

WYDAWNICTWO MINISTERSTWA OŚWIATY Nr 73

DR inż. KAZIMIERZ WÓYCICKI
PROFESOR POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

WODOCIĄGI I KANALIZACJE

KANALIZACJE

KANALIZACJE

628.2 : 628.32

11863

WYDAWNICTWO MINISTERSTWA ODBUDOWY Nr 23

Dr Inż. KAZIMIERZ WÓYCICKI
PROFESOR POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

WODOCIĄGI i KANALIZACJE

Tom II
KANALIZACJE

WARSZAWA

1948

SKŁAD GŁÓWNY:
TRZASKA, EVERT i MICHAŁSKI – WARSZAWA, MARSZAŁKOWSKA 51

1.2.11863



B.926/
II

i-2.11863/
II

Kierownictwo techniczne:
KSIĘGARNIA WYDAWNICZA
TRZASKA, EVERT i MICHALSKI
w WARSZAWIE

I. ZADANIE KANALIZACJI I RYS HISTORYCZNY

Zadaniem kanalizacji miast jest odprowadzenie w sposób jak najszybszy i jak najtańszy wód z terenów osiedli w ten sposób, żeby nie powodowały 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 wybitnym stopniu na zdrowotność.

Od najdawniejszych czasów ludność miast odczuwała potrzebę odprowadzenia wód zużytych oraz odwodnienia osiedli. Początkowo wykonywane ono było przy pomocy rowów otwartych, w miarę jednak powstawania coraz ciasniejszej zabudowy zaczęto odprowadzać ścieki przewodami umieszczonymi 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 kanalizacyjnych; ruiny wielu z nich zachowały się do dnia dzisiejszego. Niektóre z nich są jeszcze i obecnie w stanie używalności. Ateny, Mikeny, Syrakuzy, Agrigenti posiadały sieci kanalizacyjne. Główny kolektor 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 zachował się do czasów obecnych i został włączony do nowoczesnej kanalizacji Rzymu. Wykopiska Pompei wskazują, że istniała tam planowa kanalizacja, z którą połączone były domy, posiadające ubikacje z urządzeniami splukującymi odchody do kanałów miejskich.

Zarówno Grecy, jak i Rzymianie, rozpowszechnili umiejętności techniki kanalizacyjnej 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 1845. W Anglii, w Londynie oraz innych miastach, zostają wprowadzone, jako pierwsze tego rodzaju urządzenia, klozety splukiwane 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 pewnych wypadkach mogły być wykorzystane dla celów rolnictwa.

Posiadamy na ogół 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 krytych, drewnianych i murowanych nie powiązanych ze sobą i odprowadzających z niewielkich zlewni ścieki do Wisły. W roku 1876 został opracowany pierwszy projekt planowej kanalizacji, zaś w roku 1881 rozpoczęto jego budowę. W roku 1926 został skończony projekt kanalizacji wielkiej Warszawy, którego realizację przeprowadza się dotychczas.

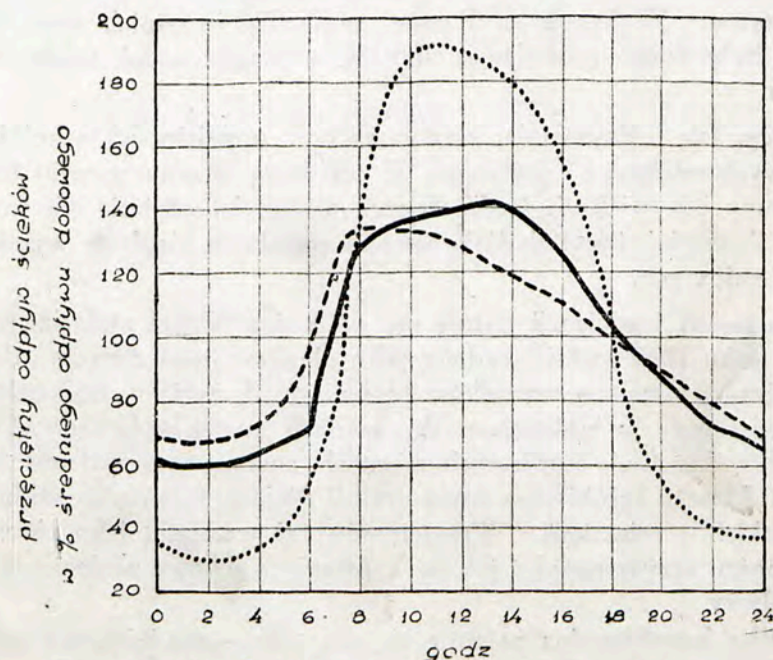
W obecnym stanie miasta nasze są pod tym względem niesłychanie zaniedbane. Z 636 miast Polski planową kanalizację posiadało 54, zamieszkałe przez 4.715.000 mieszkańców, budowana zaś była w 25 miastach z 635.000 mieszkańcami. Dotychczas oczyszcza ścieki częściowo lub całkowicie zaledwie 36 miast. Dla odrobienia tych olbrzymich zaniedbań należy wybudować przeszło 6.000 km kanałów, przy czym koszt realizacji pełnego programu inwestycji kanalizacyjnych wyniesie 750 milionów złotych (wartości przedwojennej z roku 1939).

II. ILOŚĆ ŚCIEKÓW

II. 1. WODY BRUDNE.

Ilości ścieków z gospodarstw domowych i przemysłu odpowiadają w ogólności zużyciu wód wodociągowych. Z wielkości więc rozbioru wody wodociągowej 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-ej traktującej o wodociągach i tam odpowiednie szczegółowe dane znaleźć można.

Do obliczenia sieci przewodów odwadniających 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 spływy jednostkowe. Znając charakter miasta można określić maksyma dobowe oraz godzinowe. W stosunku do największego rozbioru godzinowego wody wodociągowej odpływ największy będzie przesunięty nieco w czasie (rys. 1).



Rys. 1. Wahania godzinowe w odpływie ścieków miejskich.

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-ej, w średniej wielkości osiedlach około 14-ej, w niewielkich około 12-ej.

Nie zawsze jednak dopuszczalne jest 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 ją 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 studzienek złączowych.

W wypadku odpływów 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.

II. 2. 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 wahań jest bez porównania większa niż zużytych wód domowych; odpływ w czasie pogody posusznej spada do zera, natomiast w czasie deszczów nawaalnych 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 sprawa przedstawia się 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—deszczowe $Q_d = 0,5 \times 0,55 \times 10.000 = 2.750 \text{ m}^3/\text{rok}/\text{ha}$

zużytych wód domowych $Q_s = 365 \times 300 \times 0,1 = 10.950 \text{ m}^3/\text{rok}/\text{ha}$

$$Q_s : Q_d = 4 : 1$$

odpływy sekundowe zużytych wód domowych w godzinie największego odpływu

$$q_s = \frac{100 \times 0,1 \times 300}{3.600} = 0,83 \text{ litr}/\text{sek}/\text{ha}$$

wód burzowych

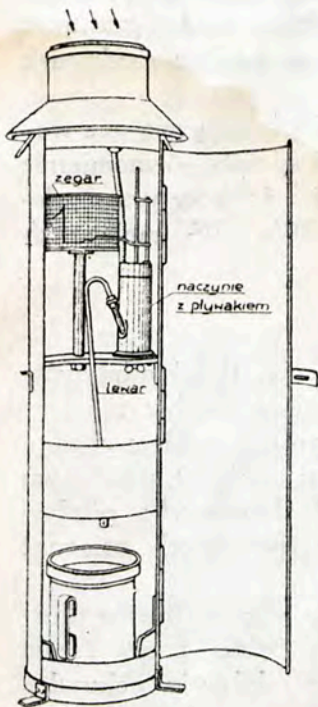
$$q_d = 0,5 \frac{0,037}{3.600} \times 10.000 \times 1.000 = 51,4 \text{ litr}/\text{sek}/\text{ha}$$

$$q_s : q_d = 1 : 62$$

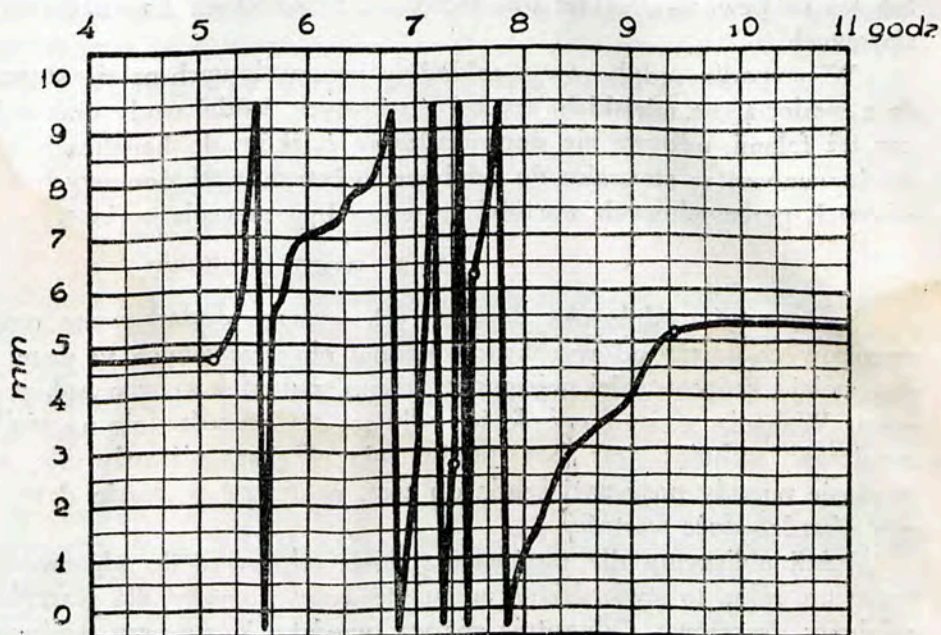
Według założeń, stosowanie do których liczone były przekroje kanałów w dotychczas wybudowanych sieciach miejskich stosunek zużytych wód domowych do burzowych waha się w granicach 1 : 20 do 1 : 100.

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

Spostrzeżenia przeprowadzane są przy pomocy przyrządów samopiszących; na podstawie ich notowań zawsze daje się obliczyć natężenie J każdego deszczu, tj. 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 nawałnego.



Rys. 2. Deszczomierz samopiszący.



Rys. 3. Wykres opadu burzowego zanotowany przez deszczomierz samopiszący.

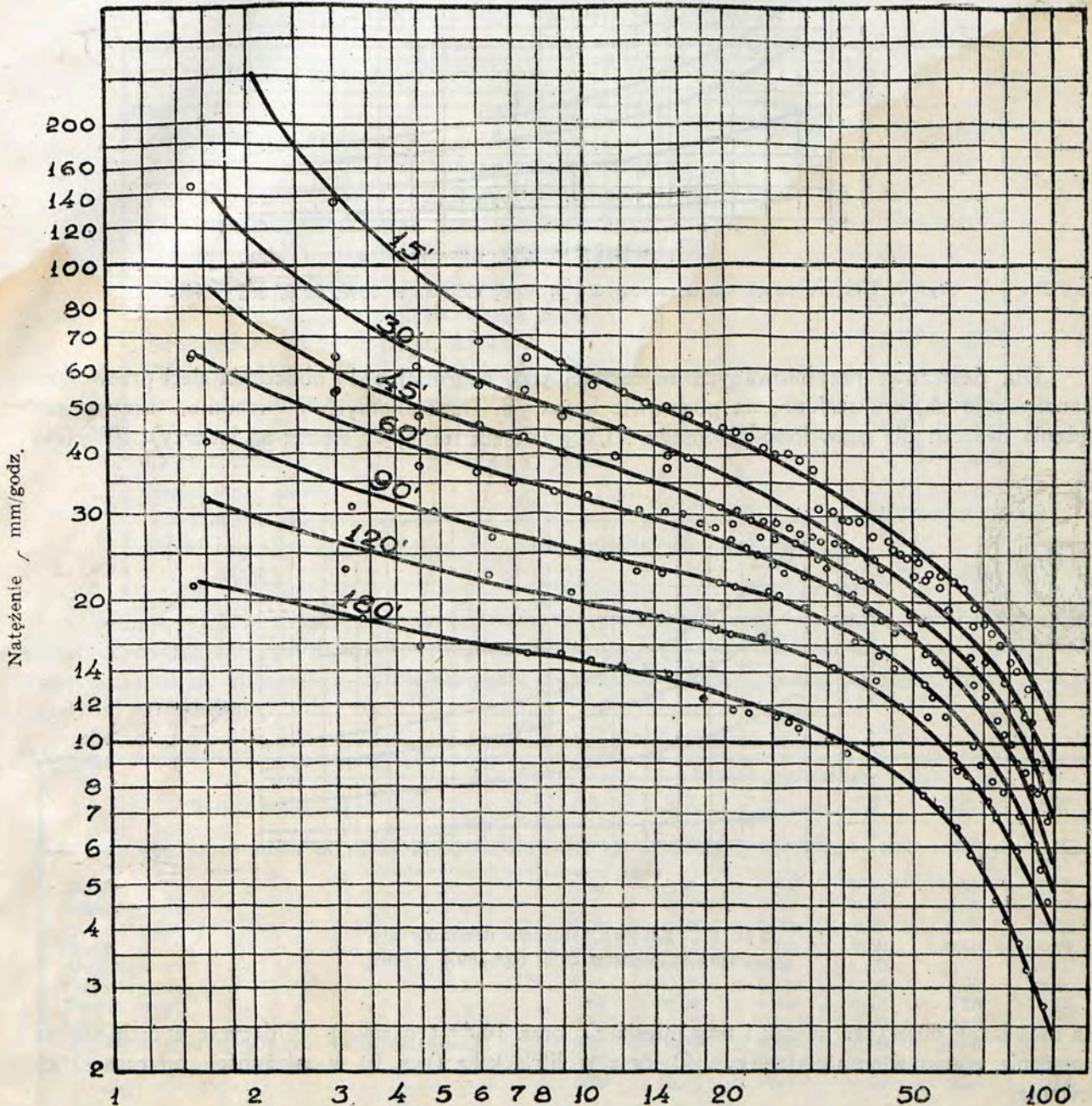
Wyniki obserwacji opracowywane są w postaci krzywych czasów trwania, najlepiej w poziomej podziałce prawdopodobieństwa, pionowej zaś logarytmicznej. Pozwala to na bezpośrednie odczytanie z krzywych dla przyjętego procentowego prawdopodobieństwa największego natężenia deszczu, odpowiednio do różnego czasu jego trwania. Prawdopodobieństwo określa okres czasu, w ciągu którego zostaną przekroczone natężenia deszczów o danym czasie ich trwania. Więc 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 itd.

Natężenie 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 nawałnych trwających od 10' do 180': podane są one na rysunku 4. Można przyjąć, że będą one słuszne dla obszarów całej Polski.

Ze względów gospodarczych nie mogą być brane pod uwagę rzadko trafiające się poszczególne nawałne 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 miejska na taki poważny wydatek na budowę sieci kanalizacyjnej może sobie pozwolić. Godzimy 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 zaopatrywane są w przewody kanalizacyjne zdolne przelknąć odpływy, bez nadmiernego przepelnienia 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.

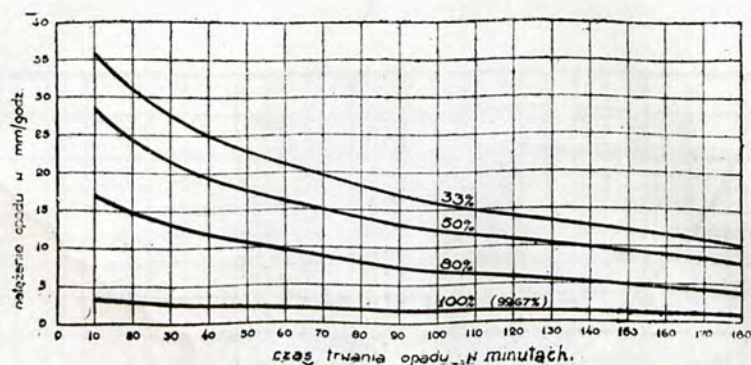


Liczba lat w stuleciu z opadem o natężeniu J mm/godz. i wyższym.

Rys. 4. Krzywe czasów trwania dla deszczów nawalnych.

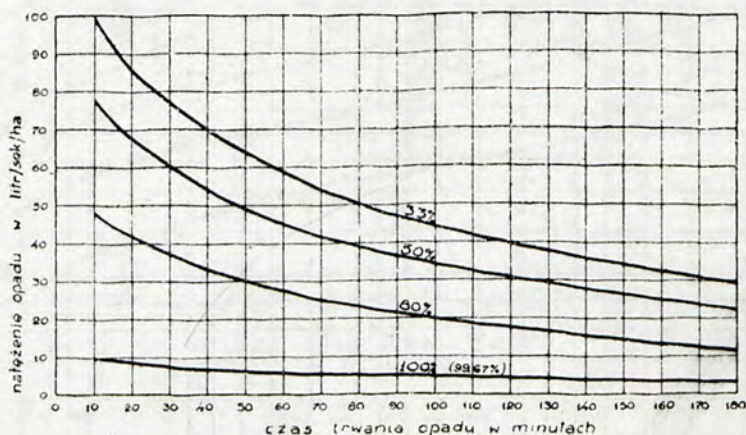
Ważnymi czynnikami są układ terenu i sposób wykorzystywania piwnic. Na terenach płaskich i przy niewielkim wykorzystaniu piwnic dopuszczamy częstsze przepelnianie się sieci kanalizacyjnej. Odwrotnie ma się rzecz w wypadku silnych spadków terenu, położenia miasta w kotlinie oraz wykorzystywania piwnic 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 na ogół bardzo krótkotrwała przerwa z powodu zalania ulic wodą deszczową odbija się w bardzo nieznacznym stopniu na ruchu ulicznym, prawdopodobieństwo większe. Na ogół obiera się jako górną granicę deszcze trafiające się raz na 3 lata, jako dolną — co roku.



Rys. 5. Krzywe natężenia deszczów dla prawdopodobieństw 33%, 50%, 80% i 100%.

Dla deszczów, przyjmowanych najczęściej jako miarodajne do obliczania sieci przewodów kanalizacyjnych, wykreślono, na podstawie krzywych wspomnianych poprzednio, krzywe natężenia deszczu dla prawdopodobieństwa 33,3% (deszcz trafiający się raz na lat trzy), 50% (raz



Rys. 6. Krzywe natężenia deszczów dla prawdopodobieństw 33%, 50%, 80% i 100%.

na dwa lata), 80% (raz na rok i trzy miesiące), oraz 100% (co roku). Odczytać z nich można natężenie opadu w mm/godz. (rys. 5) oraz w litr/sek/ha (rys. 6) w zależności od czasu jego trwania.

II. 2-a. Współczynnik spływu.

Nie cała jednak ilość wody deszczowej dochodzi do kanałów. Część wody zależnie od rodzaju zabudowy, nawierzchni ulic oraz spadków terenu zostaje zatrzymana na powierzchni, całkowicie lub czasowo oraz w czasie spływu i stagnowania ulegnie stratom na przesiąkanie i parowanie. Ilość wody, która dostanie się do przewodów deszczowych, zależeć będzie od właściwości powierzchni spływu, od czasu trwania deszczu, pory roku, ciepłoty i stosunków wilgotności. Wszystkie te czynniki ujmujemy współczynnikiem spływu φ , który pozwala określić tę część ilości opadu, która po odjęciu ilości strat dochodzi do kanałów.

Przy obliczaniu spływu wód deszczowych zasadnicze znaczenie ma odpowiedni obiór współczynnika spływu. Mała jego zmiana bardziej wpływa na wynik końcowy niż inne drobności 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 oraz od rodzaju pokrycia powierzchni spływu, w spływu φ uzależnione od gęstości zabudowy

Przeciętne jego wartości są następujące:

Rodzaj zabudowy	φ
Zabudowania gęste	0,7 — 0,9
Zabudowania rzadkie z domami w podwórzach	0,5 — 0,7
Zabudowania rzadkie 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 ze starannie zacementowanymi szwami	0,75 — 0,85
bez zacementowanych szwów	0,50 — 0,70
Gorsze bruki z nieuszczelnionymi szwami	0,40 — 0,50
Szosowane drogi	0,25 — 0,60
Zwirowane drogi i ścieżki	0,15 — 0,30
Parki, ogrody, łąki 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. Słuszne więc jest uzależnienie współczynników spływu nie tylko od gęstości zabudowy, czy pokrycia powierzchni spływu, ale i od jej spadku:

Rodzaj powierzchni	Spadek powierzchni w ‰					
	0,5	1,0	2,5	5,0	7,5	10,0
	φ					
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
Szopy	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 φ 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:

$$\varphi = \frac{A_1 \varphi_1 + A_2 \varphi_2 + \dots}{A}$$

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 Reinhold na podstawie swoich badań w Gdańsku wzorem, w którym zależ-

niony jest współczynnik spływu od trzech głównych czynników: μ charakteru zlewni, q natężenia opadu wyrażonego w litr/sek/ha oraz t czasu jego trwania w minutach.

$$\varphi = \mu \cdot q^{0,567} \cdot t^{0,226} \quad (1)$$

Wartości μ są następujące:

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

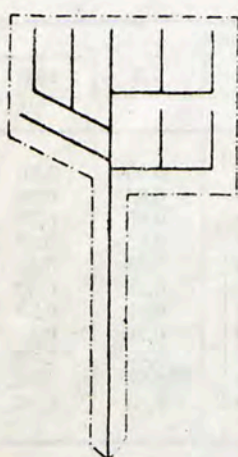
Nie należy jednak utrudniać obliczenia sieci przewodów przyjęciem zbyt wielkiej ilości rodzajów zabudowy oraz zmiennością współczynnika φ . Ograniczamy zwykle ich liczbę dla miast małych do jednej — dwóch wartości, średnich dwóch — trzech, dużych trzech wyjątkowo czterech.

