

654  
Prof. Dr Wóycicki Kazimierz

# Zaopatrzenie w wodę i odwodnienie osiedli miejskich

Część II

## KANALIZACJA

1) tekst

6.2.654



728.2/3



~~B.1539/II~~



nr 2751

BZOTPK / 035-10



## I.

## S p i s t r e ś c i.

## Część I. Kanalizacja.

str.

Zadanie kanalizacji i rys historyczny	1
Ilość ścieków	
Wody brudne	3
Wody burzowe	5
Współczynnik spływu	8
Spływy jednostkowe deszczów nawalnych	12
Przewody kanalizacyjne.	
Kształty przekrojów	16
Przewody wykonywane z odcinków rur	
Rury kamionkowe	23
Styki	26
Złącza uszczelniane materiałem plastycznym	27
Styki specjalne	30
Złącza zalewane	31
Rury betonowe i żelbetowe	33
Kanały wykonywane całkowicie w wykopie.	
Kanały murowane	46
Kanały z betonu i żelbetu	51
Kanały z rur azbestowych	52
Przewody żelazne	52
Przewody drewniane	53
Porównanie jakości przewodów kanalizacyjnych	53
Układy sieci kanalizacyjnych	60
Przelewy burzowe	63
Porównanie układów	65
Zasady projektowania sieci odwodniającej	71
Obliczenie sieci kanałów	77
Spadek przewodów	79
Położenie w przekroju ulicy	83
Głębokość umieszczenia	83
Obliczenie przekroju	85
Uzbrojenie sieci przewodów kanalizacyjnych	91
Studzienki żłazowe	92
Wpusty uliczne	97
Świetliki	100
Spoczniki	101
Zsypy śniegowe	101
Studzienki spadowe	103
Przelewy burzowe	104
Kanały ulgi	132
Zbiorniki wyrównawcze	132
Chwytnice rumowiska	133
Połączenia kanałów	134
Przepusty, syfony	135
Wyloty kanałów i ich zamknięcia	140
Płuczki	142
Urządzenia do wietrzenia	144
Stacje pomp - sztuczne podnoszenie wód kanałowych	146
Utrzymanie kanałów	151
Budowa przewodów kanalizacyjnych	154



## II.

Układanie przewodów kanalizacyjnych pod wodą .....	183
Urządzenia kanalizacyjne domowe .....	185

Część II. Oczyszczanie ścieków miejskich .....	211
Samoooczyszczanie się wód .....	212
• Obliczanie bilansu tlenowego .....	222
• Jakość ścieków .....	230
• Sposoby oczyszczania ścieków .....	235
Usunięcie ścieków .....	238
Oczyszczanie mechaniczne .....	238
Kraty .....	238
Sita .....	238
Rozdrażnianie .....	240
Piaskowniki .....	243
Tłuszczowniki .....	244
Osadniki .....	247
Stawy zaladowywane .....	255
Poletka zalewane .....	256
Osadniki gnilne .....	257
Osadniki świeżowodne .....	259
Osadniki dwupiętrowe .....	263
Osadniki wtórne .....	269
Chemiczne oczyszczanie .....	271
Przeróbka i usunięcie osadów .....	273
Przegniwanie osadu .....	280
Komory gnilne .....	286
Dwustopniowe przegniwanie .....	297
Obliczenie wielkości komory gnilnej .....	298
Wytwarzanie się gazu i jego wykorzystanie .....	299
Suszenie i wykorzystanie przegniłego osadu .....	302
Oczyszczanie wtórne .....	306
Pola nawodniane .....	310
Pole filtracyjne .....	316
Filtry gruntowe .....	317
Stawy rybne .....	320
Złóża zalewane .....	324
Złóża zraszane .....	326
Zanurzone przedmuchiwane złoża .....	347
Osad czynny .....	349
Chlorowanie ścieków .....	375
Oczyszczalnie domowe .....	377



## Spis zauważonych błędów.

str.	wiersz od góry	od dołu	jest	powinno być
1	10		one były	ono było
7		9	gmina	gmina miejska
8	7		ciesi	sieci
13		12	wstępnymi założeniami, które robimy są	wstępnym założeniem, które robimy jest
14		3	$t_r = H:J$	$t_r = H:J$
17	7		uważać jako	uważać pod względem odporności
20		8	dopasowania	dostosowania
25		13	zaemaliowane	pokryte polewą
28	5		który wydaje	Cement wydaje
30	9		wyekspluował	stracił swą ważność
31		12	przywieraniu	przywieraniu zamknięcia
44		7	dojrzywaniem	dojrzywanie
49	8		minut i w celu	minut w celu
55		4	partie	części przekroju
56	2		sytuację	stan
56	3		stakowanego	atakowanego
58		11	lub krążków	lub wielokrążków i wyciągarek
62	1		rozdzielczego	rozdzielonego
67		5	rewizyjnych	złazowych
73	7		skażonej, dłu-	skażonej, dłu-
74	13		skrzyżowaniu końca	skrzyżowaniu w studziennicy złazowej końcówki górnej kanału bocznego z przewodem idącym doń poprzecznie w poziomie wyższym.
75	9		rzeką, a przewód	rzeką, w przewód
105		6	przepływu wody	przepływu wody /rys.163a/
109			we wzorze /15/ w mianowniku	$Q_2 B - g A^3$
110			wzór /17/	$\sqrt{2g \cdot h_1^{3/2}}$
113		9	wartość	wartość $\alpha$
114		4	różna	równa
125	12		rys.168a	rys.168c.
146			rysunek 211 odnosi się do ustępu poprzedniego, kończącego się wierszem 2-im od góry.	
157			rysunek 232a odnosi się do ustępu drugiego od dołu, kończącego się wierszem 5-ym od dołu.	
158	14		konieczną	konieczną
159		1	są podpory	są podkładki
182	3		wstawić rys.261 a.	
183	9		część	część
183		5	wstawić rys.262a	
183		3	rys.262	rys.262b
185	3		przy obciążeniu	przy pomocy obciążenia, polegającego na wypełnianiu przewodu wodą



str.	wiersz	od góry	od dołu	jest	powinno być
185			5	kanalizacyjnych	kanalizacyjnych
203			12	odprowadzić	doprowadzić
225	13			nasywienie	nasywienie
233			6	wyrównawcza	porównawcza
244			10	zaniesionych	niesionych
252	1				<u>3</u> A
262			12	zgrubiające	zgrabiające
263	10			koryta zbiorcze	koryta zbiorczego
270			8	z tego końca	od góry
277	13			centryfugi	jednostki
277			6	centryfugowanie	odwirowanie
280			13	Przegniwanie	Przegniwanie
297				$t = 10^{\circ}\text{C}$	$\Delta t = 10^{\circ}\text{C}$
					$\Delta t = 10^{\circ}$
				$t = 10^{\circ}$	
309	13			Silne obciążone	Silnie obciążone
312			11	większa	nie większa
319	8			Srednicę	Srednicą
320			1	samoczyszczeniu	samoczyszczaniu
322	3			osad rozkładającym	osad w złożu, będąc w
				będąc w złożu	nim rozkładanym i
328			12	podlec	podlecz
331			13	trójkątnego przekroju	z łat o przekroju trój- kątnym
346			13	była	były
349			12	fermentacji	przegniwaniu
371	13			nadmiernego	nadmiernego



## I. Zadanie kanalizacji i rys historyczny.

Zadaniem kanalizacji miast jest odprowadzenie w sposób jak naj-  
szybszy i najtańszy wód z terenów osiedli w ten sposób, żeby nie po-  
wodowały one niedogodności i nie sprawiały przykrości w życiu miast  
i ich mieszkańców. Łącznie z urządzeniami wodociagowymi kanalizacja  
stwarza higieniczne warunki dla życia w mieście, wpływając w wybit-  
nym stopniu na zdrowotność.

Od najdawniejszych czasów odczuwała ludność miast potrzebę  
odprowadzenia wód zużytych oraz odwodnienia osiedli. Początkowo wy-  
konywane one były przy pomocy rowów otwartych, w miarę jednak powo-  
stawania coraz ciaśniejszej zabudowy zaczęto odprowadzać ścieki  
przewodami umieszczanymi pod powierzchnią ulic. Badania archeologiczne  
w Babilonie, Niniwie, Egipcie i Jerozolimie stwierdziły istnienie  
w miastach starożytnego wschodu kanalizacji domowej oraz miejskiej.

