

11 A.210.395

4288/3
LB.

KOMISJA WYDAWNICZA
TOW. BRATNIEJ POMOCY STUDENTÓW POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

Prof. I. RADZISZEWSKI

WODOCIĄGI I KANALIZACJA

ROZDZIAŁY Z WYKŁADÓW
W POLITECHNICE WARSZAWSKIEJ

OBLICZANIE SIECI KANALIZACYJNEJ NA WODĘ DESZCZOWĄ



Nr. Wyd. 124a.

WARSZAWA,
DRUKARNIA I LITOGRAFJA „SATURN” MARSZAŁKOWSKA 91
1925

KOMISJA WYDAWNICZA
TOW. BRATNIEJ POMOCY STUDENTÓW POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

Prof. I. RADZISZEWSKI

WODOCIĄGI I KANALIZACJA

ROZDZIAŁY Z WYKŁADÓW
W POLITECHNICE WARSZAWSKIEJ

OBLICZANIE SIECI KANALIZACYJNEJ NA WODĘ DESZCZOWĄ



Nr. Wyd. 124a.

WARSZAWA,
DRUKARNIA I LITOGRAFJA „SATURN” MARSZAŁKOWSKA 91
1925

II. 1. 210. 395



1977 W 882 | 3

W kanalizacji ogólnie spławnej o wymiarach kanałów decyduje ilość wody deszczowej, która z powierzchni ziemi dostaje się do wnętrza kanałów.

Ilość wody deszczowej, spływającej do kanałów zależy
a/ od natężenia deszczu, b/ od czasu trwania deszczu,
c/ od stanu zlewni, t.j. powierzchni, na którą deszcz spada, d/ od ukształtowania, rozległości i spadziowości zlewni.

Natężenie deszczu mierzymy grubością warstwy wodnej w mm., która by się utworzyła, gdyby deszcz z niezmiennym natężeniem padał w ciągu jednostki czasu: godziny, minuty czy sekundy. Natężenie można też mierzyć ilością litrów wody, która spadnie w postaci deszczu na 1 ha w jednostkę czasu, najczęściej w 1 sekundę.

$$\begin{aligned} 1 \text{ mm./godz.} &= 2,78 \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{ha}} \\ 1 \text{ mm./min.} &= 167 \quad \text{''} \end{aligned}$$

Natężenie deszczu jest w pewnej, jakkolwiek niezbadanej, zależności od czasu trwania deszczu.

Im deszcz jest silniejszy, tem krócej trwa i rzadziej się przytrafia. Zazwyczaj pod uwagę brać będziemy deszcze o różnych natężeniach i czasach trwania z warunkiem, że deszcze te zdarzają się przynajmniej 1 do 3 razy do roku.

Niech q_d oznacza liczbę litrów wody, która spada na powierzchnię 1 ha w sekundę. Jeżeli pole zlewni, zasila-



jącej dany kanał, jest P ha. wówczas do kanału mogłoby przyprłynąć $P \cdot q_d$ litrów w ciągu sekundy.

Zależnie od stopnia przepuszczalności powierzchni zlewni, pewna część wody deszczowej zostanie na miejscu lub w najbliższym sąsiedztwie, reszta dopłynie do kanału i zasili go. Powyższą okoliczność możemy uwzględnić, wprowadzając t.zw. spółczynnik spływu z terenu. Oznaczamy go przez φ .

Możemy przyjąć że dla

- powierzchni dachów - $\varphi = 0,85 \sim 0,95$
- bruku szczelnego - $\varphi = 0,7 \sim 0,9$
- " zwykłego - $\varphi = 0,5 \sim 0,7$
- szosy - $\varphi = 0,4 \sim 0,5$
- alei spacerowych - $\varphi = 0,15 \sim 0,3$
- powierzchni nieumocnionych - $\varphi = 0,1 \sim 0,2$
- parków, ogrodów - $\varphi = 0 \sim 0,1$

Uwzględniając przepuszczalność terenu, otrzymamy ilość wody spływającej do kanału z P ha:

$$Q = \varphi \cdot P \cdot q_d$$

Powyższa ilość wody może jednak nie zdążyć dopłynąć do najniższego punktu kanału, jeśli czas trwania deszczu nie będzie do tego dostateczny, aby woda z całej zlewni zdolała dopłynąć do najniższego punktu.

