2,74	2,20	0,30	2,09	2,31	2,12	2,28
	Fosforany	0,77 — 2,84	1,88	0,50	1,70	2,06	1,74	2,02
	TC—węgiel całkowity	3,7 — 68,0	57,35	7,01	54,05	60,68	54,84	59,86
	TOC—węgiel organiczny	12,5 — 25,5	20,10	2,69	18,69	21,51	19,83	21,17
	Tlen	4,44 — 10,4	7,26	1,62	6,37	8,15	6,61	7,91

infrastruktury, lecz wymaga takiego ukształtowania cieków, by mogły spełniać funkcje wymienione wyżej.

Poniżej przedstawiono propozycję zasad kształtowania małych cieków na terenach zurbanizowanych. Zasady te opracowano na podstawie

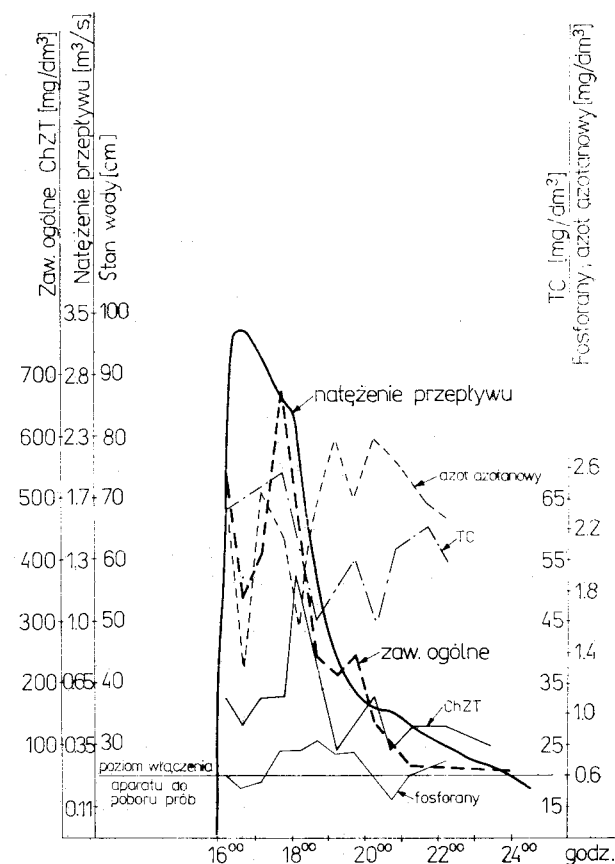
Do rzeczki tej odprowadzane są częściowo oczyszczone ścieki bytowe i przemysłowe w ilości ok. 1/10 przepływu, odpowiadającego stanom niskim. Pomimo tych stałych dopływów zanieczyszczeń, stan jakości wód tego cieku w okresach bezopadowych, oceniany na podstawie wyników 3-letnich badań ośmiu wskaźników, zbliżony jest do III klasy czystości, a tlen i azotany odpowiadają II klasie. Jedynie fosforany i bac. coli wskazują na silniejsze zanie-

czyszczenie, wywołane nieuporządkowaną kanalizacją ściekową w zlewni tego cieku. Zurbanizowane rzeczki i strumienie powinny mieć utrzymaną co najmniej III klasę czystości przy średnim niskim natężeniu przepływu (SNQ), określaną następującymi wskaźnikami: zawiesiny ogólne, ChZT, azot azotanowy, fosforany oraz tl. Węgiel całkowity, który należy traktować jako wskaźnik dodatkowy, nie powinien przekraczać wielkości ChZT więcej niż 30%, zaś węgiel organiczny może stanowić max. 50% zawartości węgla całkowitego. Te dopuszczalne wskaźniki zanieczyszczenia dotyczą średniodobowej próby wody w cieku. Wyniki badań prób jednorazowych nie odzwierciedlają stanu czystości wody w ciekach zurbanizowanych, ze względu na zmienny charakter jakości wody, wynikający z czułości systemu: zlewnia miejska — ciek zurbanizowany. Na powierzchni wody w rzeczkach miejskich nie powinny być widoczne pływające większe zanieczyszczenia i plamy produktów ropopochodnych.