Przeważnie przyjmuje się następujące współczynniki odpływu dla czterech rodzajów zabudowy:

	φ
śródmieście zwarcie zabudowane z nawierzchnią szczelną ulic i podwórz	0,70 — 0,90
dzielnice przyległe do śródmieścia z nawierzchnią mniej szczelną z zieleńcami	0,50 — 0,70
miasta-ogrody	0,25 — 0,50
dzielnice podmiejskie z nielicznymi zabudowaniami, lasy, ogrody	0,10 — 0,25

II. 2-b. Spływy jednostkowe deszczów nawałnych.

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).



Rys. 7.

Za miarodajną dla całości układu sieci przewodów kanalizacyjnych przyjmuje się zlewnię dobrze charakteryzującą całość obszaru odwadnianego. Będzie więc to zlewnia o przeciętnych spadkach i zabudowie. Gdyby w układzie całości wyróżniały się wyraźnie swym charakterem poszczególne dzielnice, należy ustalić odrębnie dla nich spływy jednostkowe. Posiłkowanie się w 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 podłużny zbieracza obranego za miarodajny z zaprojektowanym spadkiem jego dna oraz obliczonymi w węzłach powierzchniami spływu, przystępujemy do obliczenia spływu jednostkowego dla zbieracza. Wyniki obliczeń zestawiamy tabelarycznie:

1	2				3				4	5	6	7
Nr węzła	A Obszar rzeczywisty				A_1 Obszar zredukowany na 100% odpływu				L Długość kanału od początku	AL Długość odcinka	V Prędkość przepływu w kanale	t Czas przepływu na odcinku
	I kat.	II kat.	III kat.	Razem	I kat.	II kat.	III kat.	Razem				
	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	m	m	m/sek.	sek.

8	9	10	11	12	13	14	15
t_d Retencja sieci + czas dopływu do kanału	T Czas trwania dopływu	I Natężenie deszczu	Q Ilość odpływu	q Spływ jednostkowy	Spad kanału	Przekrój kanału	Napełnienie kanału
sek.	sek.	mm/sek. l/sek/ha	l/sek.	l/sek/ha	‰	cm	cm

Rachunek prowadzimy w sposób następujący: zaczynamy liczenie od góry kanału. Do wartości właściwych dochodzimy drogą prób. Wstępnym założeniem, które robimy, jest 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 swej części otwarta i niezabudowana. U nas przyjęte jest przyjmować $t_d = 2$ minuty. Np. dla warunków amerykańskich prof. G. S. Coleman podaje następujące wartości:

- posiadłości najwyższej klasy, składające się z dużych działek $t_d = 1,5 - 4,5$ minut, zależnie od odległości domów od ulicy. Średnio 2 minuty.
- posiadłości drugiej klasy, głównie składające się z częściowo przylegających do siebie domów z małymi ogrodami $t_d = 1 - 5$ minut. Średnio 1 minuta.
- dzielnice o domach wielopiętrowych, bez przestrzeni wolnych pomiędzy domami i domami a ulicą. Średnio 0,5 minuty lub mniej.

Pojemność sieci i terenu, w której mieścić się będzie początkowy opad, przyjęc 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 otrzymamy 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%-wym. Mnożymy więc po prostu 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 wypełniała go niecałkowicie — w wypadku kanałów jajowych nie wyżej pachwiny — i określamy prędkość jej przepływu v_1 . Znajac długość odcinka od początku L_1 możemy sprawdzić, czy czas dopływu wody do węzła zgodny jest z czasem przyjętym

$$T'_o = \frac{L_1}{v_1} + t_d + \frac{H}{I_1} \text{ sek.} \quad (2)$$

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 $T'_z = T'_o$ względnie różnice ich wartości są niewielkie, uważamy rachunek dla odcinka kanału do rozpatrywanego węzła za zakończony. Jeżeli różnica wartości $\pm \Delta T = T'_z - T'_o$ 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 ΔT leżącego w granicach dopuszczalnych. Rachunek przebiega szybko przy wprawie i należywym wyczuciu liczącego.

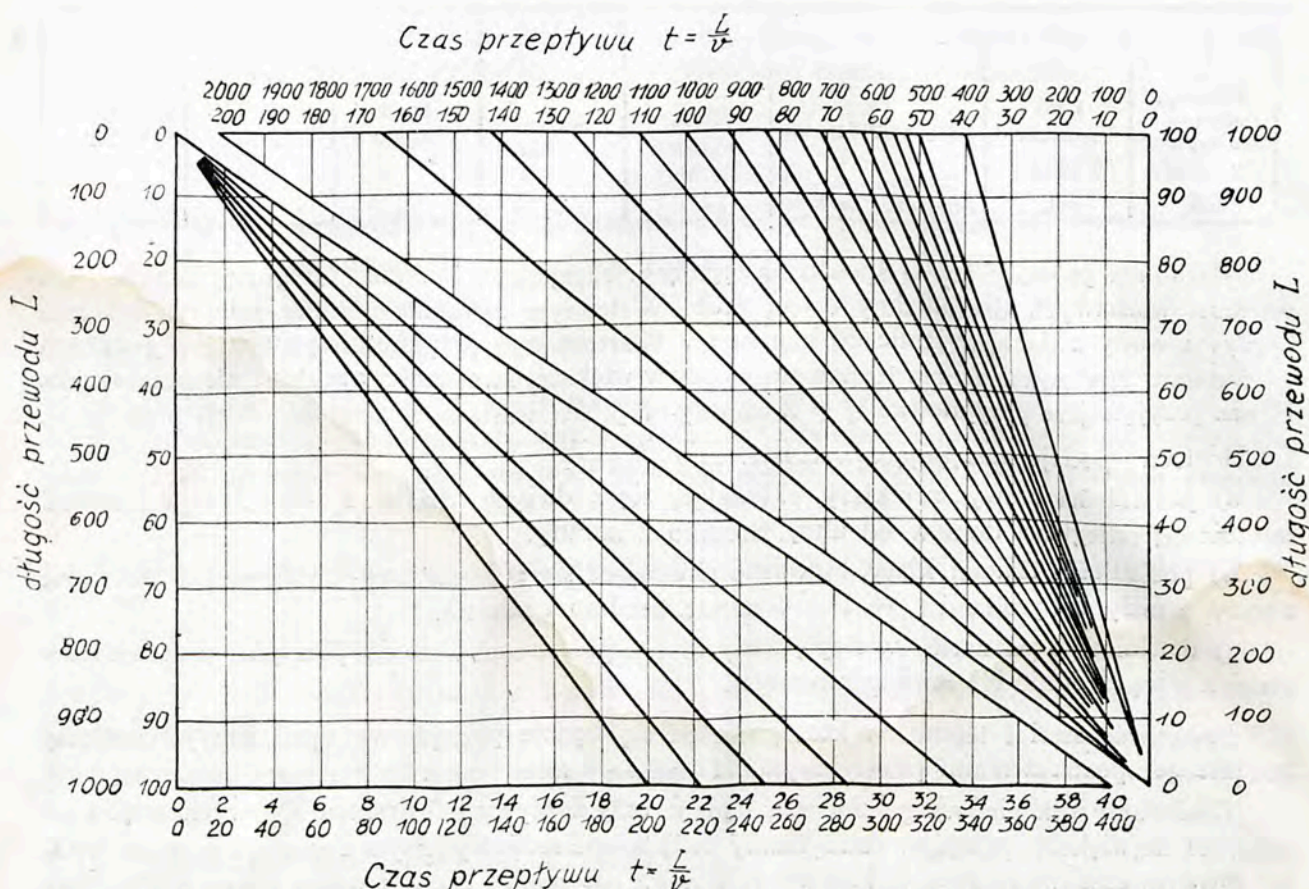
Po ustaleniu wartości przepływu wody dla danego węzła obliczamy spływ jednostkowy dla współczynnika 100‰.

$$q_1 = \frac{Q_1}{A'_{100\%}} \text{ litr/sek/ha} \quad (3)$$

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

Idziemy do węzła następnego odległego o ΔL i przyjmując T'_z obliczamy jak poprzednio:

$$T''_z = T'_o + \frac{L}{v_2} + t_d + \frac{H}{I_2} \text{ itd.}$$



Rys. 8. Czas przepływu fali odpływu deszczowego w kanałach.

Co pewną długość kolektora sprawdzamy wartości od początku tj.

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

przy czym

$$v_1 = Q_1 : a_1; \quad v_2 = Q_2 : a_2 \quad \dots \quad \text{zaś } Q_1 = A'_{100\%} \cdot I_n; \quad Q_2 = A''_{100\%} \cdot I_n \dots$$

a — oznacza przekrój wypełnionej części kanału.

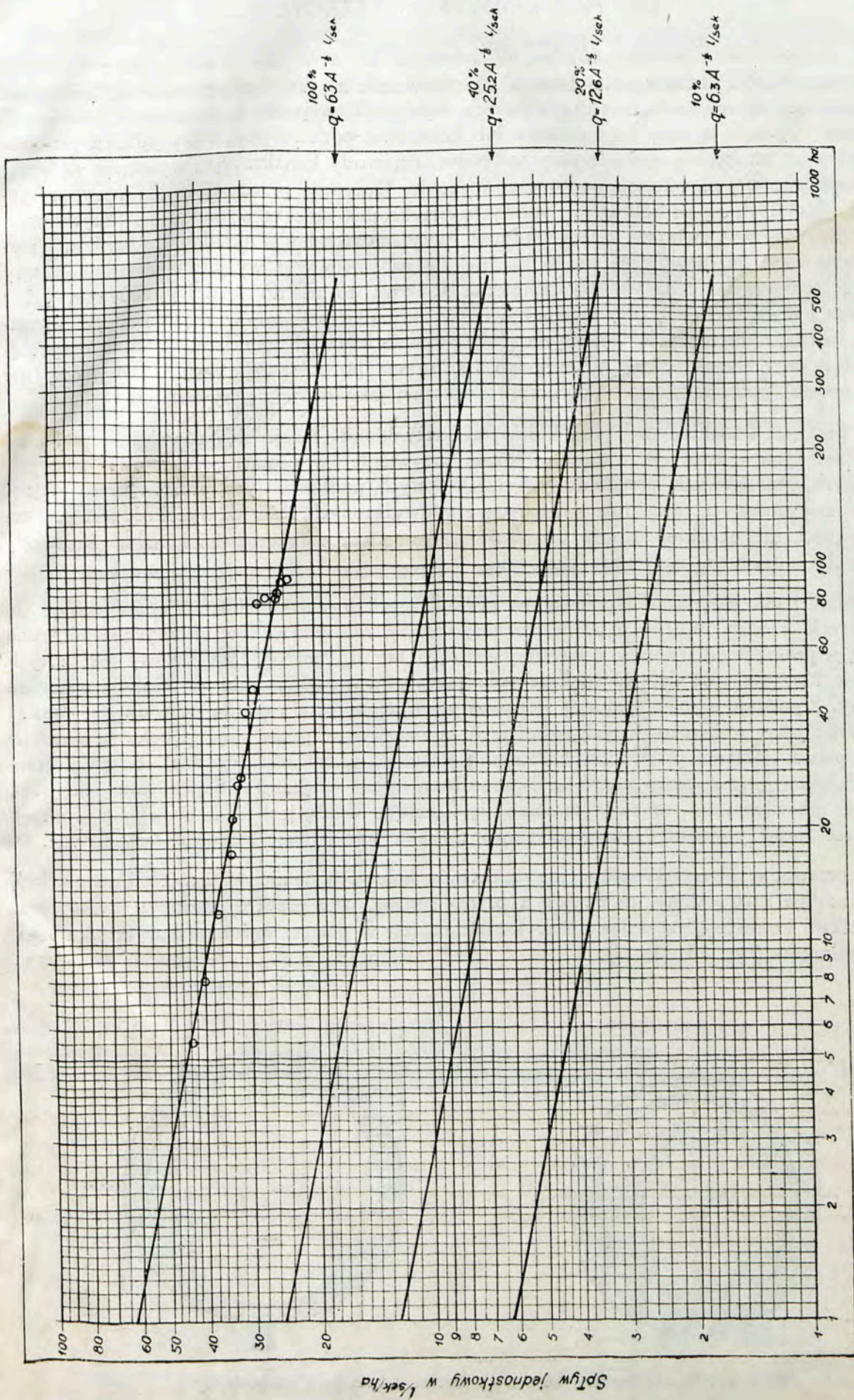
Jako przykład podaję obliczanie spływów jednostkowych deszczów nawalnych dla zbieracza 3-go kanalizacji Łowicza (rys. 9).

Obliczone spływy dla 100% odpływu q_1, q_2, \dots, q_n odniesione do odpowiednich sum powierzchni zlewni o przyjętych rzeczywistych współczynnikach spływu — niezmnieszonych na stuprocentowy odpływ — przedstawiamy na wykresie logarytmicznym. Otrzymujemy zwykle zależność w postaci linii prostej. Na tym wykresie podajemy również linie współczynników spływu jednostkowego dla przyjętych w kanalizacji procentów spływu w strefach. To łatwo wykonać, mnożąc rzędną odpowiadającą powierzchni spływu, np. 1 ha przez odpowiednie współczynniki spływu i prowadząc równoległe do prostej zasadniczej przez otrzymane w ten sposób wartości rzędnych. Wykres pozwala odczytać dla dowolnej wielkości zlewni wartość spływu jednostkowego w poszczególniej strefie. Zależność tę można łatwo wyrazić wzorem o kształcie

$$q = a \cdot A^n \quad (4)$$

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 miarodajne dla całego miasta,



Obszar zlewni w ha.

Rys. 9. Spływy jednostkowe wód burzowych dla zbieracza nr 3 kanalizacji Łowicza.

III. PRZEWODY KANALIZACYJNE

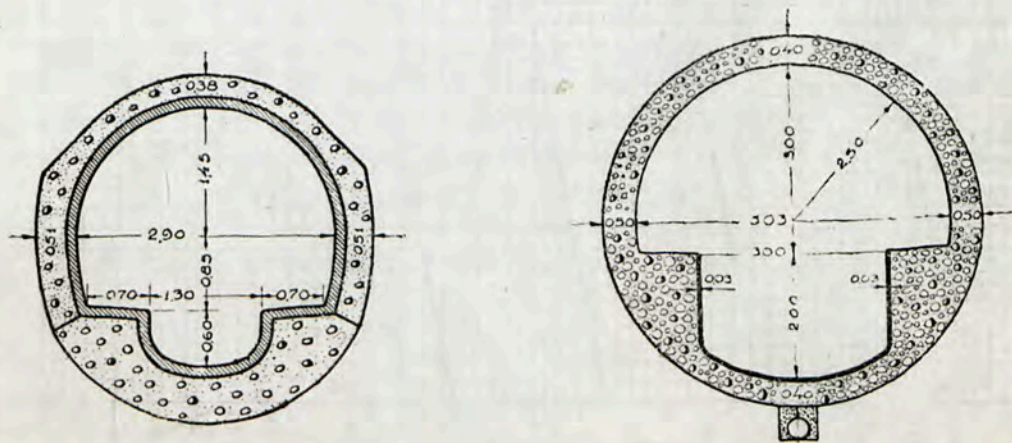
III. 1. KSZTAŁTY PRZEKROJÓW PRZEWODÓW KANALIZACYJNYCH.

Przewody sieci kanalizacyjnej buduje się przeważnie z rur, wykonywanych fabrycznie i dostarczanych na miejsce budowy jako gotowy wyrób. W wypadkach przekrojów mniejszych rozmiarów używane są rury kamionkowe lub betonowe, podczas gdy w wypadkach przekrojów większych stosuje się również rury żelbetowe. Przewody kanalizacyjne wykonuje się obecnie na ogół rzadziej na miejscu budowy w wykopie. Decydują przede wszystkim wybór specjalnych, różniących się od kołowych i jajowych, przekrojów oraz w wypadku większych przekrojów duży ciężar i związane 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 ($A = 0,196 \text{ m}^2$) w grę wchodzi rury kamionkowe. W wypadku przekrojów większych tym wymaganiom można zadośćuczynić wykonywając w wykopie kanały z klinkieru. Ostatnio rozpoczęto wyrabiać rury betonowe lane odśrodkowo z ochronną powłoką asfaltową. Ten rodzaj rur można uważać pod względem odporności chemicznej jako równorzędnym 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, nieckowatych, podkowiastych, prostokątnych, względnie barziej złożonych. Przekroje noszą nazwę podwyższonych, jeśli ich wysokość jest większa od szerokości, lub obniżonych, gdy wysokość jest mniejsza od szerokości kanału. Przewody dostępne dla ludzi noszą nazwę przełazowych.

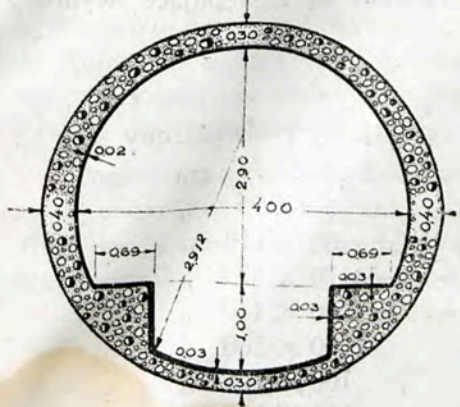
Ogólnie i powszechnie dla przewodów prowadzących niewielkie ilości ścieków stosuje się w granicach średnic 0,20 — 0,60 m przekrój kołowy. Dla przewodów ulicznych najmniejszą polecaną w praktyce średnicą jest 0,25 lub 0,30 m. Kształt kołowy jest z tych względów korzystny, że daje największe pole przepływu 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 parcia. Zaletami przewodów kołowych są taniość, możliwość dogodnej dostawy gotowych odcinków rur, dobre właściwości hydrauliczne przy większym napelnieniu, tj. duża prędkość, umożliwiająca samooczyszczanie się kanałów. Wadą jest to, że w wypadku mniejszych przekrojów powstaje niebezpieczeństwo zatykań oraz istnieje trudność oczyszczenia.

Na przewody zbiorcze kanalizacyjne przekrój kołowy się nie stosuje. Jeżeli zaś przekrój kołowy zostaje zastosowany, to zwykle z pewną zmianą, jako przekrój złożony; część górna jako przekrój kołowy, część dolna zaś wykształcana jest w postaci węższego koryta oraz bocznych chodników (rys. 10, 11, 12).

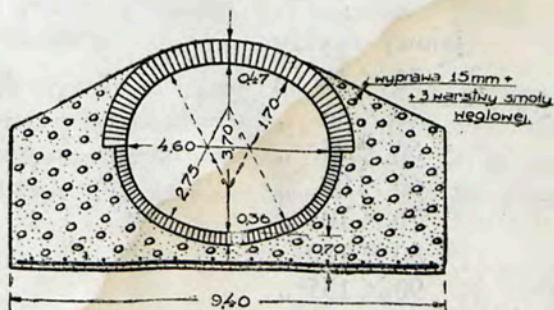


Rys. 10 i 11. Przekrój kołowy ze żłobem i bocznymi chodnikami,

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, stosowane bywają przekroje obniżone np. eliptyczne pełne (rys. 13) lub eliptyczne złożone ze żłobem dolnym (rys. 14) na przepływy mniejsze.

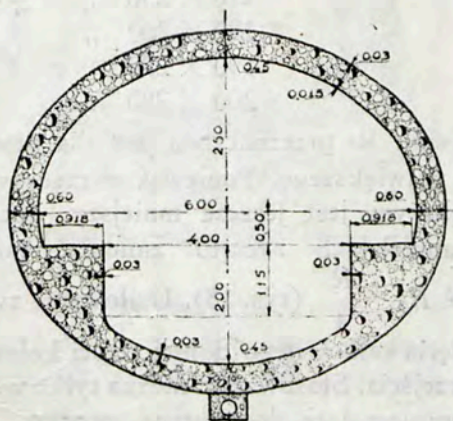


Rys. 12. Przekrój kołowy ze żłobem i bocznymi chodnikami.