W starożytnej Grecji i Rzymie wykonanych było dużo budowli ka-  
nalizacyjnych, ruiny wielu z nich zachowały się do dnia dzisiejszego.  
Niektóre z nich są jeszcze i obecnie w stanie używalności. Ateny, Mi-  
keny, Syrakuzy, Agrigenti posiadały sieci kanalizacyjne. Główny kolek-  
tor kanalizacji Rzymu cloaca maxima, wykonany z kamienia, o przekroju  
prostokątnym przesklepionym u góry, ma wymiary w świetle: szerokość  
2,15 m, wysokość 3,19 m, spad dna zmienny 1 - 30‰. Kanał ten zach-  
wał się do czasów obecnych i został włączony do nowoczesnej kanaliza-  
cji Rzymu. Wykopiska Pompei wskazują, że istniała tam planowa kanali-  
zacja, z którą połączone były domy, posiadające ubikacje z urządzenia-  
mi spłukującymi odchody do kanałów miejskich.



Zarówno Grecy, jak i Rzymianie, umiejętności techniki kanalizacyjnej rozpowszechnili na całym obszarze swych zdobyczy i wpływów. Z upadkiem Rzymu rozwój techniki kanalizacyjnej zostaje przerwany i w wiekach średniowiecza następuje cofnięcie się znacznie wstecz. Jest to też powodem olbrzymiej śmiertelności, będącej wynikiem ciągłych wybuchów najrozmaitszych chorób epidemicznych.

Rzeczony rozwój nowoczesnej kanalizacji datuje się od końca XVIII stulecia przy czym przoduje w nim Anglia. W roku 1848 zostaje wydany jako pierwszy tego rodzaju "Public Health Act", wpływając zasadniczo na zmianę warunków higienicznych życia w miastach. Pierwszy projekt planowej kanalizacji oparty na nowoczesnych zasadach został wykonany dla Hamburga w roku 1843. W Anglii, Londynie oraz innych miastach, zostają wprowadzone, jako pierwsze tego rodzaju urządzenia, klozety spłukiwane wodą, umożliwiające w sposób najdoskonalszy usunięcie odchodów ludzkich z mieszkań. Wreszcie również w Anglii, jako pierwszej, powstaje zagadnienie konieczności oczyszczania ścieków z uwagi na rosnące zanieczyszczanie odbiorników przyjmujących odpływy.

Obecnie technika kanalizacyjna zajmuje się nie tylko zagadnieniami odprowadzenia poza obręb miast ścieków, lecz również ich oczyszczaniem względnie przeróbką w takim stopniu, by nie powodowały one zanieczyszczenia rzek, a nawet by w powyższych wypadkach mogły być wykorzystane dla celów rolnictwa.

Posiadamy naogół mało wiadomości o urządzeniach kanalizacyjnych w dawnej Polsce. Kroniki z wieków XIV i XV zawierają szereg dokumentów świadczących o istnieniu kanałów miejskich w Kazimierzu, Krakowie, Lublinie, Lwowie, Płocku, Poznaniu, Warszawie i Wilnie.

W XVIII wieku Warszawa posiadała sieć rowów oraz kanałów kry-



tych drewnianych i murowanych nie powiązanych z sobą i odprowadzających z niewielkich zlewni ścieki do Wisły. W roku 1876 został opracowany pierwszy projekt planowej kanalizacji, zaś w roku 1881 rozpoczęta była budowa. W roku 1926 został skończony projekt kanalizacji wielkiej Warszawy, którego realizację przeprowadza się dotychczas.

W obecnym stanie miasta nasze są pod tym względem niesłychanie zaniedbane, z 636 miast Polski planową kanalizację posiadało 54 za-  
mieszkałe przez 4715000 mieszkańców, budowaną zaś była w 25 z 635000  
mieszkańców. Oczyszcza ścieki dotychczas częściowo lub całkowicie za-  
ledwie 36 miast. Dla odróbnienia tych olbrzymich zaniedbań należy wybu-  
dować przeszło 6000 km kanałów, przy czym koszt realizacji pełnego pro-  
gramu inwestycji kanalizacyjnych wyniesie 750 milj. złotych.

#### Ilość ścieków.

##### Wody brudne.

Ilości ścieków z gospodarstw domowych i przemysłu odpowiadają w ogólności zużyciu wód wodociagowych. Z wielkości więc rozbioru wody wodociagowej sądzić można o ilości tych dwóch rodzajów odpływów. Podobnie do nierównomierności rozbioru wody wahać się będą odpływy w poszczególnych okresach roku, tygodnia oraz dnia. Sprawę tę omówiono dostatecznie wyczerpująco w części I-iej traktującej o wodociągach i tam odpowiednie szczegółowo dane znaleźć można.

Do obliczenia sieci przewodów odwodniających przyjmuje się określoną normę rozbioru wody na mieszkańca i przeciętną dobę, co pozwala obliczyć dla danej gęstości zaludnienia odpływy z jednostki powierzchni, którą przyjęto o wielkości 1 hektara. Są to tak zwane odpływy jednostkowe. Znajac charakter miasta określić można maksyma dobowe oraz godzinowe. W stosunku do największego rozbioru godzinowego wody



wodociągowej odpływ największy będzie przesunięty nieco w czasie

/Rys.1/.

W niektórych miejscowościach przyjmuje się określoną część odpływu rozłożoną na pewną ilość godzin, zgodnie ze zjawiskiem skupiania się odpływu wody brudnej na określone okresy doby. Największa część wód brudnych płynie w miastach około godziny 16, w średniej wielkości osiedlach około 14, w niewielkich około 12-iej.

Nie zawsze jednak jest dopuszczalnym przyrównywanie odpływu wód brudnych do rozbioru wody wodociągowej. Częstokroć dochodzi z niego do sieci kanalizacyjnej tylko część 50-80%, podczas gdy duża część wód ściekowych pochodzi ze źródeł innych. Stosunek odpływu wód brudnych do wody wodociągowej wynosi dla różnych miast od 100-200%. Należy pamiętać o tym, że przy niedostatecznej szczelności kanałów mogą się również dostawać do nich wody gruntowe. Gdy kanalizacja ma za zadanie jednoczesne obniżenie stanu wody gruntowej, przeprowadza się je przy pomocy odrębnych przewodów dla wody gruntowej, ułożonych obok lub poniżej kanałów. Przewody te mogą niezależnie odprowadzać wody gruntowe lub też co pewną odległość być łączone z przewodami kanalizacyjnymi w miejscu studzionek złączowych.

W wypadku dopływów z zakładów przemysłowych należy stwierdzić, czy czerpią one wodę z wodociągów miejskich, czy też z własnych źródeł wody oraz w jaki sposób równomiernie czy też falami odbywa się doprowadzanie ścieków do kanalizacji. Ilości ścieków przemysłowych wynoszą w stosunku do odpływu zużytych wód domowych 5 - 100%. W mniejszych miastach przemysłowych wartości te mogą być znacznie wyższe.



### Wody burzowe.

Sprawa ilości odpływów deszczowych wymaga dodatkowego omówienia. Ilości odpływów deszczowych zależą od wysokości opadów obserwowanych w danej okolicy. Wobec zaś bardzo małej i krótkotrwałej pojemności terenu związane są w wysokim stopniu z opadem chwilowym. Wahania w jego wysokości odbijają się bezpośrednio na wielkości odpływu, przy czym rozpiętość wahnięć jest bez porównania większa niż zużytych wód domowych; odpływ w czasie pogody posusznej spada do zera natomiast w czasie deszczów nawalnych osiągnąć może bardzo duże wartości.

Jeżeli obliczymy dla porównania ilości odpływów do odprowadzenia w ciągu okresu dłuższego np. roku, to stwierdzimy, że zużyte wody domowe dla warunków Polski przewyższają odpływy deszczowe. Odwrotnie się sprawa przedstawia przy porównaniu odpływów sekundowych.

Przyjmijmy do porównania: powierzchnię 1 ha o średniej gęstości zaludnienia 300 mieszkańców i współczynniku spływu  $\varphi = 0,5$ ; zużycie przeciętne wody 100 litr/mieszkańca/dobę oraz średni opad roczny dla środkowej Polski 550 mm; jako miarodajny deszcz o prawdopodobieństwie 20% i czasie trwania 30' o natężeniu 37,0 mm/godz.

Wyniosą:

odpływy roczne

$$\text{deszczowe } Q_d = 0,5 \times 0,55 \times 10000 = 2750 \text{ m}^3/\text{rok/ha}$$

$$\text{zużytych wód domowych } Q_s = 365 \times 300 \times 0,1 = 10950 \text{ "}$$

$$Q_s : Q_d \quad 4:1$$

odpływy sekundowe zużytych wód domowych w godzinie największego odpływu

$$q_s = \frac{100 \times 0,1 \times 300}{3600} = 0,83 \text{ litr/sek/ha}$$



wód burzowych

$$q_d = 0,5 \frac{0,037}{3600} \times 10000 \times 1000 = 51,4 \text{ liter/sek/ha}$$

$$q_s : q_d = 1:62.$$

Według założeń stosownie do których liczone były przekroje kanałów w dotychczas wybudowanych sieciach miejskich waha się stosunek zużytych wód domowych do burzowych w granicach 1:20 do 1:100.