Spełnienie powyższych zaleceń umożliwi zachowanie walorów estetycznych wody, utrzymanie w niej życia biologicznego i procesu samooczyszczania oraz wykorzystanie chłonności do odbioru ścieków opadowych. W okresie spływów ścieków opadowych następuje wyraźne, często drastyczne pogorszenie jakości wody w ich odbiorniku, pomimo zwiększenia natężenia przepływu. Przykładem mogą być wyniki badań i oszacowania statystyczne zestawione w tabeli 2. Spływ fali deszczowej wywołuje kilkakrotne podwyższenie stężenia zawiesin ogólnych i ChZT oraz działa rozcieńczająco na koncentrację azotu azotanowego, fosforanów i węgla (całkowity i organiczny), chociaż ładunki zanieczyszczeń określane tymi wskaźnikami również wzrastają.

Zawartość tlenu obniża się średnio o 2 g O₂/m³ w porównaniu ze stanami niskimi. Zawiesiny mineralne, stanowiące w okresach bezopadowych 50—60% zawiesin ogólnych, wzrastają do 75—80%. Występuje silnie nieustalony (czasowo zmienny) charakter jakości wody, o czym świadczą duże odchylenia standardowe. Przy-

kładowy hydrogram i polutogramy wody w eksperymentalnym cieku przedstawia rys. 1.



Rys. 1 Hydrogram i polutogramy wody w odbiorniku ścieków opadowych podczas deszczu w dn. 06.08.1984 r

Przepisy dotyczące klasyfikacji wód odnoszą się do średniego niskiego przepływu wody w odbiorniku i średniego godzinowego (lub maksymalnego godzinowego) odpływu ścieków oraz istnieje w nich odstępstwo dotyczące stężenia zawiesin ogólnych w sytuacji nagłych przyborów wody [2]. W przypadku małych cieków odbierających ścieki opadowe ze zlewni zurbanizowanych, przepisy powyższe nie mają logicznego uzasadnienia, gdyż:

PARAMETRY JAKOŚCI WODY W EKSPERYMENTALNYM CIEKU W OKRESACH DOPŁYWU ŚCIEKÓW OPADOWYCH

Tabela 2

Stanowsko	Wskaźnik zanieczyszczenia g/m ³	Wartości min — max	Średnia $\bar{x}$	Odchylenie standardowe	Zakres wartości średniej z populacji przy poziomie ufności			
					$\alpha=0,01$		$\alpha=0,05$	
					$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$
Górne	Zawiesina ogólna	0,0 — 1161,2	232,4	185,2	206,3	$\bar{x} < 258,6$	212,6	$\bar{x} < 252,3$
	Zawiesina mineralna	0,0 — 901,2	180,2	152,9	158,6	201,8	163,8	196,6
	ChZT	5,0 — 766,2	155,2	110,6	137,6	172,9	141,8	168,6
	Azot azotanowy	0 — 4,32	1,56	1,01	1,41	1,71	1,44	1,68
	Fosforany	0 — 4,2	0,35	0,42	0,29	0,41	0,3	0,4
	TC — węgiel całkowity	18,5 — 132,5	45,02	19,78	41,4	48,7	42,2	47,8
	TOC — węgiel organiczny	4,0 — 59,0	20,20	10,48	18,3	22,1	18,7	21,7
	Tlen	3,0 — 8,0	5,9	1,1	5,5	7,1	5,7	7,4
Dolne	Zawiesina ogólna	0,0 — 1001,6	125,8	155,0	101,4	$\bar{x} < 150,2$	107,2	$\bar{x} < 144,4$
	Zawiesina mineralna	0,0 — 787,6	93,9	127,7	73,3	114,1	78,6	109,3
	ChZT	5,0 — 1195,5	90,4	96,7	74,8	106,0	78,6	192,3
	Azot azotanowy	0,01 — 3,74	1,86	0,56	1,77	1,95	1,79	1,93
	Fosforany	0,0 — 3,62	1,02	0,55	0,93	1,11	0,95	1,08
	TC	18,5 — 86,5	48,63	13,36	45,4	51,8	46,2	51,1
	TOC	4,0 — 47,5	18,67	8,60	16,6	20,7	17,1	20,2
	Tlen	2,8 — 7,8	5,3	0,9	5,0	6,5	5,2	6,3

— Odpływ ścieków opadowych jest krótkotrwałym zjawiskiem losowym, którego wpływ na odbiornik uzależniony jest od stanu czystości zlewni i parametrów hydraulicznych koryta rzeki. W ciągu kilkuletnich badań przykładowego cieku, odpływ ścieków opadowych na stanowisku górnym trwał średnio 1314 godz. w ciągu roku, co stanowiło 15% czasu, zaś na stanowisku dolnym odpowiednio 1872 godz. i 21,5%.