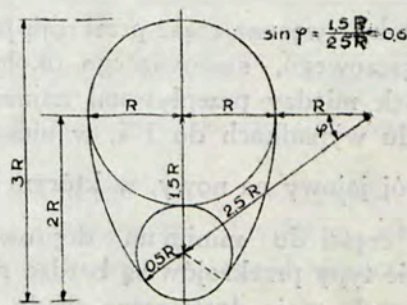


Rys. 13. Przekrój eliptyczny pełny.

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

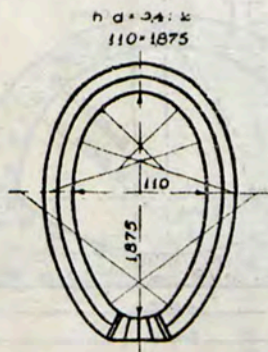


Rys. 14. Przekrój eliptyczny ze żłobem i chodnikami (Paryż).

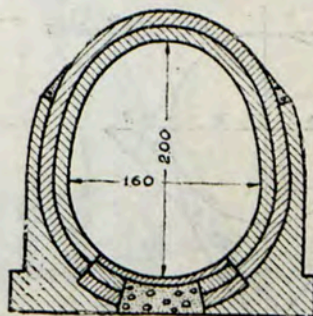


Rys. 15. Przekrój jajowy zwykły.

jajowy zwykły (rys. 15), jajowy podwyższony (rys. 16) oraz odwrócony jajowy, zwany inaczej gruszkowym (rys. 17). Przekroje jajowe składają się z czterech części: części górnej — półkoła zatoczonego promieniem R , dwóch środkowych części bocznych, opisanych promieniem $R_1 > R$.



Rys. 16. Przekrój jajowy podwyższony (Warszawa, klasa VI).



Rys. 17. Przekrój gruszkowy (Warszawa).

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 używany jest zastosowany w Anglii (1846 r.) stosunek $R_1 = 3 R$, $R_2 = 0,5 R$, $h = 3 R$. Przekrój ten o stosunku $h : d = 3 : 2$ nazywamy zwykłym przekrojem jajowym. Wielkość przekroju oznaczona jest jego największą szerokością oraz wysokością. Stosowane są następujące wymiary przekrojów:

$$h : d = 3 : 2$$

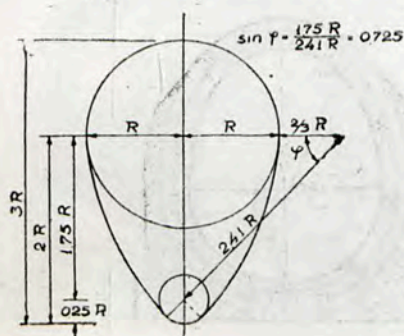
jajowy zwykły

30 × 45 cm
40 × 60 „
50 × 75 „
60 × 90 „
70 × 105 „
80 × 120 „
90 × 135 „
100 × 150 „
120 × 180 „

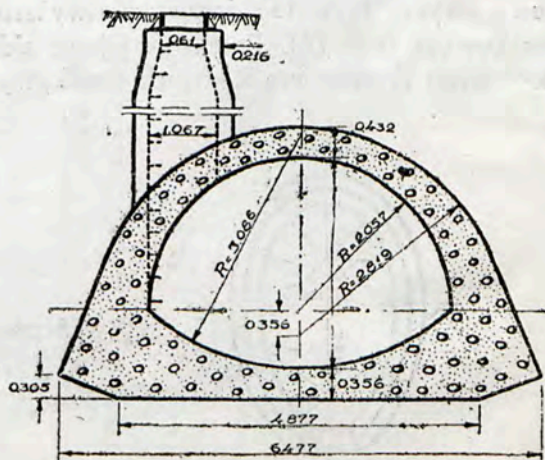
jajowy podwyższony

40 × 76 cm
50 × 95 „
60 × 110 „
70 × 125 „
80 × 140 „
90 × 160 „
100 × 175 „
110 × 187,5 „
120 × 200 „
130 × 210 „
140 × 220 „
150 × 230 „
160 × 240 „
170 × 250 „
180 × 260 „
190 × 270 „
200 × 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. 18). Usiłowanie zwężenia dolnej części do minimum doprowadziło do usunięcia całkowitego dolnej części kołowej. Te ostatnie typy przekrojów są bardzo niewygodne dla przejścia. Stosować je można tylko wówczas, gdy kanały mają dostateczne spady 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 przekrojów stosuje się, gdy różnice przepływów zużytych



Rys. 18. Przekrój jajowy zmieniony.

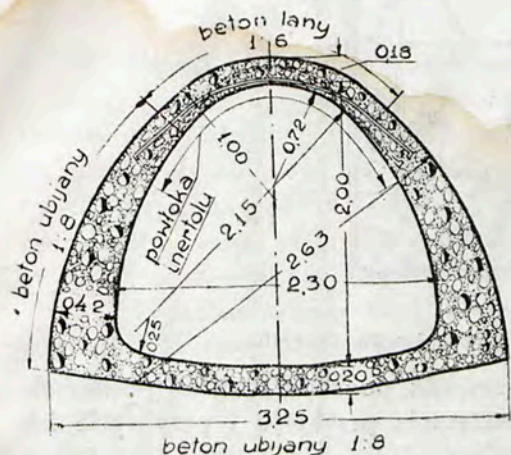


Rys. 19. Przekrój półparaboliczny (Portsmouth — St. Zjedn. Am. Pln.).

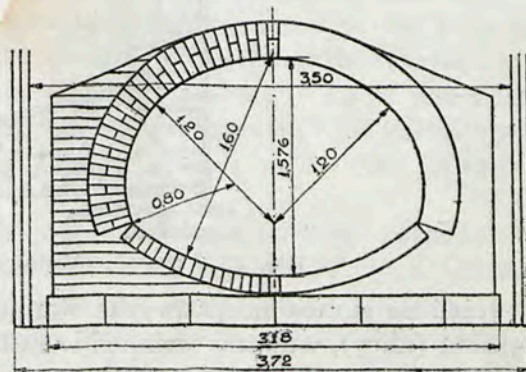
wód brudnych i deszczowych są niewielkie (np. w dużych miastach fabrycznych), drugi, gdy przy niewielkich spadkach pożądane jest powiększenie wysokości przekroju, ażeby umożliwić dogodniejsze przejście kanałem. Ostatnio przyjęto zmienny stosunek $h : d$, wyższy dla przekrojów mniejszych $3,8 : 2$, niższy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

Przekroje jajowe były używane poprzednio znacznie częściej niż obecnie, szczególnie w wypadku sieci układu jednolitego. Główną zaletą są nieco większe prędkości przepływu w stosunku do równie wydajnych przekrojów 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 są większe koszty budowy.

Poprzednio opisane przekroje wymagają dużych wysokości i gdy chodzi o większe rozmiary są z punktu widzenia statyki niekorzystne. Jeżeli więc kanały mają wytrzymywać duże obciążenie i mieć duży wydatek przy spadku, zabezpieczającym dostateczną prędkość, to w takim wypadku obiera się przekroje półparaboliczne (rys. 19), podkowiaste (rys. 20) lub nieko-

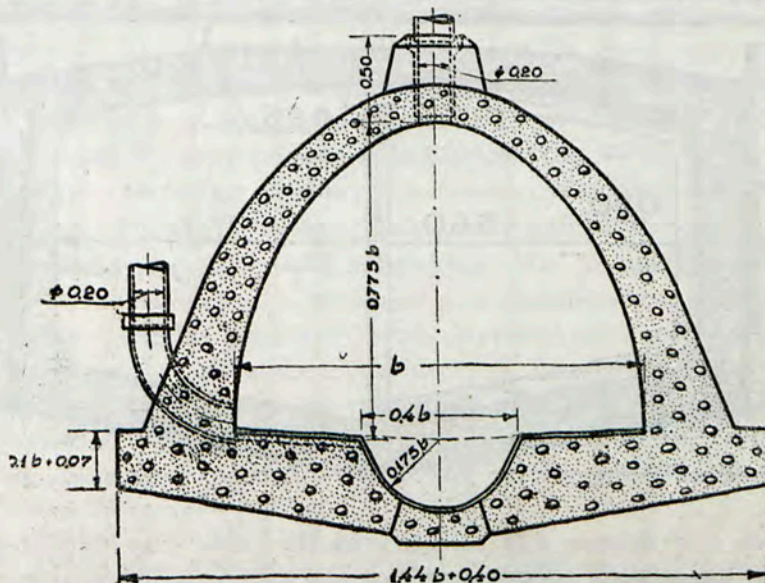


Rys. 20. Przekrój podkowiasty (Duisburg).



Rys. 21. Przekrój nieckowaty (Charlottenburg).

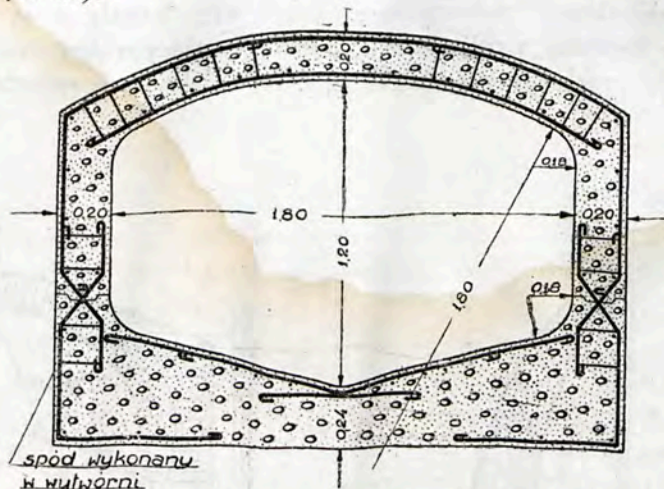
wate (rys. 21), zaopatrując je u spodu w koryto dla wód brudnych (rys. 22). Przez wybór przekroju ma się możliwość dostosowania się do warunków miejscowych. Przekroje obniżone (poziomy paraboliczny przekrój) stosuje się w tych wypadkach, gdy z pewnych względów na-



Rys. 22. Przekrój z korytem w spodzie dla wód brudnych (Hagen).

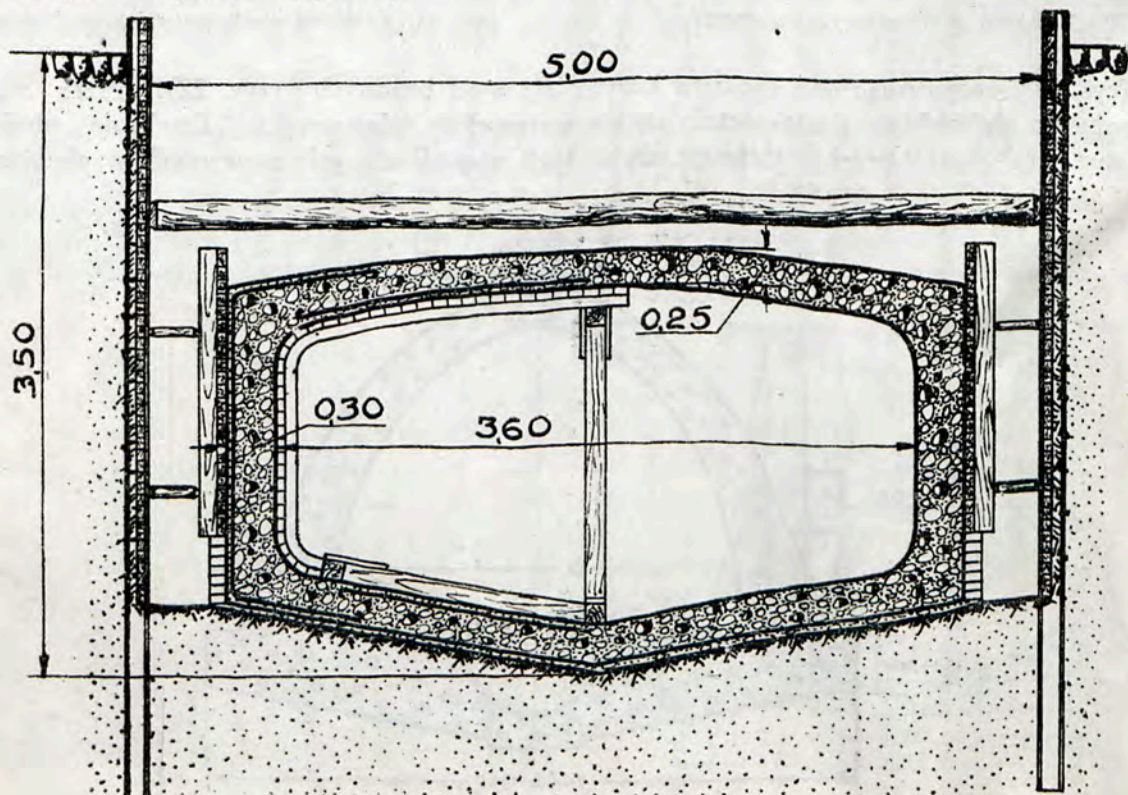
leży zyskać na wysokości, np. przy budowie burzowców. W tym ostatnim wypadku pożądane jest, ażeby odpływ w nich nie zależał od wahań poziomu odbiornika; z tego powodu dla burzowców stosowane są przekroje paraboliczne obniżone. Jeśli np. linia zwierciadła wody przebiega mało co ponad zwierciadłem wody gruntowej, lub warunki fundowania są ciężkie, 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 sklepieniu. Wydatek spada o 30%. W spodzie przekrojów prostokątnych stosuje się koryta dla skupienia przepływów małych (rys. 23).



Rys. 23. Przekrój prostokątny z korytem dla przepływów małych.

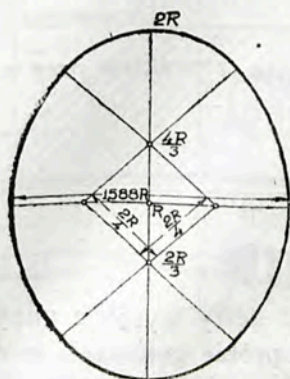
Jeżeli na skutek miejscowych warunków wierzch przewodu podchodzi blisko powierzchni gruntu (ulicy), wówczas wchodzi w rachubę dalsze rozszerzenie przekroju i przykrycie kanału sklepieniem płaskim (rys. 24).



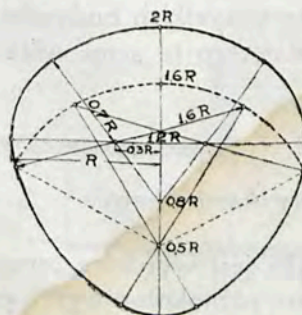
Rys. 24. Przekrój głównego zbieracza w Lichtenberg.

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 przekrojów (ry s. 25, 26).



Rys. 25. Przekrój eliptyczny.



Rys. 26. Obniżony przekrój jajowy.

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 utrudnione, głębokość wody nie powinna przekraczać pewnej wartości i poza tym siła żywa płynącej wody nie może być zbyt duża. Według badań w Charlottenburgu kanał jest dostępny dla przejścia, gdy $h \leq 0,65$ m, zaś $h^2v \leq 0,21$ m³/sek. W przeciwnym razie należy spadek zwierciadła wody złagodzić przez wstawienie stopni. Często stosuje się z tych względów przekroje z chodnikami.

W wypadku układu rozdzielonego przewody dla odprowadzania ścieków gospodarczych otrzymują kształty przekrojów 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 i tak na ogół przy przelewach burzowych linia zwierciadła wody przebiega w niewielkich głębokościach pod poziomem terenu, z tego względu są wskazane 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 napelnienie, podczas gdy wody deszczowe wypełniają przekrój całkowicie. Przekrój odpowiadający powinien warunkowi następującemu: prędkość nie może spaść poniżej najmniejszej dopuszczalnej wartości, gdyż w przeciwnym wypadku unoszone zanieczyszczenia osiadają, powodując przeszkodę w przepływie. Ukształtowanie więc dna powinno być dostosowane do przepływów niskich. Zasadą jest, by przy przepływach najniższych wytworzona została dostateczna głębokość, umożliwiającą zmywanie niesionych zawieszin i toczonych zanieczyszczeń.

Tym wymaganiom odpowiada najlepiej kołowy lub półkołowy kształt przekroju, gdyż wówczas promień hydrauliczny osiąga wartość największą. Ma to miejsce tylko przy całkowitym napelnieniu przekroju, lub w wypadku przekrojów 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 spiczastych przekroi powoduje pewne techniczne trudności, obiera 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 wykluczony jest przekrój jajowy, gdyż wyrób przewodów kamionkowych tego kształtu

napotyka na duże trudności. W wypadku zaś przekrojów średniej wielkości najodpowiedniejsze są przekroje jajowe, dalej nieckowate z kinetą itd.

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

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

III. 2. PRZEWODY WYKONYWANE Z ODCINKÓW RUR.

III. 2-a. Rury kamionkowe.

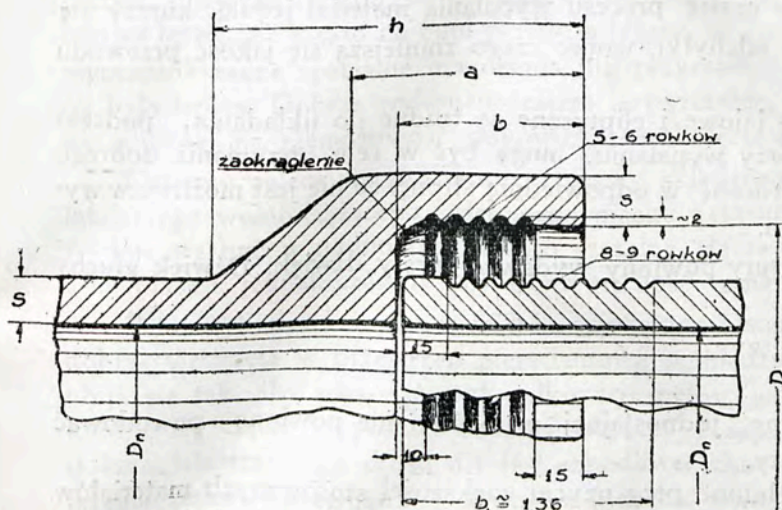
Kamionka jest wyrobem ceramicznym. Tak nazwany jest gęsty wyrób z gliny, w rodzaju porcelany o różnokolorowym przełomie, który poddany próbie gotowania może pochłoniąć do 5% wody. Do jej wyrobu stosuje się wysokowartościowe krzemionkowe gliny (zawierające co najmniej 20% Al_2O_3 oraz 65% SiO_2), które 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 przeważają 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 ciepłocie 1.250 do 1.350° C powinna się częściowo zeszkliwiać bez zmniejszania swej objętości. Rury proste wyrabiane są za pomocą 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 zależna od ciepłoty wypalania, staranności roboty, stopnia wypalania i wartości składników. Jeżeli ciepłota w piecu jest zbyt niska, otrzymuje się materiał porowaty, jeżeli zbyt duża, powoduje ona rozpoczęcie zwapnienia. Masa wypalana przyjmuje polewę 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 1.250 — 1.350° C, soli kuchennej ($NaCl$). Ta ostatnia rozkładając się wypełnia parami sodowymi całą przestrzeń pieca, powodując powstanie krzemianu sodu, pokrywającego powierzchnię rur, przenikającego głęboko w materiał i związującego się ściśle z masą gliniastą. Kamionka wyróżnia się tym, że gotowa rura jest całkowicie wodonieprzepuszczalna oraz w pełni odporna na działanie kwasów. Przełom rury jest tak szczelny, że przy próbie gotowania tylko w wyjątkowych wypadkach osiągnięta zostaje dopuszczalna wartość graniczna nasiąkania 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 ściera go. Twardość odpowiada na skali *Beauforta* 8—9°. Wytrzymałość przełomu na ciśnienie leży w granicach 1.700 — 2.000 kg/cm^2 , zaś na ciągnięcie 70 — 90 kg/cm^2 . Rury kamionkowe są wyrabiane jako rury kielichowe. W celu osiągnięcia dobrego przywierania masy uszczelniającej, wewnętrzne ściany końca kielicha i zewnętrzne końców bosych zaopatrzone są w śrubowe rowkowanie (rys. 27, 28). Powierzchnia rur szczególnie dużych rozmiarów usiana jest zagłębieniami, tworzącymi się przy wychodzeniu powietrza w czasie stapiania się gliny podczas procesu wypalania. Zagłębienia takie są rzadko kiedy pokryte polewą w sposób zadowalniający.

