

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 przekroczono 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,

beczkach lub wiadrach. Zdarzyć się to może w miastach zaopatrzonych w sieć przewodów odwadniających, nie posiadających zaś wodociągów, względnie na przedmieściach o charakterze wiejskim z domami nie posiadającymi urządzeń wodociagowych. Możliwe jest wówczas bezpośrednie użycie odchodów na cele rolnicze. Konieczny jest jednak ich wywóz przy pomocy odpowiednich urządzeń, zwykle szczelnych beczkowozów.

Układ nie przyjmujący odchodów do sieci przewodów odwadniających nosi nazwę kanalizacji częściowej.

Najdoskonalszy sposób usunięcia ścieków polega na zbieraniu w sieci podziemnych przewodów odwadniających wszystkich odpływów z odchodami włącznie i odprowadzenie ich wspólnie do odbiornika. Układ, który przyjmuje poza wodami brudnymi, deszczem oraz ściekami przemysłowymi również odchody, nosi ogólnie nazwę kanalizacji pełnej lub ogólnospławnej.

Zależnie od tego, czy wody brudne z odchodami i wody deszczowe są prowadzone oddzielnie lub łącznie, rozróżniamy dalszy podział układów sieci kanalizacyjnych. Pierwszy układ z przewodami prowadzącymi wody brudne i deszczowe we wspólnej sieci, nazywa się układem jednolitym — kanalizacja ogólnospławna według układu jednolitego.

Drugi rodzaj, w którym wody deszczowe odprowadza się osobną siecią przewodów krytych lub przewodami otwartymi albo częściowo po powierzchni, częściowo podziemnie po najkrótszej drodze do odbiornika, zaś odchody i wody brudne usuwa się przy pomocy drugiej niezależnej sieci przewodów krytych, nosi nazwę układu rozdzielonego. Z tych dwóch sieci może być wykonana w całości tylko jedna sieć ścieków domowych; druga zaś na wody deszczowe może być w pewnych warunkach zupełnie pominięta, np. jeśli teren jest bardzo przepuszczalny, ulice nie mają szczelnej nawierzchni, procent zabudowania jest bardzo mały. W innych wypadkach sieć przewodów deszczowych będzie rozbudowywana tylko częściowo w głównych ulicach miasta.

Stosownie do technicznego wykonania może w wypadku układu rozdzielonego wchodzić w rachubę poza układem grawitacyjnym układ zestopniowany. Wody brudne płyną własnym spadkiem do najniższego punktu wydzielonej zlewni, stąd zaś podnoszone są sztucznie do wyżej biegnącego kanału innej części zlewni, aby dalej znów płynąć spadkiem własnym.

Można zestawiać te układy w sposób następujący:

- I. Kanalizacja częściowa. Splaw nieczystości z wyłączeniem odchodów.
- II. Kanalizacja pełna (ogólnospławna). Splaw wszystkich nieczystości.
 1. Układ jednolity. Wody brudne i deszczowe we wspólnej sieci.
 2. Układ rozdzielony. Wody brudne i wody deszczowe oddzielnie.
 - a) podziemna sieć przewodów odwadniających dla wody brudnej i deszczowej,
 - b) podziemna sieć dla wody brudnej, woda deszczowa odprowadzona częściowo podziemnie, częściowo po powierzchni,
 - c) podziemna sieć dla wody brudnej, wody deszczowe odprowadzone po powierzchni,
 - d) stosownie do technicznego wykonania sieci wód brudnych:
 - odprowadzenie własnym spadkiem,
 - odprowadzenie własnym spadkiem strefowe i sztuczne podnoszenie na stopniach — układ zestopniowany.

IV. 2. PRZELEWY BURZOWE.

Ze względu na to, że w wypadku układu jednolitego sieci przewodów odwadniających, prowadzenie odpływów deszczowych głównym przewodem zbiorczym na oczyszczalnię wywołałoby konieczność bardzo dużych wymiarów jego przekroju, częstokroć uniemożliwiając jego zmieszczenie w ulicy, oraz nadmiernej rozbudowy oczyszczalni ścieków, należy w dogodnych miejscach przewód taki odciążać. Przeprowadza się to przez umieszczenie w odpowiednio obranych punktach przelewów burzowych, przez które znaczna część odpływu burzowego przelewa się z przewodu zbiorczego do tak zwanego przewodu burzowego lub krótko mówiąc burzowca,

odprowadzającego te wody najkrótszą drogą do odbiornika. Przekrój odciążonego w ten sposób zbieracza może być poniżej przelewu burzowego wydatnie zmniejszony. W ten sposób zmniejsza się koszt wykonania całości urządzeń odwadniających, gdyż, zamiast dużej długości zbieracza o rosnącym niepomrotnie przekroju dla odprowadzenia wód deszczowych z całej zlewni, wykonuje się krótkie odcinki burzowców, odprowadzających odpływy burzowe z ograniczonych jej części.

Ze względu na ochronę odbiornika przed nadmiernym zanieczyszczeniem się w obrębie miasta odpływami z burzowców, wysokość progu przelewowego musi być tak dobrana, by ścieki dopływające rozpoczynają się przez niego przelewać dopiero po osiągnięciu określonego miejscowymi warunkami rozcieńczenia przez wody deszczowe.

W przewodach układu jednolitego odpływy podlegają bardzo silnym wahaniom: w czasie pogody posusznej płyną nimi niewielkie stosunkowo ilości wód brudnych, natomiast w okresach deszczów nawalnych odpływ wzrosnąć inoże, zgodnie z wyżej powiedzianym, do 100-krotnej wartości odpływu wód brudnych.

Wymiary przewodów dla wód brudnych układu rozdzielonego w stosunku do przewodów wód deszczowych są niewielkie, wahania w przepływie również niewielkie. Przekroje przewodów deszczowych nie uzyskują nadmiernych wymiarów, gdyż staramy się odprowadzić odpływy najkrótszą drogą do odbiornika.

Rozcieńczenie, przy którym rozpoczynają pracować przelewy, ustala się przede wszystkim w zależności od wielkości i stanu odbiornika. Wyraża ono stosunek średniego odpływu wód brudnych lub największego godzinowego w dniu przeciętnym do rozcieńczających go wód opadowych. Od stosunku tego zależą rozmiar i koszt przewodów zbiorczych (kolektorów) oraz oczyszczalni ścieków. W sieciach wykonanych stosowano rozcieńczenie od 1:2 do 1:10. Praktyka wykazuje, że najodpowiedniejszy jest stosunek około 1:3, przy którym wody z deszczów dłużej trwających o niskim natężeniu mieszczą się jeszcze w zbieraczach, zaś tylko odpływy z silnych krótkotrwałych deszczów są odprowadzane przez przelewy. Przy rozcieńczeniu 1:3 ilość wód burzowych jest już tak wielka, że pochodzić może tylko z opadów bardzo silnych, krótkotrwałych, nawalnych. Charakterystyka odpływu takich wód burzowych jest taka sama, jak fali powodziowej w rzekach, tj. bardzo szybki wzrost ilości odpływu w początkowych okresach deszczu i znacznie wolniejszy spadek po skończeniu się jego. Wobec takiego charakteru fali odpływu przyjęte rozcieńczenie 1:3 trwa w rzeczywistości niezmiernie krótko, zapewne mniej, niż jedną sekundę i natychmiast wzrasta do wartości wielokrotnie większych. Po ukończeniu deszczu, gdy się sieć opróżnia, wypełniona właściwie już tylko samą prawie wodą deszczową, stopień rozcieńczenia w ogóle nie wchodzi w rachubę, gdyż jest bardzo wysoki.

Z tego wynika, iż nie należy przesadzać w przyjmowaniu wysokiego stopnia rozcieńczenia ścieków na przelewach burzowych, gdyż prowadzi to do za dużych rozmiarów kanałów głównych (zbieraczy) i oczyszczalni ścieków, przy równoczesnym małym lub żadnym skutku w zachowaniu czystości wody w otwartym ścieku (odbiorniku).

IV. 3. PORÓWNANIE UKŁADÓW.

Ogólnego prawidła, jaki układ odwodnienia i w jakim zakresie należałoby w każdym poszczególnym wypadku zastosować, podać nie można. Żadne szablone rozwiązanie nie spełni wszystkich warunków. Inżynier musi wybrać takie sposoby traktowania ścieków, które będą dały wyniki najbardziej zadowalniające.

Porównanie zalet oraz wad układów jednolitej sieci odwadniającej i rozdzielonej należy rozpatrzyć z punktu widzenia gospodarczego, technicznego oraz higieny.

Korzystniejsze rozwiązanie z punktu widzenia gospodarczego da układ, przy którym koszty budowy i utrzymania będą niższe. Jeżeli zachodzi potrzeba podziemnego odprowadzenia obu rodzajów ścieków, koszt założenia jednolitej sieci przewodów odwadniających będzie prawie zawsze tańszy od kosztów sieci rozdzielonej. Układ rozdzielony natomiast jest zawsze tańszy wówczas, gdy wystarczy budowa tylko jednej sieci na ścieki domowe, zaś wody deszczowe można pozostawić odpływające po powierzchni rynsztokami do istniejących odbiorników. Ten wypadek zachodzi w miastach-ogrodach o luźnym zabudowaniu, rozrzuconych wąskim pasem wzdłuż ja-

kichs rzek czy potoków i posiadających duże spadki ulic o słabym ruchu. Nie wszystkie jednak miejscowości nieduże o słabym i lekkim ruchu ulicznym nadają się do budowy sieci rozdzielonej; w miejscowościach niedużych, lecz posiadających silne spadki terenu z punktu widzenia gospodarczego opłaca się budować sieć wspólną z następującej przyczyny: ponieważ nie można schodzić z rozmiarem kanałów poniżej pewnej praktycznej granicy 25 — 30 mm średnicy, różnica w kosztach sieci liczonej wyłącznie na wody zużyte oraz sieci jednolitej będzie w tym wypadku niewielka. W małych więc miastach i na stromych spadach opłaca się zakładać sieć jednolitą, gdyż przy nieznacznym powiększeniu granicznego rozmiaru przewodów osiąga się możliwość odprowadzenia nie tylko wód zużytych lecz również i opadowych.

Ze względu jednak na to, że koszty budowy kanalizacji składają się z kosztów sieci przewodów ulicznych, odwodnienia nieruchomości oraz oczyszczalni, miarodajną liczbą służącą za podstawę do porównania jest koszt łączny tych trzech rodzajów urządzeń.

Również koszty odwodnienia nieruchomości i połączenia ich z przewodami ulicznymi są wyższe w wypadku układu rozdzielonego, z tych samych powodów co sieci ulicznej. Ilość połączeń nieruchomości domowych z przewodami ulicznymi wypada prawie dwukrotnie większa w układzie rozdzielonym niż jednolitym. Wydatki na odwodnienie nieruchomości nie obciążają co prawda bezpośrednio gminy, lecz właścicieli nieruchomości, jednak przy rozpatrywaniu całości kosztów muszą być wzięte również pod uwagę.

Sprawa przedstawia się odwrotnie, jeżeli rozpatrzeć koszty oczyszczalni ścieków. W wypadku układu rozdzielonego rozmiary urządzeń oczyszczalni wymagane są mniejsze niż dla układu jednolitego. Wobec tego jednak, że rozcieńczone deszczem odpływy są mniej zanieczyszczone, można dopuścić do pewnego przeciążenia urządzeń oczyszczania wstępnego (mechanicznego). Urządzeń części biologicznej przeciążać się nie powinno, szczególnie biologii naturalnej, tak że muszą one otrzymać wymiar większy. Ponieważ w przeważnej liczbie wypadków oczyszczalnie przesuwane są poza obręb miasta, można stan rzeczy polepszyć w ten sposób, że na przelewie burzowym, który powinien być zawsze umieszczony przed wejściem głównego zbieracza na teren oczyszczalni, dopuścić mniejsze rozcieńczenie, przy którym przelew zacznie działać. Zawsze jednak koszty budowy oczyszczalni w układzie jednolitej sieci przewodów będą większe, szczególnie jeśli z powodu braku spadku naturalnego ścieki będą musiały być podnoszone na oczyszczalnię. Ze względu na zmienność dopływów trudniejsza jest obsługa oczyszczalni w wypadku ostatnim oraz większe jej koszty ruchu. Natomiast koszty utrzymania i obsługi sieci przewodów odwadniających układu jednolitego są mniejsze ze względu na prawie dwukrotnie mniejszą długość przewodów.

Decydującym czynnikiem z punktu widzenia gospodarczego jest ostatecznie wysokość łącznych kosztów budowy oraz utrzymania całości urządzeń tak, że w wypadkach wątpliwych należy przeprowadzić odpowiednie przeliczenia.

Z uwagi na techniczne rozwiązanie układu sieć jednolita ma tę wielką zaletę, że pozwala na spławienie ścieków i wód deszczowych w sposób najprostszy. Jest to szczególnie ważne, gdy przewody biegną przez ulice wąskie, w których brak miejsca na ułożenie podwójnej linii kanałów, przewodów wodociągowych, gazowych, kabli elektrycznych oraz telefonicznych. Trudność też może sprawiać umieszczenie podwójnych studzienek żłazowych.

Spadki przewodów układu jednolitego dostosowywane są do spadku ulic. W wypadku układu rozdzielonego na terenach płaskich możliwe jest powiększenie spadku przewodów deszczowych przez spłycenie ich górnego odcinka. Najmniejsze zagłębienie przewodu deszczowego uwarunkowane jest możliwością doprowadzenia wody z wpustów ulicznych. Przez powiększenie tą drogą spadku można osiągnąć zmniejszenie przekrojów przewodów.

Ze względu na możliwość pozostawiania osadów prędkość przepływu ścieków nie powinna spadać poniżej pewnej granicy. W przewodach sieci jednolitej warunki są zasadniczo pod tym względem mniej korzystne z uwagi na to, że rozmiary przekrojów są dobierane na odpływy burzowe, które mogą przewyższać odpływy wód brudnych 100-krotnie. Napelnienie przekrojów w okresie pogody posusznej jest bardzo niewielkie, zaś istniejąca w tym czasie prędkość może być niedostateczna dla unoszenia cięższych zanieczyszczeń. Przeciwdziała się temu przez odpowiedni dobór kształtu przekroju np. jajowego lub z węższą rynną w dnie dla wód brudnych.

Splukiwanie osadów wodami deszczowymi może się okazać niedostateczne, wobec czego dla usunięcia osadów będzie konieczne stałe płukanie względnie oczyszczanie sieci.

Przewody układu rozdzielonego dobiera się do największego przepływu wód brudnych, wahania w przepływie są na ogół niewielkie i można tak dobrać przekroje, by prędkości były dostateczne dla utrzymania sieci w czystości. Górne, początkowe odcinki przewodów, ze względu na granicę najmniejszego wymiaru (\varnothing 0,25—0,30 m) nie wypełniane wodami brudnymi, wymagają jednak płukania.

Z uwagi na higienę nie można z góry żadnemu z obydwóch układów oddać pierwszeństwa. Zanieczyszczenie odbiornika zależeć będzie przede wszystkim od stanu oczyszczania ulic i podwórz oraz przyzwycajeń i zamiłowań mieszkańców do porządku i czystości. W wypadku układu jednolitego pierwsze fale deszczu, splukujące brud z dachów, podwórz i ulic oraz osady w przewodach, nie będą powodowały przelewania się wód odpływowych do burzowca, lecz spłyną do oczyszczalni. Dopiero następne fale znacznie mniej zanieczyszczonego odpływu będą się przelewać do burzowca i wpływać do odbiornika. Przeważna ilość deszczów spłynie całkowicie na oczyszczalnię. Częstość działania przelewów jest mała, czas pracy stosunkowo niewielki 20 — 30 godzin w roku.

W wypadku układu rozdzielonego wody z każdego deszczu doprowadzane są do odbiornika w obrębie miasta, przy czym ich zanieczyszczenie, jak wyżej wspomniano, może być nawet dla pierwszych fal odpływu większe niż ścieków domowych.

Według badań, przy rozpatrywaniu okresów dłuższych, układ rozdzielony powoduje większe zanieczyszczenie odbiornika, natomiast jednolity może spowodować bardzo krótkotrwale zwiększone zanieczyszczenie, lecz w sumie doprowadza do odbiornika mniejszą ilość zanieczyszczeń.

Należy zwrócić uwagę, że przy układzie jednolitym istnieje możliwość, szczególnie w wypadku silnych spadków terenu, przepełnienia się przewodów i zalania piwnic, co z punktu widzenia higienicznego jest objawem niepożądanym.

Wśród znawców tych spraw panują dość sprzeczne poglądy co do ostatecznych wniosków, któremu z układów oddać pierwszeństwo. W Niemczech polecany jest układ jednolity, w Anglii i St. Zjednoczonych Am. Płn. rozdzielony, u nas w Polsce profesorowie K. Pomianowski i R. Rosłoński uważają zasadniczo za najodpowiedniejszy układ sieci jednolity. Decydować o wyborze układu powinny zawsze warunki miejscowe, przy czym trzy wyżej omówione czynniki odgrywają główną rolę. Na jeden jeszcze czynnik należy zwrócić uwagę. W noworozwijających się miastach względnie gminach niezamożnych pierwszą potrzebą jest odprowadzenie wód zużytych. Ponieważ przewody sieci wód brudnych mają rozmiary stosunkowo małe, wobec czego koszty założenia niewysokie, można z początku wykonać sieć podziemną tylko dla odprowadzenia wód zużytych, zaś wody deszczowe odprowadzić czasowo po powierzchni. Budowę podziemnej sieci odwadniającej dla wód deszczowych wykonać można w miarę wzrastania potrzeb odprowadzania wód burzowych, przy czym przede wszystkim uwzględniać się będzie dzielnice znajdujące się w najniekorzystniejszych warunkach.