— Wywołuje on nagły wzrost przepływu wody w odbiorniku, przy czym zanieczyszczenie wody ma charakter nieustalony (silnie czasowo zmienny) i uzależniony od natężenia przepływu. Najwyższe zanieczyszczenie występuje przy średnich natężeniach przepływu wody w odbiorniku i jest związane z pojawianiem się wysokich stężeń zawiesin ogólnych — głównego wskaźnika jakości wody w odbiorniku ścieków opadowych.

Proponuje się zatem wprowadzenie następujących modyfikacji do w/w rozporządzenia, w odniesieniu do wód powierzchniowych, wykorzystywanych jako odbiorniki ścieków opadowych:

— miarodajny do oceny jakości wody jest przepływ średni (SSQ) w przekroju dopływu ścieków,

— dopuszczenie możliwości porównawczego prognozowania stopnia zanieczyszczenia wody dwiema metodami tj. wg klasycznego bilansu ładunków zanieczyszczeń w ściekach opadowych i w wodzie odbiornika oraz wg opracowanych przez IKS związków pomiędzy natężeniem przepływu a ładunkami zanieczyszczeń [3, 4],

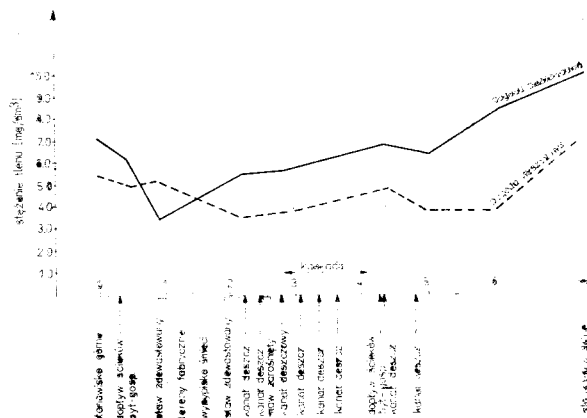
— dopuszczenie, przy średnim natężeniu przepływu w odbiorniku ścieków opadowych, maksymalnie 100% przekroczenia średniej koncentracji zawiesin ogólnych i 50% ChZT, określonych dla III klasy czystości,

— w przypadku braku pomiarów umożliwiających określenie średniego natężenia przepływu w odbiorniku, proponuje się ustalenie tego natężenia wg wzorów empirycznych, stosowanych w projektowaniu kanalizacji deszczowej, przyjmując czas trwania deszczu miarodajnego równy czasowi dopływu z najdalszego punktu zlewni do analizowanego przekroju odbiornika oraz jednorocznej częstotliwości pojawiania się deszczu.

Utrzymanie i intensyfikacja procesu samooczyszczania w odbiornikach ścieków opadowych

Przebieg procesu samooczyszczania się wody uzależniony jest przede wszystkim od warunków tlenowych cieku. Przykład przebiegu linii tlenowych w eksperymentalnym odbiorniku ścieków opadowych przedstawia rys. 2.

Na badanym odcinku cieku istnieją dwa dopływy ścieków bytowo-gospodarczych oraz zdewastowane i zamulone stawy retencyjne, które wyraźnie wpływają na obniżenie koncentracji



Rys. 2 Przebieg linii tlenowych w eksperymentalnym cieku — odbiorniku ścieków opadowych

tlenu w ich rejonach. Dzięki utrzymaniu przepływu w okresach bezopadowych oraz nieutwardzonemu na znacznej długości korytu, możliwy jest rozwój roślinności, a w efekcie znaczny dopływ tlenu z procesu fotosyntezy. W środkowym biegu cieku korzystny wpływ ma intensyfikacja procesu reaeracji wskutek istnienia stopni kaskadowych. W okresach spływów ścieków opadowych następuje wyraźne obniżenie zawartości tlenu, wywołane dopływem dużych ilości zanieczyszczeń oraz porywaniem osadów dennych, w szczególności z zamulonej części cieku.