Miarodajnymi dla określenia przekroju przewodów, służących do odprowadzenia ścieków, są przepływy sekundowe. Dla zaprojektowania sieci przewodów, którymi będą płynąć wody opadowe, niezbędną jest znajomość nie tylko największego natężenia deszczów, zależącego jak uczy obserwacja od czasu ich trwania i obszaru zasięgu, lecz również i częstotliwość pojawiania się opadu o określonym natężeniu czyli znajomość prawdopodobieństwa. Stąd też wynika konieczność obserwacji deszczów nawalnych i opracowania ich wyników w tej postaci, by można je było zastosować do obliczeń przy projektowaniu kanalizacji.

Obserwacje przeprowadzane są przy pomocy przyrządów samopiszących, na podstawie notowań których zawsze daje się obliczyć natężenie  $J$  każdego deszczu, t.j. wysokość opadu w jednostce czasu. Przyjęto określać natężenie w mm/godz. Na rysunku 2 pokazano deszczomierz samopiszący, zaś rysunek 3 przedstawia wykres zanotowanego przez deszczomierz opadu nawalnego.

Wyniki obserwacji opracowywano są w postaci krzywych czasów trwania, najlepiej w poziomej podziałce prawdopodobieństwa, pionowej zaś logarytmicznej. Pozwala to na bezpośrednie odczytanie z krzywych dla przyjętego procentowego prawdopodobieństwa największego natężenia deszczu, odpowiednio do różnego czasu jego trwania. Prawdopodobieństwo



określa okres czasu w ciągu którego zostaną przekroczone natężenia deszczów o danym czasie ich trwania. Włec np. natężenia odpowiadające odciętej 20% trafią się lub będą przekroczone w okresie 5-letnim jeden raz /100 : 20 = 5/. Przyjęto mówić o deszczach odpowiadających odciętej 20%, że są to deszcze trafiające się raz na lat 5. Odcięta 50% wskazuje natężenia deszczów trafiających się raz na dwa lata i t.d.

Natężenia deszczów J mm/godz przeliczyć najlepiej na q litr/sek/ha, podobnie, jak się to robi przy określaniu ilości zużytych wód domowych. Z krzywych odczytuje się wówczas wartości, które można zużytkować bezpośrednio do obliczania sieci przewodów odwadniających.

Z długoletnich obserwacji wykonywanych w Warszawie obliczono krzywe czasów trwania dla deszczów nawalnych trwających od 10' do 180'. Podane są one na rys. 4 i 5. Można przyjąć, że będą one słuszne dla obszarów całej Polski.

Ze względów gospodarczych nie mogą być brane pod uwagę rzadko się trafiające poszczególne nawalne deszcze. Przekroje przewodów zdolnych przelknąć bez przepełnienia się sieci kanalizacyjnej odpływu z takich deszczów wypadłyby bardzo dużych rozmiarów, co jest związane z bardzo wysokimi kosztami wykonania i nie każda gmina na taki poważny wydatek na budowę sieci kanalizacyjnej może sobie pozwolić. Godziły się więc na pewne przykrości, nawet szkody, powtarzające się w określonych odstępach czasu, wynikające z przepełniania się sieci przewodów kanalizacyjnych, a to w celu zmniejszenia ich wymiarów i przez to dostosowania kosztów ich budowy do możliwości finansowych danej gminy. Rozmiar, tym samym koszt kanalizacji jednolitej, zależy od przyjęcia natężenia miarodajnego opadu. Miasta więc większe i bogatsze zaopatrzone będą w przewody kanalizacyjne zdolne przelknąć odpływy, bez nadmiernego prze-



połniona się, z deszczów bardziej gwałtownych, trafiających się rzadziej. Sieć kanalizacyjną w miastach mniejszych i uboższych liczy się na deszcze o prawdopodobieństwie większym, a zatem częściej się zdarzające.

Ważnymi czynnikami są układ terenu i sposób wykorzystywania piwnic. Na terenach płaskich i przy niewielkim wykorzystaniu piwnic dopuszczamy częstsze przepoźnianie się cieci kanalizacyjnej. Odwrotnie się rzecz ma w wypadku silnych spadków terenu, położenia miasta w kotlinie oraz wykorzystywania piwnic na składy, których zalanie spowodowałoby poważne szkody. Częstokroć dla dzielnic śródmiejskich przyjmuje się za podstawę do obliczeń deszcze o prawdopodobieństwie mniejszym, dla przedmieść o ruchu słabszym, gdzie czasowa naogół bardzo krótkotrwała przerwa z powodu zalania ulic wodą deszczową odbija się w bardzo nieznaczny sposób na ruchu ulicznym, prawdopodobieństwo większe. Naogół bierze się jako górną granicę deszcze trafiające się raz na 3 lata, jako dolną co roku.

Dla deszczów, przyjmowanych najczęściej jako miarodajne do obliczania sieci przewodów kanalizacyjnych, wykreślono, na podstawie krzywych wspomnianych poprzednio, krzywe natężenia deszczu /rys. 6/ dla prawdopodobieństwa 33,3% /deszcz trafiający się raz na lat trzy/, 50% /raz na dwa lata/ oraz 100% /co roku/. Odczytać z nich można natężenie opadu w litr/sek/ha w zależności od czasu jego trwania.

#### Współczynnik spływu.

Nie cała jednak ilość wody deszczowej dochodzi do kanałów. Część wody zależy od rodzaju zabudowy, nawierzchni ulic, itp.



czasie spływu i stagnowania ulegnie stratom na przesiekanie i parowanie. Ilość wody, która dostanie się do przewodów deszczowych zależeć będzie od właściwości powierzchni spływu, od czasu trwania deszczu, pory roku, temperatury i stosunków wilgotności. Wszystkie te czynniki ujmujemy współczynnikiem spływu  $\varphi$ , który pozwala określić tę część ilości opadu, która po odjęciu ilości strat dochodzi do kanałów.

Zasadnicze znaczenie przy obliczaniu odpływu wód deszczowych ma odpowiedni wybór współczynnika spływu. Mała jego zmiana bardziej wpływa na wynik końcowy niż inne drobiazgowości w obliczeniu. Ze względu na uszlachetniające się stopniowo bruki współczynniki spływu będą wzrastały i należałoby możliwości te uwzględnić od razu przy ich obiorze.

Ogólnie podaje się wartości współczynników spływu  $\varphi$  uzależnione od gęstości zabudowy oraz od rodzaju pokrycia powierzchni spływu.

Przeciętne jego wartości są następujące:

Rodzaj zabudowy	$\varphi$
Zabudowania gęste	0,7 - 0,9
" rzadkie z domami w podwórzach	0,5 - 0,7
" " z dużymi podwórzami i ogrodami	0,5
Powierzchnie zabudowań gospodarstw rolnych	0,3 - 0,4
Ogrody, łąki i niezabudowane tereny zewnętrzne	0,2
Powierzchnie dachów: metalowe	0,95
dachówka i papa	0,90
Bruk asfaltowy w dobrym stanie	0,85 - 0,90
Bruk kamienny, klinkierowy, kostka drewniana z starannie zacementowanymi szwami	0,75 - 0,85
bez zacementowanych szwów	0,50 - 0,70
Gorsze bruki z nieuszczelnionymi szwami	0,40 - 0,50



Szosoane drogi	0,25 - 0,60
Zwirowane drogi i ścieżki	0,15 - 0,30
Parki, ogrody, łaki zależnie od spadku powierzchni i rodzaju podłoża	0,05 - 0,25

Podane wartości odnoszą się do stosunkowo płaskiego terenu, w wypadku większych spadków powierzchniowych należałoby współczynniki powiększyć. Słusznym jest więc uzależnienie współczynników spływu nie tylko od gęstości zabudowy, czy pokrycia powierzchni spływu, ale i od jej spadku:

rodzaj	spadek powierzchni w %	0,5	1	2,5	5	7,5	10
powierzchni				$\varphi$			
dachy		0,85	0,90	0,96	0,98	0,99	1,00
bruki szczelne		0,70	0,72	0,75	0,80	0,85	0,90
" zwykłe		0,50	0,52	0,55	0,60	0,65	0,70
szosy		0,40	0,42	0,45	0,50	0,55	0,60
aleje spacerowe		0,20	0,22	0,25	0,30	0,35	0,40
parki i ogrody		0,10	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30
ziemia orna		0,05	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25
lasy		0,01	0,02	0,04	0,06	0,10	0,15
dzielnice gęsto zabudowane /stare dzielnice/		0,80	0,82	0,85	0,90	0,95	1,00
dzielnice luźniej zabudowane		0,60	0,62	0,65	0,70	0,75	0,80
" willowe		0,40	0,42	0,45	0,50	0,55	0,60