Należy podkreślić, że przy układzie sieci rozdzielonym istnieje konieczność ścisłego dozoru, zabezpieczającego przeciwko wprowadzaniu niedozwolonego deszczowego odpływu z dachów, podwórz itd. do przewodów sieci wód brudnych, gdyż może nastąpić jej przeciążenie w czasie ulew. Potrzeby tego dozoru i niebezpieczeństwa nie ma w wypadku układu jednolitego.

Wspomnieć również należy, że częstokroć dochodzi do łączenia układów: zwykle w ten sposób, że przeważa jeden układ, zaś pozostały zastosowany jest na części obszaru. W Anglii jest stosowany powszechnie układ częściowo rozdzielony, polegający na tym, że wody deszczowe z tyłów nieruchomości, dachów oraz wybrukowanych podwórz odwadnia się do sieci wód zużytych; z ulic i części przednich nieruchomości do sieci przewodów deszczowych. Wydaje się taki układ odpowiednim tylko w wypadku niewielkich domów o małej powierzchni brukowanych podwórz i położonych w ogródkach.

Streszczając poprzednio powiedziane można podać następujące cechy dla porównania układów:

Układ sieci

jednolitej

rozdzielonej

Zalety:

Prosty układ sieci przewodów zajmujący mniej miejsca niż sieć podwójna układu rozdzielonego, o ile wody deszczowe nie mogą być odprowadzone krótkimi przewodami do odbiornika. Koszt połączeń domowych prawie dwukrotnie mniejszy niż w układzie rozdzielonym. Prostsza i tańsza obsługa.

Brak niebezpieczeństwa zalania piwnic. Małe przekroje dla wód brudnych przy równomiernej i większej prędkości i głębokości przepływu. Również w wypadku terenu płaskiego odprowadzenie z należytym spadkiem wód deszczowych krótkimi przewodami, co zmniejsza ich przekroje; płytsze ich położenie. Jednostajny skład i ilość wód brudnych zmniejsza koszty budowy i ruchu oczyszczalni.

Wady:

Większa głębokość oraz większe koszty przewodów głównych, urządzeń przepompowujących ścieki, oczyszczalni. Niewielkie wypełnienie i prędkości przy przepływie w czasie pogody posusznej. Niebezpieczeństwo zatapiań piwnic.

Bardziej zawili układ sieci, zajmujący więcej miejsca, częstokroć złożone obiekty na sieciach. Większe koszty budowy całości urządzeń. Większe koszty utrzymania kanałów. Staranne zabezpieczenie przeciwko wprowadzaniu odpływów deszczowych do sieci wód brudnych.

V. ZASADY PROJEKTOWANIA SIECI ODWADNIAJĄCEJ

Projekt sieci przewodów odwadniających opierać się musi na szeregu studiów wstępnych. Projektu nie można ograniczać do obszaru zabudowanego, gdyż sieć odwadniająca, której budowa jest kosztowna, powinna spełniać swoje zadanie przez długi szereg lat z uwzględnieniem rozwojowych możliwości miasta — zwykle 30–40. Opracowanie ostateczne i szczegółowe powinno być poprzedzone przez opracowanie wstępne. Służy ono jako podstawa do uzgodnienia generalnego projektu regulacji i rozbudowy miasta z projektem kanalizacji. Konieczna jest więc początkowo, na co za mało się dotychczas zwraca uwagi, współpraca urbanisty i hydrotechnika. Uzgodnione być muszą przyrost zaludnienia, w związku z tym obszar zabudowy, a tym samym wielkość powierzchni do odwodnienia, kierunki głównych przewodów, położenie oczyszczalni oraz wylotu kanalizacji, spływy jednostkowe wód zużytych domowych i burzowych. Muszą być ustalone miejsca przelewów burzowych. Dla umożliwienia zestawienia wstępnego kosztorysu wykonać należy szereg wierceń na linii przebiegu zbieraczy i w miejscu przeznaczonym na oczyszczalnię ścieków. Wykreślone być muszą przekroje podłużne zbieraczy. Do opracowania generalnego posługujemy się mniej szczegółowymi planami, w skali 1:10000 oraz mapami sztabowymi w podziałce 1:25000. Mapy te służą do określenia działów wód i zbadania, czy będzie się miało do czynienia z wodami obcymi z powierzchni nie przewidzianych pod zabudowę, mających zaś spadek ku osiedlu. Wody takie muszą być również odpowiednio ujęte i odprowadzone do odbiornika, przy czym należy się starać takie zewnętrzne obszary odwadniać niezależnie od sieci kanalizacyjnej miejskiej. Wody z obszarów zewnętrznych doprowadzone do sieci obciążają ją niepotrzebnie, powiększając koszty jej budowy. Odciążenie można osiągnąć przez wprowadzenie tych wód wprost do odbiornika lub przy pomocy kanałów obiegowych. Konieczne jest również zebranie możliwie wyczerpujących danych hydrologicznych, dotyczących odbiornika.

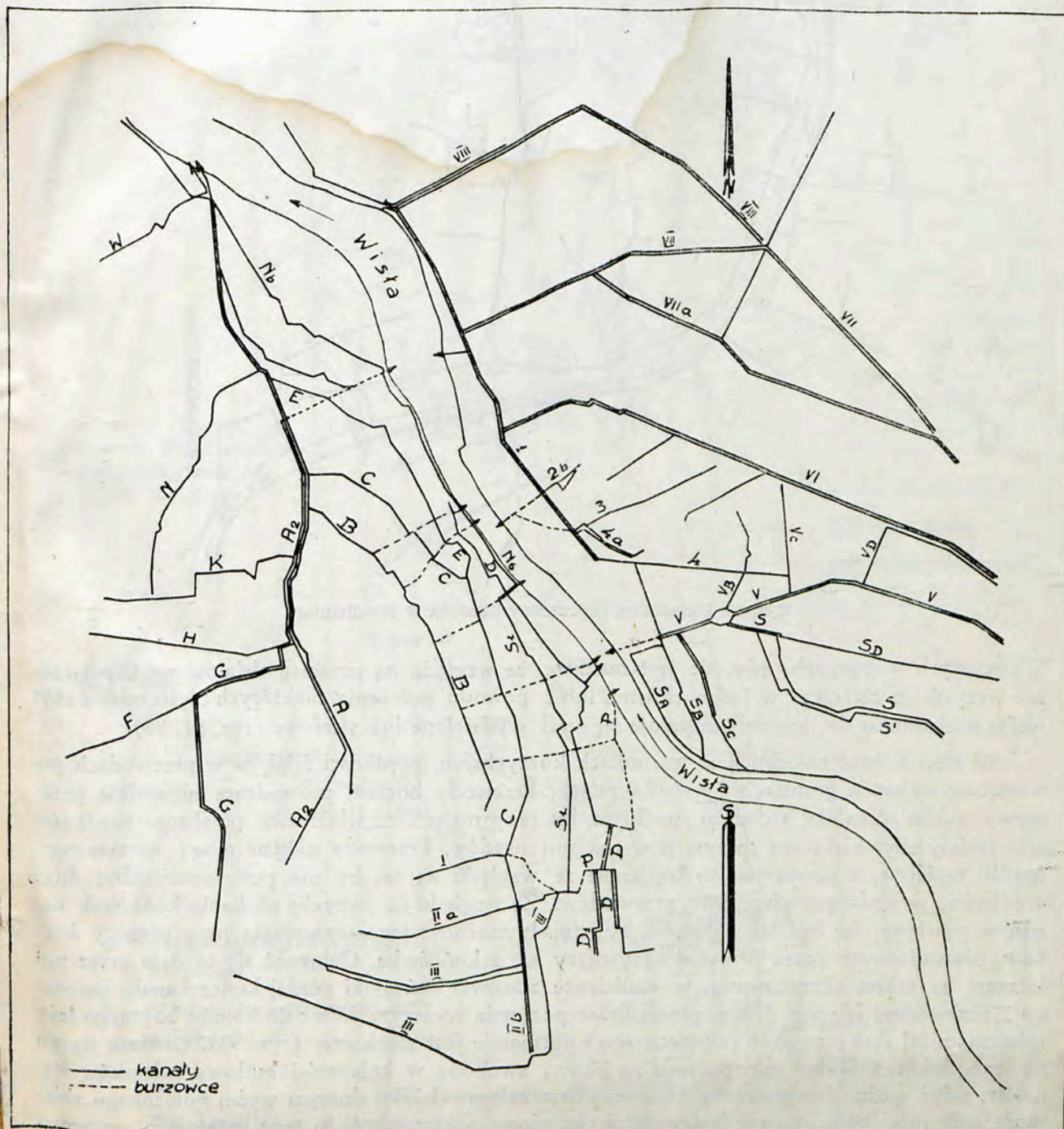
Projekt szczegółowy oparty być musi na planach dokładniejszych 1:1000 — 1:5000 z warstwicami terenu oraz niwelacją wszystkich ulic, danymi o istniejących przewodach podziemnych, o głębokości piwnic i spodzie fundamentów domów, o rodzaju nawierzchni i stanie ulic, położeniu otwartych ścieków i stanach wody w nich, dostatecznymi danymi hydrogeologicznymi na liniach zbieraczy, sięgającymi około 2 m poniżej ich dna.

Rozkład sieci kanalizacyjnej zależeć będzie od charakteru powierzchni obszaru osiedla i jego położenia w stosunku do odbiornika. Sieć przewodów składać się będzie z: głównego

zbieracza, ujmującego i doprowadzającego cały odpływ ze zlewni do oczyszczalni lub przepompowni ścieków, zbieraczy drugorzędnych dochodzących do zbieracza głównego oraz przewodów bocznych.

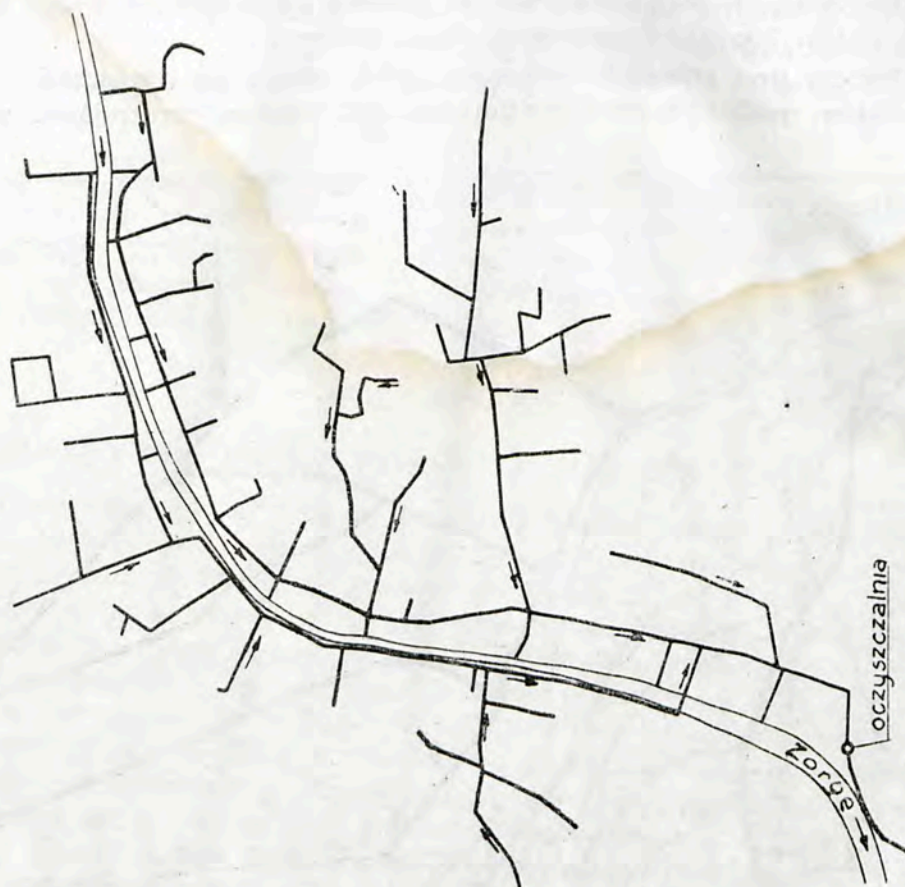
Pierwszą czynnością projektującego sieć odwadniającą jest wyznaczenie na podstawie przebiegu warstwic działów wód oraz linii największych zagłębień powierzchni — kotlin. Zasadą jest, by wszystkie ścieki, o ile jest to możliwe, odprowadzane były własnym spadkiem po najkrótszej drodze, tj. w sposób najszybszy i najtańszy. Miejsca więc głównych zbieraczy wyznaczą nam linie największych zagłębień powierzchni odwadnianej, końcówki górne wielu przewodów jej grzbiety. Przewody boczne doprowadzać powinny po najkrótszej drodze ścieki do zbieraczy. Należy unikać kierunków wstecznych i linii łamanych.

Zaprojektowanie sieci przewodów odwadniających polega na wyznaczeniu linii przebiegu wszystkich kanałów, spadku ich dna i jego poziomu oraz rozmiaru przekrojów na poszczególnych



Rys. 88. Układ sieci podłużny kanałów głównych według projektu kanalizacji Wielkiej Warszawy.

odcinkach. Kierunek spływu ścieków zaznacza się na planie strzałkami. Dla zaprojektowania zagłębienia dna, jego spadku oraz rozmiaru przekrojów przewodów rysuje się przekroje podłużne wszystkich zbieraczy w podziałce skazonej, długości jak na planie, wysokości 1:100—200. Usiłowaniem naszym powinno być doprowadzenie wszystkich ścieków w jedno miejsce, poniżej którego umieścić będzie można oczyszczalnię ścieków. Nie zawsze jest to jednak możliwe ze względu na układ wysokościowy powierzchni. Decyduje on o ukształtowaniu się linii przewodów, nadając jej kształt sieci podłużnej (rys. 88), poprzecznej (rys. 89), gwiaździstej (rys. 90).

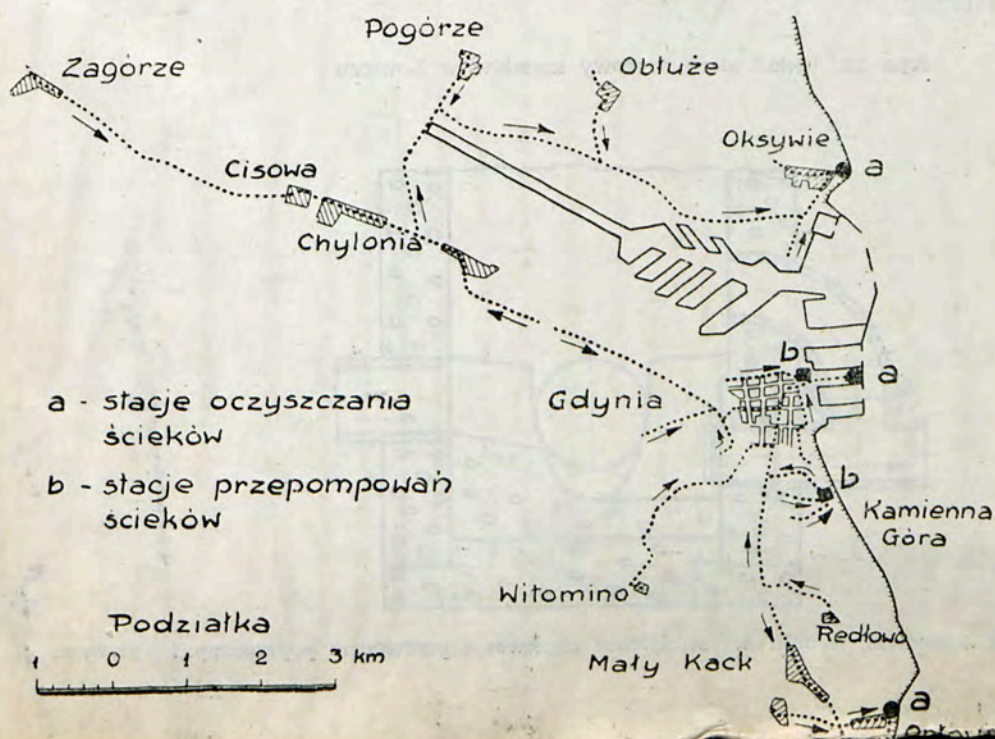
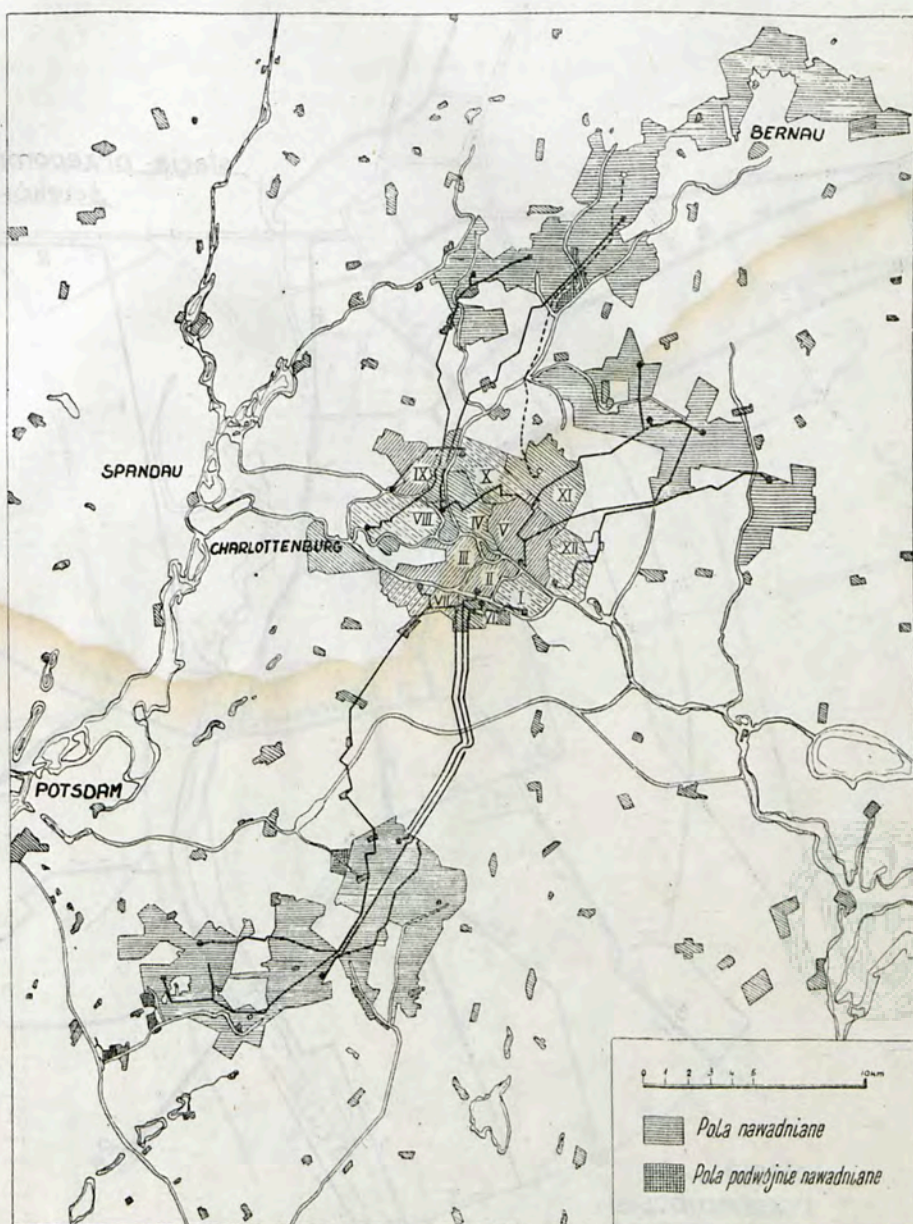


Rys. 89. Układ sieci poprzeczny kanałów w Nordhausen.