Ze stąd może powstać pewne zmniejszenie przepływu wody przez kanał, zauważamy, jeśli przyjmiemy, że czas po-

trzebny na przepłynięcie wody przez całą długość kanału jest większy, niż czas trwania deszczu: pierwszej, nim dopłynie woda, która dostała się do kanału na jego początku, do końca kanału, deszcz przestaje padać i skutkiem tego przepływ wody przez dane miejsce rozciągnie się na czas dłuższy. Stąd powstaje pewne opóźnienie w przepływie wody. W obliczeniach możemy uwzględnić tę okoliczność, stosując t.zw. spółczynnik opóźnienia, który będziemy oznaczali przez ψ ; wówczas ilość wody, przepływającej przez dany przekrój kanału, obliczymy

$$Q = \psi \cdot \varphi \cdot P \cdot q_d.$$

W razie przybliżonego obliczania /jako pierwsza próba/ przyjmuje się $\psi = \frac{1}{\sqrt{P}}$, gdzie P jest powierzchnia zlewni w ha, zaś dla n przyjmujemy różne wartości od 4 do 8, zależnie od charakteru zlewni.

Przy wyborze współczynnika n można przyjąć jako warunki przeciętne; jeśli spadki terenu i kanałów są średnie, mogące warunkować naprz. prędkość w kanale około 1,2 m/sek; co się zaś tyczy konfiguracji terenu, jeśli można przyjąć, że długość zlewni jest dwa razy większa niż jej szerokość, dla takich warunków pośrednich można przyjąć $n=6$. W razie, jeśli teren i kanały mają słabsze spadki, konfiguracja zaś zlewni jest wydłużona, wówczas można przyjąć $n=4 \sim 5$. Odwrotnie, jeśli spadki są duże, zaś zlewnia ma kształt bardziej zaokrąglony, wówczas można przyjąć $n=8$.

Powyższe założenia, oparte na dowolności, nie zawsze mogą dać wyniki zgodne z rzeczywistością.

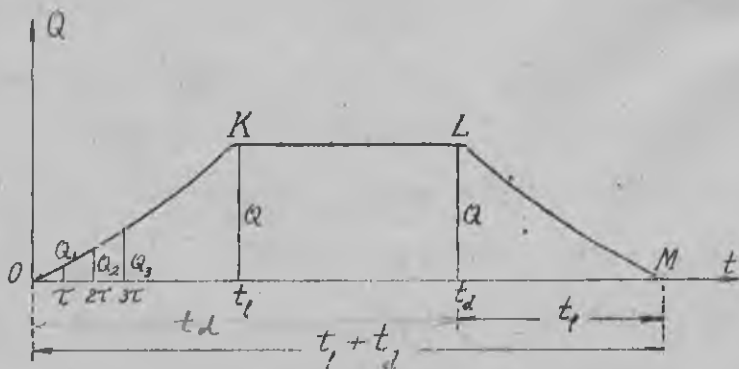
Dlatego podano kilka pomysłów, które dają do logiczniejszego uwzględnienia możliwie wszystkich tych warunków, które na opóźnienie wpłynąć mogą.

Ponieżj podajemy metodę Vicari'ego, która dąży do oznaczenia, możliwie dokładnie, ilości przepływu przez różne przekroje kanału z uwzględnieniem czasu trwania deszczu, natężenia deszczu, prędkości w kanałach.