Współczynnik spływu  $\varphi$  dla całej zlewni A, o różnym charakterze jej części składowych  $A_1, A_2, \dots$  ujętym przez odpowiednio różne  $\varphi_1, \varphi_2, \dots$  określimy z:

$$\varphi = \frac{A_1 + A_2 + \dots}{A}$$



Zwrócić jeszcze należy uwagę, że współczynnik spływu nie zależy tylko od właściwości powierzchni, lecz również wpływają nań czynniki klimatyczne oraz czas trwania deszczu. Wpływy te ujął R e i n h o l d na podstawie swoich badań w Gdańsku wzorem w którym uzależniony jest współczynnik spływu od trzech głównych czynników:  $\mu$  charakteru zlewni,  $q$  natężenia opadu wyrażonego w litr/sek/ha oraz  $t$  czasu jego trwania w minutach

$$\varphi = \mu \cdot q^{0,567} \cdot t^{0,228} \quad /1/$$

Wartości  $\mu$  są następujące:

w śródmieściu ciasno zabudowanym $\mu =$	0,0220
przedmieścia z zabudową zwartą	0,0169
zabudowa luźna	0,0117
powierzchnie niezabudowane	0,0065

Nie należy jednak utrudniać obliczenia sieci przewodów przyjęciom zbyt wielkiej ilości rodzajów zabudowy oraz zmiennością współczynnika  $\varphi$ . Ograniczamy zwykle ich liczbę dla miast małych do jednej - dwóch wartości, średnich dwóch - trzech, dużych trzech wyjątkowo czterech.

Przeważnie przyjmuje się następujące współczynniki odpływu dla czterech rodzaj zabudowy

śródmieście zwarto zabudowane z nawierzchnią szczelną	$\varphi$
ulic i podwórzy	0,70 - 0,90
dzielnice przyległe do śródmieścia z nawierzchnią	
mniej szczelną z zielenicami	0,50 - 0,70
miasta ogrody	0,25 - 0,50
dzielnice podmiejskie z nielicznymi zabudowaniami,	
lasy, ogrody	0,10 - 0,25



### Spływy jednostkowe deszczów nawalnych.

Mając opracowane krzywe natężenia deszczu o przyjętym prawdopodobieństwie należy obliczyć spływy jednostkowe wód deszczowych /litr/ /sek/ha/, którymi będzie się można posłużyć bezpośrednio przy obliczaniu przekrojów kanałowych. Jednostkowe odpływy są tym mniejsze im większa jest powierzchnia odpływu. Największy odpływ daje taki deszcz, którego czas trwania równa się czasowi przepływu wody w kanale. Wyjątek stanowią zlewnie u góry zwarte, zaś u dołu wąskie i długie /rys. 7/.

Za miarodajną dla całości układu sieci przewodów kanalizacyjnych przyjmuje się zlewnię dobrze charakteryzującą całość obszaru odwadnianego. Będzie więc to zlewnia o przeciętnych zabudowie i spadkach. Gdyby w układzie całości wyróżniały się wyraźnie swym charakterem poszczególne dzielnice, należy ustalić odrębnie dla nich spływy jednostkowe. Posiłkowanie się<sup>w</sup> takim wypadku jednolitymi spływami jednostkowymi dla całości obszaru dałoby zbyt poważne różnice pomiędzy rachunkiem i rzeczywistym spływem. W dużej ilości wypadków obliczenia wykonane na podstawie jednolitych spływów jednostkowych dla całości obszaru odwadnianego dają wyniki dostatecznie dokładne.

Korzystając z zależności podanych wyżej i mając przekrój poprzeczny obranego za miarodajny zbieracza z zaprojektowanym spadkiem jego dna oraz obliczonymi w węzłach powierzchniami spływu, przystępujemy do obliczenia spływu jednostkowego dla zbieracza. Wyniki obliczeń zestawiamy tabularycznie:



1.	2.				3.				4.
Nr. węzła	A				A <sub>1</sub>				L Długość kanału od początku m
	Obszar rzeczywisty				Obszar zredukowany na 100% odpływu				
	I kat	II kat	III kat	Razem	I kat	II kat	III kat	Razem	
	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	

5	6	7	8	9	10
$\Delta L$ długość odcinka	V prędkość przepływu w kanale	t czas prze- pływu na odcinku	t <sub>d</sub> retencja sieci + czas do- pływu do kanału	T czas trwania dopływu	I natężenie deszczu
m	m/sek	sek	sek	sek	mm/sek ltr/s/ha

11	12	13	14	15
Q ilość od- pływu l/sek	q spływ jed- nostkowy l/sek/ha	spad ka- nału ‰	przekrój kanału cm	napełnienie kanału cm

Rachunek prowadzimy w sposób następujący: zaczynamy liczenie od góry kanału. Do wartości właściwych dochodzimy drogą prób. Wstępnymi założeniami, które robimy, są czas dopływu wody z dachów i ulic do kanału  $t_d$ . Wartość jego przyjmuje się zwykle w granicach 2-5 minut, gdy powierzchnia rozpatrywana jest w większej swojej części otwarta i niezabudowana. U nas przyjęte jest przyjmować  $t_d \approx 2$  minuty. Np. dla warunków amerykańskich prof. G.S. Coleman podaje następujące wartości: a/ posiadłości najwyższej klasy, składające się z dużych działek  $t_d = 1,5 - 4,5$  minut, zależnie od odległości domów od ulicy. Średnio 2'.

b/ Posiadłości drugiej klasy, głównie składające się z częściowo przylegających do siebie domów z małymi ogrodami  $t_d = 1 - 5'$ . Średnio 1'.



c/ Dzielnice o domach wielopiętrowych, bez przestrzeni wolnych pomiędzy domami i domami a ulicą. Średnio 0,5' lub mniej.

Pojemność sieci i terenu, w której mieścić się będzie początkowy opad przyjąć możemy zgodnie ze spostrzeżeniami praktycznymi  $H = 6 - 8$  mm.

Zakładamy dla pierwszego odcinka kanału czas dopływu fali deszczu  $T'_z$ , wychodząc z zasady, że największy przepływ otrzymany w punkcie rozpatrywanym z deszczu o czasie trwania równym czasowi spływu. Z krzywej zależności natężenia i czasu trwania opadu znajdujemy, dla obranego  $T'_z$  natężenie  $I_1$  mm/sek, względnie  $q$  litr/sek/ha. Powierzchnie w węźle zgodnie z przyjętymi współczynnikami spływu zmniejszamy na powierzchnię odpowiednio mniejszą o spływie 100%-ym. Możemy więc poprostu powierzchnie poszczególnych stref w węźle przez przyjęte dla tych stref współczynniki spływu. Dla tak określonej powierzchni spływu i natężenia znajdujemy ilość wody płynącej bezpośrednio przed węzłem  $Q_1$ . Dobieramy tak przekrój kanału, by woda wypełniania go niecałkowicie → w wypadku kanałów jajowych nie wyżej pachwiny → i określamy prędkość jej przepływu  $v_1$ . Znając długość odcinka od początku  $L_1$  możemy sprawdzić, czy czas dopływu wody do węzła zgodny jest z czasem przyjętym

$$T'_z = \frac{L_1}{v_1} + t_d + \frac{H}{I_1} \text{ sekund} \quad /2/$$

Czas przepływu dla danego odcinka kanału składa się z czasu przebiegu fali deszczu /rys. 8/  $L : v$ , powiększonego o czas dopływu wody z ulic do kanału  $t_d$  oraz o czas odpowiadający wypełnieniu się retencji kanału spływem początkowym  $t_r = H:I$ . Jeśli  $T'_z = T''_z$ , względnie różnice ich wartości są niewielkie, uważamy rachunek dla odcinka kanału do rozpatrywanego węzła za zakończony. Jeżeli różnica wartości  $\pm \Delta T = T'_z - T''_z$



wykracza poza dozwoloną granicę  $/10 - 20\%$ , rachunek należy powtórzyć. Zależnie od znaku odchyłki powiększamy lub zmniejszamy czas  $T_z$ , tylekrotnie powtarzając obliczenie aż dojdziemy do  $\Delta T$  leżącego w granicach dopuszczalnych. Rachunek przebiega szybko przy wprawie i należy-tym wyczuciu liczącego.

Po ustaleniu wartości przepływu wody dla danego węzła obliczamy spływ jednostkowy dla współczynnika 100%.

$$q_1 = \frac{Q_1}{A_1} \quad \text{litr/sek/ha} \quad /3/$$

100%

/wartości z kolumn wyżej podanej tabeli 12 = 11:3/.