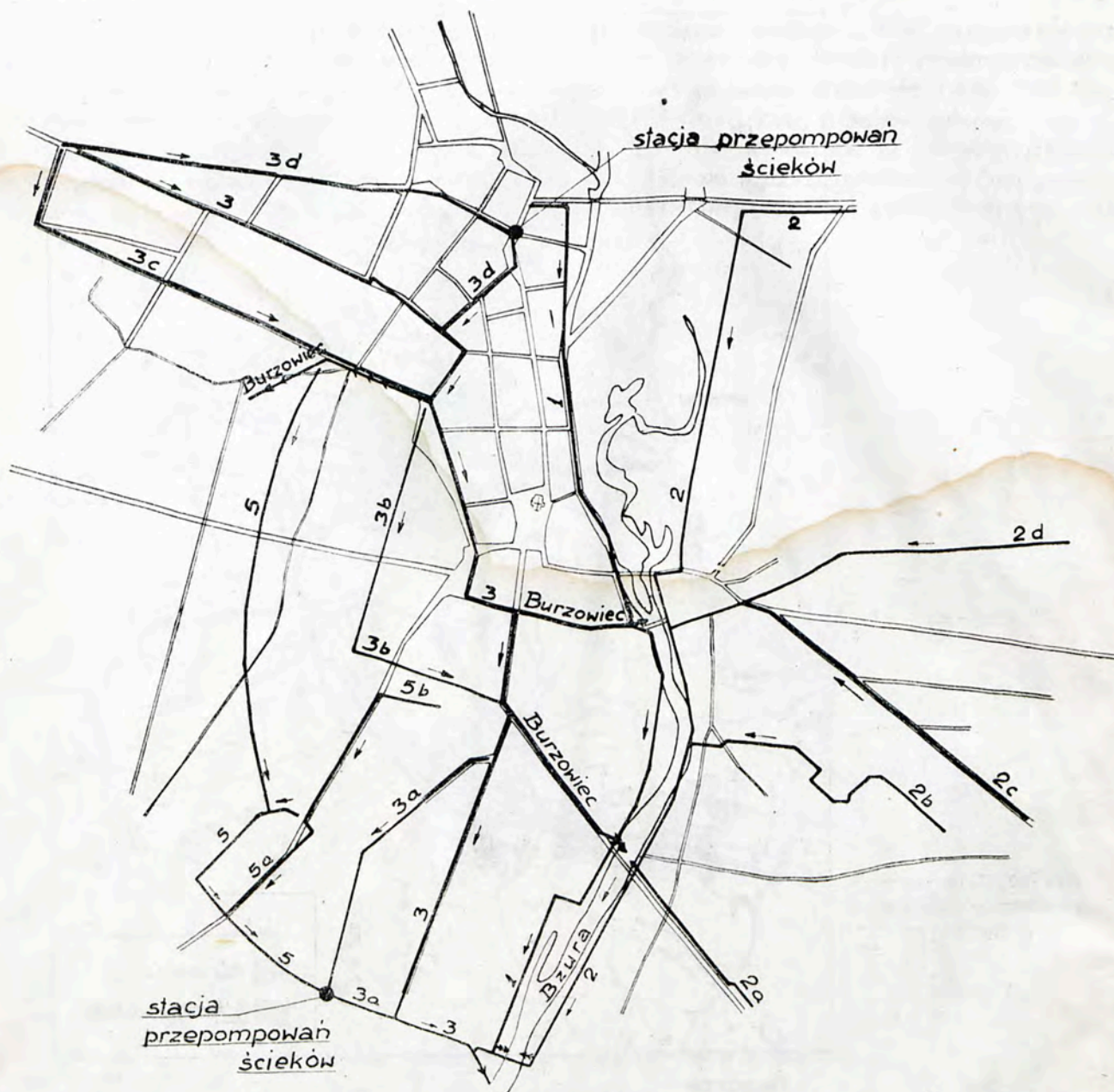
W pewnych warunkach, gdy nie jest możliwe, ze względu na przebieg działów wód, połączenie wszystkich zbieraczy w jeden główny, lub z powodu położenia niektórych części miasta zbyt nisko w stosunku do innych, otrzymuje się sieci wydzielone lub strefowe (rys. 91, 92).

W sieci dobrze założonej, w warunkach korzystnych, prędkości ścieków w przewodach powinny się wahać w granicach 0,6 — 2,0 m/sek. Przewody boczne, prowadzące niewielkie przepływy, zakładać należy z dużym spadkiem, by przy małych napełnieniach przekroju prędkości nie spadały zbyt nisko, co sprzyja powstawaniu osadów. Przewody główne mogą otrzymywać spadki mniejsze, a nawet jest to wskazane ze względu na to, by nie powstawały zbyt duże prędkości, powodujące niszczenie przewodów. Ze względu na potrzebę płukania końcówek kanałów, powinny one być tak założone, by istniała możliwość jego wykonania przy pomocy ścieków, prowadzonych przez przewód krzyżujący się z końcówką. Osiągnąć się to daje przez połączenie na takim skrzyżowaniu w studziencie złączowej końcówki górnej końca kanału bocznego z przewodem idącym doń poprzecznie w poziomie wyższym. Wlot do kanału bocznego leży wówczas niżej dna przewodu poprzecznego i normalnie jest zamknięty (rys. 93). Otwiera się go na czas płukania. Układ taki pozwala na pewną swobodę w kolejności budowy odcinków kanałów, gdyż można bez potrzeby budowania na całym odcinku dolnym wyżej położonego zbieracza, gdy niżej położony nie jest w pełni obciążony, wprowadzić do tego ostatniego czasowo ścieki z określonych dzielnic, wymagających szybkiego odwodnienia. Ślepe końce kanałów bocz-

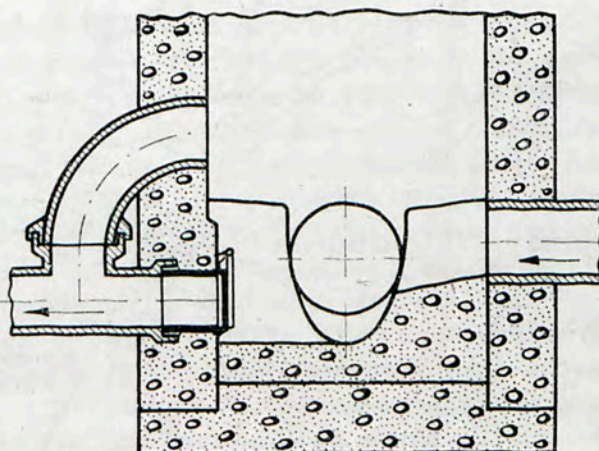
Rys. 90. Układ sieci
gwiazdźasty kanałów
w Berlinie.



Rys. 91.
Układ sieci
kanałów w Gdyni.




Rys. 92. Układ sieci strefowy kanałów w Łowiczu.



Rys. 93. Połączenie końcówki kanału w studzińce żłazowej z przewodem poprzecznym wyższym.

Objaśnienia:

 Kolektory.

 *Kanaty burzowe.*

—— Wszystkie kanały boczne o przekroju 40×70 .

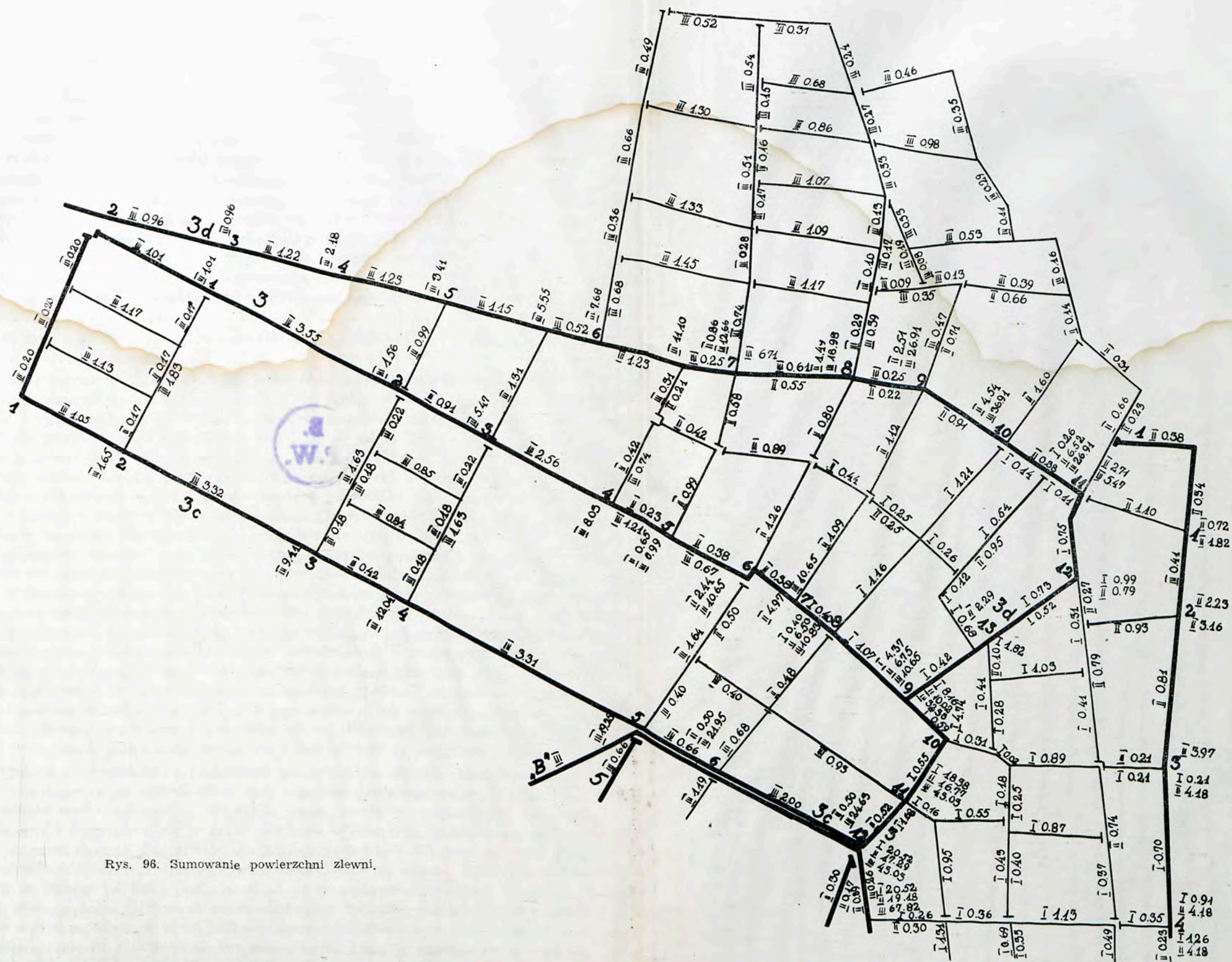
—○— Studzienki rewizyjne

 *Przelewy burzowe*

Stacje przepompowań ścieków.



Rys. 94. Układ sieci przewodów kanalizacyjnych z zaznaczeniem przekrojów, długości, spadków i miejsc studzienek żłazowych.



Rys. 96. Sumowanie powierzchni zlewni.

nych trzeba płukać wodą wodociagową, co jest kosztowne. W celu zmniejszenia kosztu takich urządzeń łączy się kilka ślepych końcówek w jeden węzeł złączony z płuczką. Umożliwia to kolejne płukanie z jednego miejsca poszczególnych odcinków sieci.

W wypadku powierzchni całkowicie płaskiej na układ sieci wpływają rozplanowanie ulic w stosunku do kierunku naturalnego odwodnienia oraz względy gospodarcze. Te ostatnie wyznaczają miejsce głównego zbieracza po linii środkowej osiedla. W wypadku zlewni falistej główny zbieracz biegnie po najniższych miejscach terenu znajdujących się zazwyczaj w sąsiedztwie odbiornika. Zależnie od tego, czy osiedle jest rozłożone po jego jednej stronie, czy też po obydwu stronach, wykonywane są jeden lub dwa główne zbieracze. Łączy się je przechodząc jednym z nich pod rzeką w przewód wspólny, doprowadzający ścieki na oczyszczalnię.

Dążeniem naszym powinno być doprowadzenie wszystkich ścieków do jednego punktu, gdzie stanąć ma oczyszczalnia lub pompownia, gdyż osiąga się przy tym zmniejszenie kosztów budowy tych ostatnich urządzeń oraz kosztów ich ruchu. Nawet gdyby była możliwość skorzystania z kilku odbiorników, względnie zachodziła potrzeba połączenia dwóch niezależnych zlewni przy pomocy tunelu, należy uważać połączenie za bardzo wskazane. O rozwiązaniu stanowić powinna suma kosztów rocznych oprocentowania, amortyzacji i ruchu. Projektujący powinien się trzymać zawsze zasady, by układ był możliwie jak najprostszy, dający najniższe koszty budowy i ruchu.

W układzie jednolitym trasa głównego zbieracza powinna tak przebiegać, aby otrzymywały się możliwie krótkie burzowce.

Zasadnicze znaczenie dla układu sieci przewodów odwadniających ma wylot kanalizacji do odbiornika. Umieszcza się go poniżej miasta. Gdy poziom otworu ujściowego staramy się umieścić w takiej wysokości, by i przy najniższych stanach w odbiorniku ujście było zatopione, dno głównego zbieracza na wylocie powinno leżeć na takiej wysokości, by w możliwie niewielkim stopniu stan wody w rzece wpływał na poziom ścieków. Należy pamiętać o tym, że przy przeprowadzeniu ścieków przez oczyszczalnię traci się od 1—3 m spadku. Częstość ustosunkowanie wysokości zlewni i stanów wody w odbiorniku nie pozwoli na całoroczny niepodtopiony przepływ wody w głównym zbieraczu. Dążymy wówczas do tego, by podtopienie było możliwie niewielkie i krótkotrwałe. Tam, gdzie się tego osiągnąć nie da, konieczne jest założenie pompowni ścieków, przy czym staraniem naszym będzie tak ułożyć pod względem wysokościowym całość urządzeń, by praca pomp w roku wypadła jak najkrócej. Gdy odbiornik biegnie z większym spadkiem niż główny zbieracz, można przez przedłużenie tego ostatniego zyskać na wysokości. Najmniejsze nachylenie dna zbieracza nie może spadać poniżej 0,3‰. Najmniej korzystnymi warunkami będą takie, gdy w ciągu całego roku ścieki będą musiały być podnoszone w celu odprowadzenia ich do odbiornika. W takim wypadku sieć odwadniająca musi być rozdzielona i pompy obciążone tylko wodami zużyтыми domowymi. Odpływy deszczowe odprowadza się na powierzchni lub krótkimi płytkimi przewodami podziemnymi. Gdy układ powierzchni miasta jest taki, że z jego większej lub mniejszej części ścieki dają się odprowadzić własnym spadkiem, z pozostałej zaś nie, konieczny jest podział na strefy z niezależnymi zbieraczami, połączonymi przed oczyszczalnią, lecz za pompownią dla stref dolnych.