Od utrzymania dobrych warunków tlenowych oraz intensyfikacji procesu samooczyszczania w małych ciekach zurbanizowanych zależą ich walory estetyczne oraz możliwości spełnienia przez nie funkcji odbiornika i jednocześnie ostatniego stopnia oczyszczania ścieków opadowych. Do skutecznych przedsięwzięć „wewnętrznych” cieku należy przede wszystkim odpowiednie ukształtowanie jego koryta, poprzez wprowadzenie i utrzymanie małej retencji oraz odcinków o szybszym przepływie. Małe stawy na cieku umożliwiają zachowanie naturalnego przepływu w okresach suchych, zaś w okresach deszczowych spełniają funkcję retencyjno-sedymentacyjną. Intensyfikują one proces samooczyszczania wskutek wzrostu efektów sedymentacji i fotosyntezy oraz wydłużenia czasu biodegradacji zanieczyszczeń. Umożliwiają więc ograniczenie ładunków zanieczyszczeń, wpływających do niżej położonego odcinka cieku lub kolejnego akwenu. Mogą być również wykorzystywane jako zbiorniki buforowe do powstrzymywania incydentalnych, niebezpiecznych fal zanieczyszczenia. Odpowiednio użytkowane i właściwie eksploatowane stawy mogą jednocześnie stanowić estetyczny element krajobrazu. Preferuje się zbiorniki płytkie o skarpach ziemnych, lecz dnie utwardzonym, ułatwiającym usuwanie osadów. Niezbędne jest także rozwiązanie dopływu i odpływu, by możliwe było łatwe opróżnianie zbiornika z wody i nagromadzonych osadów. Najważniejszymi czynnościami eksploatacyjnymi jest odpowiednia częstotliwość usuwania osadów (co najmniej 1 raz w roku) oraz zanieczyszczeń z powierzchni wody. Osady w odbiorniku ścieków opadowych charakteryzują się znaczną mine-

ralizacją, gdyż pozostałość po prażeniu jest w granicach 50—80%. Należy się liczyć z obecnością tłuszczy i olejów mineralnych oraz metali ciężkich. W przebadanym cieku zawartość olejów wynosiła 0,5—1,2% suchej masy, zaś ołowiu 0,1—0,4 mg/g suchego osadu.

Kształt zbiorników — stawów powinien zapobiegać powstawaniu stref wody stojącej, a tym samym warunków beztlenowych. Celowe jest stworzenie możliwości okresowego napowietrzania np. przez rozdeszczanie wody, co stanowiłoby dodatkowy element estetyczny stawu. W wymiarowaniu stawów sedymentacyjno-retencyjnych zaleca się stosować metody, w których wykorzystuje się hydrogramy i polutogramy dopływów ścieków opadowych [5]. Czas przepływu przez staw przy maksymalnym natężeniu dopływu nie powinien być krótszy od 15 minut. W tym czasie sedymentacji można uzyskać obniżenie zawiesin ogólnych o ~70%, ChZT o ~60%, zaś mętności o 50%.

Ukształtowanie na cieku odcinków o prędkościach przepływu większych od 0,3 m/s zapobiega odkładaniu się osadów organicznych, a jednocześnie sprzyja procesowi reaeracji. Szczególnie korzystne są tu odcinki kaskadowe, które korzystnie wpływają na estetykę strumienia i natlenianie się wody. Niezbędne jest również zainstalowanie krat i koryt zbierających zanieczyszczenia powierzchniowe w rejonach szczególnie narażonych na dopływ tego rodzaju zanieczyszczeń. Podstawowym warunkiem jest właściwa eksploatacja i konserwacja cieku oraz wybudowanych i zainstalowanych urządzeń. W przeciwnym przypadku skutek będzie odwrotny od zamierzonego. Zgromadzone osady i zanieczyszczenia powierzchniowe staną się dodatkowym niebezpiecznym źródłem zanieczyszczenia, szybko rozprzestrzeniającym się przy wzroście prędkości przepływu wody. Roślinność naczyniowa wprawdzie korzystnie wpływa na proces samooczyszczania się wód, lecz jej nadmiar obniża przepustowość hydrauliczną i jednocześnie przyczynia się do jego zamulania. Niezbędne jest więc jej okresowe wykaszanie. Do wszystkich tych czynności eksploatacyjnych koryto cieku powinno być odpowiednio przystosowane, by ułatwić tę uciążliwą i kosztowną pracę.