Idziemy do węzła następnego odległego o  $\Delta L$  i przyjmując  $T_z''$  obliczamy jak poprzednio:

$$T_z'' = T_0' + \frac{L}{v_2} + t_d + \frac{H}{I_2} \quad \text{i t.d.}$$

Co pewną długość kolektora sprawdzamy wartości od początku,

t.j.

$$T_z = T_0 \quad \text{zaś} \quad T_0 = \frac{L_1}{v_1} + \frac{L_2}{v_2} + \dots + \frac{L_n}{v_n} + t_d + \frac{H}{I_n},$$

przy czym

$$v_1 = Q_1 : a_1 ; \quad v_2 = Q_2 : a_2 \dots, \quad \text{zaś} \quad Q_1 = \frac{A_1}{100\%} \cdot I_n ;$$

$$Q_2 = \frac{A_2}{100\%} \cdot I_n \dots$$

$a$  - oznacza przekrój wypełnionej części kanału.

Jako przykład podaję obliczanie spływów jednostkowych deszczów nawalnych dla zbieracza 3-go kanalizacji Łowicza /rys.9 i zestawienie/.

Obliczone spływy dla 100% odpływu  $q_1, q_2, \dots, q_n$ , odniesione do odpowiednich sum powierzchni zlewni o przyjętych rzeczywistych współczyn-



nikach spływu - niezmniejszonych na stuprocentowy odpływ - przedstawiamy na wykresie logarytmicznym /rys.10/. Otrzymujemy zwykle zależność w postaci linii prostej. Na tymże wykresie podajemy również linie współczynników spływu jednostkowego dla przyjętych w kanalizacji procentów spływu w strefach. Co łatwo wykonać, mnożąc rzędną, odpowiadającą powierzchni spływu np. 1 ha, przez odpowiednie współczynniki spływu i prowadząc przez w ten sposób otrzymane wartości rzędnych równoległe do prostej zasadniczej. Wykres pozwala odczytać dla dowolnej wielkości zlewni wartość spływu jednostkowego w poszczególnej strefie. Zależność tę można łatwo wyrazić wzorem o kształcie

$$q = a \cdot h^n \quad /4/$$

w którym  $a$  jest wartością rzędnej dla odciętej równej 1 ha, zaś  $n$  tangens kąta, jaki tworzy prosta związku z osią poziomą, wartość ta jest ujemna.

W ten sposób określone spływy jednostkowe przyjmujemy za mikro-dajno dla całego miasta.

## PRZEWODY KANALIZACYJNE.

### Kształty przekrojów przewodów kanalizacyjnych.

Przewody sieci kanalizacyjnej buduje się przeważnie z rur, wykonywanych fabrycznie i dostarczanych na miejsce budowy jako gotowy wyrób. W wypadkach przekroi mniejszych rozmiarów używane są rury kamionkowe lub betonowe, podczas gdy w rzadkich przekroi większych stosuje się również rury żelbetowe. Rzadziej mogół obecnie wykonywane są przewody kanalizacyjne na miejscu budowy w wykopie. Decydują przede wszystkim odbiór specjalnych, różniących się od kołowych i jajowych przekroi oraz w wypadku większych przekroi, duży ciężar i związana z tym trudności



przy opuszczaniu i układaniu odcinków przewodu w wykopie. Jeżeli wyraźny nacisk kładzie się na stosowanie wyłącznie materiału, który jest w pełni wytrzymały na wpływy chemiczne ścieków, to aż do średnicy 500 mm  $/A \approx 0,196 \text{ m}^2/$  w grę wchodzi rury kamionkowe. W wypadku przekroji większych tym wymaganiem można zadośćuczynić wykonując w wykopie kanały z klinkieru. Ostatnio rozpoczęto wyrabiać rury betonowe lane od środkowo z ochronną powłoką asfaltową. Ten rodzaj rur można uważać jako równorzędny kamionce.

W praktyce kanalizacyjnej poza kołowymi przewodami stosuje się również często inne kształty przekrojów, tworzone z części o różnej krzywiznie, w postaci przekrojów: jajowych, eliptycznych, gruszkowych, parabolicznych, nielokowanych, podkowiatych, prostokątnych, względnie bardziej złożonych. Przekroje noszą nazwę podwyższonych jeśli ich wysokość jest większą od szerokości, lub obniżonych, gdy wysokość jest mniejszą od szerokości kanału. Przewody dostępne dla ludzi noszą nazwę przejazdowych.

Ogólnie i powszechnie dla przewodów prowadzących niewielkie ilości ścieków stosuje się przy granicach średnic 0,20 - 0,60 m, przekrój kołowy. Dla przewodów ulicznych najmniejszą polecaną w praktyce do stosowania średnicą jest 0,25 lub 0,30. Kształt kołowy jest z tych względów korzystny, że daje największe pole przepływu w stosunku do użytej ilości materiału na ściany. Z powodu tego korzystnego stosunku powierzchni przekroju do obwodu używane są rury kołowe także w bardzo dużych rozmiarach tam zwłaszcza, gdzie leżąc głęboko są narażone na duże parcie. Zaletami przewodów kołowych są tanieść, możliwość dogodnej dostawy gotowych odcinków rur, dobre właściwości hydrauliczne przy większym wypełnieniu niż przy innych kształtach, umożliwiające samoczyszczenie.



MP.2751



nie się kanałowa wada jest to, że w wypadku mniejszych przekroi powstaje niebezpieczeństwo zatykań, oraz istnieje trudność oczyszczenia.

Na przewody zbiorcze kanalizacyjne przekroi kołowych się nie stosuje. Jeżeli zaś przekrój kołowy zostaje zastosowanym, to zwykle z pewną zmianą, jako przekrój złożony; część górna jako przekrój kołowy, część dolna zaś wykształcaną jest w postaci wąskiego koryta oraz bocznych chodników /rys.11,12,13/.

Przekroje podwyższone stosuje się wówczas, gdy stosunek pomiędzy przepływem najmniejszym i największym jest wartością niewielką. W wypadku dużych ilości ścieków, zaś małej wysokości do rozporządzenia od niwelety dna kanału do nawierzchni ulicy, stosowanymi bywają przekroje obniżone np. eliptyczne pełne /rys.14/ lub eliptyczne złożone ze żłobem dolnym /rys.15/ na przepływy mniejsze.

Typem klasycznym pochodzenia angielskiego, obecnie jednym z najbardziej rozpowszechnionych jest przekrój jajowy. Stosowany jest on powszechnie z uwagi na korzyści, jakimi się wyróżnia pod względem hydraulicznym, konstrukcyjnym i dostępności. Rozróżniamy: przekrój jajowy zwykły /rys.16/, jajowy podwyższony /rys.17/ oraz odwrócony jajowy zwany inaczej gruszkowym /rys.18/. Przekroje jajowe składają się z czterech części: części górnej - półkola zatoczonego promieniem " $r$ ", dwóch środkowych części bocznych, opisanych promieniem  $r_1 > r$  ze środków, leżących na linii poziomej, przechodzącej przez środek górnego koła i dolnej części o promieniu  $r_2 < r$  ze środka, leżącego w punkcie przecięcia trzech linii /osi przekroju i dwóch promieni części środkowej/. Stosunki pomiędzy  $r$ ,  $r_1$ ,  $r_2$  mogą być bardzo różne. Najczęściej używanym jest zastosowany w Anglii /1846 r./ stosunek  $r_1 = 3 r$ ,  $r_2 = 0,5 r$ ,  $h = 3 r$ . Przekrój ten o stosunku  $h : d = 3 : 2$



nazywany jest zwykłym przekrojem jajowym. Wielkość przekroju oznaczona jest jego największą szerokością oraz wysokością. Stosowanymi są następujące wymiary przekroi:

$$h : d = 3 : 2$$

jajowy zwykły

30 x 45 cm  
40 x 60 "  
50 x 75 "  
60 x 90 "  
70 x 105 "  
80 x 140 "  
90 x 135 "  
100 x 150 "  
120 x 180 "

jajowy podwyższony

40 x 76 cm  
50 x 95 "  
60 x 110 "  
70 x 125 "  
80 x 140 "  
90 x 160 "  
100 x 175 "  
110 x 187,5 cm  
120 x 220 cm  
130 x 210 "  
140 x 220 "  
150 x 230 "  
160 x 240 "  
170 x 250 "  
180 x 260 "  
190 x 270 "  
200 x 280 "

Dolna zwężona część przekroju jajowego o promieniu  $r_2$  przeznaczona jest dla przepływu bezdeszczowego, stanowiącego około 4% przepływu największego. Ponieważ w rzeczywistości stosunek między przepływami najmniejszym i największym jest jeszcze mniejszy, dochodząc w wielu wypadkach do 1%, w niektórych miastach angielskich zaczęto zmieniać normalny przekrój jajowy na nowy, w którym  $r_1 = 2 \frac{2}{3} r$ , zaś  $r_2 = \frac{r}{4}$  /rys.19/. Usiłowanie zwężenia dolnej części do minimum doprowadziło do usunięcia całkowitego dolnej części kołowej. Te ostatnie typy przekroi są bardzo niewygodne dla przejścia. Stosować je można tylko wówczas, gdy kanały mają dostateczne spadki i przepływy, zabezpieczające dostateczną prędkość samooczyszczania. Oprócz stosunku  $h : d = 3 : 2$  używane są również przekroje o  $h : d = 2.586 : 2$  i  $3.438 : 2$ . Pierwszy z tych dwóch przekroi stosuje się gdy różnice przepływów zużytych wód



brudnych i deszczowych są niewielkie /np. w dużych miastach fabrycznych/, drugi, gdy przy niewielkich spadkach pożądanym jest powiększenie wysokości przekroju, ażeby umożliwić dogodniejsze przejście kanałem. Ostatnio przyjęto zmienny stosunek  $h : d$ , wyższy dla przekroi mniejszych  $3,8 : 2$ , niższy dla przekroi większych  $2,8 : 2$ .