W wypadku sieci jednolitej z przelewami odcinającymi główny zbieracz, może się okazać konieczne umieszczenie na niektórych z nich urządzeń przepompowujących ścieki w okresie wysokich stanów wód w odbiorniku. Wydatek pomp powinien odpowiadać spływowi z deszczów najczęściej trafiających się w czasie wezbrań. Wobec tego, że wezbrania w rzekach wywoływane są przez deszcze długotrwałe, nie istnieje prawdopodobieństwo w tym okresie deszczu nawalnego. Na odcinkach płaskich bez spadku może się okazać korzystne doprowadzenie ścieków do jednego lub kilku punktów, skąd się je podnosi do poziomu wyższego, w celu uniknięcia wielu głęboko założonych przewodów. Przy takim rozwiązaniu zbieracz główny leży w poziomie wyższym. Wreszcie w wypadku większych odbiorników w czasie wezbrań można dopuścić wprowadzenie do nich ścieków bez oczyszczenia, a więc z pominięciem oczyszczalni. Należy wówczas odpowiednio umieścić przewód omijający oczyszczalnię.

Po wyznaczeniu kierunku głównych i drugorzędnych zbieraczy obiera się odpowiednio do wyznaczonych linii przebiegu najbliższe ulice i drogi, w których się je umieszcza. Pod zbieracze, które dochodzą do znacznych wymiarów, należy obierać szerokie, możliwie prostolinijne ulice,

jak najbardziej zbliżone do założonego kierunku zbieracza. Należy unikać zakładania ich na wąskich i krzywych ulicach. W każdym razie w dzielnicach już zabudowanych należy stosować się do istniejących ulic, aby nie wywołać niepotrzebnych kosztów. Jeżeli planu zabudowy nie ma, należy dążyć do tego, aby kierunki ulic przystosowano do wymagań kanalizacji. Przewody odwadniające powinny być w zasadzie układane pod ulicami lub drogami. Należy unikać układania kanałów pod prywatnymi posiadłościami. Tylko bardzo wyjątkowe trudności mogą uzasadnić taki projekt i wykonanie. Wówczas najlepiej, by takie nieruchomości kupione były przez gminę na własność.

V. 1. OBLICZENIE SIECI KANAŁÓW.

Mając zaprojektowany układ sieci przewodów kanalizacyjnych (rys. 94) można przystąpić do obliczeń. Do tego celu należy się posłużyć planem sytuacyjnym miasta 1:1000 — 1:5000, na którym przeprowadza się podział powierzchni i jej obliczenie (rys. 95). Jeśli istnieje już projekt wodociągów, można posłużyć się, po wykonaniu niewielu poprawek, zresztą nie zawsze potrzebnych, rozdziałem i obliczeniem powierzchni wykonanym dla projektu wodociągów.

Na otrzymanych powierzchniach o wyglądzie dachów, przeważnie trójkąty i trapezy, wpisuje się ich wielkości w ha. Stosownie do wyznaczonego kierunku przepływu sumujemy na węzłach idąc od góry powierzchnie, przy czym sumowanie przeprowadza się niezależnie dla powierzchni o jednakowej charakterystyce spływu (gęstości zaludnienia lub zabudowy) (rys. 96). Na planie tym muszą być zaznaczone barwami granice stref o różnej gęstości zaludnienia. Liczby otrzymane wpisuje się przy węźle prostopadle do osi przewodu. Rzymska liczba przed wielkością powierzchni oznacza strefę. Plan w ten sposób otrzymany nosi nazwę podziału powierzchni. Za ostatnim węzłem głównego zbieracza lub przed oczyszczalnią względnie pompownią łączne sumy powierzchni stref dać powinny powierzchnię całego miasta, objętą projektem sieci przewodów odwadniających.

Na planie, zawierającym linie przebiegu przewodów z zaznaczonymi ich końcówkami oraz strzałkami kierunku spływu ścieków, wpisujemy na węzłach, na podstawie wyżej otrzymanych sum powierzchni, ilości przepływu ścieków w węźle. W celu otrzymania tych wartości mnożymy powierzchnie poszczególnych stref przez odpowiednie spływy jednostkowe wód zużytych domowych oraz wód deszczowych, przy czym z wykresu odczytuje się nie spływ dla każdej kategorii zlewni, lecz jako funkcję sumy zlewni wszystkich kategorii. Spływy jednostkowe wód brudnych dla poszczególnych stref wpisuje się w jednym z rogów planu. Spływy jednostkowe wód burzowych stanowią osobny załącznik. Wyżej objaśniono sposób ich obliczenia.

Obliczenie sieci polega na: wyrysowaniu planu (rys. 97) i przekrojów podłużnych (rys. 98) wszystkich zbieraczy (w miarę możliwości i kanałów bocznych), ustaleniu spadku dna i doborze odpowiednich przekrojów oraz obliczeniu niwelety dna we wszystkich charakterystycznych punktach kanałów, tj. na początku kanału, każdym węźle, załamaniu spadku, kierunku i na wylocie. Przy bardzo małych spadach należy w obliczeniach uwzględniać nie spadek dna, lecz zwierciadła wody. Głębokości kanałów muszą odpowiadać zagłębieniu piwnic oraz głębokości działek budowlanych.

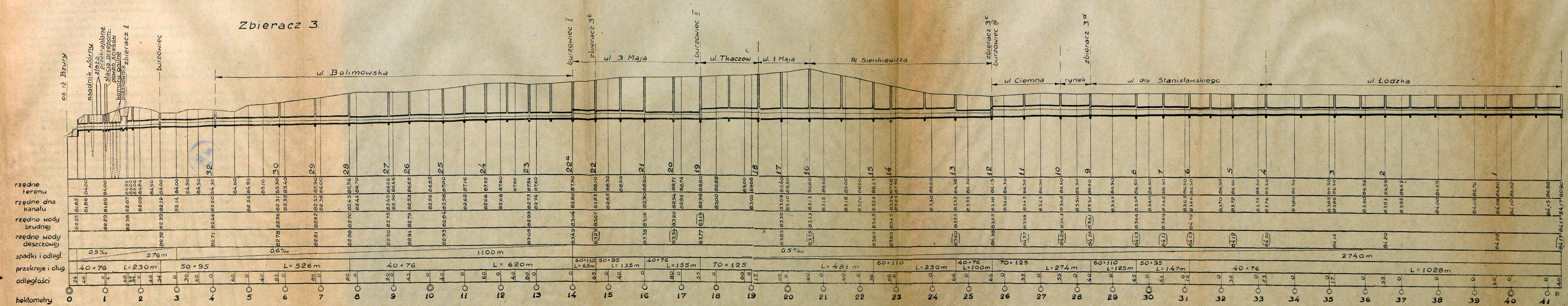
Bieg obliczenia jest zależny od układu sieci kanalizacyjnej. W wypadku kanalizacji rozdzielonej przeprowadzić musimy oddzielnie obliczenie sieci kanałów dla odprowadzenia wód brudnych i deszczowych.

V. 2. SPADEK PRZEWODÓW.

Spadek kanałów dla uzyskania jak najmniejszych robót ziemnych daje się możliwie zgodnie ze spadkiem ulic. Powinien być jednak dostateczny dla utrzymywania się kanałów w czystości. Jako najmniejszą prędkość umożliwiającą samooczyszczanie się przewodów należy uważać 1 m/sek. przy całkowitym wypełnieniu przekroju, zaś 0,5 m/sek. w czasie pogody posusznej. Jeżeli ścieki nie prowadzą piasku, można zejść nawet do prędkości 0,4 m/sek. Gdy otrzymuje się prędkości mniejsze, należy stosować spadek sztucznie zwiększony, gdy zaś położenie odbiornika na to nie zezwala, konieczne jest stałe płukanie sieci. Miarodajna jest siła unoszenia $S = \gamma Jh$ kg/m² (7) ($\gamma = 1000$ kg/m³, J — spadek dna, h — napełnienie). Wynosić ona powinna 0,25—0,35 kg/m².



Rys. 97. Projekt sieci kanałów z zaznaczeniem przekro-
jów, długości, spadków i rzędnych dna.



Rys. 98. Przekrój podłużny zbieracza 3. kanalizacji Łowicza.

Z drugiej strony należy unikać zbyt dużych prędkości, gdyż niesiony ściekami piasek ściera dno i ściany. Nie powinna ona przekraczać w wypadku stałego przepływu w kanałach dla zużytych wód domowych względnie dla odpływu w kanałach sieci jednolitej w okresie posuszonym, 2,5 m/sek lub 3,0 m/sek, gdy ścieki nie niosą piasku. Wyjątkowo w kanałach deszczowych dla przepływu największego, który trwa krótko, można dopuścić prędkości do 6 m/sek. Najkorzystniejsza prędkość wynosi 1,2 m/sek.

Napełnienie przekroju nie powinno być mniejsze niż 3 cm, gdyż w przeciwnym wypadku niesione przez ścieki większe zanieczyszczenia wchodzi w styczność z dnem powodując zwiększenie oporów tarcia.

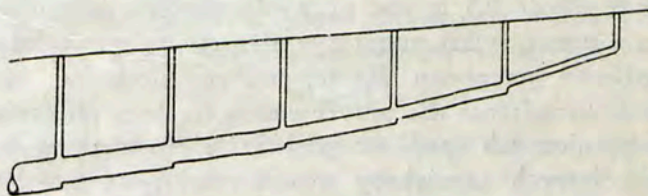
Przy obliczeniach przyjmuje się, że w kanałach istnieje ruch jednostajny oraz że spadek jest określony przez spad dna, przy czym miarodajnym przepływem do obliczeń jest przepływ przy końcu odcinka. Nie jest to zgodne z rzeczywistością, gdyż na początku odcinka przepływy są o wartość dopływu na odcinku mniejsze i wobec tego przy tym samym przekroju napełnienie jest mniejsze.

Przekroje dobiera się w ten sposób, by dla przyjętych za miarodajne do rachunku przepływów przewód prowadził wodę bez ciśnienia. Zwykle dobiera się taki wymiar, by napełnienie wynosiło 0,6 — 0,85 pełnej wysokości.

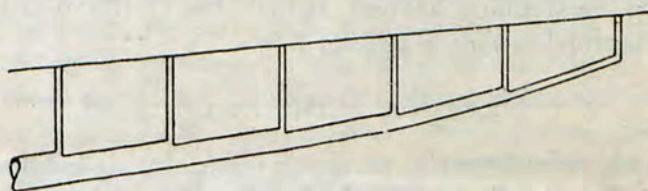
Mając przygotowany plan z ilościami przepływów w węzłach można przystąpić do obliczenia całej sieci kanałów. Potrzebne są poza tym przekroje podłużne obliczanych kanałów. Przed przystąpieniem do obliczenia przekrojów przewodów należy uzgodnić położenie niwelety wszystkich kanałów w węzłach. Dla kanałów bocznych można przekrojów podłużnych nie kreślić, o położeniu niwelety dna orientuje się projektujący na podstawie planu warstwicowego. Po uzgodnieniu niwelety dna kanałów, tak by uzyskane były dostateczne i możliwie duże spadki, przy zachowaniu dostatecznego zagłębienia kanałów, można przystąpić do stopniowego obliczenia rozmiaru przekrojów przewodów. Spadki kanałów określi sam układ terenu.

Wyloty kanałów bocznych powinny leżeć w ten sposób, by zwierciadło wody w dochodzących kanałach nie znajdowało się niżej niż w kanale głównym, aby nie mogło powstawać spiętrzenie ścieków w kanale bocznym. Najlepiej umieścić dno dochodzącego kanału na wysokości zwierciadła ścieków w odbiorniku, o ile tylko jest do rozporządzenia spadek. W przeciwnym wypadku daje się wylot kanału na wysokości około 10 cm nad dnem odbiornika.

Aby nie powstawało spiętrzenie zwierciadła wody w czasie pogody posusznej, należy tak dobierać przekroje, by w miejscach węzłów leżało ono na jednej wysokości. Najlepiej przekroje łączyć w ten sposób ze sobą, by licowało nie dno lecz sklepienie (rys. 99). Wówczas jednak otrzymuje się dno zestopniowane. Traci się tyle spadku, ile wynosi różnica wysokości kolejnych przekrojów. Przy niewielkich więc spadkach powierzchni z konieczności licuje się dno (rys. 100).



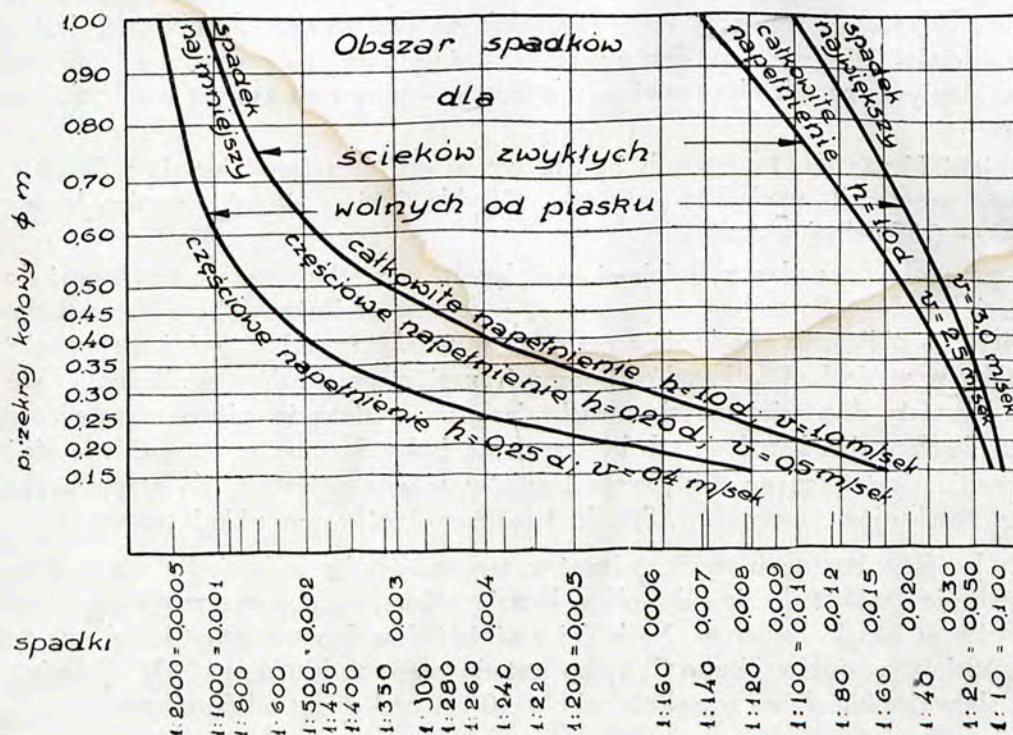
Rys. 99.



Rys. 100.

Powoduje to jednak, że w wypadku pełnego wykorzystania dolnych przekrojów, odcinki górne pracują pod niewielkim ciśnieniem. Z chwilą zaś, gdy kanały zaczynają pracować pod ciśnieniem, miarodajny dla ich obliczenia jest spad linii ciśnienia.

Granice spadków, zgodnie z wyżej powiedzianym dla różnych średnic można odczytać z załączonego wykresu (rys. 101). Warunki miejscowe zmuszają częstokroć do odstępstw od tych norm, przy czym przewidziane wówczas być muszą odpowiednie środki zaradcze. Mniejszych spadków, niż 0,3‰ na zbieraczach dawać nie można, raczej za granicę dolną powinno się uważać spadek 0,5–1,0‰. Bardzo duże spadki mogą być zmniejszone przez wprowadzenie spadów (stopni, studzienek spadowych).



Rys. 101. Granice spadków.

Należy zwrócić uwagę, że częstokroć w wypadku bardzo płaskiej powierzchni w celu nieprzekraczania spadków najmniejszych powiększa się przekroje, gdyż mogą dla nich być zastosowane mniejsze spadki. Popelnia się w ten sposób błąd, gdyż w przewodach powstaje dla podanych spadków (rys. 101) prędkość 0,5 m/sec przy odpowiednio dużym wypełnieniu przekroju. Powiększenie przekroju może więc tylko pogorszyć stan rzeczy, powodując zmniejszenie napełnienia przewodu oraz prędkości przepływu. Raczej powinno się iść w kierunku zmniejszenia przekroju oraz wybudowania urządzenia dla umożliwienia częstego płukania kanału.

