

Alina Nowakowska-Błaszczyk

MOŻLIWOŚCI WPROWADZANIA WÓD DESZCZOWYCH DO GRUNTU

Proces urbanizacji powoduje ciągle zwiększanie powierzchni szczelnych na obszarach do niedawna nie zagospodarowanych (lub słabo zagospodarowanych), pokrytych w dużej części roślinnością. W konsekwencji tych zmian opady deszczu, które uprzednio w 80÷90% wsiąkały do gruntu, a w 10÷20% spływały wolno do odbiornika, mają ograniczoną powierzchnię wsiąkania i utrudniony odpływ do odbiornika. Nawalny deszcz padający na miasto w 40÷÷80% spływa szybko z zabudowanego terenu i gromadzi się na ulicach, a tylko w 20÷60% trafia na powierzchnie zielone lub nie uszczelnione i wsiąka do gruntu.

Deszcz gromadzący się na ulicach musi być odprowadzany. W rozwiązaniach tradycyjnych spływy z ulic wprowadzane są do podziemnych kanałów i kierowane nimi do odbiornika, praktycznie bez żadnego oczyszczania. Co prawda w teorii w Polsce proponowane są zbiorniki retencyjne, a nawet oczyszczalnie wód deszczowych, nie są one jednak budowane i na razie nie ma szans na ich realizację.

Stosowane obecnie sposoby odprowadzania i unieszkodliwiania wód deszczowych powodują wiele niekorzystnych zjawisk, tak dla terenów odwadnianych, jak też dla odbiornika. Na terenach, z których odprowadzane są wody deszczowe obserwuje się:

- obniżanie poziomu wód gruntowych i nadmierne osuszanie gruntu, wywołane zmniejszonym przesiąkaniem wód deszczowych do gruntu oraz infiltracją wód gruntowych do kanalizacji,
- zachwianie równowagi ekologicznej obszaru, jego pustoszenie i zanik wrażliwej roślinności,
- zmiany w strukturze gruntu doprowadzające (szczególnie w gruntach ciężkich) do osiadania i pęknięcia budynków,
- duże koszty kanalizacji deszczowej, spowodowane dużymi wymiarami i wydłużaniem się sieci,
- zwiększanie zagłębienia sieci kanalizacyjnych, spowodowane stosowaniem kanalizacji rozdzielczej (na osiedlu średnio o 1,5 m) oraz długości sieci, wywołane rozrastaniem się terenów zurbanizowanych — a tym samym duży wzrost kosztów kanalizacji.

W odbiornikach wód deszczowych, a także ścieków bytowo-gospodarczych, zauważa się:

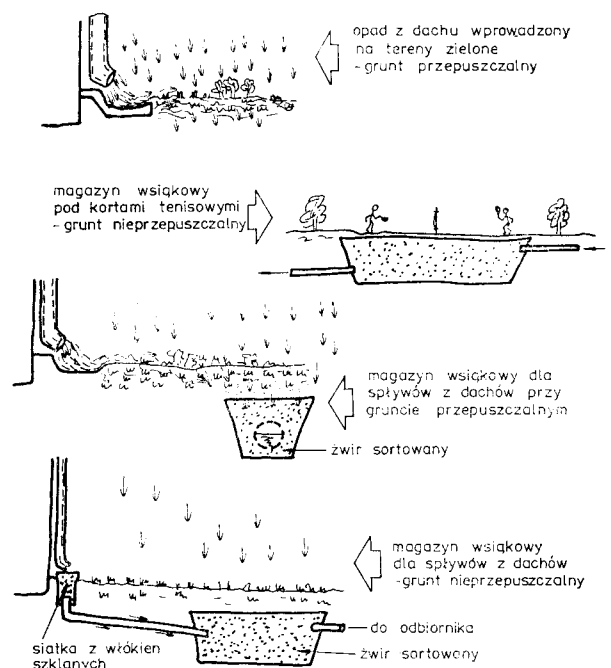
- nasilanie się zjawisk powodziowych, wy-

wołanych dużą falą spływów deszczu do odbiornika,
— wzrost zanieczyszczenia rzek, na skutek dopływu dużego ładunku zanieczyszczeń dostarczonych wraz ze spływami deszczów nawalnych [1—7].