Przekroje jajowe były używane poprzednio znacznie częściej niż obecnie, szczególnie w wypadku sieci układu jednolitego. Głównymi zaletami są nieco większe prędkości przepływu w stosunku do równie wydajnych przekroi kołowych przy częściowym wypełnieniu przekroju. Ponieważ węższa część przekroju znajduje się u spodu wywołuje to pewną trudność budowy oraz z powodu większego skupienia obciążenia gruntu łatwiejsze jest osiadanie. Zaletą jest łatwość czyszczenia, wadą zaś dalszą są większe koszty budowy.

Poprzednio opisane przekroje wymagają dużych wysokości i gdy chodzi o większe rozmiary są z punktu widzenia statyki niekorzystnymi. Jeżeli więc kanały mają wytrzymywać duże obciążenia i mieć duży wydatek przy spadku, zabezpieczającym dostateczną prędkość, to w takim wypadku biera się przekroje półparaboliczne /rys. 20/, podkowiaste /rys. 21/ lub nieckowate /rys. 22/, zaopatrując je u spodu w koryto dla wód brudnych /rys. 23/. Przez wybór przekroju na się możliwość dopasowania się do warunków miejscowych. Przekroje obniżone /poziomy paraboliczny przekrój/ stosuje się w tych wypadkach, gdy z pewnych względów należy zyskać na wysokości, np. przy budowie burzowców. W tym ostatnim wypadku pożądanym jest, ażeby odpływ w nich nie zależał od wahań poziomu odbiornika; z tego powodu dla burzowców stosowane są przekroje paraboliczne obniżone. Jeśli np. linia zwierciadła wody przebiega mało co ponad zwierciadłem wody gruntowej, lub warunki fundowania są ciężkimi,



lub można uniknąć pompowania wody gruntowej przez wyższe założenie dna, wybiera się przekrój płaski, podczas gdy w warunkach normalnych ze względów statycznych oddaje się pierwszeństwo przekrojom podkowiastym.

Przekrój prostokątny jest stosowany dla kanałów burzowych o rozmiarach średnich lub dużych. Łatwe są one do projektowania i wykonania. Należy zwrócić uwagę na gwałtowne zmniejszenie się promienia hydraulicznego, jeśli kanał zostanie wypełniony po sklepienie. Wydatek spada o 30%. W przekrojach prostokątnych stosuje się w spodzie koryta dla skupienia przepływów małych /rys.24/.

Jeżeli na skutek miejscowych warunków wierzch przewodu podchodzi blisko powierzchni gruntu /ulicy/, wówczas wchodzi w rachubę dalsze rozszerzenie przekroju i przykrycie kanału sklepieniem płaskim /rys.25/.

Kształty podkowiasty i eliptyczny są stosowane raczej dla ułatwienia budowy niż ze względów ekonomii i zalet hydraulicznych.

Prócz tych zasadniczych stosowane są i inne typy, które mogą być zaliczone do tego lub innego rodzaju wyżej opisanych przekroi /rys. 26, 27/.

W wypadku dużych kanałów należy zwrócić uwagę na to, aby podczas trwania odpływu w czasie pogody posusznej były one dostępne dla przejścia. Ażeby przejście nie było zbyt utrudnionym, głębokość wody nie powinna przekraczać pewnej wartości i poza tym siła żywa pływającej wody nie może być zbyt duża. Według badań w Charlottenburgu kanał jest dostępnym dla przejścia, gdy  $h \leq 0,65 \text{ m}$ , zaś  $h^2 v \leq 0,21 \text{ m}^3/\text{sek}$ . W przeciwnym razie należy spadek zwierciadła wody zgłodzić przez wstawienie stopni. Często stosuje się z tych względów przekroje z chodnikami.



W wypadku układu rozdzielonego przewody dla odprowadzania ścieków gospodarczych otrzymują kształty przekroi kołowych, przy dużych rozmiarach również jajowych. Odpływy deszczowe nie wymagają specjalnego ukształtowania dna, gdyż tutaj wobec małych wahań w przepływie nie istnieje obawa osadzania zanieczyszczeń. Przewody burzowe /burzowce/ odprowadzają ilości wody, które stanowią wielokrotność przepływu posuszego. Z tego powodu wahania w przepływie są w nich znacznie mniejsze niż w wypadku normalnych zbieraczy. Z tego powodu dla odprowadzania wód deszczowych przyjmuje się przekroje kołowe i nieckowate. Ponieważ ponadto naogół przy przelewach burzowych linia zwierciadła wody przebiega w niewielkich głębokości pod poziomem terenu, z tego względu są wskazanymi przekroje obniżone.

W wypadku przewodów układu jednolitego ilości ścieków wahają się w dużych granicach. Odpływ przy pogodzie posusznej, który obciąża przewody większą część roku, daje tylko małe napełnienie, podczas gdy wody deszczowe wypełniają przekrój całkowicie. Przekrój odpowiadać powinien warunkowi następującemu: prędkość nie może spaść poniżej najmniejszej dopuszczalnej wartości, gdyż w przeciwnym wypadku uniesione zanieczyszczenia osiadają, powodując przeszkodę w przepływie. Ukształtowanie więc dna powinno być dostosowane do przepływów niskich. Zasada jest by przy przepływach najniższych wytworzona została dostateczna głębokość, umożliwiającą zmywanie niesionych zawieszin i toczonych zanieczyszczeń.

Tym wymaganiom odpowiada najlepiej kształt przekroju kołowy lub półkołowy, gdyż wówczas promień hydrauliczny osiąga wartość największą. Ma to miejsce tylko przy całkowitym napełnieniu przekroju lub w wypadku przekroi z dodatkowym półkołowym korytem dostosowanym



do odpływu pogody posusznej, który wypełnia go całkowicie. Jeżeli będzie się uwzględniać wahania ścieków gospodarczych, których ilości w godzinach nocnych wynoszą tylko ułamek przepływu największego, to tym stosunkom najlepiej odpowiadać będzie przekrój trójkątny. Ponieważ wykształcenie tego rodzaju śpiczastych przekroi powoduje pewne techniczne trudności, wybiera się kształty takie, w których promień zaokrąglenia dna jest niewielki.

Z tego względu dla przewodów układu jednolitego w wypadku niewielkich wymiarów brane są pod uwagę przekroje kołowe lub jajowe. W wypadku stosowania przewodów kamionkowych wykluczonym zostaje przekrój jajowy, gdyż wyrób tego kształtu przewodów kamionkowych napotyka na duże trudności. W wypadku zaś przekroi średniej wielkości najodpowiedniejszymi są przekroje jajowe, dalej nieckowate z kinetą i t.d.

W tunelach ziemnych najbardziej odpowiednimi są przekroje utworzone z linii kanonowej lub półeliptycznej, gdy w skale najbardziej odpowiednimi są przekroje kołowe lub podkowiste.

Jak przy wszystkich budowlach inżynierskich decydującym czynnikiem co do wyboru przekroju posiadającego te same właściwości, są koszty budowy.

#### Przewody wykonywane z odcinków rur.

##### Rury kamionkowe.

Kamionka jest wyrobem ceramicznym. Tak nazywanym jest gęsty w rodzaju porcelany o różnokolorowym przekrobie wyrób z gliny, który podany próbie gotowania może pochłaniać do 5% wody. Do jej wyrobu stosuje się wyskowiartościowe krzemionkowe gliny /zawierające co najmniej 20%  $Al_2O_3$  oraz 65%  $SiO_2$  /, które przy stosunkowo niewielkim ogrzaniu



stapiają się i wypalają szczelnie bez zasadniczego zmieniania swej postaci. Wartość rur kamionkowych zależy od składu gliny, używanej do wyrobu. Niektóre gliny mają naturalny odpowiedni skład i wymagają tylko lekkiego odtłuszczenia; inne zaś muszą być w celu uzyskania należytego składu przerobione przez dodanie brakujących składników. Odpowiednią mieszaninę można uzyskać przez przeróbkę materiału miejscowego z dowożonym. Tam gdzie przy wyrobie przebiegają pospolite gliny miejscowe, kamionka jest gorszej jakości; wówczas gdy wyroby wykonywane są z mieszaniny odpowiednio dawkowanej materiałem dowożonym, składającym się z najlepszych glin, mogą być porównywane z wyrobami zakładów używających gliny o naturalnym dobrym składzie. Gлина plastyczna poddana w piecu temperaturze 1250 do 1350°C powinna się częściowo zeszkliwiać bez zmniejszania swej objętości. Rury proste wyrabiane są zapomocą wytłaczania z prasy, kształtki przy pomocy bezpośredniego wytłaczania z prasy lub przez łączenie odcinków wyciśniętych z prasy. Kształtki bardziej złożone formuje się ręcznie lub odlewa.