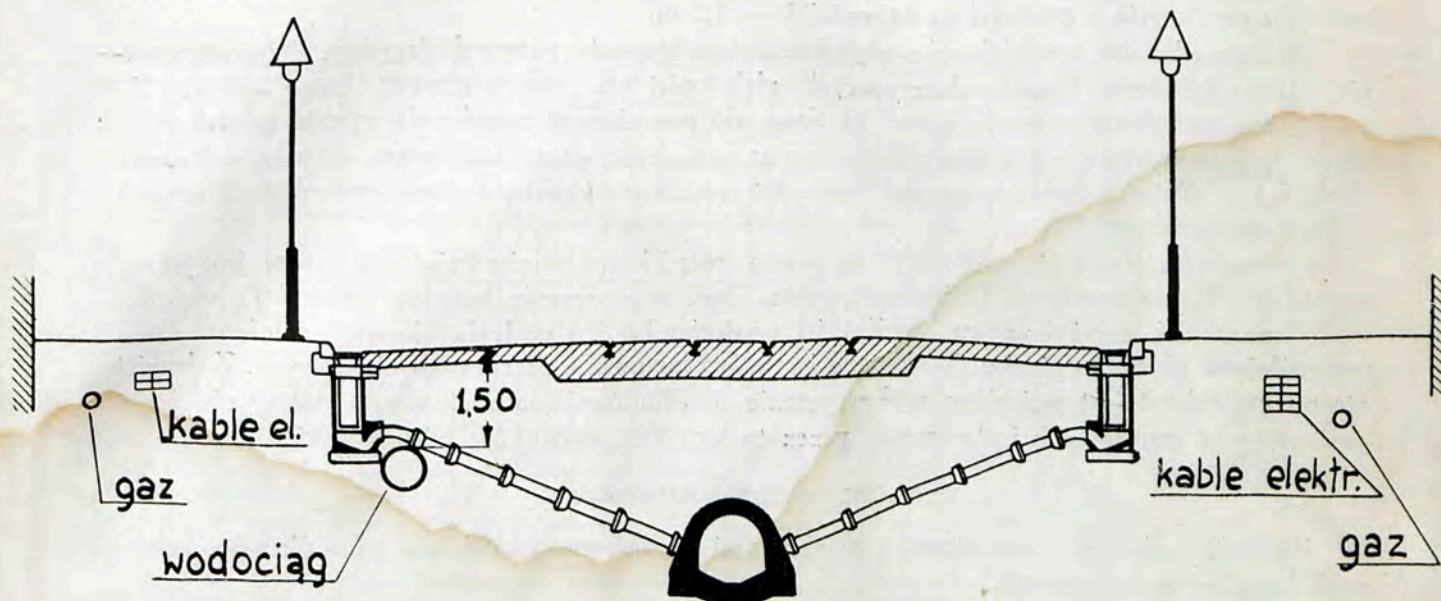
Można dla określenia granicznych spadków posłużyć się następującym prawidłem. W wypadku kanałów ulicznych kołowych największy spadek powinien wynosić 1 dzielone przez średnicę w cm, najmniejszy 1 dzielone przez średnicę w mm; w wypadku normalnego przekroju jajoowego zamiast średnicy należy przyjąć największą szerokość przekroju w świetle. W wypadku odwadniania działek należy zamiast średnicy przyjmować wielkość promienia.

Niekiedy warunki miejscowe zmuszają nas do odstępstwa od norm powyższych. W Gdyni z konieczności zastosowano dla średnicy 200 mm spadek 1‰ (1:1000); w Łowiczu prawie wszystkie zbieracze musiały być zaprojektowane w spadku 0,5‰.

V. 3. POŁOŻENIE W PRZEKROJU ULICY.

Przewody muszą być tak umieszczone w przekroju ulicy, aby nie kolidowały z przewodami innego rodzaju (rys. 102). W wypadku sieci jednolitej kanały umieszcza się przeważnie w osi ulicy, z wyjątkiem szerokich ulic ponad około 24 m lub ulic z podwójną jezdnią. W wypadku

sieci rozdzielonej umieszcza się kanały deszczowe i wód brudnych albo bezpośrednio obok siebie albo w określonym odstępie pośrodku; gdy są potrzebne dwa kanały wód brudnych, umieszcza się je pod chodnikami, zaś z reguły kanał deszczowy w osi ulicy, z wyjątkiem bardzo szerokich ulic.



Rys. 102. Przekrój ulicy z rozmieszczeniem przewodów.

Wykonanie kanałów wód brudnych pod chodnikami napotyka trudności z powodu innego rodzaju przewodów, umieszczonych tam już poprzednio. Zasadą powinno być umieszczanie takich przewodów pod chodnikami, które wymagają częstego odkopywania.

V. 4. GŁĘBOKOŚĆ UMIESZCZENIA.

Głębokość umieszczenia kanałów zależy przede wszystkim od głębokości piwnic oraz wysokości poziomów wody w odbiorniku. Również odgrywają rolę zabezpieczenie przed zamarzaniem przewodów, działaniem ciśnienia i uderzeń, oraz poziomy wody gruntowej.

Powinno się dążyć do takiego zagłębienia kanałów, by można było odwodzić piwnice. Jeżeli oznaczymy przez p zagłębienie dna piwnic, przez d średnicę kanałka domowego, h głębokość wpustu domowego pod dnem piwnicy, l odległość najniższego i najbardziej oddalonego wpustu (zwykle przyjmuje się najbardziej oddległy wlot w połowie głębokości działki budowlanej), przy czym dno wylotu kanałka umieścimy na wysokości 0,25 m ponad dnem kanału, wówczas najmniejsze zagłębienie kanału ulicznego wyniesie przy spadzie kanałka 20‰ (1:50) oraz przy różnicy t poziomu powierzchni podwórza oraz ulicy

$$H = p + 0,25 + d + 0,02 l + h + t \quad (8)$$

Przy płaskiej zlewni ($t=0$) i przyjęciu średniego zagłębienia dna piwnic pod nawierzchnią ulicy 1,6 m, głębokości działki 20 m, zaś szerokości ulicy 12 m, $d=0,15$ m oraz $h=0,30$ m otrzymuje się zagłębienie kanału ulicznego:

$$H = 1,60 + 0,25 + 0,15 + 0,64 + 0,30 = 2,94 \approx 3,00 \text{ m.}$$

Stosownie do zagłębienia dna piwnic głębokość kanału ulicznego powinna wynosić od 2,5—3,5 m. Do pojedynczych głębiej założonych piwnic stosować się nie należy. Odwodnienie takich piwnic przeprowadza się przy pomocy niewielkich pomp uruchamianych najlepiej samoczynnie, przy czym rury odprowadzające ścieki będą podwieszone na ścianie piwnicy i wprowadzone do kanału ulicznego w wyższym poziomie niż dno piwnicy. W wypadku szerokich bardzo ulic zaoszczędzić można na długości przykanalików przez ułożenie dwóch przewodów po obu stronach ulicy. Zwrócić również należy uwagę w wypadku sieci jednolitej na umożliwienie odwodnienia piwnic i w czasie odpływów deszczowych, przy czym należy pamiętać o tym, by nie powstawała możliwość zalania piwnic. Gdy ze względów gospodarczych nie wskazane są zbyt duże zagłębienie

nia kanałów ulicznych, należy kanalik domowy dla zabezpieczenia piwnic od zalania zaopatrzyć w samoczynnie działające zamknięcia w postaci klap zwrotnych. Zamknięcia takie, jeśli mają działać należycie, powinny być pod stałym dozorem.

Zabezpieczenie przeciwko niebezpieczeństwu zamarzania oraz działaniom ciśnienia i uderzeń wymaga przykrycia o grubości co najmniej 1 — 1,2 m.

W wypadku sieci rozdzielonej o głębokości kanałów wód zużytych decydują głębokości piwnic, zaś o głębokości kanałów deszczowych głębokości wpustów ulicznych, które wynoszą do 1,4 m, częstokroć zaś znacznie mniej. Dodając do powyższego zagłębienia wpustu spadek przewodu łączącego wpust z kanałem ulicznym oraz wysokość wlotu nad dnem kanału w sumie około 0,5 — 0,6 m, otrzymujemy głębokość dna ulicznego kanału deszczowego około 2 m pod powierzchnią ulicy.

Czynnikiem, który również odgrywa pewną rolę i który należy wziąć pod uwagę, jest jakość gruntu oraz wody gruntowe. Dążeniem powinno być umieszczenie kanałów powyżej poziomu wody gruntowej, gdyż budowa poniżej jej poziomu bardzo podraża koszty założenia sieci, szczególnie w płynnym piasku. Wskazane jest wówczas użycie przekrojów obniżonych. Z drugiej strony częstokroć jest pożądane wykorzystanie przewodów kanalizacji w celu stałego obniżenia poziomu wód gruntowych i stworzenia przez to lepszych warunków zdrowotnych.

V. 5. OBLICZENIE PRZEKROJÓW.

Zgodnie z planem sytuacyjnym i przekrojami podłużnymi układa się dane dla poszczególnych kanałów w zestawienie.

1 Nr porządkowy węzła	2 Km kanału	3 Skrzyżowanie z ulicą	4 Odległość od poprzedniego punktu m	5 Obszar zlewni w ha poniżej przelewu burzowego			
				I kat. ha	II kat. ha	III kat. ha	Razem ha

6 W ó d b r u d n y c h l/sek.					7 Współczynniki odpływu wód burzowych		
I kat. l/sek.	II kat. l/sek.	III kat. l/sek.	z przelewu burzowego l/sek.	Razem l/sek.	I kat.	II kat.	III kat.

8 W ó d b u r z o w y c h l/sek.							9
I kat. l/sek.	II kat. l/sek.	III kat. l/sek.	Razem l/sek.	Z przelewu burzowego l/sek.	Razem do kanału l/sek.	Do burzowca przez przelew l/sek.	Rzędne niwelety dna

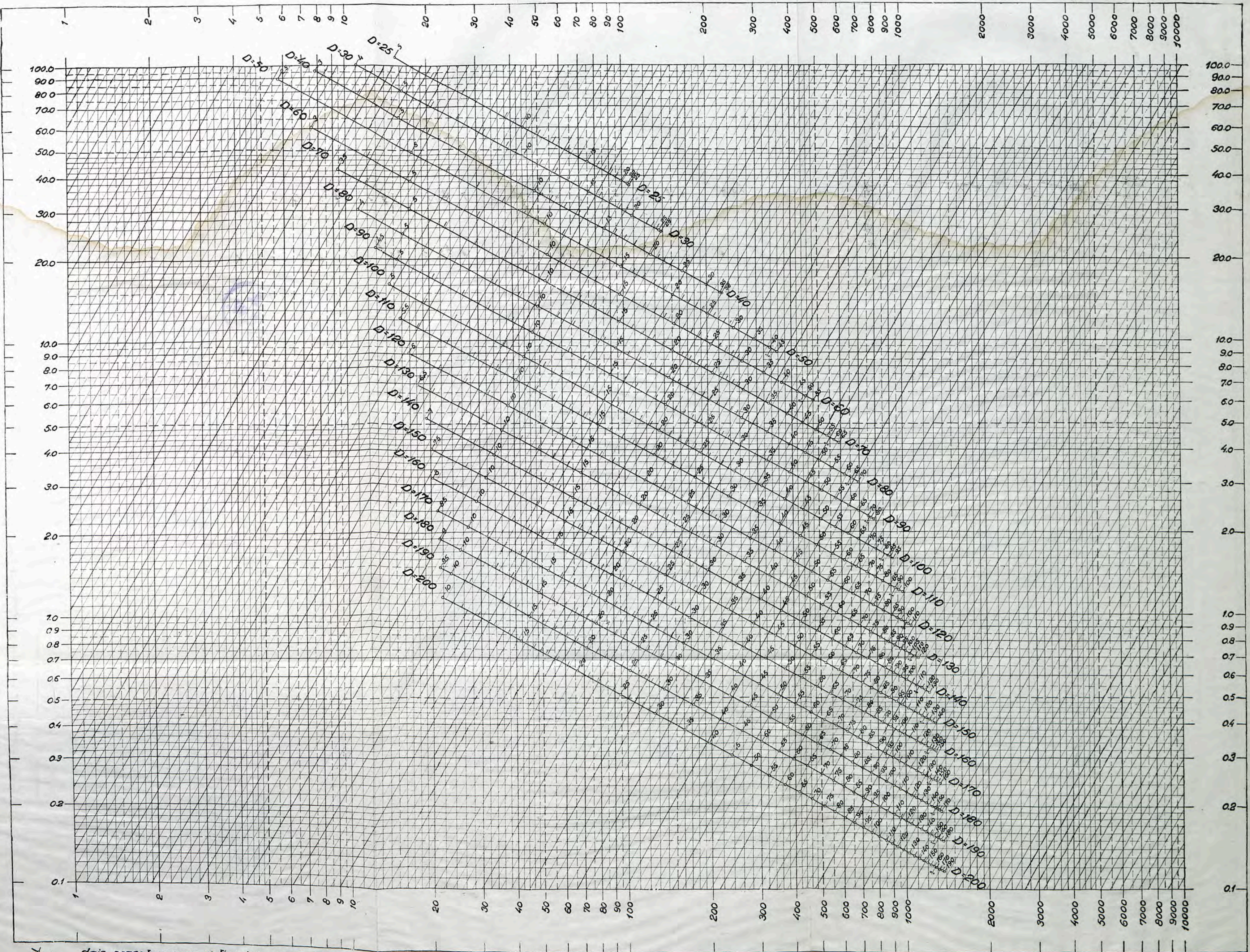
10	11	12		13	14	15		16
Spad ‰	Przekrój kanału	Napełnienie cm		Rzędne zwierciadła wód burz.	Rzędne zwierciadła wód brudn.	P r ę d k o ś ć m/sek.		U w a g i
	cm	brudn.	burz.			brudn.	burz.	

Przepływ obliczeniowy nie powinien zapełniać całkowicie przekroju. Wolna część umożliwia przewietrzanie przewodu oraz stanowi pewien współczynnik bezpieczeństwa. Przyjmuje się wypełnienie w wypadku przewodów:

kołowych o średnicy	0,15 — 0,30 m	0,6 d
	0,35 — 0,45 „	0,7 d
	0,50 — 0,60 „	0,75 d
	0,60 „	0,80 d
jajowych	do pachwin	