Metody odprowadzania wód deszczowych z terenów miejskich

Podstawowym kierunkiem nowych metod rozwijających się od 10 lat, jest zatrzymanie deszczu na obszarze, na który spadł, przez rozsączkowanie go do gruntu w całości, jeśli są korzystne warunki gruntu lub też częściowo, jeśli warunki te są niekorzystne. Preferowane są głównie metody naśladujące procesy występujące w warunkach naturalnych, powodujące najmniejsze zmiany w ekologii obszaru. Z metodami tymi związane jest zwiększone zastosowanie retencji deszczu oraz ograniczenie transportu opadów kanałami.

Przy częściowym zatrzymaniu deszczu na miejscu opadu, część spływu, którego nie można rozsączkować, powinna być przetrzymana w podziemnych lub powierzchniowych zbiornikach i odprowadzona do kanalizacji ze zmniejszonym natężeniem przepływu (rys. 1). Państwami, które posiadają poważne osiągnięcia w tej dziedzinie, są: USA, Japonia, Szwecja, RFN, Belgia, Francja, Dania i inne.



Rys. 1. Wprowadzanie wód deszczowych do gruntu w różnych warunkach.

Możliwości i sposoby wprowadzania wód opadowych do gruntu są uzależnione od rodzaju gruntu, wielkości obszaru oraz poziomu wód gruntowych [8—11]. Najprostsze i najbardziej efektywne są metody infiltrowania opadu do gruntów piaszczystych i przy głębokim zaleganiu wód gruntowych. Grunty tzw. nieprzepuszczalne, tj. gliny i ropy, nie stanowią przeszkody we wprowadzaniu do nich opadów — muszą natomiast być zastosowane podziemne lub powierzchniowe magazyny na odpływ deszczu, które pozwoliłyby na powolne, stopniowe wchłonięcie wody przez grunt (rys. 1).

Doprowadzenie wód opadowych do miejsca przesiąkania lub magazynowania powinno być wykonane w miarę możliwości po powierzchni terenu, bez stosowania kanałów. Natomiast niewskazane jest wprowadzanie deszczu do gruntu przy płytkich wodach gruntowych wszędzie tam, gdzie podniesienie zwierciadła wody gruntowej może mieć niekorzystny wpływ na zabudowę.

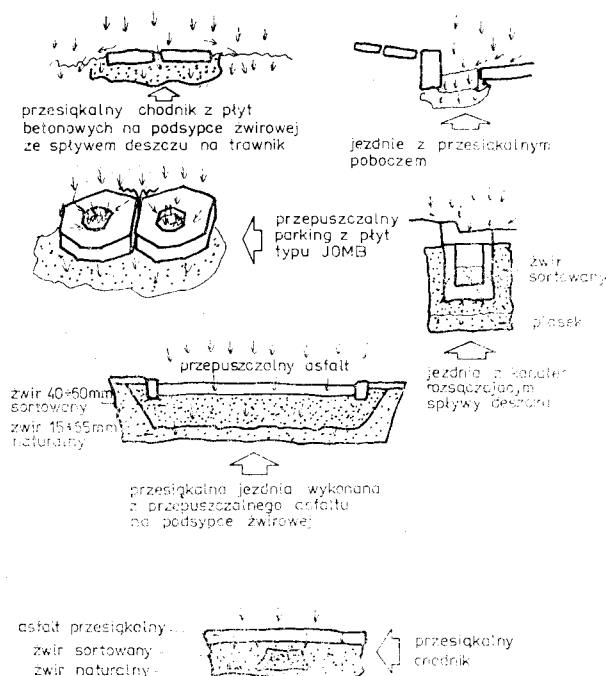
Przesiäkanie wód deszczowych do gruntu powinno mieć miejsce nie tylko poprzez powierzchnie, które dotychczas uważa się za przesiäkalne, tj. trawniki i inne tereny zielone, ale również poprzez odpowiednio wykonane chodniki, jezdnie, place i parkingi. Wszelkie tereny poza dachami mogą być przesiäkliwe. Wprowadzanie deszczu do gruntu może odbywać się powierzchniowo i podziemnie, przy czym najczęściej stosuje się oba systemy jednocześnie.