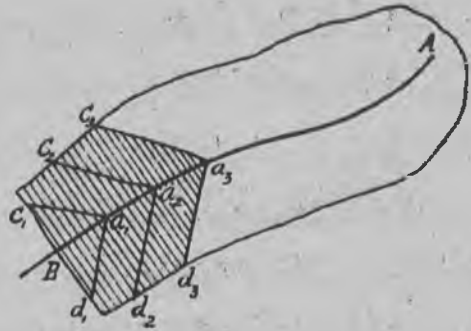
Niech będzie kanał o długości l ; powierzchnia zlewni niech się $= P$; czas trwania deszczu $= t_d$ sek.; natężenie deszczu $= q_d$ litrów na sekundę z ha. Spadek kanału, dajmy na to α , niech zezwala na prędkość wody w kanale i po powierzchni terenu $= v$.

Przy tych założeniach czas potrzebny do przepłynięcia przez całą długość l kanału $= t_l$ oznaczmy: $t_l = \frac{l}{v}$

Obieramy osi współrzędnych prostokątnych; na osi poziomej będziemy odkładali czas; na osi pionowej - ilości przepływu.



Badajmy, jakie ilości wody będą przepływać przez przekrój kanału w B od chwili rozpoczęcia się deszczu. Po czasie τ do B przepłyną kanałem te cząstki wody,



które były w chwili rozpoczęcia deszczu w punkcie a , kanału w odległości $a_1B = v\tau$. Jednocześnie do B dopłyną i te cząstki wody, które z chwilą powstania deszczu znajdą się na powierzchni, ograniczonej linjami a, c , i a, d , gdzie $c_1B = d_1B = a_1B$. Niech ta powierzchnia = p_1 ha. Po czasie 2τ do punktu B dopłynie woda z powierzchni $c_2 a_2 d_2 d_1 B c_1 = p_2$ przyczem $a_2B = v \cdot 2\tau$.

Po czasie 3τ dopłynie woda z powierzchni $c_3 a_3 d_3 d_2 d_1 B c_2 = p_3$ i tu znów $a_3B = v \cdot 3\tau$. i t.d.

Z powierzchni p_1 spłynie ilość wody $Q_1 = \varphi p_1 q_d$;
 z powierzchni p_2 spłynie ilość wody $Q_2 = \varphi p_2 q_d$;
 " " " " " " $Q_3 = \varphi p_3 q_d$ i t.d.

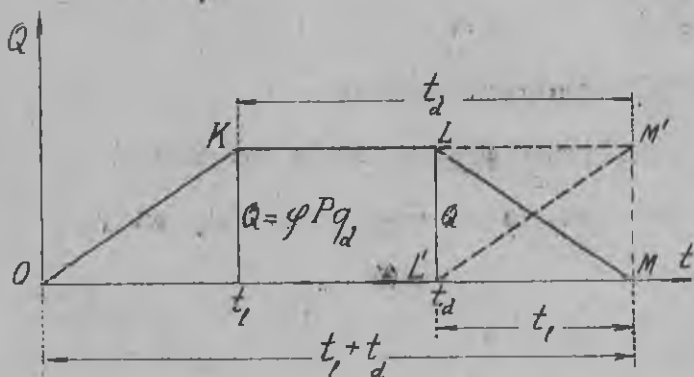
Wreszcie po czasie t_1 spłynie woda z całej zlewni o powierzchni P i ilość wody = $Q = \varphi P q_d$.

Na obranych osiach współrzędnych odłożymy: $\tau, 2\tau, 3\tau$ i t.d. Wreszcie t_1 , na rzędnych odpowiednie wartości Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q . Otrzymamy szereg punktów, które utworzą krzywą spływu OK.

Jeśli deszcz trwa dłużej niż t_1 , czyli jeśli $t_d > t_1$, wówczas przez przeciąg $t_d - t_1$ stale przez kanał płynie ilość wody Q , a linia spływu będzie równoległa do osi t . Wreszcie, kiedy deszcz przestanie padać, ilość przepływu przez przekrój B zacznie się zmniejszać, gdyż już nie będzie dopływała woda z powierzchni najbliższych do B , następnie dalszych, aż po dopłynięciu ostatnich cząstek, które spadły przy A , przepływ wody przez przekrój B zupełnie ustanie. Czas, który przejdzie od chwili skończenia deszczu do spłynięcia wody przez B , wyniesie t_1 , a całe zjawisko od początku deszczu trwało $t_d + t_1$.