Spadek w promilach

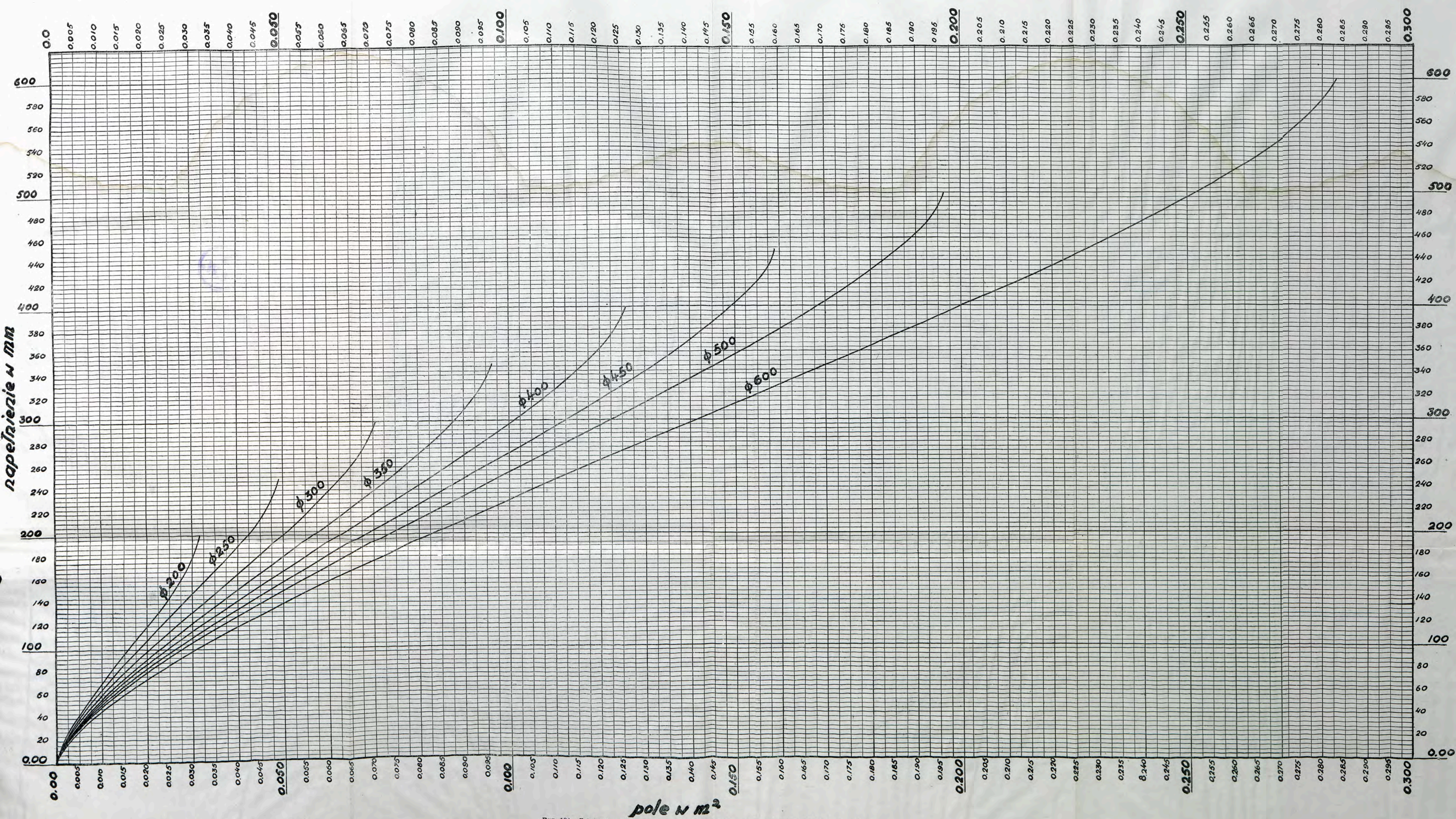
Spadek w promilach



daje przepływ przy całkowicie wypełnionym przekroju

Przepływ litrów na sekundę

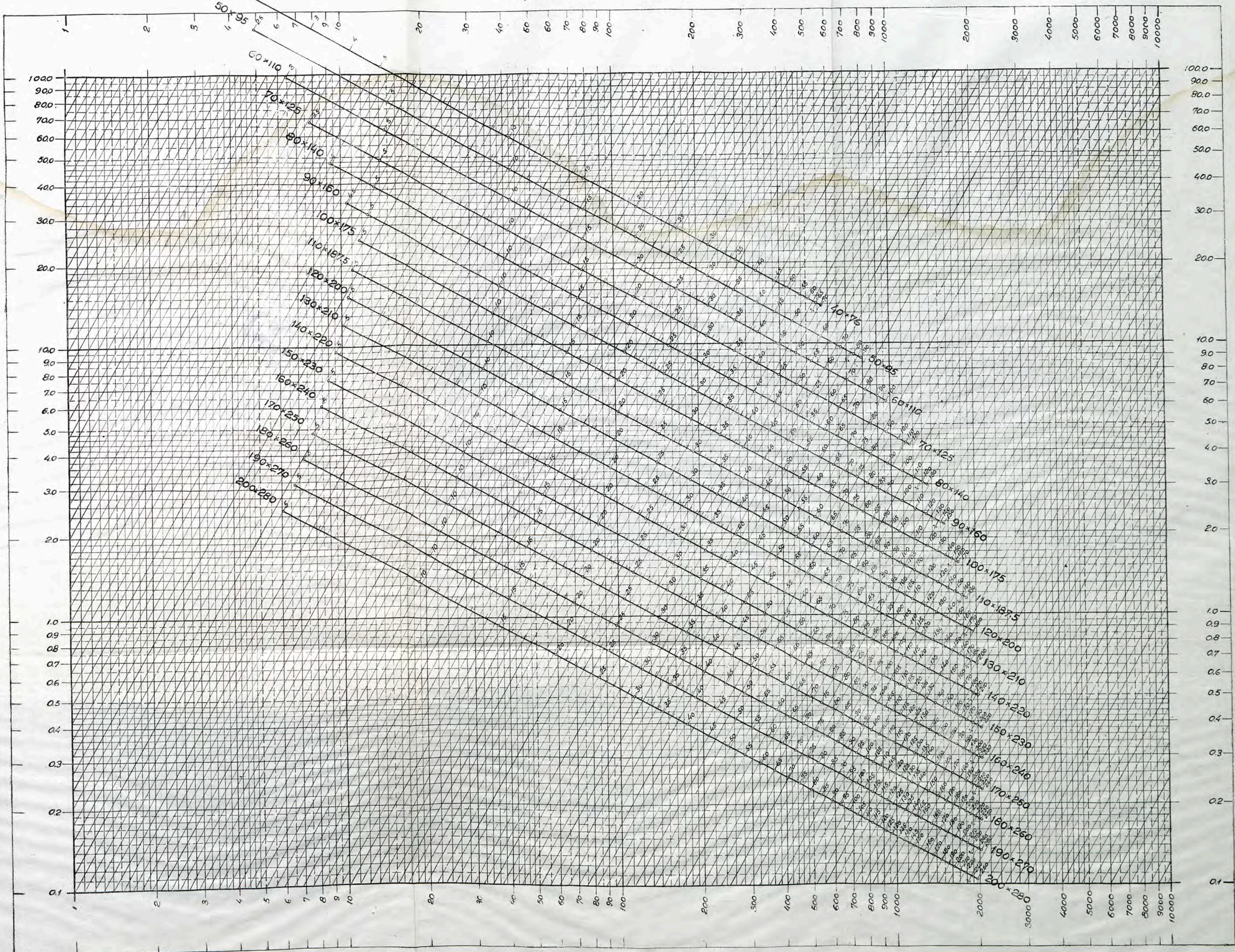
Rys. 103. Przekroje kołowe napelnione nad dnem. (Wszystkie wymiary w cm).



Rys. 104. Zależność między polem przepływu i napętnieniem przekrojów kanałów kołowych.

Spadek w promilach

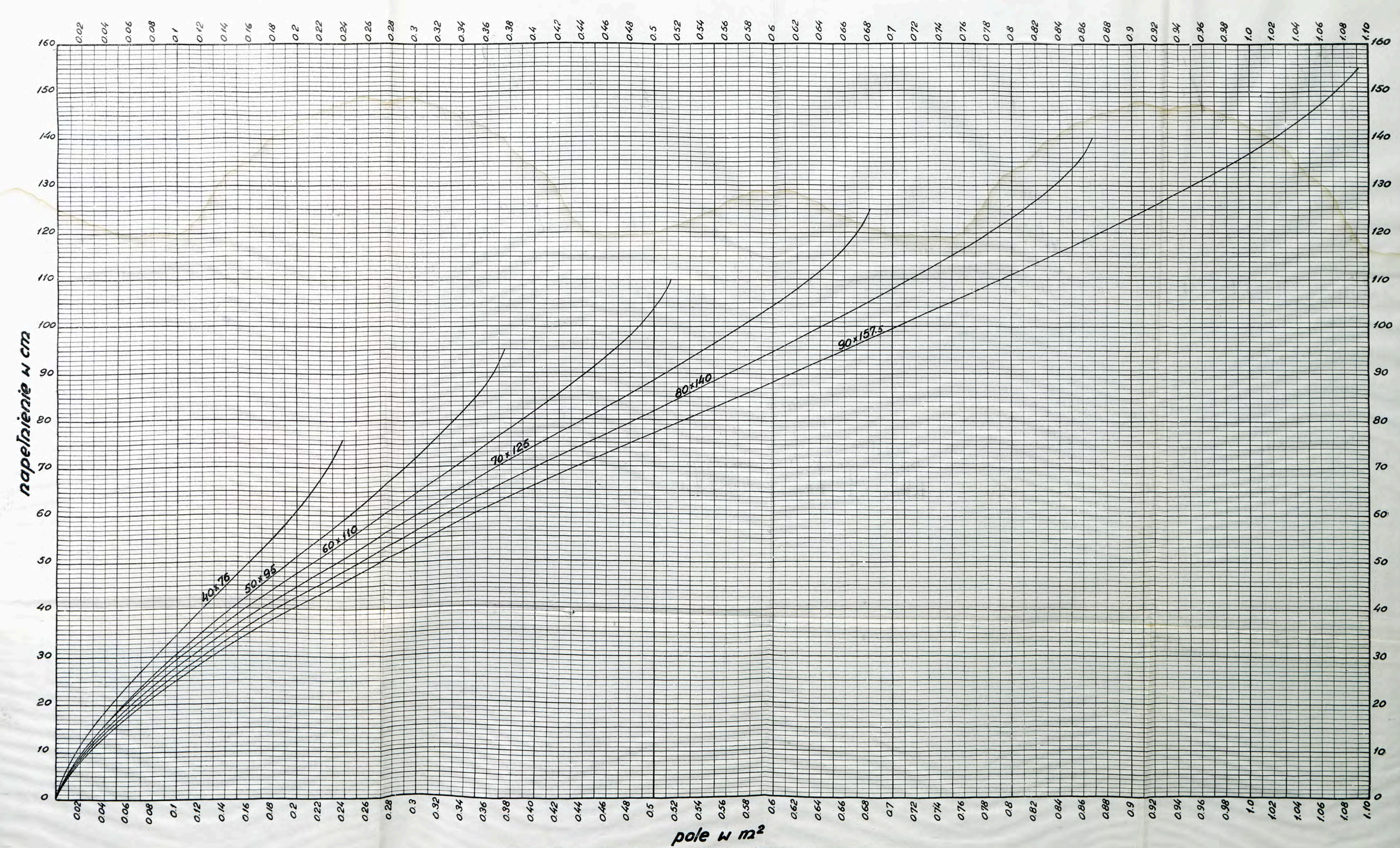
Przepływ litrów na sekundę



daje przepływ przy całkowicie wypełnionym przekroju

Przepływ litrów na sekundę

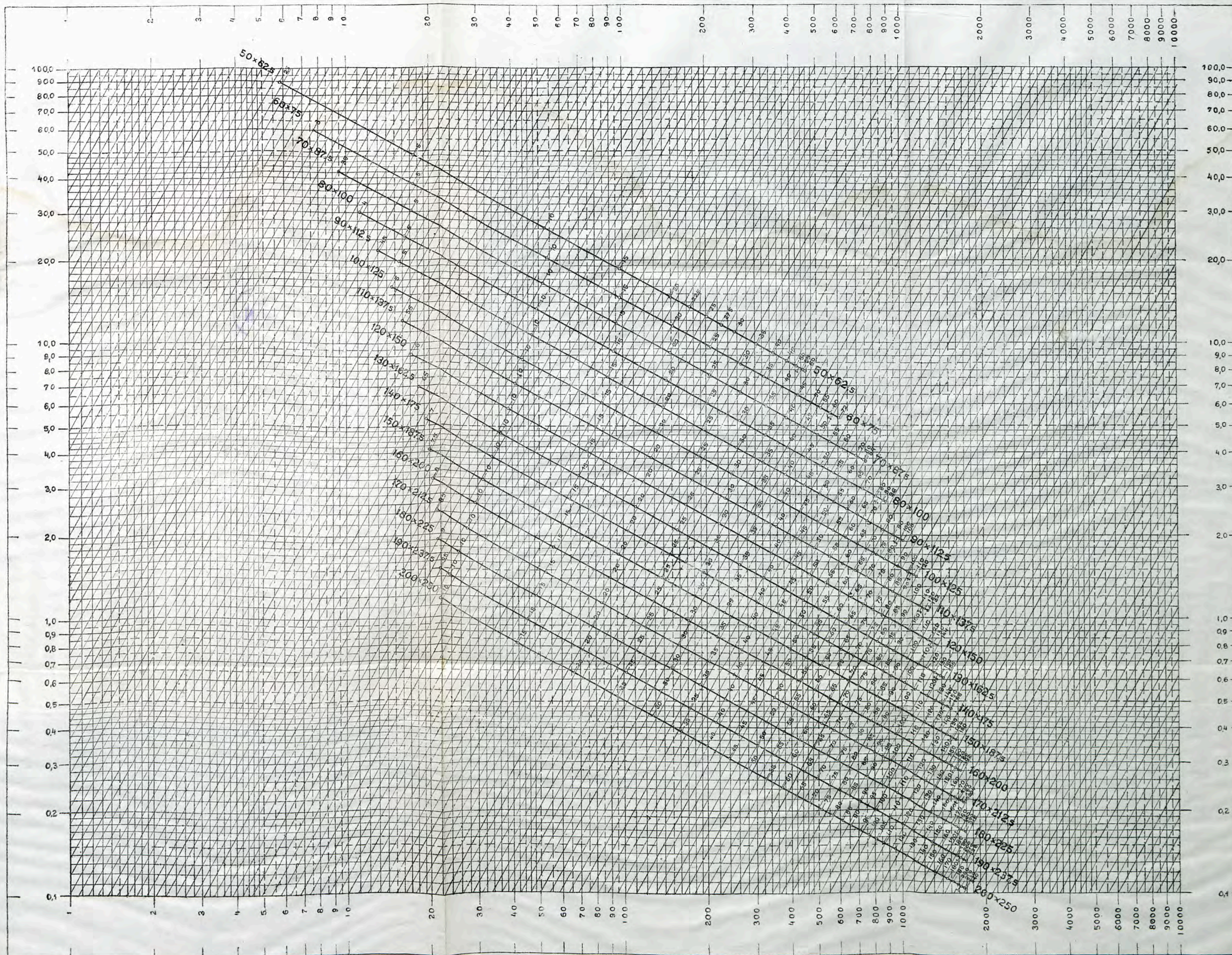
Rys. 105. Przekroje jajowe napełnione nad dnem. (Wszystkie wymiary w cm).



Rys. 106. Zależność pomiędzy polem przepływu i napężeniem przekrojów kanałów jajowych (podwyższonych).

spadek w ‰

spadek w ‰



daje przepływ przy całkowicie wypełnionym przekroju

litry na sekundę

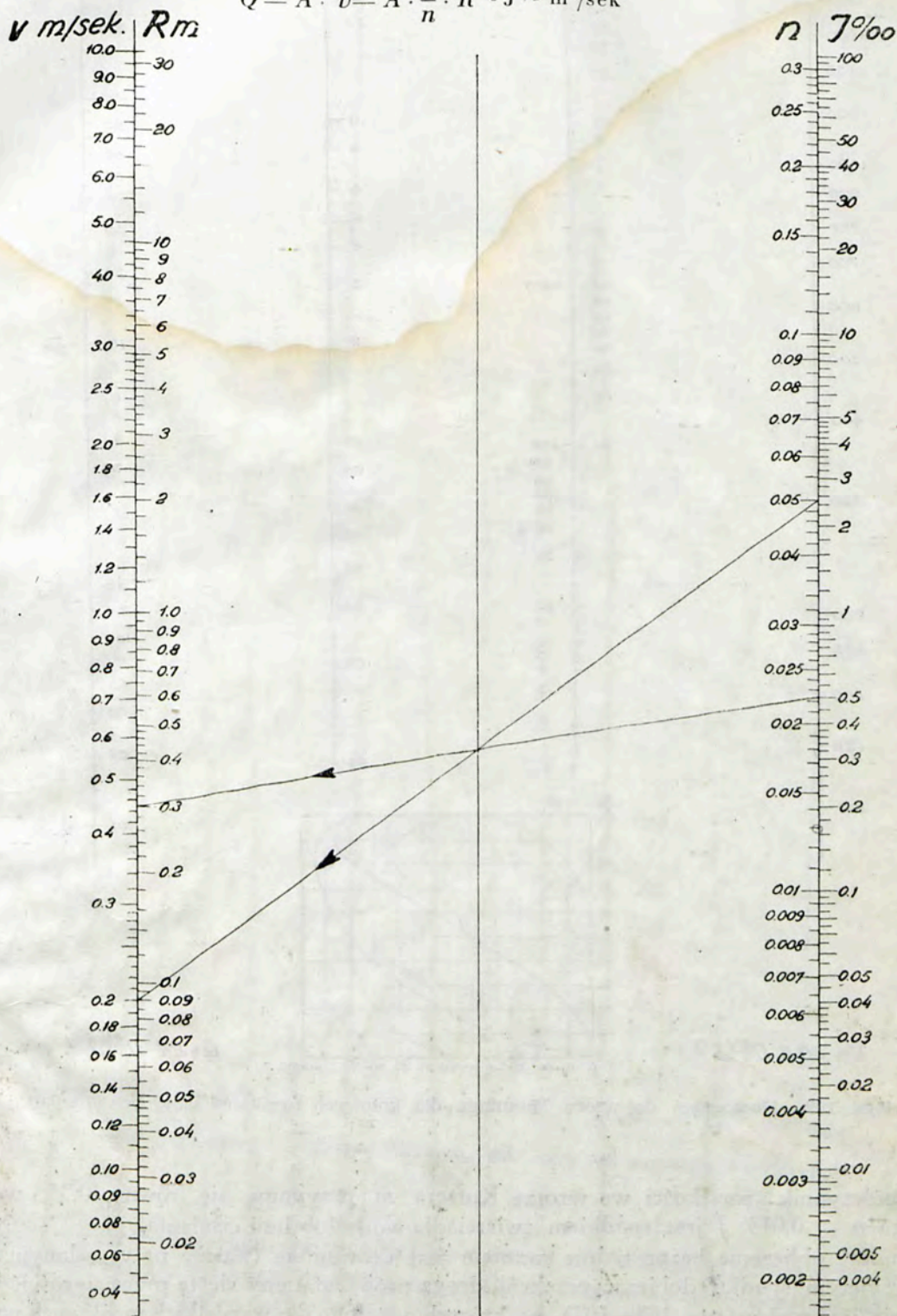
Rys. 107. Przekroje gruszkowe napełnione nad dnem. (Wszystkie wymiary w cm).