Działania „na zewnątrz” cieku, korzystnie wpływające na jakość jego wody, polegać powinny na:

- utrzymaniu czystości terenów miejskich i powietrza oraz wykorzystaniu retencji terenowej,
- wyposażeniu wylotów kanalizacji deszczowej w kraty zapobiegające przedostawaniu się do cieków odpadów stałych,
- uporządkowaniu terenów przybrzeżnych w celu uniemożliwienia bezpośredniego spły-

wu nieczystości (wysypiska śmieci, zwałki śniegu miejskiego itp.),
— skutecznym zwalczaniu skandalicznego przyzwyczajenia dużej jeszcze części naszego społeczeństwa do wyrzucania śmieci i wylewania nieczystości do wód powierzchniowych.

Podstawowym przedsięwzięciem w zlewni miejskiej jest uporządkowanie gospodarki ściekowej, a więc odcięcia od tych cieków stałych dopływów ścieków komunalnych czy przemysłowych. Podczyzczanie ścieków opadowych należy stosować jedynie do odpływów z terenów przemysłowo-składowych, centrów miast oraz dróg o intensywnym ruchu samochodowym. Jednym z nowoczesnych sposobów ograniczenia ładunków odprowadzanych w ściekach opadowych jest system kanalizacji półrozdzielczej [6].

Wnioski

1. Problem harmonijnego włączenia wód powierzchniowych na terenach zurbanizowanych w system infrastruktury miejskiej wymaga wieloletnich działań.
2. Niezbędne jest tu podejście systemowe już na etapie planu zagospodarowania przestrzennego terenu miejskiego. Szczegółowe zaś rozpatrzenie związków pomiędzy ilością i jakością wody powinno następować przy projektowaniu kanalizacji deszczowej, której końcowym elementem jest odbiornik ścieków opadowych — najczęściej mały strumień lub rzeczka.
3. Zagadnienie wymaga kompleksowego podejścia z uwzględnieniem specyfiki terenu i cieku, a więc nie jest możliwe opracowanie gotowej recepty pasującej do każdej sytuacji.

LITERATURA

1. B. OSMULSKA-MRÓZ: Ocena i model prognostyczny rozprzestrzeniania się i degradacji zanieczyszczeń w odbiorniku miejskich ścieków opadowych. Raport końcowy z realizacji zadania PR-7 03.03.05/1. IKS, Warszawa 1984 (maszynopis).
2. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 29.11.1975 r. w sprawie klasyfikacji wód, warunków jakim powinny odpowiadać ścieki oraz kar pieniężnych za naruszenie tych warunków.
3. B. OSMULSKA-MRÓZ: Zasady kształtowania małych cieków na terenach zurbanizowanych. Raport z realizacji zadania PR-7 03.03.05/3. IKS, Warszawa 1985 (maszynopis).
4. B. OSMULSKA-MRÓZ: Prognoza jakości wody w odbiornikach miejskich ścieków opadowych. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej „Odprowadzenie i unieszkodliwianie spływów opadowych z aglomeracji miejsko-przemysłowych”, PZITS, Łódź 1986.
5. M. KALINOWSKI: Zasady i wytyczne projektowania wybranych elementów systemów kanalizacyjnych. Raport z realizacji zadania PR-7 03.01.06/7. IKS, Warszawa 1985 (maszynopis).
6. M. FIDALA-SZOPE: Podstawy i metoda projektowania separatorów kanalizacji półrozdzielczej. Raport z realizacji zadania PR-7 03.01.04/3. IKS, Warszawa 1984 (maszynopis).

have been distinguished. They should act as receivers of storm water, as units for the final stage of storm water treatment, and elements of the urban landscape. For this purpose, storm water quality indices are formulated, and the classification of storm water purity is given. It has been pointed out that the problem requires a joint approach, especially in the early stage of design and planning.

B. Osmulska-Mróz

MANAGEMENT OF SMALL STREAMS IN URBANIZED AREAS

The principles of surface water management in urbanized areas are discussed. Three functions of small streams included in the urban sewer infrastructure