Dla danej zlewni, odwadnianej kanałem AB otrzymujemy wykres spływu $OKLM$, przy czym części wykresu OK i LM otrzymują się krzywe, zależnie od ukształtowania zlewni.

Ponieważ całe obliczenie nie jest oparte na ścisłych danych, przeto i niema potrzeby wyznaczania owych krzywych, wystarczy zastąpić je linjami prostymi, oznaczwszy punkty K i L , co łatwo uskuteczniamy, pamiętając, że po czasie t_1 ilość spływającej wody $= Q = \varphi P q_d$.



Wówczas otrzymamy wykres prostszy, może mniej dokładny, ale praktyczniejszy w zastosowaniach, niż poprzednio. Na odciętej

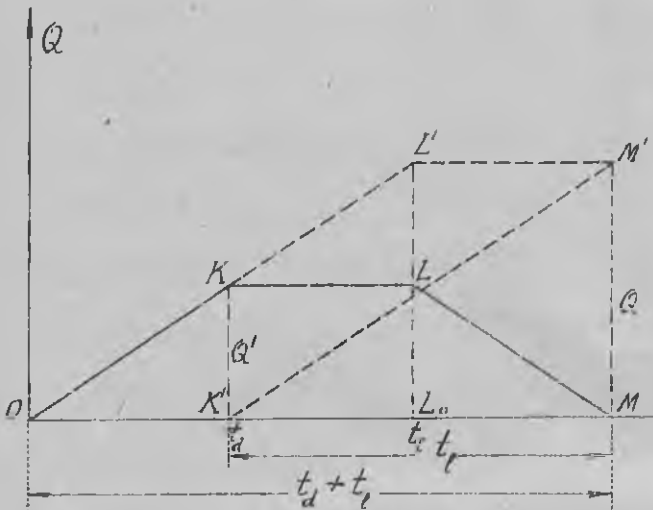
t_1 odkładamy rzędną Q i łączymy punkt O z K i tak samo otrzymujemy punkt L na odciętej t_2 ; następnie znalazłszy punkt M / $OM = t_1 + t_2$ /, łączymy L z M linią prostą i wykres spływu przedstawimy linią łamaną $OKLM$.

Dogodniej będzie pole spływu cokolwiek inaczej przedstawić: nie w postaci trapezu $OKLM$ lecz w postaci równoległoboku $OKM'L'$. Żeby wykreślić żądany równoległobok należy na odciętej / $t_1 + t_2$ /, a więc z punktu M wystawić rzędną $MM' = Q$, poczem prowadzimy przez M' prostą równoległą do OK .

Odcinki równoległe do osi Q otrzymywane z równoległoboku $OKM'L'$ będą te same co i rzędne linii $OKLM$ dla tych samych odciętych.

Z wykresu tego widzimy, że największa ilość wody, która przez kanał w p. B przepłynie wynosi Q , czyli że żadnego opóźnienia nie będzie. Największa fala przyjdzie po czasie t_1 od początku deszczu. Woda będzie przepływać w tej samej ilości w ciągu następnych $t_2 - t_1$, wreszcie z chwilą ustania deszczu ilość wody przepływającej będzie maleć, aż wreszcie po czasie $= t_2 + t_1$ od początku deszczu woda deszczowa przestanie płynąć. Łatwo z wykresu wywnioskować, że „opóźnienia” dlatego nie zaobserwujemy, że $t_1 < t_2$. To samo będzie przy każdym $t_1 < t_2$, a wreszcie przy $t_1 = t_2$ będzie tylko

jedną chwilą, kiedy przez przekrój B przepłynie cała ilość wody Q , poczem zacznie się ta ilość zmniejszać.



Inaczej się sprawa przedstawi, jeśli $t_l > t_d$. Wówczas ilość wody Q , która na dany teren opadnie zdołałaby wówczas przy płynąć do B , gdyby deszcz trwał dłużej niż po-

trzeba czasu na przepłynięcie wody kanałem z A do B .