Przesiäkanie powierzchniowe może odbywać się poprzez:

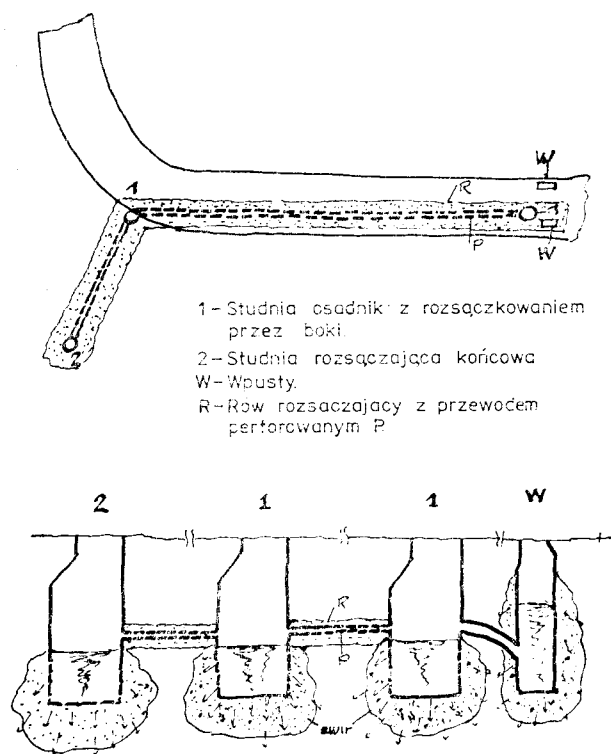
- tereny trawiaste ukształtowane ze spadkiem, aby obciążyć spływami deszczu całą powierzchnię zieloną,
- tereny zielone z uprawami — rozpraszanie systemem zwirowanych ścieżek,
- zbiorniki retencyjne przesiäkliwe — o różnych kształtach, np. rowy wzdłuż jezdni, trawniki wklęsłe do głębokości $0,1 \div 0,3$ m,
- chodniki lub ciągi pieszo-jezdne wykonane z płyt ze szparami wypełnionymi piaskiem i żwirzem, ułożone na podsypce żwirowej (rys. 2),
- parkingi wykonane z płyt z otworami porośniętymi trawą, np. płyty JOMB (rys. 2),
- place, ulice, ciągi pieszo-jezdne wykonane z przesiäkliwego asfaltobetonu i ułożone na podsypce żwirowej; na razie w Polsce nie stosowane, opracowana natomiast została technologia ich wykonywania (rys. 2).

Rozsączkowanie podziemne może być dokonywane przy zastosowaniu:

- podziemnych magazynów wsiäkowo-infiltracyjnych wypełnionych żwirzem, o kształcie uzależnionym od możliwości terenowych, tzn. o podstawie prostokątnej, kwadratowej lub innej, albo w postaci systemu rowów



Rys. 2. Rodzaje nawierzchni przepuszczalnych.



Rys. 3. Odprowadzanie wód deszczowych z jezdni do gruntu.

z rozpraszaniem wody przewodem perforowanym,

- systemu wpustów, studzien i przewodów rozszäczających (rys. 3),
- krawężników w postaci rowów wypełnionych materiałem filtracyjnym, z których opad infiltruje do gruntu (rys. 2).

Metody i możliwości ograniczenia zanieczyszczenia wód deszczowych

Wprowadzenie deszczu do gruntu napotyka na sprzeciwy władz sanitarnych, które obawiają się zanieczyszczenia wód gruntowych i gruntów, ponieważ wody deszczowe są obciążone zanieczyszczeniami. Źródłami zanieczyszczeń spływów deszczowych są głównie:

- zapylenie atmosfery, pochodzące z przemysłu (główne przyczyny kwaśnych deszczów), ogrzewania budynków i spalin motoryzacyjnych,
- śmieci i kurz uliczny, cząstki organiczne,
- ruch uliczny, erozja miejska,
- pokrywa śnieżna i lodowa ulic.