Obliczenie przekrojów kanałów odbywa się przy pomocy jednego z wzorów na ruch burzliwy jednostajny. Niezależnie od materiału wykonania kanałów przyjmuje się ten sam współczynnik szorstkości. W wypadku dobrze utrzymanej sieci kanalizacyjnej o gładkich ścianach z żelaza, cegły lub betonu współczynniki szorstkości mało się różnią. Najpowszechniej stosuje się do obliczeń uproszczony wzór Kuttera:

$$Q = A \cdot v = A \cdot \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{R J} \text{ m}^3/\text{sek} \quad (9)$$

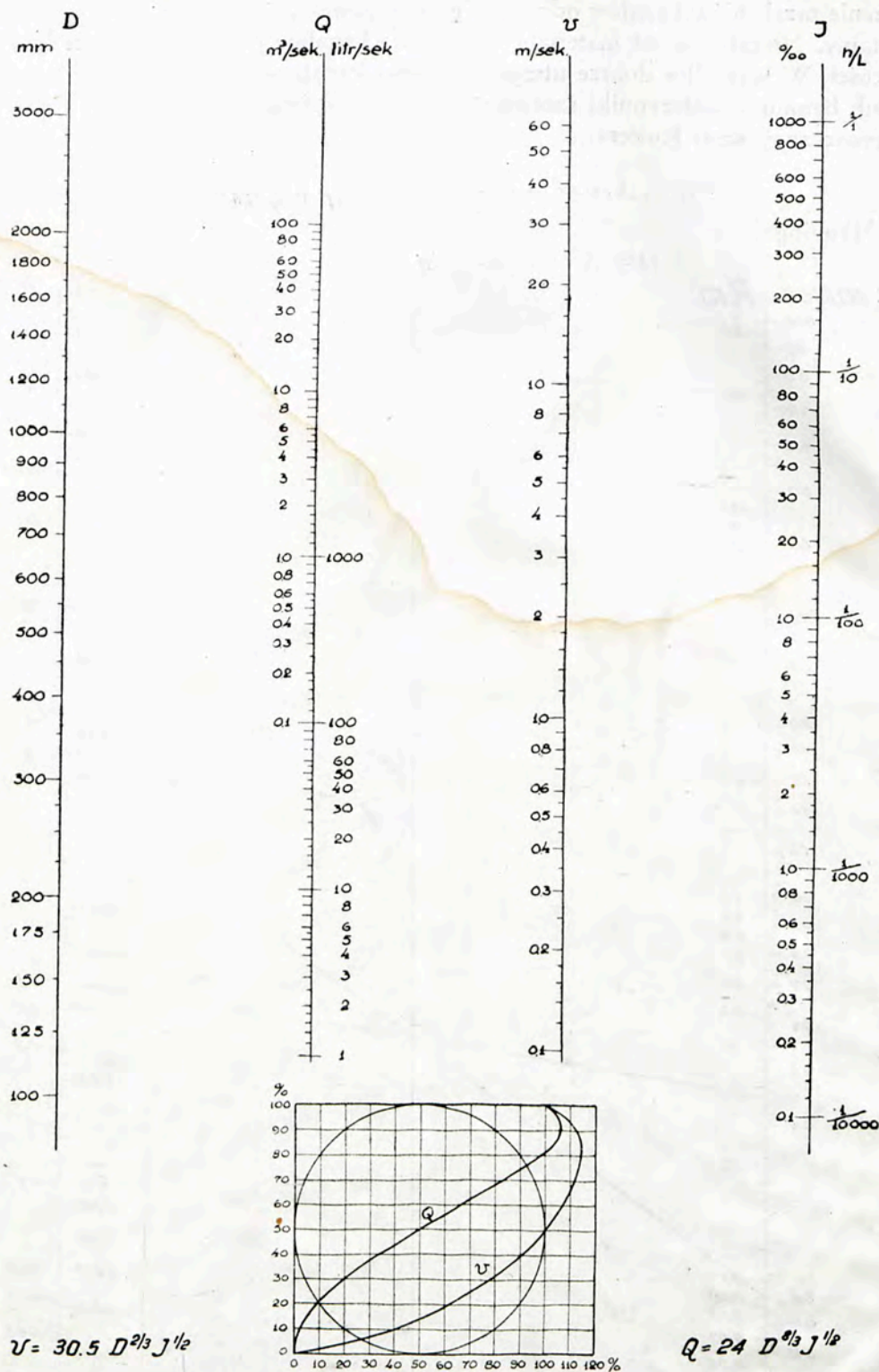
lub wzór Manninga:

$$Q = A \cdot v = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} J^{1/2} \text{ m}^3/\text{sek} \quad (10)$$



Rys. 108. Nomogram do wzoru Manninga na prędkość wody $v = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2}$ m/sek

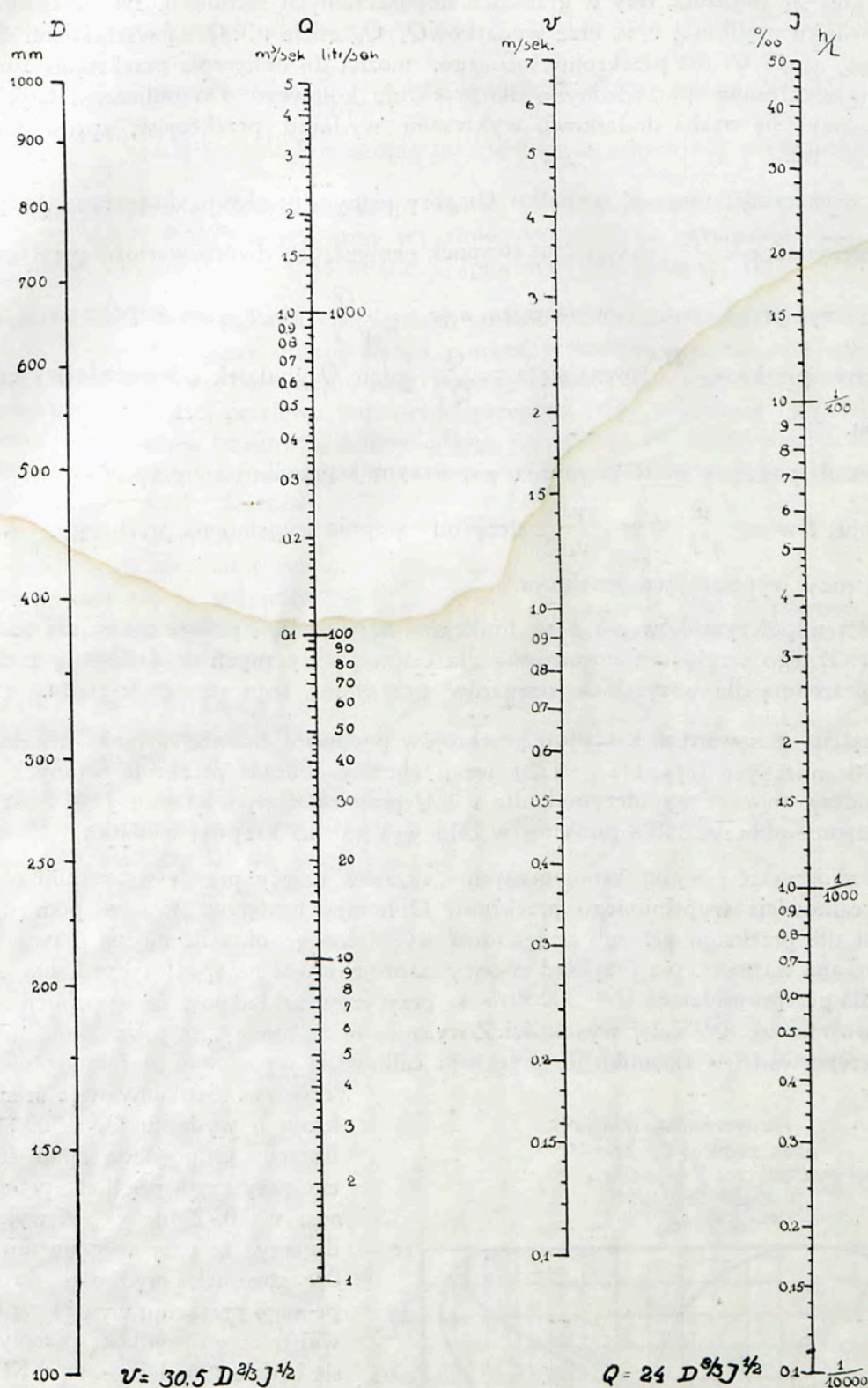
Przykład: dane $J = 0.5$; $R = 0.3$; $n = 0.05$; szukane $v = 0.2$.



Rys. 109. Nomogram do wzoru Manninga dla kołowych rur kanalizacyjnych $n = 0,013$.

Współczynnik szorstkości we wzorze Kuttera m przyjmuje się równy 0,35, we wzorze Manninga $n = 0,013$. J jest spadkiem zwierciadła wody lub linii ciśnienia.

Ponieważ obliczenie bezpośrednie wzorem jest utrudnione (należy przy zadanym przepływie i przyjętym spadku dobierać przekrój drogą prób), staramy się tę pracę uprościć przez zastosowanie wykresów (rys. 103—107), na których ustalono dla wszystkich możliwych wypadków i przekrojów ilości przepływu wody i napełnienia przekrojów. W ten sposób ułatwia się i przyspiesza bardzo pracę.



Rys. 110. Nomogram do wzoru Manninga dla kołowych rur kanalizacyjnych.
 $n = 0.013$.

Załączone wykresy pozwalają przeprowadzić obliczenia dla najczęściej stosowanych przekrojów kanałów kołowego i jajowego podwyższonego. Do obliczenia również posłużyć się można zwykłym wykresem drabinkowym do wzoru Manninga (rys. 108, 109, 110).

Przekroje złożone sprowadza się zwykle do przekroju kołowego o tej samej szerokości d . Stosunek wydatku obu porównywanych przekrojów nie pozostaje stały w miarę wzrostu d , jed-

nak błąd, jaki się popelnia, leży w granicach dopuszczalnych rachunku. Dla obliczonego raz na zawsze stosunku prędkości v_1/v_0 oraz wydatków Q_1/Q_0 , gdzie v_0 i Q_0 są wartościami dla przekroju kołowego, a v_1 i Q_1 dla przekroju złożonego, można do obliczenia przekrojów złożonych posługiwać się wykresami sporządzonymi dla przekroju kołowego. Do obliczenia napelnień przekrojów posłużyć się trzeba dodatkowo wykresami wydatku przekrojów, sprowadzonymi do średnicy $d = 1,0$.

Jeżeli oznaczymy stosunek wydatku Q_0 przy pełnym przekroju do pierwiastka ze spadku J przez współczynnik $c = \frac{Q_0}{\sqrt{J}}$, to wówczas stosunek powyższych dwóch wartości przy innym napelnieniu może być przedstawiony wyrażeniem $a \cdot c = \frac{Q}{\sqrt{J}}$, przy czym współczynnik a , zależący od napelnienia przekroju $\frac{H}{d}$ równa się $a = \frac{Q}{Q_0}$, gdzie Q wydatek odpowiadający częściowemu wypełnieniu.

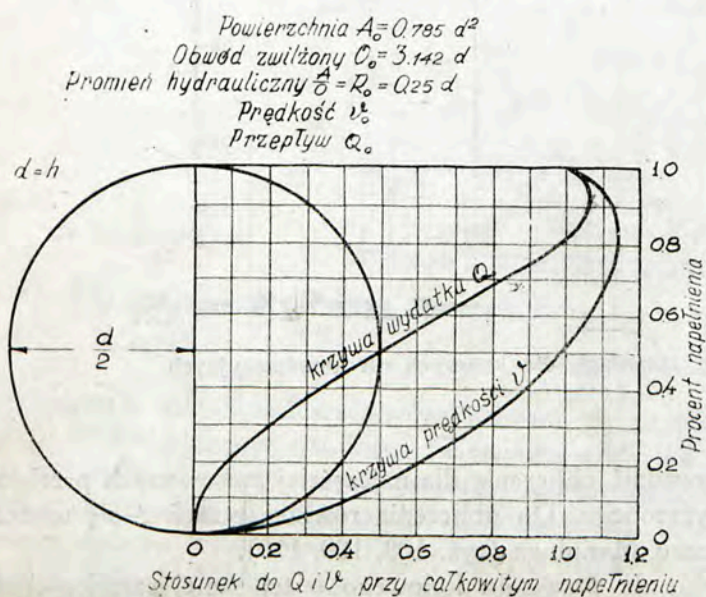
W sposób podobny obliczyć można współczynnik prędkości v przy częściowym wypełnieniu przekroju: $b w = \frac{v}{\sqrt{J}}$; $b = \frac{v}{v_0}$ zależy od stopnia wypełnienia przekroju $\frac{H}{d}$, zaś v_0 jest prędkością przy wypełnionym przekroju.

Wartości współczynników a i b są funkcjami napelnienia i prawie nie zależą od wymiarów przewodów. Z tego względu z dostateczną dla celów praktycznych dokładnością można przyjąć ich wartość średnią dla wszystkich rozmiarów przewodów tego samego kształtu.

Dla częściej stosowanych kształtów przekrojów podano obliczone stosunki zasadniczych elementów hydraulicznych (rys. 111 — 122). Jeżeli chcemy obliczać przekroje o innych kształtach, wówczas należy obliczyć współczynnik dla v i Q przy założonym spadku $J = 1$ oraz średnicy $d = 1$, następnie obliczyć kilka punktów w celu wykreślenia krzywej wydatku.

Chcąc skorzystać z wyżej wspomnianych wykresów należy przede wszystkim określić warunki dla całkowicie wypełnionego przekroju. Obliczając następnie stosunek pomiędzy dwiema wartościami dla przekroju pełnego i częściowo wypełnionego określić można przy pomocy wykresów szukane wartości. Na przykład chcemy zaprojektować na spadku $1^{0/00}$ kanał o przekroju kołowym dla przeprowadzenia $Q = 300$ litr/sek, przy czym zakładamy, że wypełnienie przekroju wynieść powinno ok. 0,9 całej wysokości. Z wykresu odczytujemy, że przy takim wypełnieniu przekrój przeprowadzi w stosunku do przekroju całkowicie wypełnionego 1,08-krotnie większy przepływ. Szukamy więc średnicy przekroju o wydatku $Q_0 = 300 : 1,08 = 278$ litr/sek. Odpowiada temu średnica 70 cm, przy czym prędkość przepływu wynosi $v_0 = 0,72$ litr/sek. Z wykresu znajdujemy, że przy wypełnieniu przekroju 0,9 stosunek prędkości do prędkości pełnego przekroju wyraża się liczbą 1,13, wobec czego prędkość przepływu wynosić będzie $v_0 = 1,13 \times v_0 = 1,13 \times 0,72 = 0,81$ m/sek.

Dla tego samego spadku oraz przepływu chcemy zaprojektować kanał o kształcie przekroju jajowego ($h=1,5 d$) tak, by był on wypełniony do pachwin, odpowiada to 0,67 wydatku pełnego przekroju. Dla tego kształtu przekroju stosunek jego wydatku Q oraz wydatku przekroju



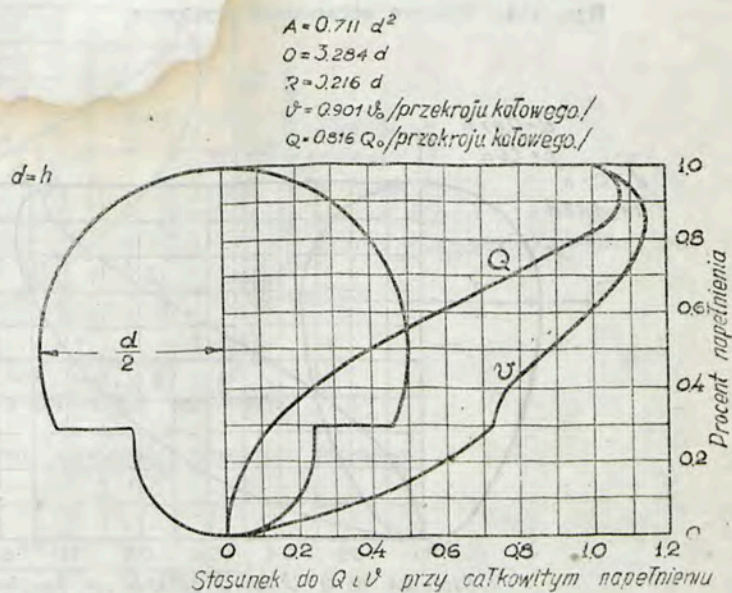
Rys. 111. Krzywe sprawności przekroju kołowego.

kołowego Q_0 przy wypełnionych przekrojach wynosi $\frac{Q}{Q_0} = 1,61$, zaś $\frac{v}{v_0} = 1,1$. Przekrój jajowy wypełniony całkowicie przeprowadza $\frac{300}{0,67} = 448$ litr/sek. Szukamy więc przekroju kołowego o wydatku $Q_0 = \frac{448}{1,61} = 278$ litr/sek. Poprzednio znaleźliśmy, że odpowiada temu średnica 70 cm,

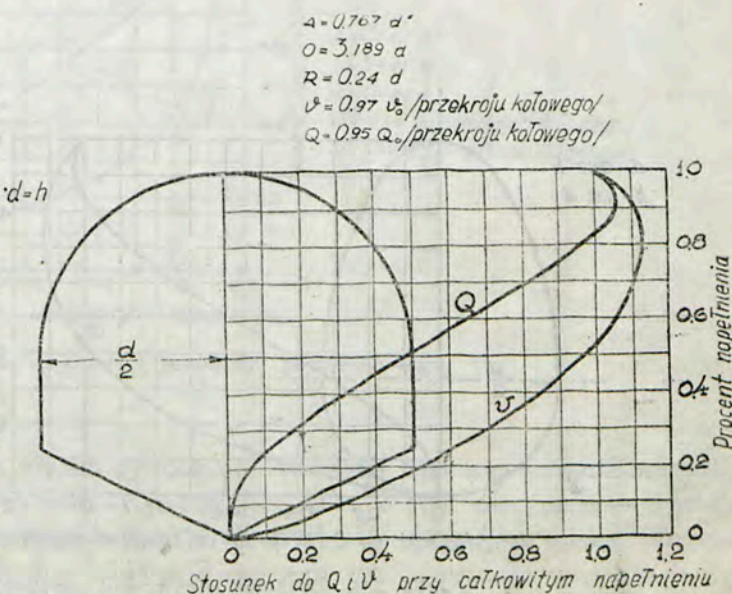
oraz że prędkość przepływu pełnego przekroju wynosi $v_0 = 0,72$ m/sek. Dla pełnego przekroju jajowego $v = 1,1 \times 0,72 = 0,79$ m/sek, przy wypełnionym zaś do pachwin przekroju $v = v \times 1,07$, wobec czego $v_1 = 1,07 \times 0,79 = 0,85$ m/sek. Odpowiedni jest przekrój 70×105 cm.

W wypadku kanalizacji jednolitej w węzłach podane być muszą ilości ścieków brudnych i deszczowych. Wody deszczowe sumuje się od punktu, w którym warunki miejscowe pozwalają na umieszczenie przelewu burzowego, przy pomocy którego zrzuca się nadmiar wód deszczowych do odbiornika. Poniżej przelewu burzowego przepływ do obliczenia wynosi przyjętą $(n+1)$ -krotną ilość ścieków brudnych, odpowiadając przyjętemu rozcieńczeniu. Ścieki brudne sumowane są w dalszym ciągu, natomiast sumowanie wód deszczowych rozpoczynamy od początku + pozostałość wód deszczowych za przelewem. Zwykle wód brudnych, jeśli są ich niewielkie ilości, nie zsumowuje się ze spływem deszczowym. W ten sposób oblicza się wszystkie odcinki kanałów.