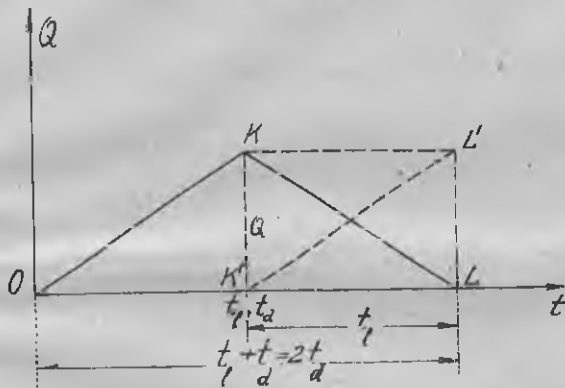
W tym momencie, kiedy deszcz ustaje, a więc po czasie t_d od początku, przez kanał płynie ilość wody Q' .

Ponieważ deszcz przestał padać, większa ilość wody nie będzie mogła przy płynąć. Zatem przez pewien czas ilość wody Q' pozostanie bez zmiany tak długo, dopóki nie nadpłyną te cząstki wody, które dostały się do kanału przy A , t.j. po czasie t_l i od tej chwili ilość wody przepływającej będzie się zmniejszać do zera do czasu $t_l + t_d$ od początku deszczu. Otrzymujemy tą drogą wykres pola spływu $OKLM$. Z rysunku widać, że to samo rzędne co z pola $OKLM$ otrzymamy i z równoległoboku $OL'M'K'$. Pole spływu będziemy na przyszłość rozpatry-

wali w tej ostatniej postaci.

Z powyższego widzimy, że w przypadku kiedy $t_1 > t_d$ nastąpi t.zw. opóźnienie dopływu, gdyż przez przekrój przepływie największa ilość wody Q' ; zatem $Q' = \psi Q$ skąd $\psi = \frac{Q'}{Q}$; z trójkątów OKK' i $OL'L$. mamy: $\frac{Q'}{Q} = \frac{t_d}{t_1}$, a więc $\psi = \frac{t_d}{t_1}$. gdzie ψ oznaczy spóącz. opóźnienia.

Kiedy $t_1 = t_d$ otrzymamy wykres spływu, jak niżej.

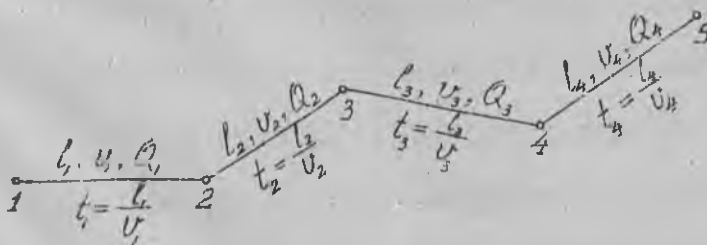


Będzie to pole OKL lub $OK'L'K'$.

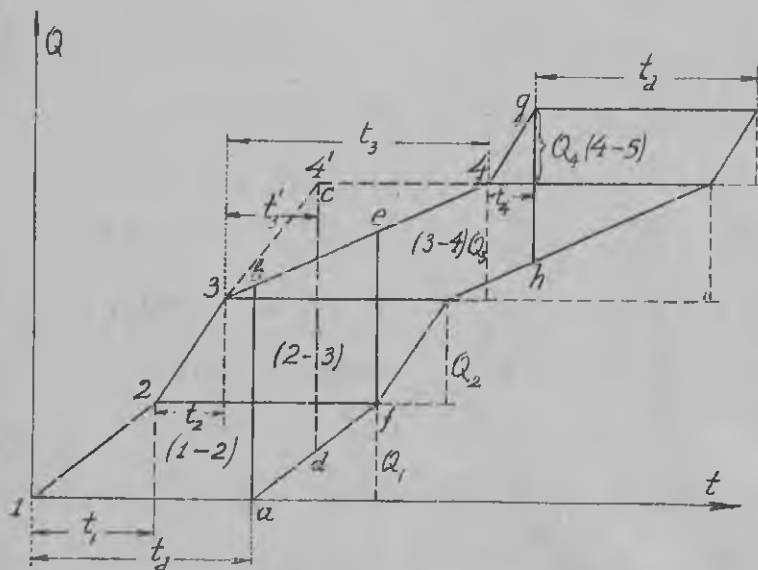
W tym przypadku spóącz. czynnik $\psi = 1$.