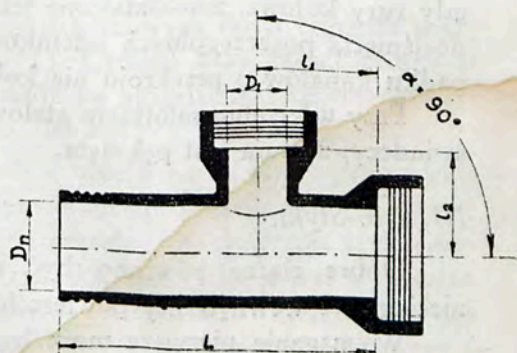


Rys. 27. Rura kamionkowa prosta wg Polskich Norm.

Rozmiary rur kamionkowych są znormalizowane. Wyrabia się zasadniczo rury o przekro-

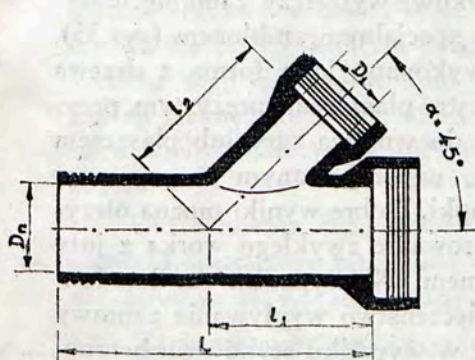


Rys. 28. Rowkowanie w kielichu i na końcówce bosej rur kamionkowych — wg Polskich Norm.

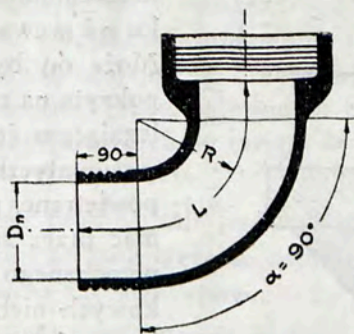


Rys. 29. Kształtki kamionkowe wg Polskich Norm.

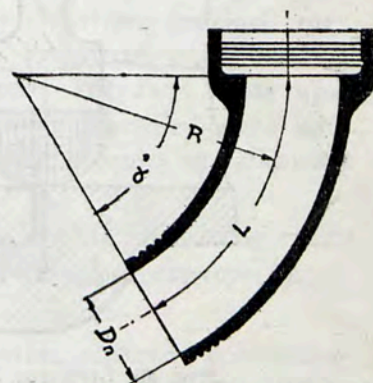
ju kołowym i średnicach od 76 mm do 1.000 mm o długości 600 — 1.000 mm. Polskie normy przewidują średnice 100 — 500 mm. Do połączeń domowych, rozgałęzień, zmiany kierunków itp. służą znormalizowane kształtki (rys. 29, 30, 31, 32). Przemysł zagraniczny wyrabia rów-



Rys. 30. Kształtki kamionkowe wg Polskich Norm.

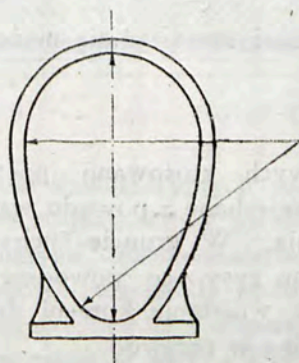


Rys. 31. Kształtki kamionkowe (łuki) wg Polskich Norm.

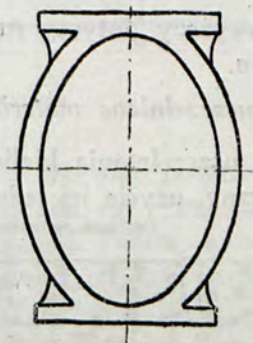


Rys. 32. Kształtki kamionkowe (łuki) wg Polskich Norm.

niez rury o przekroju jajowym i eliptycznym o rozmiarach 200/300 mm, 250/375 mm, 300/450 mm, 350/525 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. 33). Rury eliptyczne są odwracalne, posiadając dwie przeciwległe sobie podstawy (rys. 34). Wyrób



Rys. 33. Rury kamionkowe o przekroju jajowym.



Rys. 34. Rury kamionkowe o przekroju eliptycznym.

tych przekrojów jest trudniejszy, gdyż w czasie procesu wypalania materiał jednak kurczy się tak, że muszą być dopuszczalne większe odchyłki, wobec czego zmniejsza się jakość przewodu w miejscach styków.

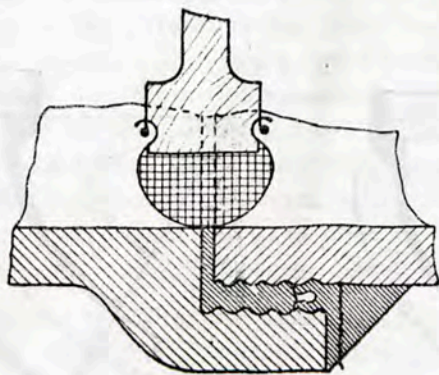
Należy zwrócić uwagę, że przekroje jajowe i eliptyczne są trudne do układania, podczas gdy rury kołowe, zniekształcone lekko przy wypalaniu, mogą być w celu otrzymania dobrego docięnięcia poszczególnych odcinków obrócone w odpowiednią stronę, co nie jest możliwe w wypadku kanałów o przekroju nie kołowym.

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

III. 2-b. Styki.

Dobre złącze powinno być szczelne, 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. Szczeliwo nie powinno być zniszczone u podstawy złącza, co na ogół 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.



Rys. 35. Styk rur kanalizacyjnych.

Warunek trzeci może być zachowany przez zastosowanie zwykłych ostrożności podczas uszczelniania styków; wystarczy zamknięcie styku od wewnątrz specjalnym szablonem (rys.35). Może on być wykonany jako forma z drewna pokryta na zewnątrz 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 we-

wnętrzne wypryski, wygładza się je wówczas, gdy materiał uszczelniający jest jeszcze wilgotny po usunięciu formy zamykającej styk.

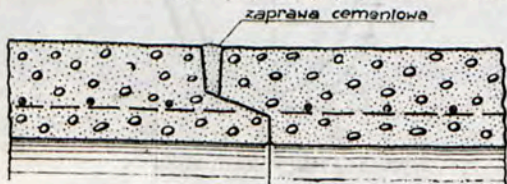
Złącza podzielić można na trzy rodzaje:

- uszczelniane przy pomocy materiału plastycznego, posiadającego zdolność przywierania oraz tężenia, z zastosowaniem smołowanego sznura konopnego,
- uszczelniane przy pomocy szczeliwa, umieszczanego na końcówce bowej i wewnątrz pochwy (kielicha — mankieta), łączącego się przez zwykły docisk,
- złącza zalewane.

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

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 uszczelniania. W gruncie suchym glina pęka, wytwarzając rysy, co powoduje nieszczelności ciągu oraz wrastanie korzeni drzew ulicznych poprzez glinę w przewód.



Rys. 36. Styk rur kanalizacyjnych.

Zaprawa cementowa (Rys. 36). Po złym doświadczeniu z gliną jako środkiem uszczelniającym

zaczęto stosować cement portlandzki, który obecnie używany jest dość często. Wykonanie jest bardzo łatwe, ale często na ogół przeprowadzane w sposób nieodpowiedni. Przy pracy nie są wymagane żadne specjalne urządzenia lub przyrządy. Stosowana dawniej zaprawa hydrauliczna była lepsza. Dobrze wykonane złącze jest szczelne, ale nie sprężyste, 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 (stosunek 1:1). Cement przy takiej proporcji wydaje się być w nadmiarze. Bardzo szczelne złącze otrzymuje się stosując 600 kg cementu na 1 m³ piasku; jednak czasami powiększa się ilość cementu do 700 kg.

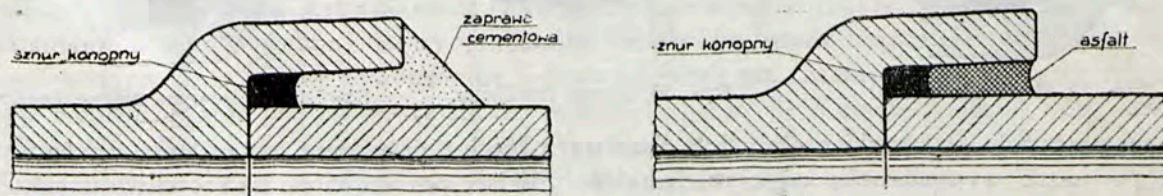
Przy wykonywaniu uszczelnienia największą uwagę zwrócić należy na to, aby zaprawa była dobrze wciśnięta w przestrzeń pierścieniową pomiędzy bosym końcem i kielichem. Zaprawę ubija się tak, aby osiągnąć styk całkowicie pełny, jednolity i szczelny. Zakończenie styku wykonuje się często w postaci skośnej obręczy z zaprawy (rys. 35). Jeśli złącze jest wykonane dobrze, istnienie tego skosu nie jest szkodliwe, choć częstokroć z powodu niejednakowego tężenia zaprawy wewnątrz i zewnątrz kielicha, mimo wszystkich przedsięwziętych ostrożności, powstaje jej pęknięcie. Stanowczo jednak niedopuszczalne jest dawanie skosu po niestaranym zapelnieniu 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 w praktyce brak wewnątrz kielicha szczelnego połączenia zaprawą powierzchni, co zamaskowane 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 na zewnątrz. Przestrzeń wolną wnętrza kielicha wypełnia się wokół zaprawą, ubijając ją drewnianym czopem. 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 są całkowicie czyste.

Uszczelnienie cementowe będzie pewne, jeśli jest ono wykonane bardzo starannie i gdy warunki miejscowe pozwalają na dostateczne stężenie zaprawy przed zasypką przewodu. Łączenie obydwu tych warunków rzadko kiedy są zachowane.

Zaprawa cementowa i sznur smołowany. Można uniknąć wypływania zaprawy wprowadzonej do wnętrza kielicha przez danie na spód kielicha, na wysokość 1/5 jego głębokości, sznura konopnego smołowanego. Na sznur daje się zaprawę i zakańcza ją skosem (rys. 37).

Kit asfaltowy. Wymaganiom dobrego złącza kielichowego odpowiada uszczelnienie wykonane ze sznura konopnego smołowanego i kitu asfaltowego (rys. 38); to też przy wykonaniu



Rys. 37 i 38. Styk rur kanalizacyjnych.

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 złącze sprężyste, trwałe i odporne na wyższe temperatury. Kit asfaltowy wprowadzany jest do przestrzeni pierścieniowej kielicha po ubiciu w niej przedtem sznura smołowanego. Przy użyciu odpowiedniego produktu przyleganie jest doskonale i szczelność szwu 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 bosa były całkowicie suche i czyste, gdyż tylko wówczas osiąga się pełne przywieranie masy uszczelniającej.

Niejednokrotnie kity asfaltowe wyrabia się na samym miejscu budowy.

b) Styki specjalne.

Styk Stanforda. Jest to typ klasyczny i prawdopodobnie pierwszy z tego rodzaju złącz, chroniony dawniej przez patent, który obecnie stracił już swą ważność. 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. 39). Masa wyrabiana jest z równych części ostrego piasku dobrze przemytego, siarki i wrzącego gudronu; topi się ona w temperaturze 115° C.

Powierzchnie stykowe są początkowo natłuszczone, po czym koniec rury 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.

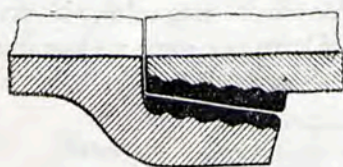
Złącze Doultona („self adjusting“). Stosuje się dla rur normalnych. Końce bosa i kielichy posiadają nałożoną masę uszczelniającą, przy czym pierścień z masy uszczelniającej w kielichu jest cylindryczny, natomiast w końcu bosym ma kształt beczkowaty (rys. 40). Przyleganie styku jest w ten sposób polepszone, a szczelność zapewniona nawet w wypadku niewielkiego przesunięcia.

Zmienione złącze Doultona składa się, podobnie jak poprzednie, z uszczelniającej masy o długości około połowy głębokości kielicha, pozostała część wypełniona zostaje cementem (rys. 41).

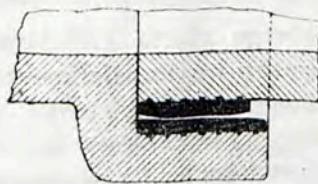
Istnieje poza tym wielka liczba patentowanych złącz o zasadzie podobnej do opisanych. Przeważna ich liczba stosuje się w wypadku specjalnego typu rur.

c) Złącza zalewane.

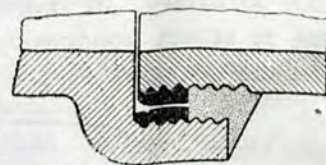
Uszczelnienie odbywać się może również przy pomocy upłynnionego przez ogrzanie szczeliwa, wlewane do przestrzeni pierścieniowej, znajdującej się pomiędzy końcem bosym i kielichem, w który poprzednio wbija się na 1/3 głębokości smołowany sznur konopny. Szczeliwo wlewa się przez pozostawiony otwór — gniazdo w górze przestrzeni pierścieniowej, utwo-



Rys. 39. Styk Stanforda.

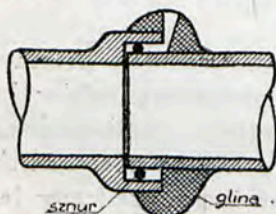


Rys. 40. Złącze Doultont.



Rys. 41. Zmienione złącze Doultont.

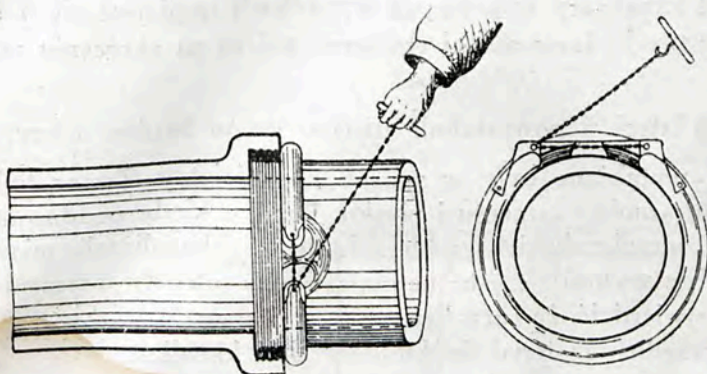
zonej przy pomocy opaski z gliny lub chomąta z blachy, przy czym przez tenże otwór wycodzi powietrze wypychane z części kielichowej. Miejsce pozostawione na szczeliwo uzyskuje się przez umieszczenie w przestrzeni zamykanej gliną sznura, przyciśniętego do krawędzi kielicha i wyciągniętego następnie przez gniazdo (rys. 42).



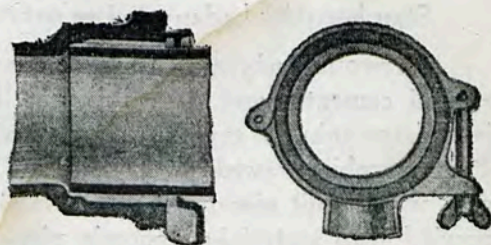
Rys. 42. Zamknięcie styku gliną z gniazdem do wiania szczeliwa.

Stosowane są poza tym i inne sposoby zamknięcia kielicha; najważniejsze jest zabezpieczenie się przeciwko przywieraniu zamknięcia. Dawniej stosowano pierścień kamionkowy smarowany tłuszczem i utrzymywany w należytem 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. Kończą go dwie obrączki miedziane; do jednej zamo-

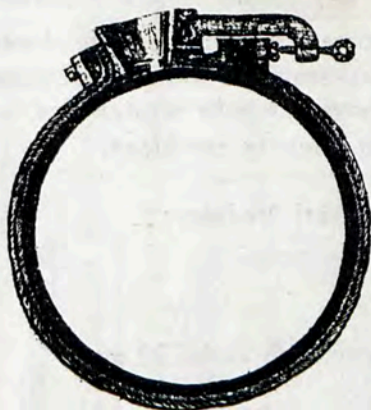
cowany jest drut miedziany, przesuwany następnie przez drugą. Przez ściąganie drutu kieszka jest silnie przyciskana do kielicha (rys. 43). W celu uniknięcia przywierania pokrywano początkowo kieszkę cienką warstwą gliny. Można zastąpić obrzynki korka trocinami. Część styku, która pozostaje wolna, otrzymuje otwór wlewowy (gniazdo) tworzony z gliny. Stosuje się również chomąta drewniane i żelazne (rys. 44, 45, 46).



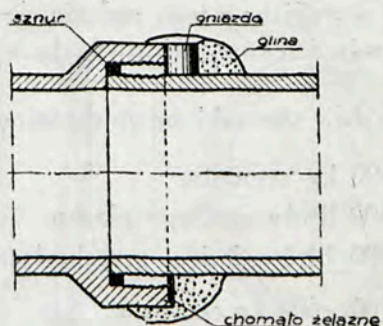
Rys. 43. Zamknięcie styku kieszką z płótna żaglowego.



Rys. 44. Chomąto drewniane do zamknięcia styku.



Rys. 45. Chomąto żelazne do zamknięcia styku.



Rys. 46. Chomąto żelazne z opaską glinianą.

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 złącz, zależnie od średnicy, w tym celu aby płynną zawartość kociołka opróżnić przy jednym ogrzaniu. Po zastygnięciu asfaltu pierścienie zostają zdjęte, zaś asfalt dobitý ręcznie przez robotnika.

Jako materiały uszczelniające stosuje się wrzący gudron, który przywiera mocno. Zadowolające wyniki otrzymano stosując mieszaninę równej ilości gudronu i sproszkowanej wypalanej gliny. M. Lindley zastosował pierwszy mieszaninę, składającą się z dwóch części gudronu i jednej części asfaltu; mieszanina taka poddana długotrwałemu gotowaniu twardnieje bardzo szybko. Również stosowane są mieszaniny, składające się z jednakowej 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 Ameryce osiągnięto dobre wyniki przy zastosowaniu mieszaniny z jednakową ilością piasku i siarki ogrzewanej do 110°C; złącze jest tym bardziej sprężyste, im bardziej drobny jest piasek. Ogólnie utrzymuje się mniemanie, że złącza asfaltowe są pewniejsze.

III. 3. RURY BETONOWE I ŻELBETOWE.

Rury betonowe zostały po raz pierwszy użyte do budowy przewodów kanalizacyjnych w Mohawk N. Y. w roku 1842, tj. 100 lat temu, zaś pierwszą siecią kanalizacyjną odpowiadającą nowoczesnym zasadom założenia była sieć kanałów Hamburga, wykonana w roku 1843. Od tego czasu wybudowano z betonu sieć kanalizacyjną w wielu miastach, szczególnie Stanów Zjednoczonych i Kanady. Rurociągi betonowe znalazły również wielkie zastosowanie w Anglii i Niemczech. Są one ekonomiczne, koszt kanalizacji w pewnych wypadkach zmniejsza się o 25 do 30% w stosunku do kanałów murowanych; inny rodzaj ekonomii polega na skróceniu czasu robót wykonawczych.

Stan kanałów badany był w ostatnich latach i powszechnie uznano go za bardzo dobry.

Pierwotnie używane rury betonowe wyrabiane były w sposób nieumiejętny. Zwane były rurami cementowymi. Wyrabiano je z mieszaniny cementu i piasku. Rzadko kiedy poddawano je dojrzewaniu. Wszystko to w wyniku ograniczało ich zastosowanie do kanalizacji miast. Przy wyrobie prawidłowym osiągnąć dobre wyniki; często natomiast rury ulegały niszczeniu, gdy wyrób był nieodpowiedni. Należy stwierdzić, że rury betonowe wykonane należycie z odpowiedniego materiału stanowią pierwszorzędny materiał do budowy sieci kanalizacyjnej.

Brak jest dotychczas norm na stosunek mieszaniny. Ogólnie stosuje się mieszaninę 1:4 lub 1:5. Do wyrobu rur o wymiarach mniejszych stosuje się kruszywo drobniejsze, przy średnicach większych grubsze. Należy stanowczo przestrzegać przed używaniem kruszywa wapiennego i wszystkich składników podlegających łatwo wpływowi wody agresywnej lub bardzo czystej.

Z uwagi na dążenie do przyspieszenia wyrobu rur przez szybsze zdjęcie form, zaczęto w ostatnich latach stosować supercementy, zawierające większą ilość wapna niż cement normalny. Rury wyrabiane z tego rodzaju cementu są w znacznie większym stopniu wystawione na szkodliwe działanie ścieków, niż rury, do wyrobu których użyto cementu zwykłego.

Oto dwa stosunki na mieszaninę do wyrobu rur większej średnicy:

1. 400 kg cementu,
400 litrów suchego piasku,
800 litrów żwiru, przechodzącego przez sita o wymiarach oczka 20 mm.
2. 500—600 kg cementu,
450 litrów suchego piasku,
750 litrów żwiru 20 mm.