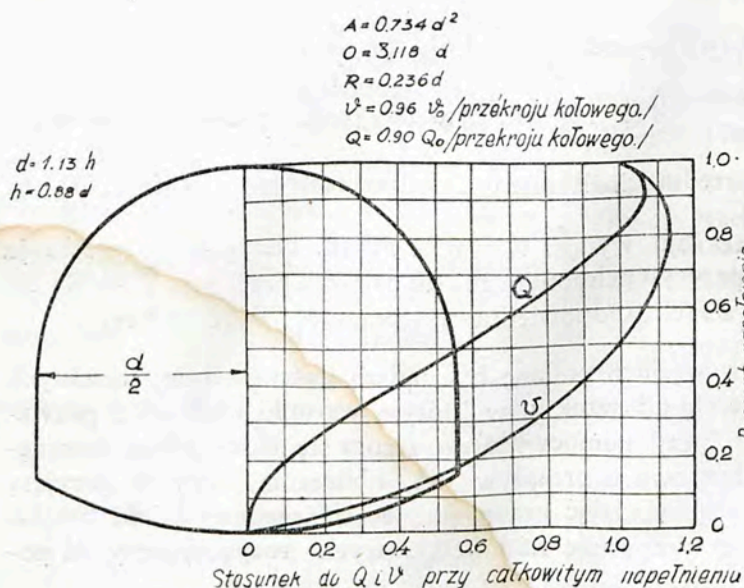
Na przekroju podłużnym (rys. 98) (podziałka wysokości 1:100, długości 1:2000—5000) podane być powinny, poza rzędnymi ulicy i niwelety dna kanału, rzędne zwierciadeł ścieków, spadki, długości odcinków, przekroje (wymiar kanału), głębokości piwnic i fundamentów domów, wyniki wierceń geologicznych z zaznaczonym zwierciadłem wody gruntowej; wskazane wloty bocznych kanałów z ich numeracją i podaną rzędną dna oraz oznaczone wszystkie obiekty uzbrajające sieć, jak: ponumerowane studzienki złazowe, świetliki, szyby śniegowe, przelewy burzowe, wpusty, płuczki, itd. Ulice przebiegu kanału powinny być nazwane na przekroju, z rozgraniczeniem, gdy kanał przechodzi w inną, oraz oznaczone i nazwane skrzyżowania z ulicami poprzecznymi. Można również na przekroju pohektrometrować kanał, choć zwykle orientuje się go według ulic i studzienek. Numerację kanałów przeprowadza się od dołu tak, jak kolejno dochodzą one do zbieracza głównego, względnie do zbieraczy. Studzienki numeruje się na zbieraczach od dołu, przy czym na wlocie bocznym kanałów



Rys. 112. Krzywe sprawności przekroju.



Rys. 113. Krzywe sprawności przekroju.

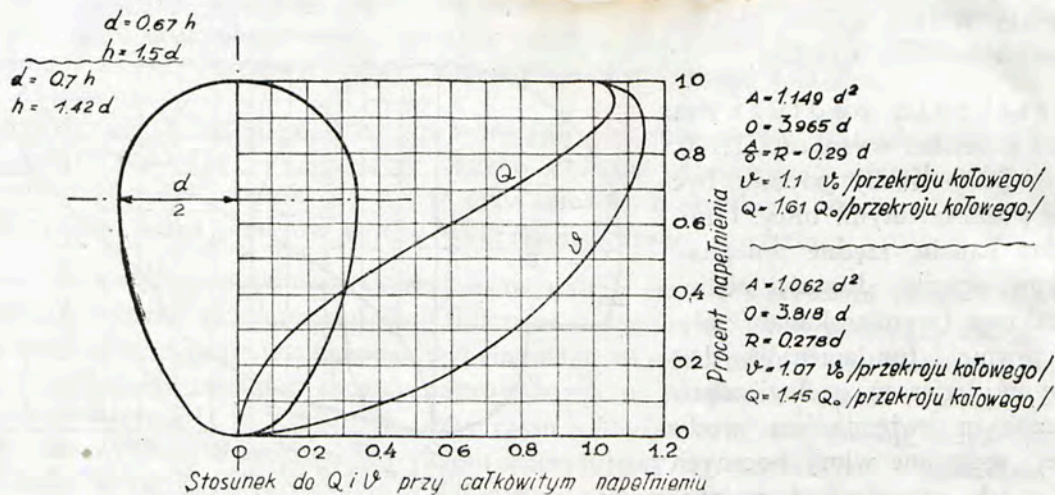


Rys. 114. Krzywe sprawności przekroju.

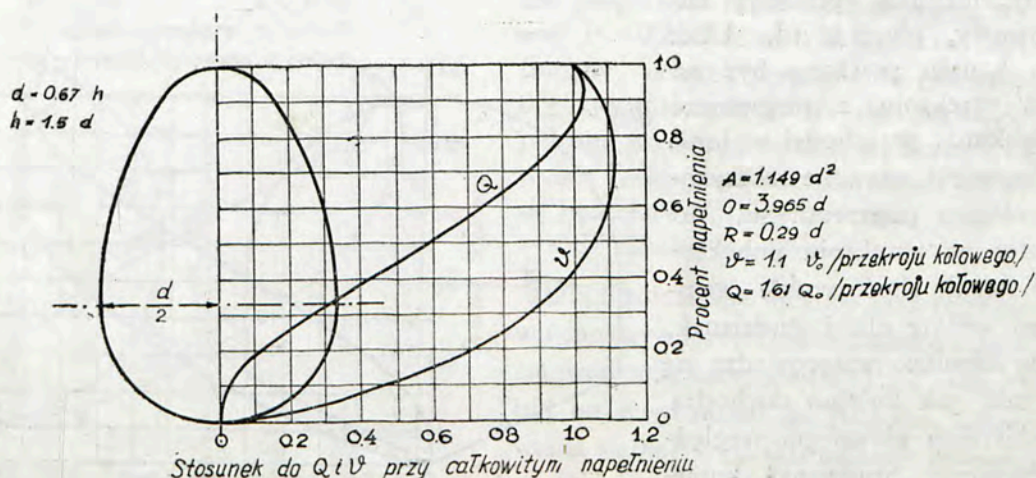
numerację przerywa się, oznaczając dalszymi bieżącymi numerami studzienki na dopływie, po czym wraca się z numerami na zbieracz (rys. 123).

Obliczenie sieci rozdzielonej przeprowadza się w sposób podobny, tylko osobno dla wód deszczowych i dla wód brudnych. Odpowiednie zestawienia będą więc nieco uproszczone.

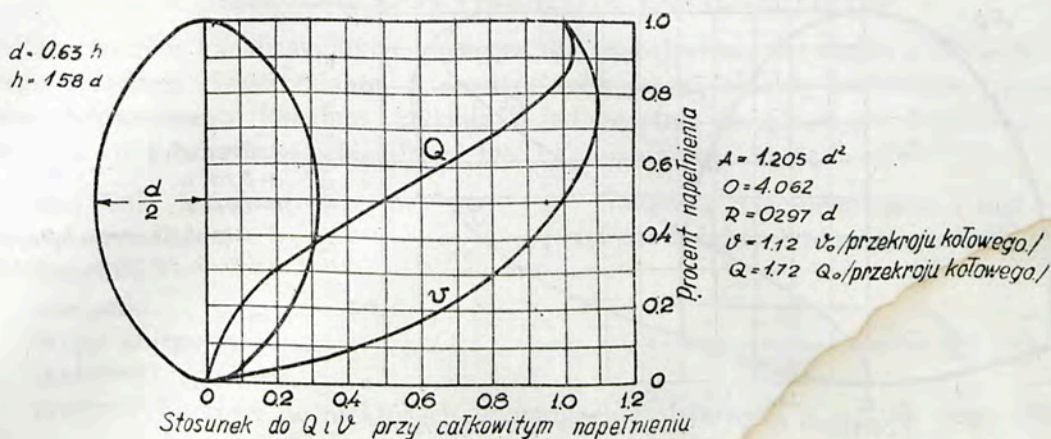
Na planie ulic miasta, z zaznaczonymi granicami zabudowy, wykreśla się wszystkie linie kanałów otrzymując projekt sieci przewodów odwadniających (rys. 97).



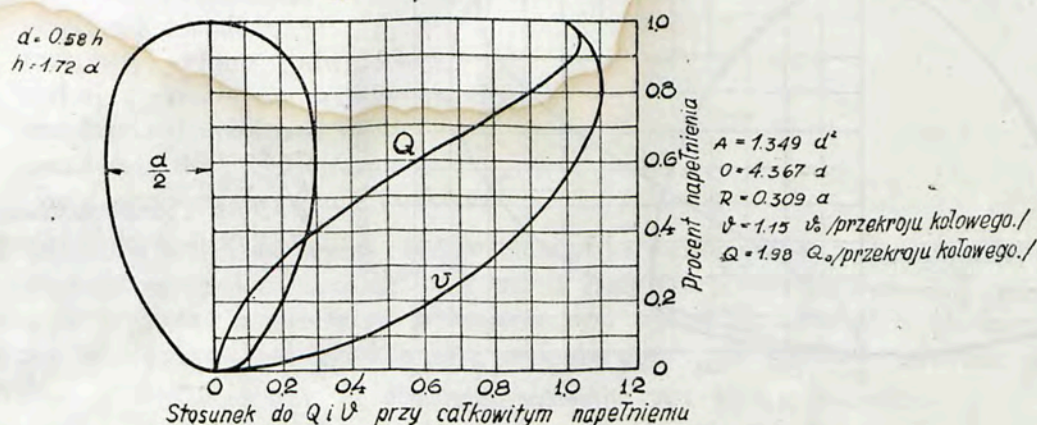
Rys. 115. Krzywe sprawności przekroju jajowego.



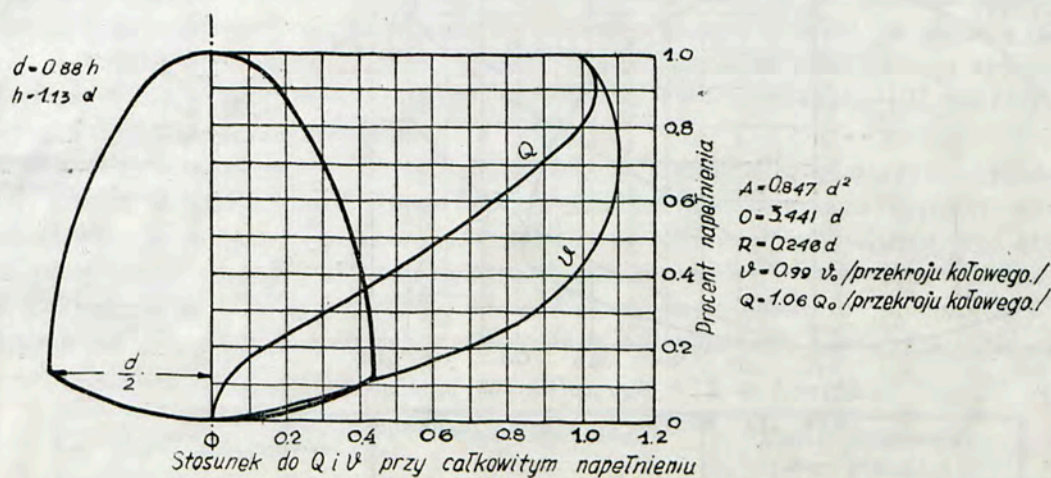
Rys. 116. Krzywe sprawności przekroju gruszkowego.



Rys. 117. Krzywe sprawności przekroju parabolicznego.

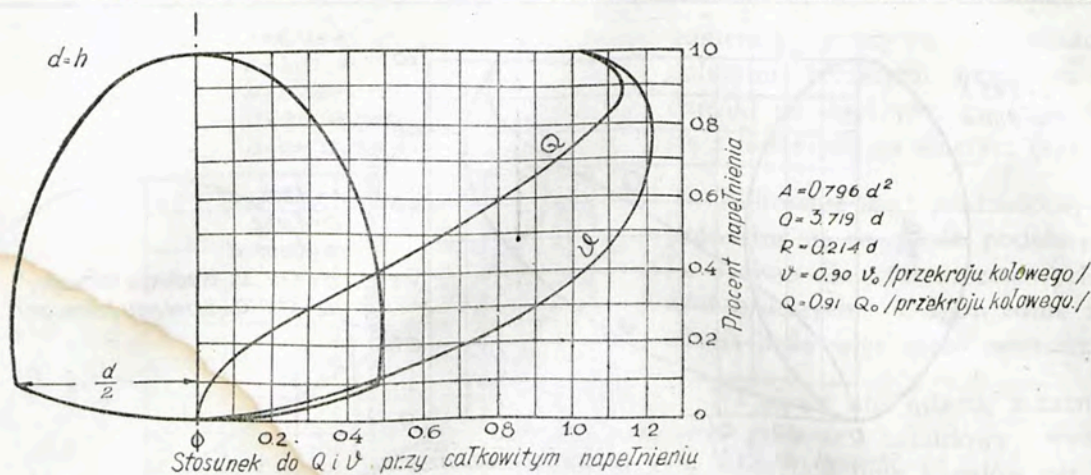


Rys. 118. Krzywe sprawności przekroju jajowego.

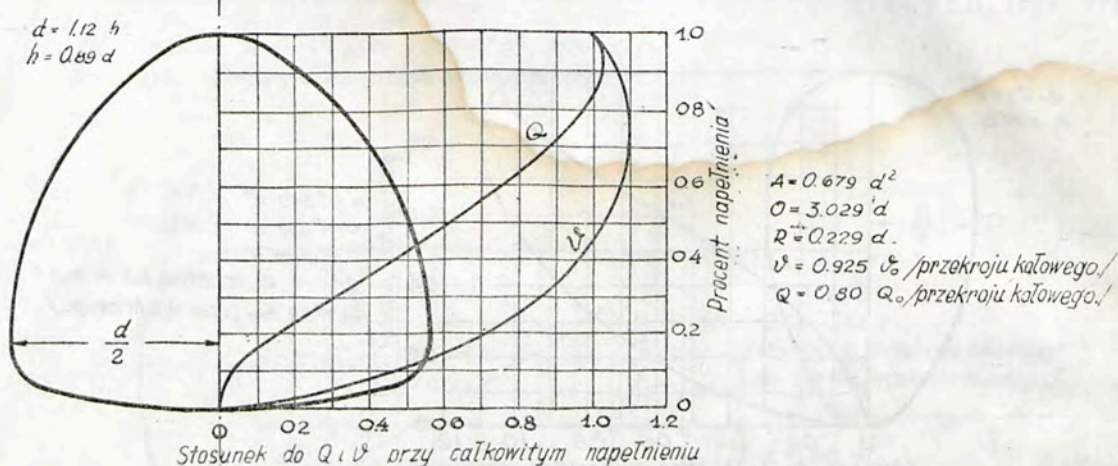


Rys. 119. Krzywe sprawności przekroju podkowiatostego.

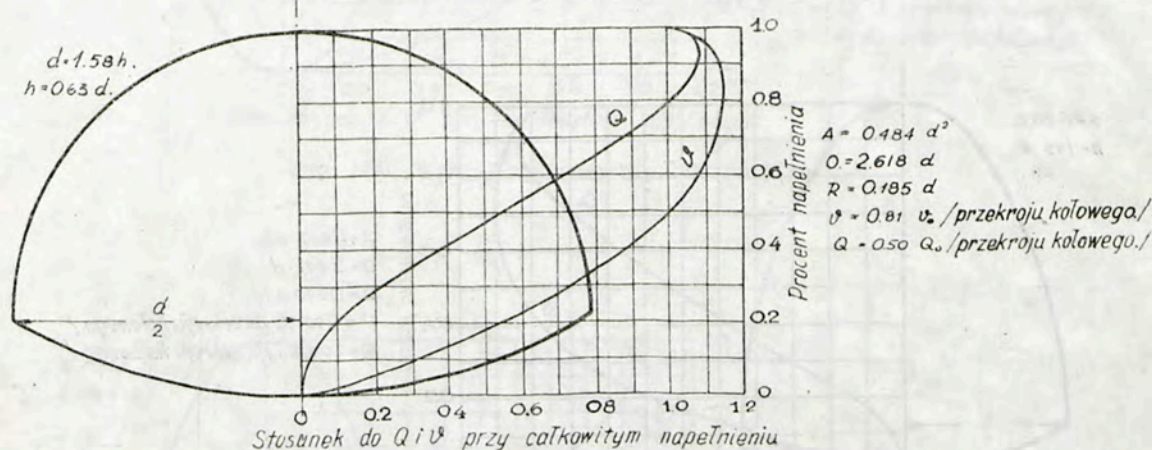
Zbieracze dla ich wyróżnienia kreśli się liniami grubszymi. Na planie zaznacza się kółkami miejsca studzienek złazowych oraz wszystkie obiekty uzbrajające sieć. Węzły otrzymują numerację zaznaczoną, jak wyżej powiedziano, na przekrojach podłużnych. Podane być muszą długości przewodów od węzła do węzła, spadek dna kanału, rozmiar przekroju oraz na wszystkich węzłach wpisane prostopadłe do osi przewodów rzędne niwelety dna, jak również na kociówkach oraz w miejscach zmiany spadku.



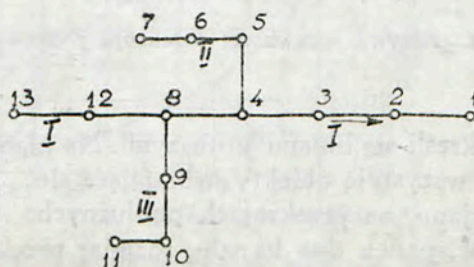
Rys. 120. Krzywe sprawności przekroju podkowiastego.



Rys. 121. Krzywe sprawności przekroju podkowiastego.



Rys. 122. Krzywe sprawności przekroju nieckowego.



Rys. 123. Numeracja kanałów i studzienek.