Toż samo powiedzie- libyśmy o przypadku, kie- dy $t_1 < t_d$.

Przypuścimy, że mamy jeden ciąg kanału złożony z kilku przewodów o różnych długościach, przekrojach, spadkach i zatem prędkościach.



Dla każdego kanału możemy wy- kreślić pole spły- wu na wzór poprzed- nich i następnie



pola te zestawić w jedno ogólne uwzględniając czas, w którym woda deszczowa spływając kolejno z poszczególnych kanałów dopłynie do węzła 1.

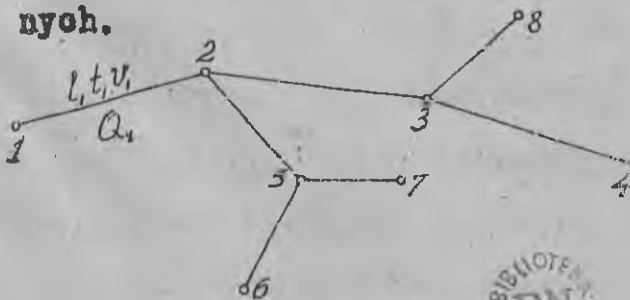
Wykreśliamy przedewszystkiem pole spływu dla kanału /1-2/. Następnie prystępujemy do wykreślenia pola spływu dla kanału /2-3/. Przyjmując pod uwagę, że pierwsze cząstki wody z tego kanału dopłyną do węzła 1 dopiero po czasie t_1 , razem z cząstkami kanału 1-2, które spadły na samym końcu tego kanału, należy pole spływu z kanału /2-3/ rozpocząć od odciętej t_1 . Następnie pole spływu dla kan. /3-4/ rozpocząć należy też od odciętej: t_1+t_2 ; Wreszcie ostatnie pole spływu /dla kanału /4-5/ / rozpoczynamy od odciętej: $t_1+t_2+t_3$; cząstki wody, które wpadły na początku kanału /4-5/ przy węźle 4 dopłyną do węzła 1 dopiero po czasie, /liczonym od początku deszczu/, który jest potrzebny do przepłynięcia kanałów 4 - 3, 3 - 2 i 2 - 1, t.j. po czasie $t_1+t_2+t_3$.

Mając tak wykreślone pełne pole spływu łatwo wyznaczyć największą ilość wody, która przez węzeł 1 przepły-

nie, a nawet wskazać możemy czas, kiedy to nastąpi od chwili powstania deszczu. Jak w danym przypadku szukaną ilość określi nam odcinek $ab = Q_1 + Q_2 +$ + bardzo mała część Q_3 ; fala ta przepłynie przez węzeł 1 w t_2 od początku deszczu. Gdyby pole spływu dla kanału /3 - 4/ miało linię 3 - 4 bardziej pochyloną - naprz. jak jest wskazana linja kropkowana 3 - 4' - wówczas otrzymalibyśmy największą ilość przepływu, zmierzwszy odcinek cd , przyczem czas, kiedyby to zaszło, byłoby $= t_1 + t_2 + t_3'$ licząc od początku deszczu.