Ponadto dochodzi jeszcze zanieczyszczenie spływu przy transporcie kanałem, na skutek wymywania zagnitych osadów z kanału i osadników w czasie deszczów nawalnych. Można więc rozróżnić trzy etapy zanieczyszczenia deszczu:

- zbieranie zanieczyszczeń z atmosfery,
- zmywanie zanieczyszczeń z terenów miejskich,
- wymywanie zanieczyszczeń z kanałów.

Przy stosowaniu rozsączkowania spływów deszczu powinno się w miarę możliwości rozsączkować je zanim nastąpi wtórne zanieczyszczenie, czyli rozsączkować spływy z rynien na trawnikach przy zabudowie, deszcz spadły na parking powinien zostać wprowadzony do gruntu na obszarze parkingu, spływy z chodników i ciągów pieszo-jezdných powinny być kierowane na trawniki poprzez trawiaste rowki retencyjne wzdłuż ciągów.

Zanieczyszczenia wód opadowych w Warszawie ze zlewni Orzycka, oszacowane na podstawie badań w latach 1974÷1978, wynosiły [19]:

zawiesina (średnio):

- stężenie — $300 \div 500 \text{ g/m}^3$
- ładunek — $10 \div 20 \text{ kg/d} \cdot \text{ha}$

BZT₅ (średnio):

- stężenie — $15 \div 30 \text{ gO}_2/\text{m}^3$
- ładunek — $0,4 \div 1,0 \text{ kgO}_2/\text{d} \cdot \text{ha}$

Zawartość zawiesiny mineralnej stanowiła 70÷80% zawiesiny ogólnej. Oprócz zawiesiny i BZT₅ stwierdzono występowanie tłuszczów w ilości $\sim 32 \text{ g/m}^3$, ołowiu $\sim 0,075 \text{ gPb/m}^3$ oraz związków azotu i fosforu.

Badania amerykańskie i japońskie wykazują, że istnieje możliwość znacznego zmniejszenia ilości zanieczyszczeń w odpływach deszczu przed wprowadzeniem ich do gruntu. Doskonałym naturalnym filtrem jest trawa, która nie tylko zatrzymuje dużą część zanieczyszczeń, ale również zapobiega wymywaniu gruntu, jak również zwiększa retencję deszczu. Należałoby więc z tych względów obsiewać tereny trawą

wszędzie tam, gdzie jest to tylko możliwe i przed wprowadzeniem wody do odbiornika przepuszczać je przez ten trawiasty filtr [2, 18]. Również podczas infiltracji przez złoża naturalne lub sztuczne, większość zanieczyszczeń zostaje zatrzymana w górnej części złoża, a część ulega rozkładowi.

Przy prostych metodach odprowadzania deszczu szczególną uwagę należy zwrócić na zmniejszenie ilości wyrzucanych śmieci i ich roznoszenie przez wiatr i deszcz, one bowiem stanowią podstawowe zanieczyszczenie. Wg badań amerykańskich [18] zamiatanie ulic nie powoduje zmniejszenia zanieczyszczeń w spływach deszczowych proporcjonalnie do włożonej pracy. Prawdopodobnie duża część zanieczyszczeń zostaje podczas tego procesu rozwiana na okolicę (część nie zostaje przez maszynę zebrana), a nawet sugerowane jest wtórne zanieczyszczenie przez maszynę układu komunikacyjnego. Równie ważnym problemem jest usuwanie spadłych liści, aby nie dopuścić do ich zagniwania, gdy dostaną się wraz ze spływem opadowym do kanalizacji.

Rozsączkowanie wód deszczowych do gruntu i odprowadzanie powierzchniowe w warunkach krajowych [7, 10, 12, 13]

Na terenie Warszawy i w jej okolicach następujące obszary wyposażone są w infiltracyjne lub powierzchniowe (P) odprowadzanie opadów ze zwiększoną retencją:

A. Osiedla mieszkaniowe o zabudowie wielorodzinnej wysokiej:

- Jadwisin przy Szosie Krakowskiej (P),
- Marysin Wawerski,
- Jędrówców w Aninie,
- Nowa Wieś w Pruszkowie,
- inne, na terenie Pruszkowa i Ursusa,
- Zacisze,
- Arbuzowa (P).