Jakość wyrobu jest w dużym stopniu zależną od temperatury wypalania, staranności roboty, stopnia wypalania i wartości składników. Jeżeli temperatura w piecu jest zbyt niską otrzymuje się materiał porowaty, jeżeli zbyt dużą powoduje ona rozpoczęcie zwapniania. Masa wypalana przyjmuje połowę z soli dając przez to w pełni szczelną i odporną powierzchnię. Uzyskuje się ją z glinokrzemianu sodu, który się tworzy przez dodanie, przed końcem wypalania przy temperaturze 1250° - 1350°C, soli kuchennej /Na Cl/. Ta ostatnia rozkładając się wypełnia parami sodowymi całą przestrzeń pieca, powodując powstanie krzemianu sodu, pokrywającego powierzchnię rur, przenikającego głęboko w materiał i zwiążującego się ściśle z masą gliniastą. Kamionka wy-



rożnia się tym, że gotowa rura jest całkowicie wodonioprzepuszczalna, oraz w pełni odporną na działanie kwasów. Przełom rury jest tak szczelny, przy próbie gotowania tylko w wyjątkowych wypadkach osiągnięta zostaje dopuszczalna wartość graniczna naciskania w ilości 5% wagi. Wytrzymałość na wpływy mechaniczne na skutek dużej gęstości /szczelności/ oraz twardości jest na tyle duża, że piasek, wleczony w kanałach po dnie, nie ściiera go. Twardość odpowiada na skali Beaufaurta 8 - 9°. Wytrzymałość przełomu na ciśnienie leży w granicach 1700-2000 kg/cm<sup>2</sup>, zaś na ciągnięcie 70 - 90 kg/cm<sup>2</sup>. Rury kamionkowe są wyrabiane jako rury kielichowe. W celu osiągnięcia dobrego przywierania masy uszczelniającej, są wewnętrzne ściany końca kielicha i zewnętrzne końców bosych zaopatrzone w śrubowe rowkowania /rys.28, 29/. Powierzchnia rur szczególnie dużych rozmiarów, posiana jest zagłębieniami, tworzącymi się przy wychodzeniu powietrza w czasie stapiania się gliny podczas procesu wypalania. Zagłębienia takie są rzadko kiedy zamalowane w sposób zadowalniający.

Rozmiary rur kamionkowych są znormalizowane. Wyrabia się zasadniczo rury o przekroju kołowym i średnicach od 76 mm do 1000 mm o długości 600 - 1000 mm. Polskie normy przewidują średnice 100-500 mm. Do połączeń domowych, rozgałęzień, zmiany kierunków i t.p. służą znormalizowane kształtki /rys.30/. Przemysł zagraniczny wyrabia również rury o przekroju jajowym i eliptycznym o rozmiarach: 200/300 mm, 250/375 mm, 300/450 mm, 330/525 mm, 400/600 mm, 500/750 mm, 600/900 mm, lub innych na specjalne zamówienie, oraz o długości nie przekraczającej 750 mm. Są one zaopatrzone w stopkę poziomą /rys.31/. Rury eliptyczne są odwracalne, posiadając dwie przeciwległe sobie podstawy /rys.32/. Wyrób tych przekroi jest trudniejszy, gdyż w czasie procesu wypalania



materiał się jednak kuroży, tak że muszą być dopuszczane większe odchylki, wobec czego zmniejsza się jakość przewodu w miejscach styków.

Należy zwrócić uwagę, że przekroje jajowe i eliptyczne są trudne do układania; podczas gdy rury kołowe zniekształcone lekko przy wypalaniu mogą być w celu otrzymania dobrego docięnięcia poszczególnych odcinków obrócone w odpowiednią stronę. co nie jest możliwym w wypadku kanałów o przekroju nie kołowym.

Przy uderzaniu młotkiem stalowym rury powinny wydawać czysty dźwięk. Dźwięk głuchy świadczy, że rura jest pęknięta.

### Styki.

Dobre złącze powinno być szczelne, być jednostajnej grubości i nie powinno powodować nieciągłości wewnętrznej powierzchni rury.

Wymaganie pierwsze może być spełnione przy użyciu większości stosowanych materiałów uszczelniających z warunkiem pracy w wykopie całkowicie osuszonym, jednolitości złącza i dokładności styku. Szczelnie nie powinno być zniszczone u podstawy złącza, co naogół zdarza się często w praktyce. Jest ono wypychane ze styku ciężarem rury lub przez manipulację układania. Niektóre wytwórnie angielskie w dążeniu do usunięcia tego zjawiska zaopatrują wnętrze kielicha na części obwodu w ostrogi podtrzymujące szczeliwo.

Warunek trzeci może być zachowany przez zastosowanie zwykłych ostrożności podczas uszczelniania styków; wystarczy zamknięcie styku od wewnątrz specjalnym szablonem. Może on być wykonany jako forma z drzewa pokryta nazewnątrz płaszczem sprężystym, przylegającym ściśle do wnętrza rury lub płaszczem pneumatycznym, napompowanym przy pomocy powietrznej pompki. Dobre wyniki można otrzymać przez zastosowanie



zwykłego worka z juty wypchanego sianem. W wypadku rur kamionkowych niebezpieczeństwo wypływania zaprawy jest mniejsze niż w wypadku styków rur betonowych. Jeżeli mimo wszystko tworzą się wewnętrzne wypryski, wygładza się je wówczas, gdy materiał uszczelniający jest jeszcze wilgotny, po uśmięczeniu formy zamykającej styk.

Złącza podzielić można na trzy rodzaje:

- a/ uszczelniane przy pomocy materiału plastycznego, posiadającego zdolność przywierania oraz tężenia, z zastosowaniem smołowego sznura konopnego.
- b/ uszczelniane przy pomocy szczeliwa, umieszczonego na końcówce besej i wewnątrz pochwy /kielicha - mankietu/, łączącego się przez złykły docisk,
- c/ złącza zalewane.

Podział powyższy dotyczy rur kielichowych, ale również stosować się może do rur łączonych mankietem.

a/ Złącza uszczelniane materiałem plastycznym.

Gлина. Do uszczelniania kielichowych rur kamionkowych stosowano początkowo glinę i sznur smołowany, użycie jej jednak zostało całkowicie zaniechane z powodu wad tego rodzaju uszczelnienia. W gruncie suchym glina pęka, wytwarzając rysy, co powoduje nieszczelność ciągu oraz wstąpienie korzeni drzew ulicznych poprzez glinę w przewód.

Zaprawa cementowa. Po słym doświadczeniu z gliną zaczęto stosować jako środek uszczelniający cement portlandzki i obecnie używa się jego dość często. Wykonanie jest bardzo łatwe, ale często nędogół przeprowadzane w sposób niedopowiedni. Przy pracy nie są wymagane żadne specjalne urządzenia lub przyrządy. Stosowana dawniej zaprawa hydrauliczna była lepszą. Dobrze wykonanę złącze jest szczelne, ale nie-



sprężysto, a jest to zawsze pożądane z uwagi na niemożliwość całkowitego uniknięcia osiadania rurociągu.

Ostatnio poleca się stosowanie zaprawy, składającej się z jednakowych ilości cementu portlandzkiego wolnowiążącego i drobnego piasku 1:1, który wydaje się być przy takiej proporcji w nadmiarze. Bardzo szczelne złącze otrzymuje się stosując 600 kg cementu na 1 m<sup>3</sup> piasku; jednak czasami powiększa się ilość cementu do 700 kg.

Przy wykonywaniu uszczelnienia największą uwagę zwrócić należy na to, aby zaprawa była dobrze wciśnięta w przestrzeń pierścieniową pomiędzy bosym końcem i kielichem. Zaprawę ubija się tak, aby osiągnąć styk całkowicie pełny, jednolity i szczelny. Zakończenie styku wykonywane się często w postaci skośnej obręczy z zaprawy /rys.33/. Jeśli złącze jest wykonane dobrze, istnienie tego skosu nie jest szkodliwym, choć częstokroć z powodu niejednakowego tężenia zaprawy wewnątrz i zewnątrz kielicha, mimo wszystkich przedsięwziętych ostrożności, powstaje jej pęknięcie. Stanowczo jednak niedopuszczalnym jest dawanie skosu po niestarannym zapełnieniu przestrzeni pierścieniowej przeznaczonej na materiał uszczelniający. Dozorujący roboty powinien osobiście stwierdzić jakość wykonania złącza zanim dozwolone będzie jego wykończenie. Przy braku dozoru robotnicy nie zwracają uwagi na jakość wykonania, tak że praktycznie brak wewnątrz kielicha szczelnego połączenia zaprawą powierzchni, co zamaskowanym zostaje wykonanym skosem.