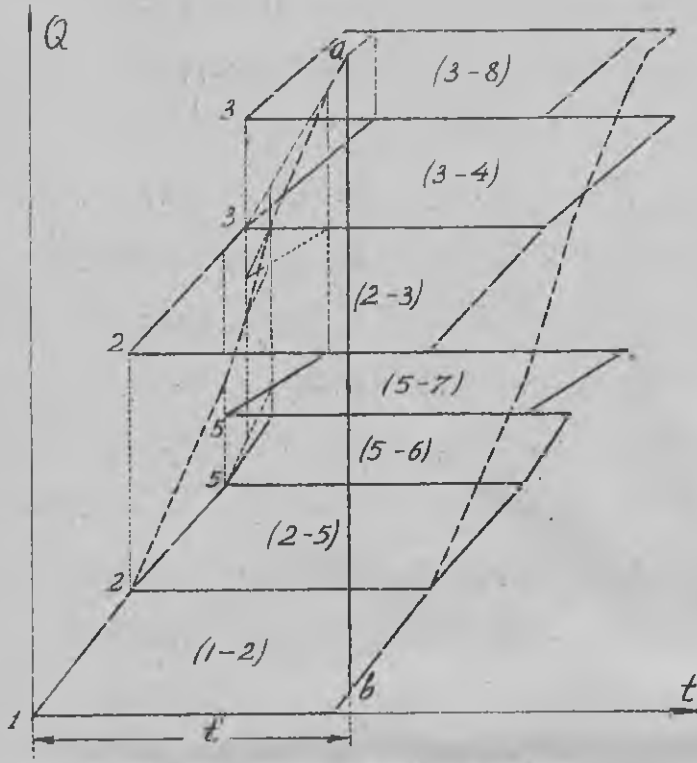
Powyższy wykres pozwoli nam wyznaczyć największe ilości przepływu przez węzeł /2/. Należy tylko odnaleźć największy odcinek od prostej równoległej do t i przechodzącej przez p. 2; będzie to odcinek ef . Czas, kiedy ta fala przepłynie przez węzeł 2 będzie $= t_1$ od chwili rozpoczęcia deszczu. Przez węzeł /3/ przepłynie największa ilość wody, którą określi odcinek gh ; stanie się to w czasie $t_3 + t_4$ po rozpoczęciu deszczu.

Poznajmy obecnie, jak należy wyznaczać pole spływu kiedy do kanału głównego, mamy dopływ z kanałów bocznych.



Niech będzie dana sieć kanałów, jak obok.





Dla każdego z kanałów mamy wyznaczoną zlewnię i stąd umiemy wykreślić odpowiednio Q .

Mając te dane, wykreślamy pola spływu, jak to poprzednio robiliśmy poczynając od kanału /1 - 2/.

Następnie przechodzimy do kanału /2 - 5/, i /5 - 6/ tak postępując, jak gdyby kanałów /5 - 7/, /2 - 3/ i następnych nie było. Teraz należy dopływ do węzła /5/ dopełnić dopływem z kanału /5 - 7/ Kanał ten doprowadza wodę do węzła /5/ jednocześnie z kanałem /5 - 6/ i dlatego też początek pola spływu dla kanału 5 - 7 powinien znaleźć się na tej samej odciętej, co i początek pola spływu dla kanału /5 - 6/, co jest uwidocznione linią pionową 5 - 5.

W dalszym ciągu wracamy do węzła /2/, do którego wprowadzona będzie woda z kanału /2 - 3/ i dalszych. Do węzła /2/ woda z kanału /2 - 3/ dopływać będzie jednocześnie z wodą z kanału /2 - 5/. Zatem pole spływu dla

kanaku / 2 -3/ powinno mieć na wykresie swój początek na tej samej odciętej co i pole spływu dla kanaku /2 - 5/.

Na wykresie zaznaczamy to linią pionową 2 - 2. Kiedy wykreślimy pole spływu dla kanaku / 2 -3/, dodajemy pole spływu dla kan. /3 - 4/. Następnie pole spływu dla kanaku /3 - 8/ wykreślamy tak, aby jego początek znalazł się na tej samej odciętej, co i początek pola spływu / 3 - 4/.

W ten sposób otrzymujemy dość złożone pole spływu, z którego możemy odczytać, jaka i kiedy będzie największa ilość wody przepływającej przez przekrój /1/.