B. Miejscowości, w których nie wykonywano kanalizacji deszczowej, lecz zastosowano miejscowe zatrzymanie opadu:

- prawie całe Pasma Otwockie.

C. Centrum Zdrowia Dziecka.

Rozwiązania te są traktowane jako czasowe lub zastępcze w stosunku do tradycyjnej kanalizacji, a nie jako rozwiązania równoważne, a nawet lepsze. Przeprowadzona analiza wykazała również, że przesączanie wód deszczowych do gruntu odbywa się przez zastosowanie:

- wprowadzania wód opadowych na tereny zielone, z dachów, chodników i ciągów pieszo-jezdných,
- wprowadzania wód opadowych do studzien chłonnych z placów i dróg.

O ile przy rozprowadzaniu spływów deszczu z dachów i chodników na tereny zielone nie zaobserwowano żadnych kłopotów, za wyjątkiem Nowej Wsi, gdzie nie wykonano właściwych odpływów z rynien i woda podpływała pod budynki, to odpływy z ulic i placów do studzien chłonnych w wielu miejscach nie zdały egzaminu. Przyczyną tego był głównie brak eksploatacji lub niewłaściwe złoże. Studnie były nie oczyszczone i niektóre, np. w Centrum Zdrowia Dziecka, były prawie w całości zasypane śmieciami i piaskiem i mimo takiego stanu działały, ale wolniej niż oczyszczone, przez co przyległe tereny były w czasie deszczów nawalnych zalane.

Nie zaobserwowano innych rozwiązań poza studniami chłonnymi i niewielkimi odcinkami perforowanych rur rozsączających. Brak nawet pewności, czy są to rury perforowane, czy bez otworów; być może, że poprzestano na samych tylko studniach chłonnych. Studnie były projektowane na zatrzymanie deszczu miarodajnego, najczęściej o parametrach: $q=127 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$, czasie trwania $t=10 \text{ min}$ i prawdopodobieństwie pojawiania się $p=2 \text{ lata}$. W jednym wypadku dla osiedla Nowa Wieś przyjęto jako miarodajny deszcz o następujących parametrach: $q=170 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$, $t=20 \text{ min}$, $p=5 \text{ lat}$. Dla spływów z dachów obliczenia nie były przeprowadzane.

Rozwiązania i zasady projektowania rozsączania wód deszczowych do gruntu w Polsce i w krajach wysoko rozwiniętych [2—7, 14—18, 20]

W Polsce stosowane jest rozsączanie powierzchniowe poprzez trawniki, głównie dla spływów z dachów, czasem dla spływów z ciągów pieszo-jezdnich. Dla spływu z jezdni i placów oraz chodników korzysta się głównie ze studzien chłonnych z wypełnieniem żwirowym do wysokości ok. 0,8 m. Jako powierzchnię przesączalną traktuje się dno studni. Obliczenia wykonywane są dla zatrzymania deszczu nawalnego, a krótkotrwałego, o czasie trwania $t=10$ i 20 minut i prawdopodobieństwie pojawiania się deszczu co 2 i 5 lat. Brak zupełnie uzasadnienia przyjmowanych parametrów deszczu.

W krajach wysoko rozwiniętych stosowane jest również rozsączanie powierzchniowe i podziemne. Przesiakiwanie powierzchniowe odbywa się poprzez: trawniki, kwietniki, uprawy przydomowe, specjalne przesiakiwliwe zbiorniki retencyjne o kształtach uzależnionych od możliwości terenowych (baseny, rowy wzdłuż jezdni, zakłębienia terenowe), najczęściej porośnięte trawą; chodniki i ciągi pieszo-jezdne wykonane z płyt ułożonych ze szparami na podsypce żwirowo-piaskowej; parkingi wykonane z płyt z otworami, w których rośnie trawa, ułożone na podsypce żwirowo-piaskowej; place i ciągi pieszo-jezdne, wykonane z przesiakiwliwego asfalta-betonu i ułożone na podsypce żwirowo-piaskowej (rys. 1 i 2). Rozsączkowanie

podziemne wykonywane jest przy zastosowaniu basenów lub rowów rozsączających z rozprowadzeniem deszczu rurami perforowanymi lub z systemu wpustów, rowów i studzien.