W technice kanalizacyjnej stosuje się znormalizowane przekroje betonowych rur kołowych, kołowych z podstawą, jajowych z podstawą względnie jajowych podwyższonych. Pierwszy rodzaj wyrabiany jest o wymiarach średnic 100 — 2.000 mm względnie 100 — 1.500 mm, drugi o wymiarach największej szerokości w świetle i wysokości 200×300 do 1.200×1.800 mm lub 400×750 do 900×1.600 mm. W Stanach Zjednoczonych Ameryki wyrabiane są odcinkowo rury do średnic 3,5 m, a nawet i większych. Długość budowlana odcinków rur zależy od ciężaru i urządzeń montażowych, stosowanych na placu budowy. Zwykle wynosi ona przy wykonaniu ręcznym i ręcznie-mechanicznym 0,75 — 1,00 m. Przy wykonaniu maszynowym, zwłaszcza rur zbrojonych, długości są na ogół większe i wynoszą 5—7 m. Grubości ścianek w dnie i zworniku ze względów statycznych daje się większe niż pozostałe grubości ścian.

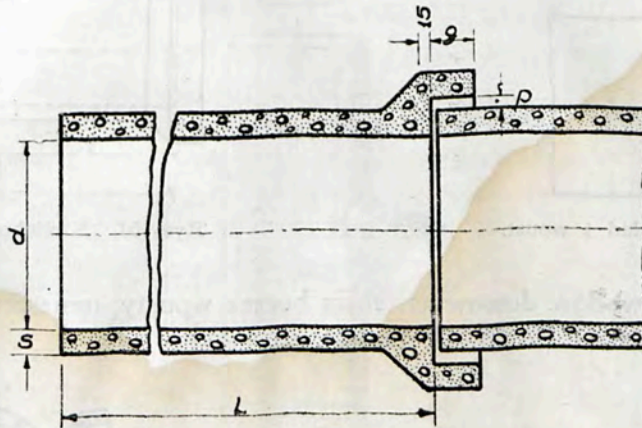
Grubość ścianek s zależy od rodzaju materiałów użytych do wyrobu rur oraz ich sposobu wykonania. Dla rur kołowych można przyjąć orientacyjne grubości według wzorów:

$$\text{do średnicy } d \leq 800 \text{ mm} \quad s = \frac{d}{10} + 15 \text{ mm} \quad (5)$$

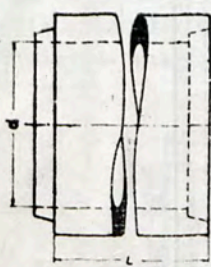
$$\text{powyżej średnicy } d \geq 800 \text{ mm} \quad s = \frac{d}{10} \pm 10 \text{ mm} \quad (6)$$

Według norm niemieckich, głębokość kielicha g oraz grubość pierścienia szczeliwa p powinny wynosić co najmniej (rys. 47):

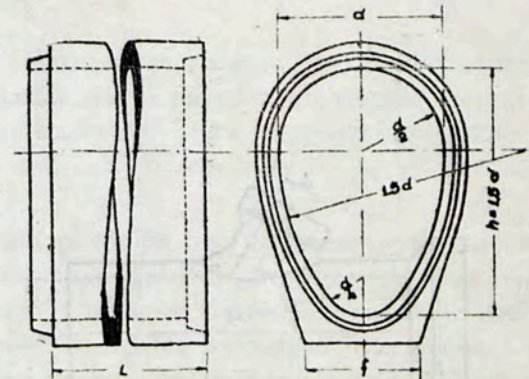
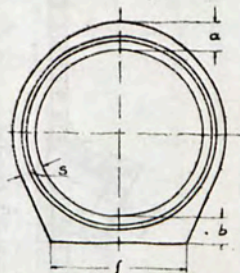
średnica wewnętrzna d mm	mm g	mm p
100 — 125	60	16
150 — 200	70	18
250 — 500	70	20
600 — 700	80	20
800 — 2000	80	25



Rys. 47. Rura betonowa kielichowa.



Rys. 48. Rura betonowa o przekroju kołowym.

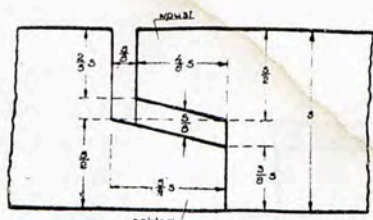


Rys. 49. Rura betonowa o przekroju jajowym.

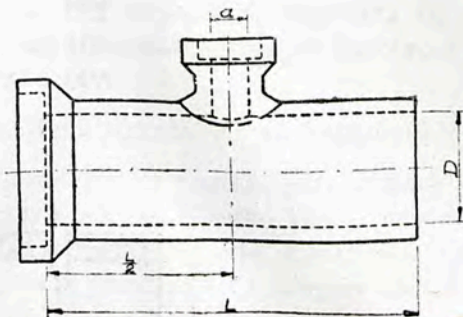
Szerokość stopki f dla:

rur kołowych (rys. 48)			rur jajowych (rys. 49)		
d mm	f mm		$d \times h$ mm	f mm	
100	80	do średnicy 500 mm zakład jest krótszy niż wpust, powyżej tej średnicy — dłuższy.	200 × 300	150	do wymiarów 400x600 mm zakład jest krótszy niż wpust, powyżej tych wymiarów — dłuższy.
125	100		300 × 450	210	
150	120		400 × 600	265	
200	160		500 × 700	320	
250	200		600 × 900	375	
300	240	długość zakładu musi być co najmniej równa 25 mm.	700 × 1050	430	długość zakładu musi być co najmniej równa 25 mm
350	280		800 × 1200	490	
400	320		900 × 1350	545	
450	360		1000 × 1500	600	
500	400		1200 × 1800	720	
600	450				
700	500				
800	550				
900	600				
1000	650				
1100	680				
1200	730				
1300	780				
1400	840				
1500	900				

Połączenie odcinków rur między sobą odbywa się: 1) na kielich i bosi koniec, 2) na zakład i wpust — jest to sposób najczęściej praktykowany i uważany za najlepszy w zastosowaniu do sieci kanalizacyjnej i 3) na oba końce bosi, otoczone mankietem żelbetowym. Złącze na zakład i wpust musi być tak wykonane, by zostawała niewielka wolna przestrzeń do zapelnienia zaprawą cementową. Na rys. 50 pokazano ukształtowanie złącza według proponowanych norm belgijskich.

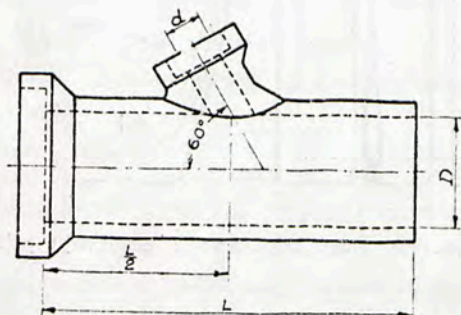


Rys. 50. Połączenie na zakład i wpust.

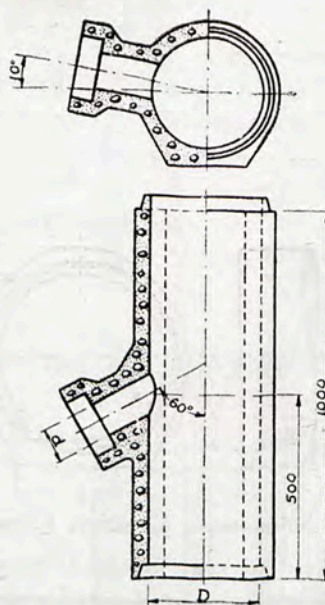


Rys. 51. Kielichowy trójnik betonowy.

Dla dołączenia przewodów domowych służą boczne wpusty, umieszczane na wysokości węzłowa i w zworniku (rys. 51, 52, 53, 54, 55, 56).



Rys. 52. Kielichowy trójnik betonowy.

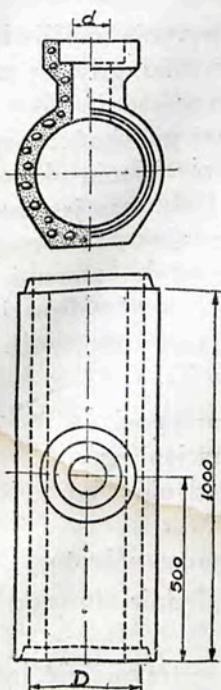


Rys. 53. Wpust boczny.

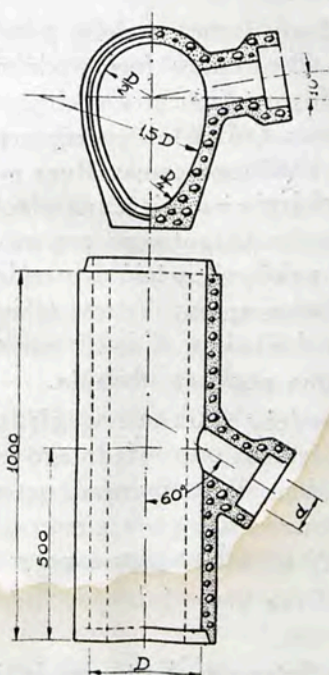
Rury betonowe wyrabia się ręcznie lub maszynowo. Wyrób maszynowy jest znacznie lepszy, ręczny daje częstokroć materiał niejednorodny z brakami i jest mniej ekonomiczny. Złe wyniki zastosowania rur betonowych należy przypisać w znacznej liczbie wypadków złemu wykonaniu, wadliwemu wykonaniu złącz i często zbyt pośpiesznemu oddaniu rur do użytku.

Formy, służące do wyrobu rur betonowych, wykonywane są prawie wyłącznie z żelaza (rys. 57), w rzadkich wypadkach z drzewa, pokrytego na powierzchniach styku z betonem żelazną blachą. Należy jednak unikać stosowania tego ostatniego rodzaju form, gdyż wyniki nie są zawsze pierwszorzędne. Należy ograniczyć ich użycie do wypadków budowy dużych przekrojów przewodów bezpośrednio w wykopie. Będą to wówczas już nie formy a odeskowania. Forma powinna być tak zbudowana, by przy jej otwieraniu beton nie ulegał naruszeniu, wstrząsom, itp.

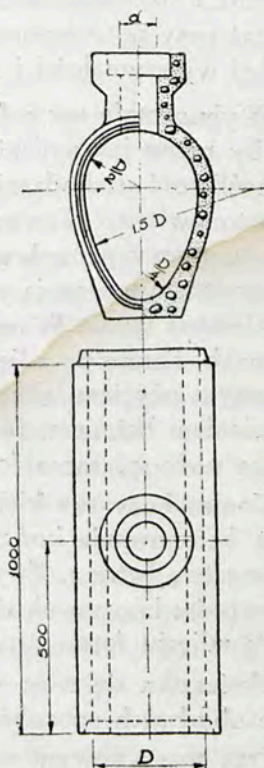
Zagęszczanie ręczne betonu. Wyrób jest bardzo prosty i stosuje się w większości małych wytwórni. U nas przeważa wykonywanie rur tym sposobem. Polega on na zagęszczeniu ręcz-



Rys. 54. Wpust górny.

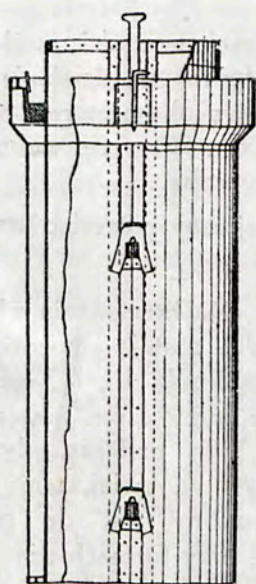


Rys. 55. Wpust boczny.



Rys. 56. Wpust górny.

nym ubijakiem sypanego do ustawionych pionowo na żeliwnym pierścieniu metalowych form betonu, o uziarnieniu kruszywa odpowiednio do wymiarów rury i pożądanego stopnia przepuszczalności. Robotnicy obchodzą formę dookoła, ubijając beton, który równocześnie jest dosypywany w małych ilościach. Powstaje w ten sposób spiralna budowa rury.



Rys. 57. Forma żelazna do wyrobu rur betonowych.

Beton powinien być urabialny w dostatecznym stopniu. Zawartość wody w mieszaninie powinna być taka, by zapewniała możliwie wielką gęstość oraz pełną hydratazację cementu. Oznaką tej ostatniej jest pojawienie się na zewnętrznej powierzchni rury, bezpośrednio po zdjęciu form wyraźnej siatki znaków (powodowanych ssaniem). Również lekkie sfalowanie wewnętrznej powierzchni rury wskazuje na zastosowanie do mieszaniny odpowiedniej ilości wody. Jeżeli zastosuje się zbyt dużo wody, rura po zdjęciu formy siądzie, skurczy się i skrzywi. Dobrze zrobiony beton powinien przypominać swoim wyglądem wilgotną ziemię. Ugnięciony w palcach powinien zachować nadany mu kształt. Dodatek wody do betonu nie może wynosić więcej niż 15–20% wagi suchego cementu. Odnosi się to do form stojących o kształtach prostych i wyrobu rur niezbrojonych. Formy leżące i specjal-

ne wymagają zarabiania betonów z większą zawartością wody, przy czym beton należy starannie wstrząsać po ułożeniu w formie i rozrabiać prętami żelaznymi.

Beton powinien być zawsze mieszany mechanicznie. Napelnianie formy powinno się odbywać równymi warstwami małej grubości 7–8 cm kielnią lub łopatką. Ubijanie żelaznymi ubijakami o wymiarach dostosowanych do wielkości i kształtu rury musi być jak najbardziej rów-

nomierne i staranne. Zawsze trudno jest wytłoczyć nadmiar wody i ściśnięte wewnątrz powietrze, zaś przy pozostawieniu ich w masie betonu powstaje niebezpieczeństwo otrzymania rur o słabej wytrzymałości i zbyt porowatych.

Wycinanie rur z form, rozbijanie formy, należy przy ręcznym wyrobie możliwie opóźniać, by beton jak najlepiej związał. Zasadniczo formę zdejmuje się z wyrobu, gdy nie zachodzi już możliwość uszkodzenia; przy silnym ubijaniu i suchym betonem bezpośrednio po ukończeniu betonowania. Wewnętrzny płaszcz (rdzeń) wyjmuje się natychmiast po skończeniu ubijania, zewnętrzny po upływie bardzo krótkiego czasu. Rura pozostaje na pierścieniu około 24 godzin, po czym można ją zdjąć z pierścienia i odnieść na plac składowy. Cały czas jest rura obficie polewana wodą. W wypadku bardzo wilgotnego cementu polecają zdejmować formę po 48 godzinach. Formę po zdjęciu z rury należy oczyścić z przylegających cząstek betonu i przed ponownym użyciem lekko natłuścić mieszaniną: 1 część oleju i 2—3 części ropy naftowej. Przed napełnieniem betonem, formę trzeba dokładnie złożyć i mocno ściągnąć, ażeby uniemożliwić późniejsze ruchy płaszcza formy i rdzenia podczas ubijania.

Koniec bosa rur kielichowych należy starannie wygładzić. Jeśli rura posiada zakład lub wpust, betonowanie kończy się nałożeniem odpowiedniego kształtu pierścienia górnego na ostatnią warstwę betonu. Zwykle rdzeń daje się wyjmować, nawet przy układaniu wilgotnego betonu, bezpośrednio po ukończeniu betonowania.

Po zdjęciu form, rury muszą być przechowywane przez pewien czas w wilgotnej atmosferze. Umieszcza się więc je w atmosferze pary lub spryskuje wodą względnie stosuje się połączenie obydwóch sposobów.

Przy maszynowym wyrobie rur betonowych otrzymuje się większą wytrzymałość, jednorodność oraz materiał bardziej odporny na działanie wpływów zewnętrznych, fizycznych i chemicznych. Wszystkie większe wytwórnie stosują ten sposób do wyrobu rur. Do ubijania betonu stosuje się ubijaki mechaniczne, pneumatyczne lub elektryczne.

Rury prasowane. Istnieją dwa sposoby prasowania rur betonowych: podłużny i odśrodkowy. Rury prasowane podłużnie wyróżniają się wysoką wytrzymałością, natomiast rury prasowane odśrodkowo, choć może mniej wytrzymałe, posiadają ścianki gładsze i odporniejsze na działanie ścieków.

Rury prasowane są pod bardzo wielkim ciśnieniem wirujących narzędzi o ilości obrotów od 110 do 225 na minutę. Wskutek tego rury są szczególnie odporne na działanie niektórych szkodliwych dla betonu wpływów chemicznych, dalej posiadają wysoką odporność na ścieranie. Z powodu niewielkiego ich ciężaru tańszy jest ich przewóz. Wreszcie wobec posiadania głębokich kielichów umożliwiają szczelne połączenie rur między sobą.

Wydajność maszyn jest bardzo duża; na wykonanie jednej rury potrzeba 30—50 sekund; dziennie można wyrobić od 300—700 m, zależnie od wielkości rury.

Zagęszczanie betonu sposobem wstrząsania i wibracji. W celu otrzymania większej zwartości (szczelności) betonu, stosuje się wstrząsane stoły, na których zostają umocowane ustawione pionowo formy; wstrząsy (600 drgnień i więcej na minutę, amplituda drgań 3—4 mm) udzielają się mieszaninie betonu, powodując jego samoczynne ubicie, przy czym następuje wydzielanie wody i powietrza. Porowatość takiego betonu spada do 15%, podczas gdy porowatość betonu ubijanego ręcznie wynosi 22—25%; ma to dodatni wpływ na zwiększanie odporności rur wystawianych na wpływy chemiczne. Sposób wibracji podobny jest do poprzedniego, przenoszącego na masę betonu wibrację stołu; różni się tym, że przy formach używa się wibratorów pneumatycznych lub elektrycznych, dobrze umocowanych w pozycji pionowej, przytkniętych do powierzchni zewnętrznej formy, przy czym albo stosuje się je nieruchomo w większej liczbie, stosownie do promienia działania, lub przy mniejszej ilości przesuwają się po powierzchni formy. Proces wibracji polega głównie na usunięciu z zarobu powietrza i zbytecznej wody i pozostawieniu jej w ilości potrzebnej do hydracji cementu. Beton wibrowany podobny jest w przekroju do betonu wirowanego.

Należy ułatwić ujście powietrza i zbędnej wody. Nie można więc stawiać na stole wibracyjnym form całkowicie napełnionych betonem, tylko napełnianie przeprowadzać stopniowo

w czasie wibrowania. Beton nie powinien zawierać zbyt dużo wody, gdyż wówczas kruszywo rozdzieli się samoczynnie podczas wibracji, powodując niejednorodność betonu.

Zagęszczanie sposobem wirowym. Sposób ten został zastosowany około roku 1928 w Stanach Zjednoczonych oraz w Kanadzie i obecnie jest bardzo rozpowszechniony w Australii i Anglii, Niemczech, Indiach, Południowej Afryce, itd. Sposoby wyrobu różnią się tylko rodzajem popędu i wprowadzeniem betonu, jak również urządzeniami odwadniającymi.

Wyrób dokonuje się następująco: walcowa forma cylindryczna umocowana jest na obracającej się osi podłużnej. Do formy wprowadza się mieszaninę betonu i nadaje jej ruch obrotowy przez kilka minut (3—5') z dużą szybkością (do 1.200 obrotów na minutę przy mniejszych średnicach, do 300 przy średnicy 1,5 m). Początkowa prędkość podczas doprowadzania betonu jest niewielka, następnie zwiększa się prędkość w celu zagęszczenia betonu do 20 m/sek, licząc po obwodzie. Masa betonu podlega na całej swej grubości przemieszczeniu, wzruszeniu, stosownie do szybkości obrotowej; najgrubsze ziarno odrzucane jest ku stronie zewnętrznej, podczas gdy ziarna lżejsze tworzą stronę wewnętrzną. Z powodu wzrastającej szybkości obrotów materiały stałe mieszaniny sprasowują się, wypierając zbyteczną wodę i powietrze, tak że w wyniku procesu otrzymuje się ścianki rury bardzo ściśle i wytrzymałe. Beton wirowany waży o 2% więcej od zwyczajnie ubijanego.

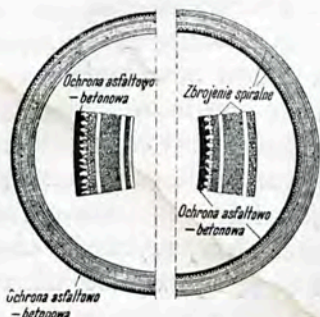
Formy są półkółkowe, skręcane na śruby, przy czym szwy muszą być zabezpieczone przed przeciekaniem, lub są pełne. Przy procesie usuwania nadmiaru wody i powietrza przez schnięcie należy specjalną uwagę zwrócić na zabezpieczenie się przed powstawaniem wad (braków), tj. miejsc słabych, porowatych (rakowatych), bez spójności, mających skłonność tworzenia się w miejscach, gdzie formy nie są całkowicie szczelne. Specjalne urządzenia (różne dla każdego procesu wyrobu) zabezpieczają przed powstawaniem miejsc wadliwych. Styki są kształtowane przy pomocy pierścieni. Zakończenia mogą być bosc albo kielichowe. Kształtki wyrabia się sposobem wibracyjnym.