Połączenie nowego odcinka rury z ułożonym poprzednio ciągiem rozpoczyna się przez nałożenie zaprawy w dolną część kielicha aż do wysokości połowy rury. Następny odcinek rury wsuwa się bosym końcem w kielich, wyciskając zaprawę nazewnątrz. Przestrzeń wolną wnętrza kielicha wypełnia się wokół zaprawą, ubijając ją drewnianym czopem. Za-



zaprawy, która upadła na ziemię, powtórnie użyć nie można. Przed nałożeniem zaprawy i wsunięciem bosego końca w kielich należy się upewnić, czy powierzchnie mające być połączone zaprawą całkowicie są czyste.

Uszczelnienie cementowe będzie pełnym, jeśli jest ono wykonane bardzo starannie i gdy warunki miejscowe pozwalają na dostateczne stężenie zaprawy przed zasypką przewodu. Łącznie obydwie te warunki rzadko kiedy są zachowane.

Zaprawa cementowa i sznur smołowany. Można uniknąć wypływania zaprawy wprowadzanej do wnętrza kielicha przez danie na spód kielicha, na wysokość  $\frac{1}{3}$  jego głębokości, sznura konopnego smołowanego. Na sznur daje się zaprawę i zakańczą ją skosem.

Kit asfaltowy. Wymaganiem dobrego złącza kielichowego odpowiada uszczelnienie wykonane ze sznura konopnego smołowanego i kitu asfaltowego; to też przy wykonaniu nowych ciągów kanalizacyjnych stosowane jest ono obecnie prawie powszechnie. Przemysł wyrabia różne rodzaje kitów asfaltowych. Kit asfaltowy składa się z mieszaniny asfaltu lub smoły z mielonymi drobnymi materiałami mineralnymi, jak mączka szamotowa, najdrobniejsza mączka kwarcowa, względnie podobne. Asfalt jako środek uszczelniający ma tę zaletę, że daje cięższe sprężyste, trwałe i odporne na wyższe temperatury. Kit asfaltowy wprowadzany jest do przestrzeni półkolistowej kielicha po ubiciu w niej przedtym sznura smołowanego. Przy użyciu odpowiedniego produktu przyklejanie jest doskonałe i szczelność trwa bez zarzutu. Na przygotowane dno wykopu układane są rury w ten sposób, że na ich bosy koniec zakłada się sznur uszczelniający i wsuwa się go do kielicha rury ułożonej poprzednio. Następnie ustala się rurę w jej położeniu przez ubicie sznura uszczelniającego i podbijanie gruntu. Przestrzeń wolną wypełnia się kitem, który się ubija.



Dla uzyskania całkowicie szczelnego przewodu, należy zwracać staranną uwagę, aby kielichy i końce bosc były całkowicie suche i czyste, gdyż tylko wówczas osiąga się pełne przywieranie masy uszczelniającej.

Niejednokrotnie kity szfaltowe wyrabia się na samym miejscu budowy.

b/ Styki specjalne.

Styk Stanford'a. Jest to typ klasyczny i prawdopodobnie pierwszy z tego rodzaju złącz, chroniony dawniej przez patent, który obecnie już wyekspirował. W złączu tym końcówka bosa i wewnątrz kielicha są lekko stożkowe. Powierzchnie styku są pokryte płaszczem ze specjalnej masy, utrzymującej się ściśle na rurze przy pomocy rowków /rys.34/. Masa wyrabiana jest z równych części ostrego piasku dobrze przemytego, siarki i gotującego gudronu; topi się ona w temperaturze 115°C.

Powierzchnie stykowe są początkowo natłuszczane. poczem końcówki wprowadza się do kielicha przyciskając ruchem obrotowym tak, aby zostały do siebie dociśnięte powierzchnie uszczelniające. Ten sposób wykonania daje doskonałe wyniki. Złącze to następnie zostało nieco przekształcone bez wprowadzenia zasadniczych zmian.

Złącze Doulton /"self adjusting"/. Stosuje się dla rur normalnych. Końce bosc i kielichy posiadają nałożoną masę uszczelniającą, przy czym pierścień z masy uszczelniającej w kielichu jest cylindryczny, natomiast końca bosc ma kształt beczkowaty /rys.35/. Przyleganie styku jest w ten sposób polepszone, a szczelność zapewniona nawet w wypadku niewielkiego przesunięcia.

Zmienione złącze Doulton'a składa się podobnie jak poprzednio, z uszczelniającej masy o długości około połowy głębokości kielicha, pozostała część wypełniona zostaje cementem /rys.36/.



Istnieje poza tym wielka liczba patentowanych złącz o zasadzie podobnej do opisanych. Przeważna ich liczba stosuje się w wypadku specjalnego typu rur.

c/ Złącza zalewane.

Uszczelnienie odbywać się może również przy pomocy upłynnionego przez ogrzanie szczeliwa, wlewanego do przestrzeni pierścieniowej, znajdującej się pomiędzy końcem bosym i kielichem, w który poprzednio wbija się na  $1/3$  głębokości smołowany sznur konopny. Szczeliwo wlewa się przez pozostawiony otwór - gniazdo w górze przestrzeni pierścieniowej, utworzonej przy pomocy opaski z gliny lub chomąta z blachy, przy czym przez tenże otwór wychodzi wypychane z części kielichowej powietrze. Miejsce pozostawione na szczeliwo uzyskuje się przez umieszczenie w przestrzeni zamykanej gliną sznura, przyciśniętego do krańca kielicha i wyciągniętego następnie przez gniazdo /rys.37/.

Stosowane są poza tym i inne sposoby zamknięcia kielicha, najważniejszym jest zabezpieczenie się przeciwko przywieraniu. Dawniej stosowano pierścień kamionkowy smarowany tłuszczem i utrzymywany w nałożonym miejscu przy pomocy ruchomego pierścienia żelaznego odpowiednio przytwierdzonego. Obecnie urządzenia te bardzo uproszczono. Składają się one czasami z kieszki z płótna żaglowego, o długości mniejszej niż zewnętrzny obwód rury, wypełnionej odcinkami korka. Konczą go dwie obrączki miedziane; do jednej zamocowany jest drut miedziany przesuwany następnie przez drugą. Przez ściąganie drutu kieszka jest silnie przyciskana do kielicha /rys.38/. W celu uniknięcia przywierania pokrywano początkowo kieszkę cienką warstwą gliny. Można zastąpić obrączki korka trocinami. Część styku pozostająca wolną otrzymuje otwór wlewowy /gniazdo/ tworzony z gliny. Stosuje się również chomąta drowniano i



żelazne /rys.39,40/.

Zalewanie odbywa się przy pomocy dzbanka małego rozmiaru. We wszystkich wypadkach koniecznym warunkiem jest całkowite wysuszenie powierzchni przyłg. Odbywa się to przy pomocy lampki do lutowania. Należy podkreślić, że wykonywanie uszczelnień nie może być robione seryjnie, lecz każde wykonywane odręcznie, jeżeli nie chcemy narazić się na ich złą jakość. Samo wlewanie przeprowadza się dla większej liczby 5 - 8 złacz, zależnie od średnicy, w tym celu aby płynną zawartość kociołka opróżnić przy jednym ogrzaniu. Po zastygnięciu asfaltu pierścienie zostają zdjęte, zaś asfalt dobity ręcznie przez robotnika.

Jako materiały uszczelniające stosuje się gotujący gudron, który przywiera mocno. Zadawalniające wyniki otrzymano stosując mieszaninę równej ilości gudronu i sproszkowanej wypalonej gliny. M.I. i n.d. 1 e y zastosował pierwszy mieszaninę, składającą się z dwóch części gudronu i jednej części asfaltu, mieszanina taka poddana długotrwalemu gotowaniu twardnieje bardzo szybko. Również stosowane są mieszaniny, składające się z jednokowej ilości asfaltu i gudronu. Należy zwrócić uwagę, że dobra mieszanina nie powinna mięknąć przy wyższej temperaturze, którą mogą osiągnąć wody przemysłowe /40 - 50°C/. W naszym ośrodku osiągnięto dobre wyniki przy zastosowaniu mieszaniny z jednokowej ilości piasku i siarki ogrzewanej do 110°C; złącze jest tym bardziej sprężyste, im jest bardziej dobrym piasek. Ogólnie utrzymuje się mniemanie, że złącza asfaltowe są pewniejsze.