Różne są również od polskich zasady projektowania urządzeń rozsączających. W Szwecji konieczna objętość magazynowania ścieków opadowych determinowana jest przez deszcz miarodajny największy z 2 lat i trwający przez 24 godziny, wybierany z okresu od 5 do 10 lat [3, 6]. W RFN zalecany miarodajny deszcz ma czas trwania od 10 do 15 minut i częstotliwość występowania raz na 5 lat. Czas opróżniania zbiornika przyjmuje się do 4 dni (od początku występowania deszczu) tak, by mógł on opróżnić się pomiędzy dwoma kolejnymi deszczami o natężeniu deszczu miarodajnego [4].

Uwzględniana jest infiltracja dla warunków pełnego nasycenia gruntu wilgocią oraz porowatość gruntu. Dla określenia wielkości infiltracji stosowany jest wzór Darcy [1]. Podstawowym zaleceniem jest stosowanie, jeśli tylko możliwe, rozsączkowania powierzchniowego, dopiero jeśli to konieczne — podziemnego. Jako powierzchnia infiltracyjna przy rozsączkowaniu podziemnym przyjmowane są ściany boczne wykopu do połowy wysokości; dno nie jest uwzględniane, ponieważ może stać się po kilku latach użytkowania nieprzepuszczalne. Pojemność magazynowania powinna być liczona jako różnica dopływu do magazynu i infiltracji. Rozprowadzanie spływów deszczu po magazynach powinno odbywać się z zastosowaniem rur perforowanych.

Reasumując, w państwach wysoko rozwiniętych, zarówno podejście do odprowadzania deszczu do gruntu jak i metody projektowania, znacznie różnią się od polskich, są zróżnicowane i dostosowane do lokalnych możliwości.

Podsumowanie

Na terenach miejskich najbardziej predestynowanymi do stosowania infiltracyjnego odprowadzania deszczu są tereny mieszkaniowe o zabudowie jedno- i wielorodzinnej oraz tereny usług, szczególnie o swobodnej lokalizacji, ale również zgrupowane. Jeśli chodzi o przemysł, to możliwość zastosowania infiltracyjnego odprowadzania deszczu powinna być rozważana każdorazowo i tylko przemysły nieuciążliwe dla otoczenia mogłyby być brane pod uwagę.

Projektowanie miast, a w tym terenów mieszkaniowych, uwzględniało zawsze konieczność odprowadzania z nich wód deszczowych systemem podziemnych kanałów i kierowania ich do odległych odbiorników wodnych. Z tego względu wszelkie elementy miasta były tak ukształtowane, aby przechwytywały i wprowadzały spływy deszczowe do kanalizacji: chodniki, ciągi pieszo-jezdne, drogi, place, dachy.

Ostatnio w Polsce nawierzchniami szczelnymi pokrywano nawet miejsca zabaw dla dzieci i boiska, a także przestrzenie wewnątrzmiastowe. Asfalt stał się symbolem nowoczesnego miasta. Zatrzymanie tego procesu i odwrócenie go nie może być dziełem jedynie inżynierów sanitarnych, lecz może być osiągnięte przy współpracy urbanistów o różnych specjalnościach.

Niezbędne również jest prowadzenie badań nad rozsączkowaniem deszczu do gruntu, aby możliwe było opracowanie na tej podstawie zasad projektowania, pozwalających z jednej strony na stworzenie korzystnych warunków grunto-wodnych na terenach miejskich, a z drugiej strony chroniących wody gruntowe i powierzchniowe przed zanieczyszczeniem.