Formy wiruje się, jak poprzednio wspomniano, współśrodkowo z bocznymi tarczami, do których umocowana jest oś z formą, lub na specjalnych wałkach napędnych, podpierających formę w rodzaju kolebek.

Po ukończeniu procesu wirowania formę zdejmuje się z kolebek lub tarczy i odwozi na plac składowy. Przy małych średnicach rur płaszcz formy zdejmuje się z rury, bezpośrednio po ustawieniu na podkładce; przy dużych średnicach, po kilkunastu godzinach, po związaniu betonu. (Według Duboscha nie wcześniej niż po 24 godzinach). Najpierw wyciąga się rdzeń. Powierzchnie wewnętrzne form pokrywane są parafiną, użytą oliwą z maszyn, szarym mydłem lub podobnymi wyrobami w celu łatwego i nieuszkodzającego wyjęcia rury z formy. W większości wypadków po zdjęciu form potrzebny jest pewien retusz.

Rury wyrabiane sposobem wirowym mają tę zaletę w stosunku do rur wykonywanych sposobem normalnym przy pomocy ubijania lub wibracji, że będąc bardziej szczelne mogą mieć cieńsze ścianki i na skutek tego są lżejsze niż ubijane, posiadają powierzchnię bardziej gładką, szczególnie wewnętrzną. Powierzchnię tę wykańcza się różnymi środkami w czasie wyrobu. Kalibrowanie osiągać można z dokładnością prawie do 1 mm. Rury takie wyrabia się z reguły o przekroju kołowym od wymiarów najmniejszych do średnicy 3,0 m, który to wymiar nie może być przekroczony z uwagi na gabaryt przewozów kolejowych. Łatwo można wyrabiać rury sposobem wirowym o dużej długości i średnicy. Pod działaniem siły odśrodkowej następuje zagęszczenie betonu i na powierzchni wewnętrznej rury tworzy się warstewka bogata w cement. Zawartość cementu w ściance rury do $\frac{3}{4}$ jej grubości jest mniej więcej stała, dalej szybko rośnie i dochodzi do 1.200 kg/m³ betonu przy powierzchni wewnętrznej. Wewnętrzna warstewka powierzchniowa złożona z drobnych frakcji kruszywa i dużej ilości cementu jest nadzwyczaj gładka, ścisła i na skutek tego posiada zwiększoną odporność przeciwko wpływom chemiczno-fizycznym i mechanicznym. Żeby zapobiec rozdziałowi kruszywa na całej grubości ścianki, mieszaninę betonu wprowadza się stopniowo do formy tak, że tworzą się jakby kolejne warstwy, doskonale ze sobą związane. Dopiero ostatnia warstwa podlega rozdziałowi materiałów stałych. Wewnętrzna warstwa grubości 1 — 2 mm jest nadzwyczaj trwałą warstwą karbonatyczną (ponad 70% CaCO₃) otrzymywaną przez przechowywanie kilkumiesięczne (3—4 miesiące) na otwartym powietrzu.

Wobec wyrabiania rur o większej długości niż zwykle rury betonowe, zmniejsza się liczba styków, a w związku z tym robocizna przy uszczelnianiu. Jako wadę tych rur należy podnieść, że wobec ich kształtu kołowego, w porównaniu do równie wydajnych przekrojów jajowych, szerokości wykopów wypadają większe i że z powodu mniejszych głębokości wody warunki odpływu w okresach bezdeszczowych są mniej korzystne.



Rys. 58. Rura betonowa z ochronnym płaszczem asfaltowym.

Dalsze rozszerzenie zakresu tych rur jest umożliwione przez zastosowanie nowego sposobu dawania na powierzchni wewnętrznej lub zewnętrznej płaszcza z asfaltu, ściśle związanego z powierzchnią betonu (rys. 58).

Rury tego rodzaju stosować należy tam, gdzie odprowadzać się będzie wody agresywne lub gdy zachodzi obawa, że w wypadku zwykłego betonu rury będą niszczone działaniem ścierającym piasku. Zastępują więc one w pewnym stopniu rury kamionkowe większych rozmiarów. Rury z zewnętrznym płaszczem asfaltowym są całkowicie odporne na działanie szkodliwe wody gruntowej, względnie gruntu. Poza tym rury te posiadają jedną ogromnie ważną zaletę, są całkowicie nieprzepuszczalne. Nawet w razie powstania włoskowatych pęknięć w powłoce betonowej wewnętrzna sprężysta warstwa asfaltu pozostaje nienaruszona.

Schnięcie rur powinno odbywać się koniecznie w ukryciu przed słońcem; ponadto bardzo korzystne jest częste zwilżanie powierzchni betonu wodą, szczególnie gdy użyta mieszanina jest stosunkowo sucha. Dwa te warunki dojrzewania rur są zwykle zaniedbywane w większości mniejszych wytwórni. Świeże rury należy przechowywać więc w krytych halach, odpowiednio zabezpieczonych przed szkodliwym działaniem zmian powietrza, wiatrów, słońca, zbytich zmian ciepłoty, względnie okrywać matami słomianymi lub z juty do 25—30 dni po wykonaniu. We Włoszech stosują kilkudniową kąpiel w wodzie.

Po upływie 2 — 5 dni, w zależności od szybkości twardnienia, można rury zdjąć z podstawy formy. Jeżeli rury wyrabiane są z suchego betonu, dobrze jest powlec wówczas rurę wewnątrz tłustą zaprawą cementową 1 : 1 na bardzo drobnym ale ostrym piasku. Zaprawę wciera się zwykle miotłą pierwszy raz w poprzek rury, drugi raz wzdłuż. Dla przyspieszenia tężenia betonu i w ten sposób szybszego oddania rur do użytku, poddaje się świeże rury po wyjęciu z formy naparzeniu, polega ono na działaniu na rury gorącej pary i wilgoci o temperaturze około 40° przez przeciąg 36 godzin. Naparzenie przyspiesza w dużym stopniu proces twardnienia betonu i pozwala osiągnąć dobre wyniki wytrzymałościowe betonów z kruszyw zawierających dużo pyłów z gliny, co przy normalnym wyrobie wymagałoby przemywania kruszywa. Naparzenie stosuje się głównie w celu pośpiechu w robocie bez obniżenia wartości wyrobu. Sposób ten jest dosyć kosztowny.

Następnie wywozi się rury na miejsce składowe i polewa przez 3 — 6 dni wodą. W celu jak największego uodpornienia warstwy powierzchniowej rur powinno się je przechowywać na powietrzu otwartym do 6 miesięcy, umożliwiając w ten sposób intensywniejszą karbonatyzację powłoki rur. Nie należy ustawiać ich bezpośrednio na ziemi, lecz na specjalnych łatach drewnianych dla uchronienia od działania kwasów bumusowych, podmarzania w zimie, itd. Karbonatyzowanie zewnętrznej warstwy betonu pod działaniem zawartego w powietrzu dwutlenku węgla, tzw. „dojrzewanie“, posiada duży wpływ na trwałość i odporność rur betonowych.

Niezależnie od sposobu wyrobu warunkiem koniecznym jego dobroci jest, aby materiały używane do wyrobu były bardzo czyste. Wszelkie materiały obce, wprowadzone do betoniarki i wskutek tego następnie do formy, powodują pogorszenie się jakości wyrobu. Na ten zasadniczy warunek zwraca się przy wyrobie rur najmniejszą uwagę.

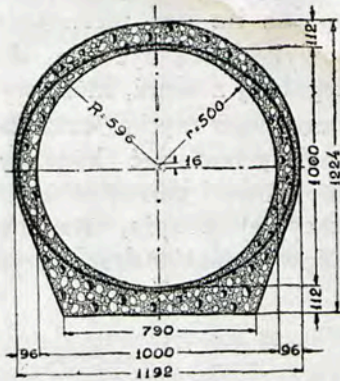
Wytwórcy angielscy wypuścili na rynek rury wyrabiane specjalnie starannie, zanurzone po wyjęciu z form, nie wcześniej jednak niż po 3—4 dniach, w kąpeli z roztworu krzemianu sodu — stąd ich nazwa „silicated stone pipe“.

Częstym błędem popełnianym przy wyrobie rur betonowych w zimniejszych porach roku jest zbyt wczesne wyjmowanie rdzenia i zdejmowanie płaszcza formy. Pamiętać należy, że przy ciepłocie spadającej trwale poniżej $+10^{\circ}$ beton należy utrzymywać w zamkniętej formie (choćby przyrządzany zarób był zupełnie suchy) około 30 do 40 minut dla związania się betonu na tyle, żeby po zdjęciu formy nie osiadł. Osiadanie betonu po rozszalowaniu, nawet w granicach trudnych do bezpośredniego stwierdzenia, jest bardzo szkodliwe dla wytrzymałości rury z powodu niedostrzegalnych gołym okiem pęknięć. Pęknięcia te po zupełnym stwardnieniu betonu można wykryć przez lekkie uderzenia młotkiem. Rura powinna wydać dźwięk czysty. Dźwięk głuchy dowodzi, że rura jest pęknięta i niezdatna do użytku.

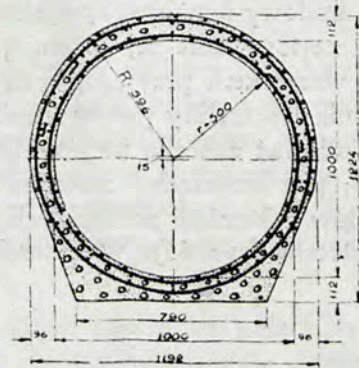
Wady i uszkodzenia rur mają przeważnie swoje źródło w ich nieumiejętnym wykonaniu i pielęgnowaniu.

Niekorzystnymi czynnikami dla trwałości kanałów betonowych są: niewielkie spadki, które pozwalają ściekom stagnować w kanałach, powodując rozkład i gnienie, duże zawartości siarczanów w wodzie wodociągowej, które powodują powiększenie się ilości siarkowodoru, powstającego przy rozkładzie zanieczyszczeń w ściekach, wreszcie złe wykonanie przewodów.

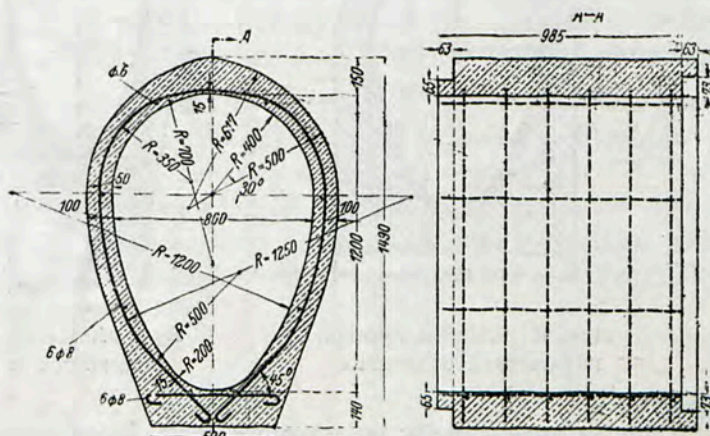
Tam, gdzie zachodzi obawa silnego ścierania dna przez toczące zanieczyszczenia, wyklada się dno przewodu materiałem bardziej wytrzymałym; stosuje się więc specjalne spody, łuski, płytki z kamionki, klinkieru, terrakoty, żeliwa itp.



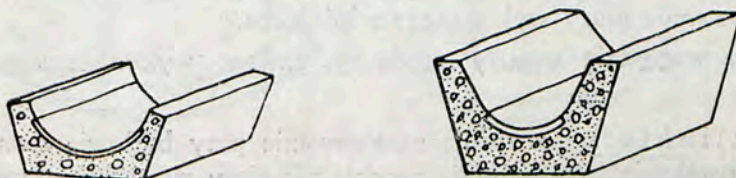
Rys. 59. Rura żelbetowa kanalizacji Leningradu dla głębokości 4,5 m.



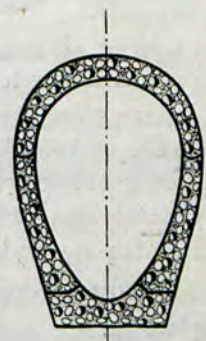
Rys. 60. Rura żelbetowa kanalizacji Leningradu dla głębokości 6,0 m.



Rys. 61. Rura żelbetowa kanalizacji Motali.



Rys. 62. Spody żelbetowe.



Rys. 63. Przewód wybudowany z gotowych segmentów.

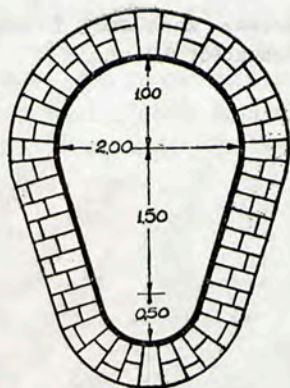
Przewody żelbetowe stosowane są na odcinki kanałów narażonych na większe obciążenia. Wykonywane są w miarę potrzeby na placu budowy lub też w wytwórniach. Stosowane są przekroje o najróżniejszych kształtach, najczęściej jednak kołowe i jajowe (rys. 59, 60, 61). Wykonywane są również i w ten sposób, że spody wyrabiane są w wytwórni, dowożone i układane na dno wykopu, wierzch zaś dobetonowywany w wykopie (rys. 62).

Wspomnieć wreszcie należy, że były również próby wykonywania kanałów betonowych przy pomocy zestawienia przekrojów z poszczególnych gotowych segmentów (rys. 63). Sposób ten nie rozpowszechnił się, gdyż w stosunku do przewodów budowanych z rur pełnych odcinkowych są one znacznie słabsze.

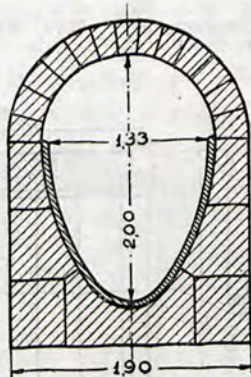
III. 4. KANAŁY WYKONYWANE CAŁKOWICIE W WYKOPIE.

III. 4-a. Kanały murowane.

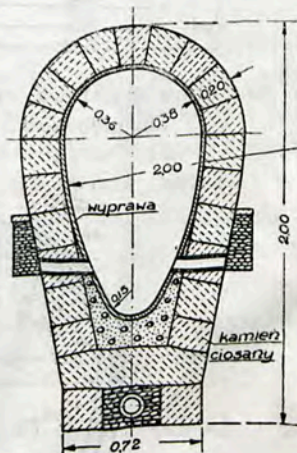
Kamienie naturalne. Kanały z kamienia łamanego lub ciosanego w nowoczesnej technice kanalizacyjnej nie są prawie zupełnie obecnie stosowane, gdyż obróbka ich wymaga dużego zużycia robocizny. Oddzielne kamienie mają nieprawidłową formę, przez to szwy otrzymują się szerokie, trudne do wypełnienia zaprawą dla otrzymania pożądanej gładkości powierzchni wewnętrznych. W okolicach, gdzie możliwe jest otrzymanie kamieni naturalnych o pożądanej jakości, łatwych do obróbki, które wobec tego mogą być wykorzystane ekonomicznie do budowy kanałów, specjalnie dużych zbieraczy, można im dać pierwszeństwo przed cegłą, jeśli zastosowanie tej ostatniej podnosi koszty budowy. Muszą być one dobrze oczyszczone ze wszystkich przylegających zanieczyszczeń, szczególnie z ziemi, która wypełnia liczne zagłębienia i szczeliny powierzchni. Potrzeba obróbki, starannego mycia oraz oczyszczenia może spowodować znaczną wyżkę kosztów budowy. Nie należy budować kanałów z kamieni wapnistych; pierwszorzędny materiał stanowią skały krzemionkowe i porfiry. Przykłady wykonania kanałów z kamieni naturalnych mamy w sieci kanalizacyjnej Paryża, Rzymu, Neapolu (rys. 64), Drezna (rys. 65). W Odessie wapień użyto do budowy kanałów deszczowych (rys. 66).



Rys. 64. Kanał z kamieni naturalnych w Neapolu.



Rys. 65. Kanał z kamieni naturalnych w Dreźnie.



Rys. 66. Kanał z kamieni naturalnych w Odessie.

Częstokroć kamienie naturalne są stosowane w połączeniu z cegłą, którą przeznacza się do budowy zamknięć sklepienia, lub też jako okładzinę części wewnętrznych, szczególnie koryta, wykształcania ostrych kątów itp. Choć i tu przeważnie wyjątkowo, gdyż wszystkie takie części dadzą się wykonać przez zastosowanie muru wykonanego z klinkieru.

Spody są często, a odgałęzienia względnie wpusty muszą być zawsze wykonane z innego materiału.

Przewody z cegły i klinkieru znajdują zastosowanie przy budowie sieci kanalizacyjnych dużych miast, gdy przekroje przewyższają zwykle rozmiary rur kamionkowych. Materiał jest równie dobry jak kamionka. Od czasu jednak, gdy w betonie niezbrojonym i zbro-

jonym uzyskano materiał budowlany, którego właściwości z punktu widzenia naukowego są w pełni wyjaśnione oraz który pozwala w sposób prosty na nadanie mu dowolnych kształtów, zastosowanie kanałów murowanych z cegły zmniejsza się coraz bardziej. Niemniej wykazują one szereg zalet w stosunku do kanałów betonowych, w odniesieniu do trwałości mogą przewyższać betonowe, tak że nie można się spodziewać ich całkowitego zaniechania. Przede wszystkim dotyczy to odporności dobrze wypalonego klinkieru na wpływy chemiczne. W ostatnim wypadku istnieje pewność, że dobroć materiału jest wszędzie jednakowa, podczas gdy przy wykonywaniu betonu konieczny jest staranny dozór i ciągłe badanie materiałów oraz jego składu.

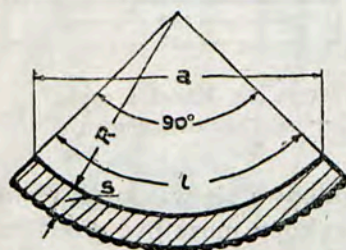
Cegła, którą się używa, musi być pierwszorzędnej jakości i doskonale wypalona, gdyż to zwiększa jej szczelność oraz wytrzymałość na ścieranie, musi mieć gładką powierzchnię od strony wnętrza kanału (gładka powierzchnia idzie na wytworzenie powierzchni ściany, czerpowata do zaprawy). Cegły klinkierowe stanowią pierwszorzędny materiał budowlany — ich wielka wytrzymałość i jednolitość struktury usprawiedliwiają w pełni wyższą cenę. Od cegły kanalizacyjnej wymaga się, by nie zawierała wapna, by miała budowę jednolitą, zwartą, niezeszkliwioną, znaczną wytrzymałość i chłonność wody poniżej $1/6$ jej wagi. Głina nie może być zbyt tłusta, aby się cegła nie zniekształcała przy wypaleniu.

Cegła przy małym przekroju przewodu jest materiałem kosztownym; pierścień ma najmniej grubość 14 cm. Zaletą jej jest, że kanał można natychmiast zasypać. Używana jest przy budowie tunelowej, gdzie użycie betonu nie jest możliwe, gdy rozkop musi być zaraz po wykonaniu kanału zasypywany.

Na wewnętrzne ściany kanałów powinien być używany tylko najlepszy klinkier o przepisanej wytrzymałości na ciśnienie 350 kg/cm^2 . Chłonność takiego klinkieru nie przekracza dopuszczalnej granicy 5% wagi. Na ściany zewnętrzne z powodzeniem stosować można cegły mocno wypalone o mniejszej wytrzymałości. Cegły muszą być możliwie ostrokanciaste i ograniczone płaskimi powierzchniami. Nie mogą być one popękane, ani przepalone, oraz nie mogą być zanieczyszczone mułem, ilem lub gliną i powinny wydawać przy uderzeniu młotkiem jasny dźwięk.

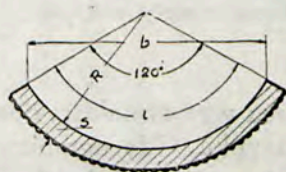
W wypadku niewielkich przekrojów z małymi promieniami zaokrągleń poleca się stosowanie cegły formowanej, gdyż użycie cegły normalnej powoduje zbytne rozszerzenie się szwów na zewnątrz. Szwyy wewnętrzne nie powinny być szersze niż 9—11 mm, zewnętrzne 9 mm, zaś maksymalnie 29 mm. Ze względów praktycznych pożądane jest ograniczenie w możliwym stopniu zastosowania cegły formowanej, wbrew wymaganiom autorów angielskich (Morre), uważających, że cegły formowane powinny być wyrabiane dla wszystkich średnic wewnętrznych przewodów. Takie cegły specjalne promieniste są w użyciu w Anglii i Niemczech.

Wszystkie cegły muszą być przed ich użyciem moczone w czystej wodzie co najmniej przez przeciąg 30 minut w celu zabezpieczenia się przeciwko chłonięciu przez cegły wody z zaprawy. Jako zaprawę stosuje się zaprawę cementową o stosunku 1:3. Do wypełnienia szwów (wyfugowania) stosuje się zaprawę bardziej tłustą 1:2. Dodatek trasy daje pewne zalety w odniesieniu do przepuszczalności i sprężystości zaprawy. Przede wszystkim powoduje się związanie pozostającego w cemencie portlandzkim wolnego wapna, wobec czego zwiększa się jego odporność na wpływy chemiczne.

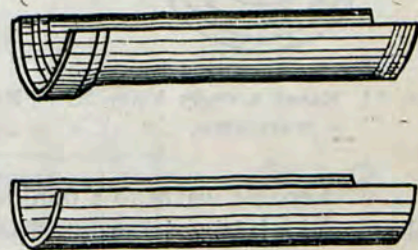


Rys. 67.

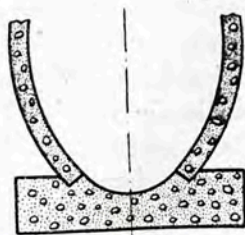
Spody kamionkowe do ubezpieczenia dna przewodów.



Rys. 68.



Rys. 69. Półrurowy kamionkowe na spody kanałowe.

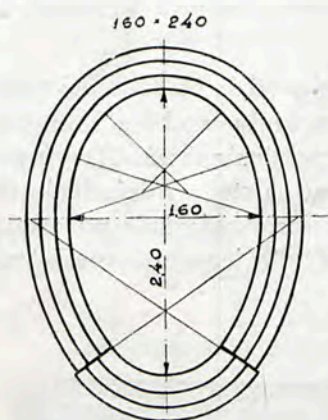


Rys. 70. Pełne spody betonowe.

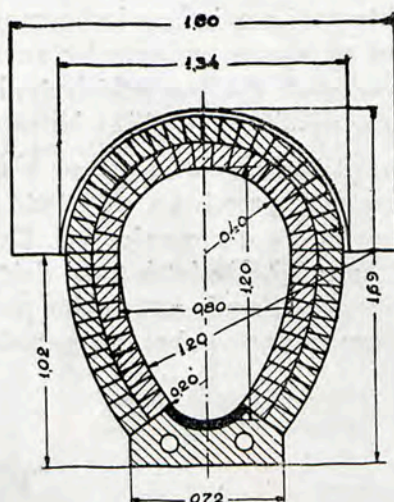
Dla zabezpieczenia dna przeciwko niszcącemu działaniu prowadzonego przez ścieki rumowiska stosowane są powszechnie ubezpieczenia kamionkowe w postaci płyt, łusek i spodów (rys. 67, 68), w niektórych miastach zastosowano półrury kamionkowe (rys. 69). Dla osiągnięcia dobrego oparcia kładzione są spody większych rozmiarów z betonu, które pozwalają uniknąć szkód przy odprowadzaniu wody gruntowej w niecałkowicie osuszonym wykopie (rys. 70).

Przy wyborze materiału i to zarówno cegły jak i zaprawy należy być bardzo starannym. Cegły, które w dużym stopniu posiadają kawałki spalonego wapna (CaO) i mają budowę porowatą, są niszczone przez kwas siarkowy, tworzący się z zawartego w powietrzu kanalizacyjnym siarkowodoru. W połączeniu z wapnem wytwarza się gips, który powiększając objętość powoduje odpękanie i łuszczenie się cegieł. Również zawarte w cementowej zaprawie wapno Ca(OH)_2 jest zamieniane na powierzchni w gips w postaci białej lepkiej masy, która bywa zmywana przez wielkie wody. W ten sposób zaprawa wystawiona jest od nowa na niszczące działanie kwasu siarkowego.

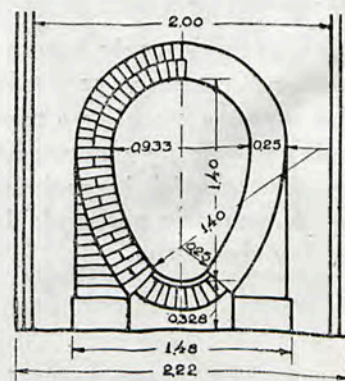
Buduje się kanały przy grubości ścianek większej niż pół cegły przeważnie w postaci poszczególnych pierścieni, w celu uzyskania jednolitej uszczelniającej powierzchni (warstwy) z zaprawy 1:2 lub 1:2,5 (rys. 71). Również szwy powierzchni wewnętrznej zaciera się zaprawą cementową. Wymagana jest wielka staranność roboty. W przeciwnym razie mogą powstać zniekształcenia, co spowoduje dużą infiltrację lub przesiąkanie na zewnątrz. Takich braków można uniknąć przy starannym umieszczaniu cegły w zaprawie i przez wytwarzanie płaszcza z zaprawy pomiędzy dwoma oddzielnymi pierścieniami cegły oraz z zewnątrz przewodu. Stosuje się różnego rodzaju wiązania. Przeważnie, jak wspomniano wyżej, daje się współśrodkowy pierścień z cegieł układanych wszystkie jako wozówki równoległe do osi kanału (rys. 72). Stosowane są jednak również wiązania układane z wozówek i główek, jak w zwykłej budowie muru (rys. 73). Szwy są promieniste, w wypadku zwykłej cegły, rozszerzające się ku stronie zewnętrznej. Wypełniane są one całkowicie zaprawą.



Rys. 71. Kanał z cegły klasy XI w Warszawie.



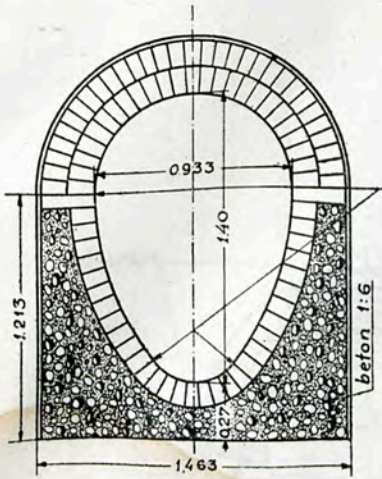
Rys. 72. Kanał z cegły w Lipsku.



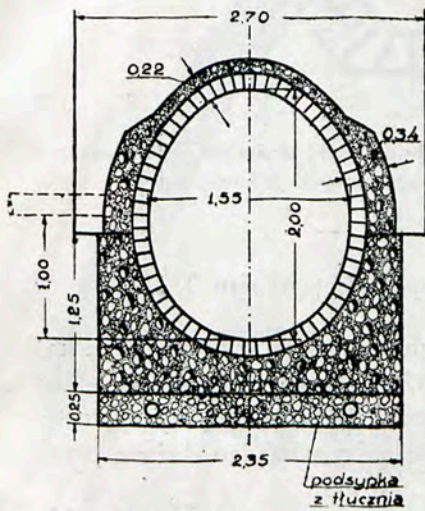
Rys. 73. Kanał z cegły w Charlottenburgu.

Wykonanie ważnego z punktu widzenia wytrzymałości oparcia odbywa się w sposób różny, zależnie od właściwości gruntu i jakości zasyпки. Gdy ograniczenie wykopu może być dokładnie dostosowane do przekroju, obudowę kanału można ułożyć bezpośrednio na gruncie (rys. 74). W wypadku niewytrzymałego gruntu stosowane być mogą różne sposoby. W przeważnej liczbie wypadków przekrój w ten sposób się wzmacnia, że jest on w stanie przejąć występujące siły ci-

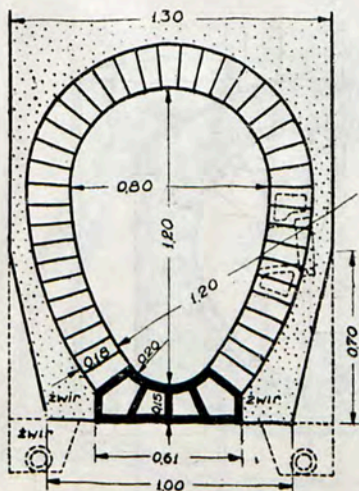
snące. Inna możliwość polega na tym, że przestrzeń między ścianą wykopu i kanałem wypełnia się betonem (rys. 75, 76), wreszcie może być stworzone pewne oparcie przez zastosowanie dobrego materiału na zasypkę, do czego nadaje się szczególnie gruby żwir w warstwach silnie ubijanych (rys. 77) lub wplukiwany piasek.



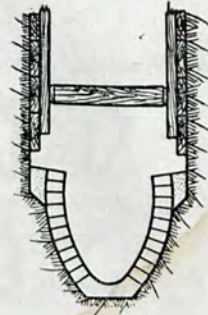
Rys. 75. Kanał z cegły z podbudową betonową w Berlinie.



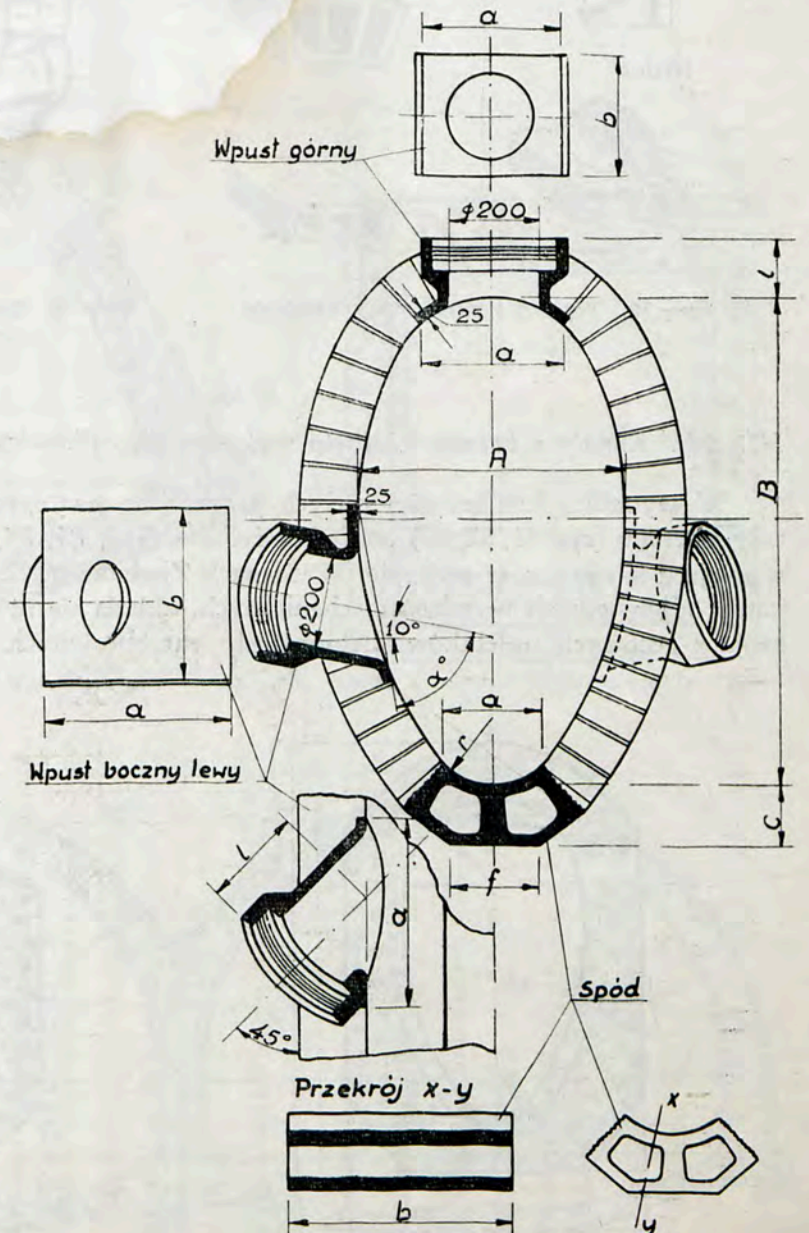
Rys. 76. Kanał z cegły z obudową betonową w Berlinie.



Rys. 77. Kanał z cegły z zasypką żwirową w Stuttgarcie.

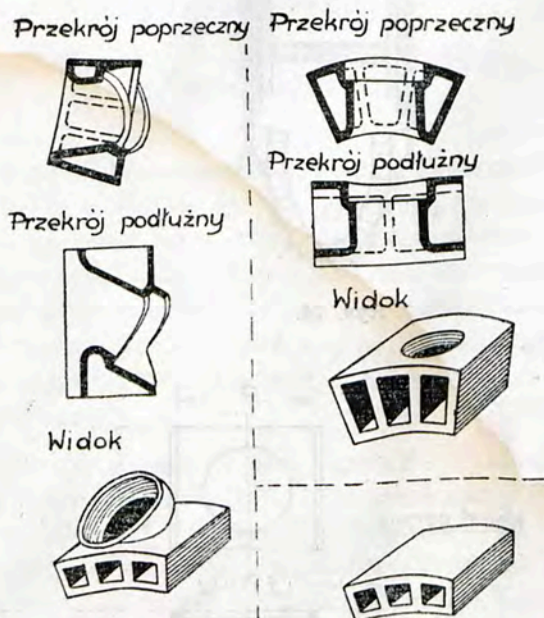


Rys. 74.

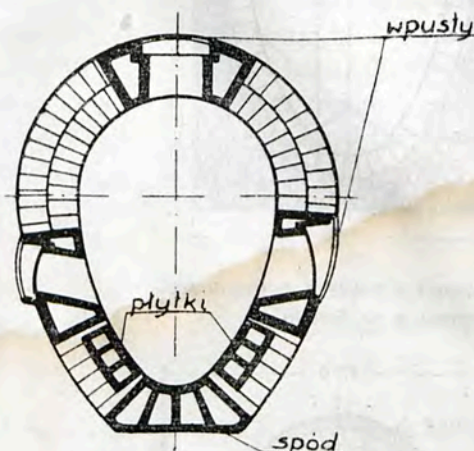


Rys. 78. Umieszczenie wpustów i spódów kamionkowych w kanałach z cegły.

Odgałęzienia domowe są przyłączane albo przy pomocy kawałków rur, umieszczonych na wysokości odpływu zużytych wód domowych, lub w wypadkach większych głębokości kanału przez sklepienie. Są najczęściej stosowane specjalne kształtki jako wpusty dostosowywane do kształtu ściany (rys. 78, 79, 80).



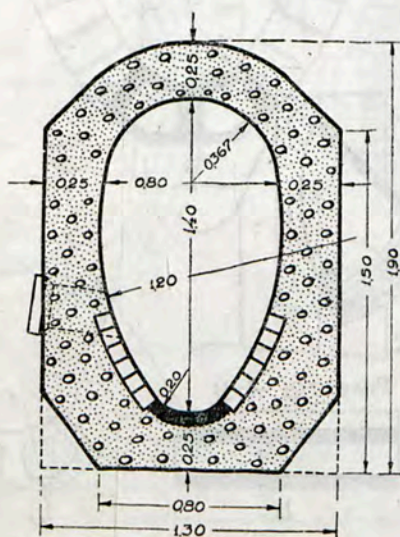
Rys. 79. Wpusty i okładzina z kamionki.



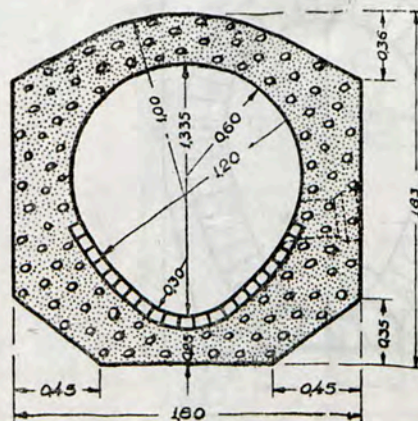
Rys. 80. Sposób wbudowania wpustów, spodu oraz płytek okładzinowych z kamionki.

III. 4-b. Kanały z betonu i żelbetu wykonywane całkowicie w wykopie („in situ”).

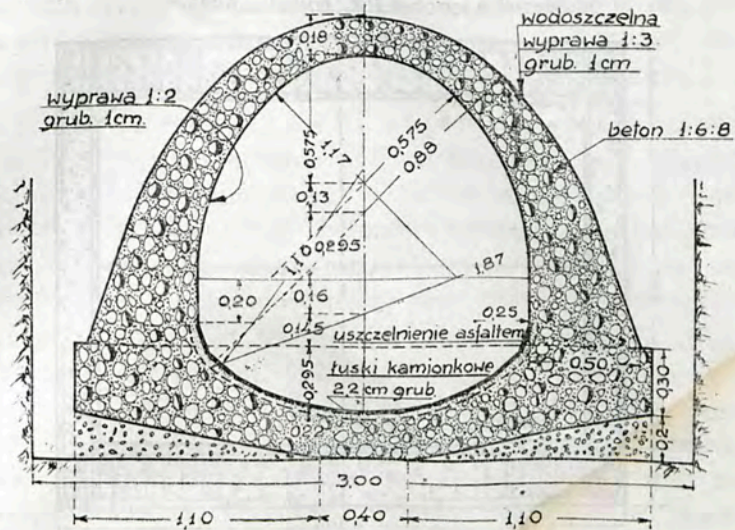
W wypadku konieczności dużych przekrojów oraz specjalnych kształtów wykonuje się kanały z betonu (rys. 81, 82, 83) względnie żelbetu (rys. 84, 85, 86, 87) całkowicie i bezpośrednio w miejscu ich pracy, w wykopie. W Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej, przy zastosowaniu odpowiednich urządzeń mechanicznych, układa się również kanały o bardzo dużym przekroju z gotowych odcinków betonowych rur zbrojonych ($D = 4,0$ m).



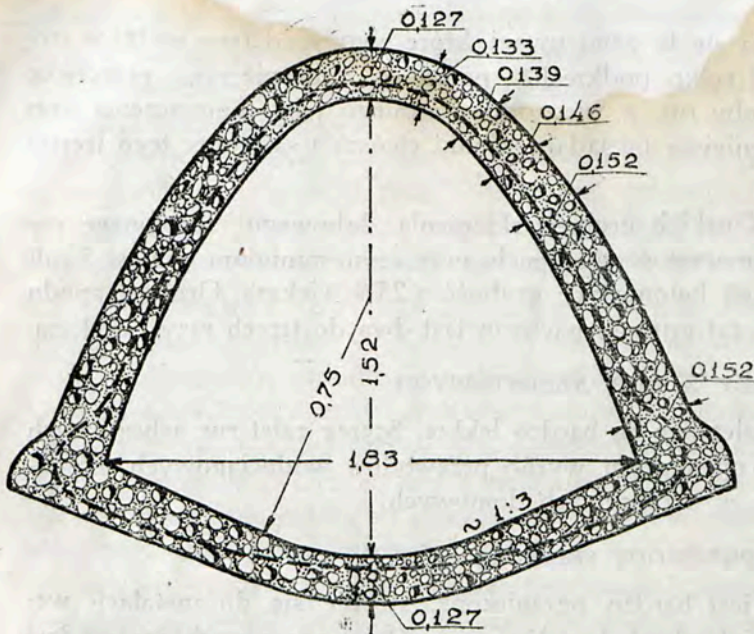
Rys. 81. Kanał z betonu.



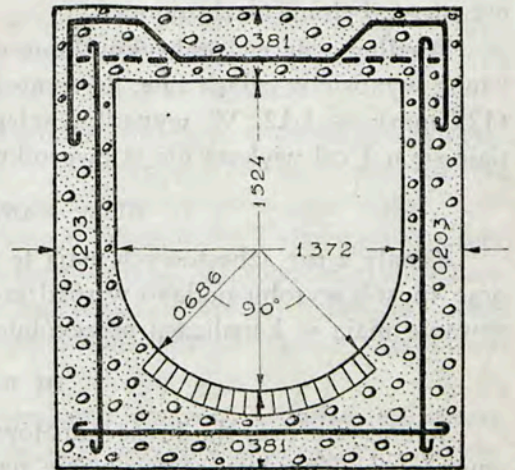
Rys. 82. Kanał z betonu.