LITERATURA

1. Y. TAKAHASI, Y. ANDO: Zależność pomiędzy terenami użytkowymi a tempem pod koniec infiltracji na terenach miejskich, Japonia. Materiały III międz. konf. „Urban Storm Drainage”, Goeteborg 1984.
2. S. FUJITA: Experimental sewer system for reduction of urban storm runoff. Japan Works Agency, Tokyo 1984.
3. A. JONASSON: Dimensioning methods for storm-water infiltration systems, Sweden. Mat. III międz. konf. „Urban Storm Drainage”, Goeteborg 1984.
4. F. SIEKER: Infiltration of stormwater — project and perspective, University of Hannover, RFN. Mat. III międz. konf. „Urban Storm Drainage”, Goeteborg 1984.
5. W. HARMS: Infiltration of stormwater — a Project Perspective, Institute für Wasserwirtschaft Universität Hannover, RFN. Mat. III międz. konf. „Urban Storm Drainage”, Goeteborg 1984.
6. O. HOLMSTRAND: Infiltration of stormwater, University of Goeteborg, Sweden. Mat. III międz. konf. „Urban Storm Drainage”, Goeteborg 1984.
7. A. NOWAKOWSKA-BŁASZCZYK, M. RECHNIO, M. SITEK, M. WOŁCZAK: Zastosowanie retencji powierzchniowej i infiltracji na terenie osiedli, etap I. Praca CPBR nr 13.1.6.1.4.2.B, Politechnika Warszawska, 1987.
8. A. ADAMCZYK: Analiza możliwości odprowadzania ścieków deszczowych do gruntu. Praca dyplomowa (prom. A. Nowakowska-Błaszczuk), Politechnika Warszawska, 1985.
9. T. GRABOWSKA: Możliwości ograniczenia odpływu wód deszczowych do kanalizacji w miejscowości X. Praca dyplomowa (prom. A. Nowakowska-Błaszczuk), Politechnika Warszawska, 1984.
10. J. SKIBA: Próba opracowania zasad odprowadzania ścieków deszczowych do gruntu z wykorzystaniem procesu infiltracji na przykładzie terenu Zespołu Mieszkaniowego „Białoleka Dworska”. Praca dyplomowa (prom. A. Nowakowska-Błaszczuk), Politechnika Warszawska, 1985.
11. A. NOWAKOWSKA - BŁASZCZYK: Możliwości ograniczenia odpływu ilości ścieków ze zlewni zurbanizowanych. Mat. II Zjazdu Kanalizatorów Polskich „Polkan”, PZITS, Łódź 1985.
12. A. NOWAKOWSKA - BŁASZCZYK: Możliwości odprowadzania spływów deszczowych z osiedla Arbuzowa w Warszawie. Instytut Zaopatrzenia w Wodę i Budownictwa Wodnego Politechnika Warszawska, 1986 (maszynopis).
13. A. NOWAKOWSKA - BŁASZCZYK: Możliwości lokalnego odprowadzania spływów deszczowych. Raport dla Prezydenta m. st. Warszawy, Warszawa 1987 (maszynopis).
14. P. LINDVALL, W. HOGLAND: Driftsaspekter pa dagvatterinfiltration. Raport CTN, Goeteborg 1981.
15. W. SCHELLING: Kleine Ruckhaltebehalter als Alternative zur kostspieligen Sanierung von Kanalisationsnetzen? GWF — Wasser Abwasser, No 6, 1983.
16. A. GRAU, R. HARMS: Die dezentrale Versickerung von Niederschlagsabflüssen. GWF — Wasser Abwasser, No 7, 1986.
17. F. SICKER, A. DURCHSCHLAG, R. HARMS: Kanalisationsentlastung durch dezentrale Regenwasserversickerung. GWF — Wasser Abwasser, No 7, 1986.
18. V. NOVOTNY: Efficiency of low cost practices for controlling pollutions by urban runoff. Mat. III międz. konf. „Urban Storm Drainage”, Goeteborg 1984.
19. P. BŁASZCZYK i inni: Zasady planowania i projektowania systemów kanalizacyjnych w aglomeracjach miejsko-przemysłowych i w dużych miastach. IKŚ, Warszawa 1983.
20. W. SCHILING, J. LENZ, U. RIEGER: Combined sewer overflow abatement by onsite detention infiltration and re-use. Materiały międzyn. symp. UNESCO „Hydrological processes and water management in urban areas”, Duisburg 1988.

STORM FLOW DISCHARGE INTO GROUND

The state-of-the-art in high-industrialized countries is discussed in detail and the possibility of applying this method in Poland is considered with emphasis

on its advantages and shortcomings. There is an urgent need to make use of the ground-discharge method wherever favourable conditions exist for doing so. Needless to say that such an approach brings about an abatement of the water pollution level.