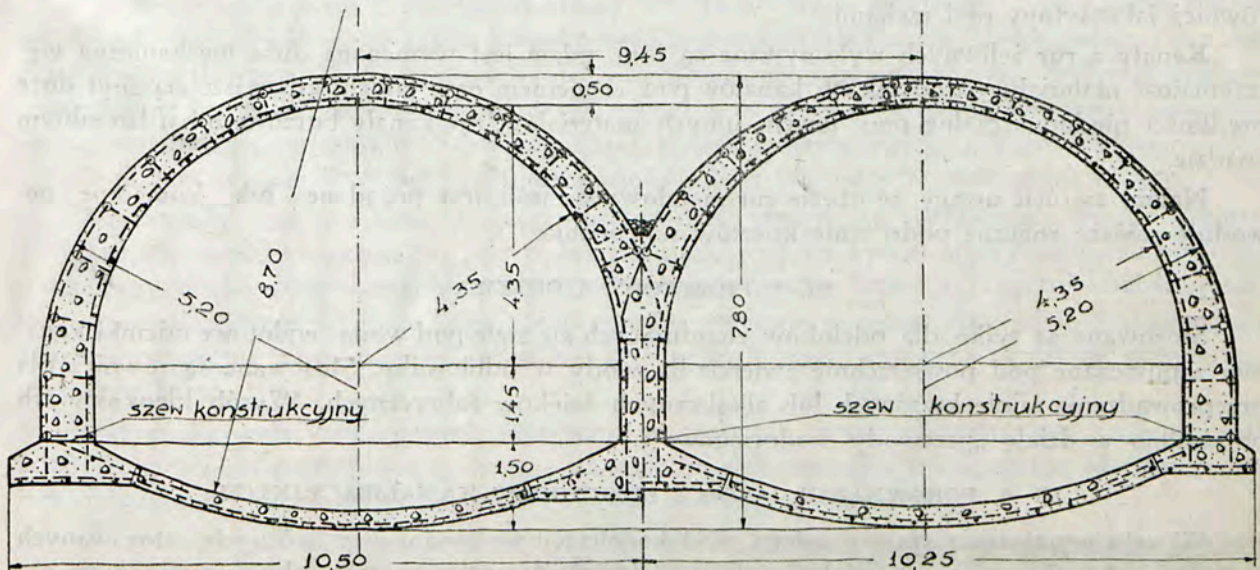
Rys. 83. Kanał z betonu 1,60 x 1,50 (Drezno).



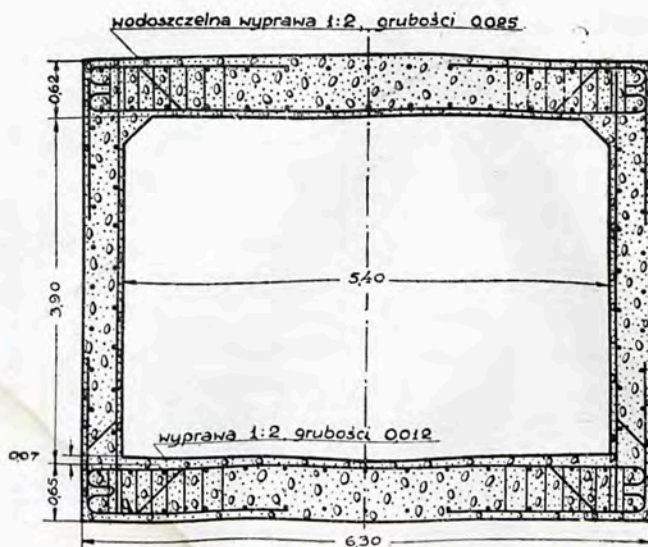
Rys. 84. Kanał żelbetowy w Harrisbourg.



Rys. 85. Kanał z betonu zbrojonego w Nowym Jorku.



Rys. 86. Bliźniaczy kanał żelbetowy w St. Louis, Missouri.



Rys. 87. Kanał żelbetowy prostokątny w Omaha.

Do wyrobu żelbetowych rur stosują się te same uwagi, które wypowiedziano wyżej w stosunku do rur betonowych. Należy tutaj tylko podkreślić potrzebę zabezpieczeń przeciwko przesunięciu się uzbrojenia w czasie wyrobu rur, a więc odpowiedniego jego umieszczenia oraz umocowania. Rury żelbetowe jako mocniejsze posiadają ścianki cieńsze i są wobec tego lżejsze niż rury z betonu niezbrojonego.

Według zaleceń praktyków amerykańskich grubość sklepienia łukowego zbrojonego powinna wynosić w calach tyle, ile wynosi rozpiętość w stopach, przy czym minimum wynosi 5 cali (125 mm) — 1:12. W wypadku sklepień betonowych grubość o 25% większa. Grubość spodu daje się o 1 cal większą niż w zworniku, zaś grubość pachwin jest dwa do trzech razy większa.

III. 5. KANAŁY Z RUR AZBESTOWYCH.

Kanały z rur azbestowych mają tę zaletę, że są bardzo lekkie. Szereg zalet rur azbestowych oraz sposób wyrobu podano w rozdziale opisującym wyrób przewodów wodociągowych. Zastosowanie mają w kanalizacji szczególnie w urządzeniach domowych.

III. 6. PRZEWODY ŻELAZNE.

Ich użycie przy budowie kanałów jest bardzo ograniczone, stosuje się do instalacji wewnętrznych. Znajdują zastosowanie na odcinkach kanałów szczególnie narażonych oraz gdzie pożądane jest zastosowanie odcinków możliwie długich, np. przekroczenie linii kolejowych, również jako syfony pod rzekami.

Kanały z rur żeliwnych wykonywane są tam, gdzie jest wymagana duża mechaniczna wytrzymałość materiału, na odcinkach kanałów pod ciśnieniem oraz takich, gdzie istnieją zbyt duże prędkości niedopuszczalne przy użyciu innych materiałów, np. kanały burzowe o bardzo silnym spadzie.

Należy zwrócić uwagę, że użycie rur metalowych, jeśli jest pożądane lub konieczne, powoduje zawsze znaczne podrożenie kosztów wykonania.

III. 7. PRZEWODY Z DRZEWA.

Stosowane są tylko dla odcinków znajdujących się stale pod wodą: wylotowe odcinki kanałów zapuszczane pod powierzchnię zwierciadła wody w odbiorniku. Stosowane są również dla przeprowadzenia silnie kwaśnych lub alkalicznych ścieków fabrycznych. Wyrób klepkowy ich objaśniono w dziale „przewody wodociągowe”.

III. 8. PORÓWNANIE JAKOŚCI PRZEWODÓW KANALIZACYJNYCH.

W celu wyjaśnienia sprawy zalet i wad kanalizacji wykonanych z różnych stosowanych w technice kanalizacyjnej materiałów należy najlepiej zdać sobie sprawę, jakim wymaganiom po-

winne przewody kanalizacyjne odpowiadać. Należy więc rozpatrzyć ich zachowanie z punktu widzenia wytrzymałości statycznej, odporności na ścieranie, odporności przeciwko działaniom chemicznym, gładkości ścian, kształtu przekrojów oraz kosztów budwy.

Pod względem wytrzymałości statycznej zarówno w odniesieniu do obciążeń zewnętrznych, jak i wewnętrznych beton posiada przewagę nad innymi materiałami. Rury kamionkowe o przekrojach od 450 mm wzwyż układane w warunkach normalnych muszą być obetonowywane, podczas gdy kołowe rury betonowe wymagają ochrony przy średnicy powyżej 800 mm. Należy zwrócić uwagę, że zawsze warunkiem koniecznym jest stosowanie odpowiedniego materiału na zasypkę oraz staranność pracy przy układaniu i zasypywaniu.

Materiał dna przewodu musi być dostatecznie odporny przeciwko ścierającemu działaniu toczonych po dnie zanieczyszczeń stałych. Składają się one głównie z piasku ulicznego, drobnych odłamków startej nawierzchni, drobnego piasku (do czyszczenia, fusów kawowych itp. Te wlezione zanieczyszczenia działają niszcząco na materiał dna ścierając go. Ilość wleczonych zanieczyszczeń jest tym większa, im gorszego rodzaju są nawierzchnie uliczne oraz im w mniej doskonały sposób jest zatrzymywany w skrzynkach wpustowych piasek, zbierający się na powierzchni ulic. Pod tym względem dotychczas utrzymywało się przekonanie, że kamionka przewyższa inne materiały. Z tego też względu spód kanałów wykonywanych z innych materiałów dla ochrony ich przeciwko ścierającemu działaniu toczącego piasku wykłada się materiałem, twardszym w postaci spodów, łusek, płyt z kamionki, klinkieru lub z innych materiałów wytrzymałych na ścieranie. Były nawet próby spodów ciosowych z kamieni naturalnych oraz z żeliwa. Skomplikowane połączenia i rozgałęzienia wykonuje się z ciosów w kanałach murowanych i kamionkowych, w innych z betonu. Ostatnio przeprowadzone doświadczenia z rurami betonowymi ze zwykłego betonu przy starannym wykonaniu dowiodły, że wytrzymałość dna kanału na zniszczenie można przyjąć równą wytrzymałości rur kamiennych, w wypadku jednak rur betonowych wyrabianych specjalnymi metodami wytrzymałość ich jest większa.

Odporność na wody korozyjne. Pod tym względem rury kamionkowe przewyższają inne materiały. Są one w pełni odporne na wpływy chemiczne. Na cement względnie beton oddziałują szkodliwie niektóre wody. Działają niszcząco wody chemicznie czyste, ścieki zawierające kwasy, wody gruntowe zawierające dużo kwasu węglowego, siarczany, wody błotne z kwasami humusowymi, wody przemysłowe o ciepłocie wyższej, jak również grunty kwaśne i wapniste. Również niszcząco działa na beton woda morska. Im bardziej beton jest porowaty, tym bardziej należy się obawiać powstawania jego zniszczenia. Zasadniczym więc warunkiem trwałości betonu jest jego gęstość.

Kwasy zawarte w wodzie powodują rozpuszczanie wolnego wapnia. Z wiatkiem kwasu fosforowego prawie wszystkie inne kwasy nieorganiczne działają szkodliwie w różnym stopniu, taki sam wpływ mają kwasy organiczne z wyjątkiem kwasu szczawiowego.

Normalne ścieki mają charakter alkaliczny o wartości pH w granicach 7.2 — 7.8. Na skutek swych właściwości silnego wiązania kwasów reagują również alkalicznie ścieki zmieszane z wodami przemysłowymi. W normalnych więc warunkach nie istnieje obawa wpływu ścieków miejskich na beton. Wody gospodarcze mogą nawet mieć wpływ konserwacyjny przy tworzeniu się na wewnętrznej powierzchni zabezpieczającej, tłustej, mulastej powłoki. Powłoka ta może być jednak niszczone przez zbyt duże prędkości ścieków oraz istniejące w nich wolne kwasy.

Jeżeli wody ściekowe niosą w dużej ilości związki organiczne, rozkładające się już w kanałach, istnieje obawa tworzenia się pod wpływem siarkowodoru kwasu siarkowego. Siarkowodor jest obecny zawsze pośród znajdujących się w kanałach gazów, które są znacznie bardziej niebezpieczne dla betonu niż same ścieki. Siarkowodor powstaje wszędzie tam, gdzie rozkładają się związki organiczne, powodując powstawanie kwasu siarkowego, czynnika w silnym stopniu niszczącego beton.

Szczególniej należy się obawiać nagryzania w częściach, wystawionych na zmienny stan ścieków: części stale zatopione są zawsze znacznie rzadziej atakowane i zawsze w stopniu znacznie słabszym niż części przekroju na wysokości zmiennego stanu wody.

W razie obaw niszczącego wpływu ścieków należy w wypadku użycia rur betonowych stosować środki ochronne. Należy zwrócić uwagę, że stosowane różne środki mające na celu po-

większenie szczelności betonu wpływają ujemnie na inne jego właściwości. Powiększenie szczelności przez zwiększenie ilości cementu pogarsza stan z uwagi na nadmiar łatwo atakowanego wapna. Również malowanie olejami lnianymi, pokostem, olejami mineralnymi ciężkimi powoduje nasiąkanie nimi betonu, podczas trwającego dłużej procesu wiązania, zmniejszając wytrzymałość betonu i jego przyczepność, na skutek czego osiągalny skutek może być ujemny, jeśli następnie istnieją warunki powodujące zniszczenie powłoki tłuszczowej. Niektóre wyroby patentowane o składzie mniej więcej sekretnym dają, zdaje się, na ogół dobre wyniki. Dobre wyniki uzyskuje się przez dodanie do wody przygotowywanej mieszaniny betonu i szarego mydła w ilości 3—5 kg na m³ betonu. Powierzchnie wewnętrzne powyżej poziomu średniej wody bywają pokrywane warstwami bitumicznymi, jak inerteol itp. Ochrona przeciwko działaniu wody gruntowej może być wykonana w postaci zwykłej wyprawy lub metodą torkretowania, przez co wyklucza się nasiąkanie wodą.

Należy zdawać sobie sprawę z natury ścieków, które mają być bezpośrednio prowadzone przez budowane kanały. W razie przewidywania, że osiedlający się przemysł będzie wprowadzać do kanalizacji ścieki gryzące, poleca się w dzielnicach przeznaczonych dla przemysłu zakładać rury kamionkowe, lub należy przedsięwziąć odpowiednie zabezpieczenia, aby uczynić charakter ścieków przemysłowych nieszkodliwym w miejscu ich powstawania. Jeśli jednak nie ma pewności prawidłowego działania urządzeń zabezpieczających, należy albo rury betonowe uodpornić przy pomocy odpowiedniej powłoki, lub lepiej w ogóle nie stosować rur z betonu, ze względu na to, że wiele środków ochronnych mniej lub więcej dobrych wypróbowywanych doświadczalnie daje zawsze tylko wątpliwe zabezpieczenie. Nie należy jednak pod względem obaw przesadzać. Dążenie do usunięcia rur betonowych z techniki kanalizacyjnej z powodu tych w specyficznych warunkach zachodzących zastrzeżeń byłoby postępowaniem wbrew podstawowym zasadom techniki osiągania celu przy pomocy najmniejszych środków. Zbyt często uogólniano wypadki odosobnione, tym bardziej, że rozpowszechnianie się opinii o korozyjności betonu odnosi się do czasów początku stosowania betonu, gdy jeszcze ani technika wykonania, ani dozór nad wyrobem nie stały na wysokości zadania.

Wybierając materiał do budowy należy jednak zdawać sobie dokładnie sprawę z możliwości rodzaju ścieków, ich gęstości oraz z charakteru gruntu i wód gruntowych.

Gładkość ścian jest z tych względów pożądana, aby uniemożliwione było przyleganie do nich unoszonych i wleczonych zanieczyszczeń oraz aby dla uzyskania dużych wydajności opory tarcia utrzymywać możliwie nisko. Rury kamionkowe są z powodu swej polewy pod tym względem korzystniejsze niż rury betonowe. Różnica jednak jakości ścian zostaje wkrótce po uruchomieniu kanalizacji wyrównana przez wytworzenie się powłoki przyściennej, tak że do obliczenia przewodów przyjmuje się dla obu materiałów jednakowy współczynnik szorstkości. Należy jednak zwrócić uwagę, że ochronna powłoka tworzy się szybciej na powierzchniach gładkich.

Pod względem przepuszczalności ścian nie istnieje między obydwooma materiałami żadna różnica. Obydwa przełomy posiadają jednakową chłonność w stosunku do wody, wynoszącą w wypadku dobrych wyrobów około 2—3% ich wagi. Rury kamionkowe są zaopatrzone w nieprzepuszczalną powłokę w postaci polewy, zaś w wypadku rur betonowych uzyskuje się ją odpowiednio do techniki wyrobu.

Odnosnie do kształtu, dopuszczalnych rozmiarów oraz długości budowlanej rury betonowe posiadają wyższość nad kamionkowymi. Ponieważ rury betonowe są wyrabiane w żelaznych formach, istnieje pewność, że wymiary gotowych rur odpowiadają dokładnie przepisom, tak że rury pasują do siebie dobrze, zaś ściany odcinków przewodów nie wykazują żadnych nierówności. W przeciwieństwie do tego rury kamionkowe ulegają podczas wypalania lekkiemu skurczowi, tak że szczególnie przy dużych wymiarach tylko przez bardzo staranne sortowanie można osiągnąć pożądaną dobroć kształtów. Z powodu tych trudności rury kamionkowe o przekroju jajowym wyrabiane są tylko na specjalne życzenie. Koszt takich rur jest z tego powodu nieporównanie wysoki, tak że z małymi wyjątkami zastosowanie ich zostało zaniechane. Trudności istnieją też przy wyrobie rur o większych przekrojach, tak że użycie rur kamionkowych o średnicy większej niż 600 mm ze względów praktycznych i gospodarczych jest wykluczone, podczas gdy duże rury betonowe można wykonać równie dokładnie jak małe i wielkość ich wymiarów ogra-

niczona jest tylko dopuszczalnym ciężarem przy przesuwaniu ich w wykopie, a więc sprawnością dźwigu lub wielokrążków i wyciągarek używanych przy budowie przewodu.

Długość budowlana dla obu rodzajów rur jest ustalona na 1 m, może być jednak w wypadku wyrobu rur sposobem odśrodkowym przekroczona, bez wpływu na jakość wyrobu w odniesieniu do kształtu. W ten sposób zmniejsza się liczba styków, co wpływa na polepszenie jakości ciągu, gdyż są one zawsze z różnych względów słabymi punktami rurociągu.

Co się wreszcie tyczy kosztów obydwu rodzajów przewodów, to rury betonowe są znacznie tańsze od rur kamionkowych. W zależności od odległości miejsca wyrobu kamionek i rur betonowych ceny w wypadku średnich wymiarów średnicy od 250—400 mm są o 30 do 50% niższe w stosunku do rur kamionkowych pierwszego gatunku. W wypadku rur betonowych wyrobionych sposobem odśrodkowym różnica jest nieco mniejsza, gdyż dla tych ostatnich z powodu specjalnego sposobu wyrobu koszty wypadają wyższe, czemu odpowiada również wyższa jakość materiału.

Koszty ogólne rurociągów, przewodu i koszty układania dają dalsze powiększenie rozpiętości na korzyść rur betonowych, gdyż ich układanie w stosunku do rur kamionkowych jest tańsze o 10—15%.

Na podstawie wyżej wypowiedzianych uwag wnioski są następujące: przy normalnych spadach i normalnych ściekach miejskich rury kamionkowe i betonowe są jednowarstościowe w odniesieniu do tych właściwości, których się wymaga od dobrego materiału przewodów. Tylko w takich dzielnicach, gdzie istnieją lub są oczekiwane chemicznie szkodliwe odpływy — należy oddać pierwszeństwo rurom kamionkowym. To samo odnosi się do odcinków ze spadami, na których przekroczone są prędkości graniczne. Z uwagi na znaczną różnicę kosztów w okresach gospodarczej biedy powinno się ogólnie stosować rury betonowe. Całkowite stosowanie rur kamionkowych ma uzasadnienie tylko w wypadkach silnych finansowo gmin, które są w stanie w pełni urzeczywistnić zdrową zasadę techniki kanalizacyjnej, że dobrym powinno być najlepsze.

Kanały z betonu i żelbetu mają w stosunku do kanałów murowanych różne zalety. Przede wszystkim są korzystne w wypadku wykonania większych przekrojów betonowych, gdyż pociągają za sobą mniejsze koszty budowlane. Postęp budowy jest ogólnie w wypadku kanałów betonowych większy niż w wypadku murowanych, co ma znaczenie szczególnie przy budowie w wodzie gruntowej. Możliwość wykonywania w betonie w sposób prosty różnych kształtów odgrywa dalej rolę, skoro tylko rozchodzi się o budowę różnych rodzajów specjalnych obiektów. Również przez wzmocnienie betonu przy pomocy wkładek żelaznych można w sposób odpowiedni dostosować się do rzeczywistych obciążeń budowli. Z drugiej strony posiadają tego rodzaju kanały określone wady omówione wyżej.

Ustalenie kształtu i rozmiarów przekroju jest wynikiem badań statycznych. W ogólności, mianowicie w wypadku większych przekrojów, stosuje się sklepienia dostosowane kształtem do linii ciśnienia. Przez uzbrojenie można uzyskać nie do pogardzenia oszczędność na grubości ścianek oraz szerokości wykopu. W poszczególnych wypadkach należy przez porównanie kosztów postanowić, jaki sposób wykonania jest najkorzystniejszy z punktu widzenia gospodarczego. Trwająca jeszcze obecnie z dawniejszych lat niechęć do zastosowania żelazobetonu w technice kanalizacyjnej nie ma żadnego uzasadnienia, gdyż przy stosowaniu się do przepisów wykonania tego rodzaju budowle okazały się równie dobre, jak kanały murowane.

IV. UKŁADY SIECI KANALIZACYJNYCH

IV. 1. PODZIAŁ OGÓLNY.

Zależnie od sposobu odprowadzenia różnych ścieków rozróżnia się rozmaite rodzaje sieci odwadniających.

Przede wszystkim odgrywają tu rolę substancje odchodowe. Powinny być one w miastach i zamieszkałych miejscowościach ze względów estetycznych, higienicznych, technicznych i gospodarczych doprowadzone do przewodów odwadniających przy pomocy splukiwanych klozetów. Istnieją jednak i dzisiaj takie stosunki, które zmuszają do zbierania odchodów w dołach,