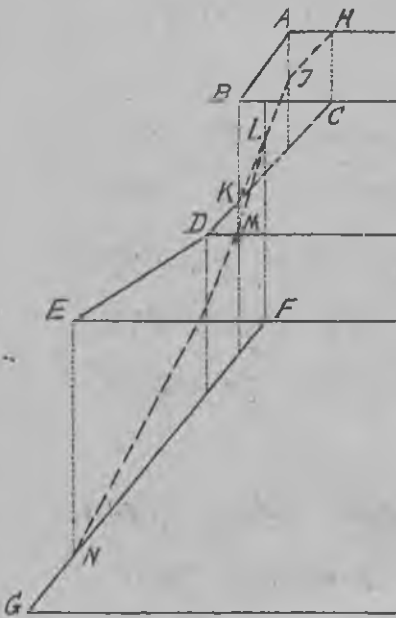
Widzimy, że odczytywanie to będzie niedogodne, gdyż wielkość poszukiwana musi być sumowana z kilku części, co może spowodować omyłkę przy odczytywaniu.

Dlatego też lepiej jest otrzymany wykres złożony przekształcić tak, aby uniknąć wspomnianego sumowania.

Dokonywamy tego przez zwykłe przekształcanie pól, stosowane w geometrii tak, jak to jest wskazane na poniższym rysunku: Zamiast linii *ABCDEFGG* otrzymujemy linię *HJKD*, którą następnie jeszcze zmieniamy na *HJLMNG*.

Tego samego przekształcenia dokonywamy i z linią łamaną po prawej stronie pól spływu. Kiedy to przekształ-

cenie jest już spełnione, wówczas bardzo łatwo odnaj-



dziemy w jakim miejscu i jaki odcinek będzie największy. Odczytamy, że po czasie t^i od początku deszczu przez przekrój /1/ przepływa największa ilość przepływu, którą otrzymamy mierząc we właściwej skali odcinek ab.

Z poprzedniego wykresu możemy skorzystać również w tym celu, aby wyznaczyć największą ilość przepływu przez węzeł /2/. Wypad-

nie tylko odnaleźć największy odcinek w poprzednim wykresie, przyjmując za oś czasów - prostą równoległą do t , przechodzącą przez punkt /2/ poniżej pola spływu dla kanału /2 - 5/.

W podobny sposób, możemy znaleźć największe ilości wody, przepływającej przez węzeł /5/: należy wówczas, oczywiście, uwzględnić pola /5 - 6/ i /5 - 7/. Toż samo i dla węzła /3/. W tych ostatnich przypadkach może zajść potrzeba przekształcenia poprzednie cokolwiek smienić, aby ułatwić jak najwięcej niemylnie odczytywanie odcinków.

Korzystając z powyższych wyjaśnień będziemy w stanie

obliczyć jaka największa ilość wody deszczowej przez rozpatrywany przekrój przepłynąć może. Niech to będzie ilość Q' .

Jeśli następnie wrócimy uwagę, że, gdyby deszcz o rozpatrywanym natężeniu padał czas nieokreślony, wówczas przez ten przekrój przepłynęłaby cała ilość wody, jaka na całą zlewnię spadnie; niech to będzie Q . Zwykle $Q \geq Q'$ albo $Q' = \psi Q$, stąd $\psi = \frac{Q'}{Q}$ jest owym współczynnikiem opóźnienia, o którym na początku mówiliśmy. Wyraźne też będzie teraz, że obliczanie współczynnika ψ jedynie z wielkości zlewni - nie jest dostateczne i nie dziwne, że zastosowanie wzoru $\psi = \frac{1}{\sqrt{R}}$ może dać wyniki bardzo różniące się od rzeczywistych ilości wody przepływającej.

Omawiane powyżej wykresy były zbudowane dla deszczu, dla którego natężenie przyjęliśmy = q_d l / sek i ha / i którego czas trwania wynosi t_d .

Z obserwacji, jednak, wiemy, że trafiają się deszcze o różnych natężeniach i o różnych trwaniach, przyczem zauważono, że im deszcz jest silniejszy, tem krócej trwa. Jeżelibyśmy powyższe wykresy wykonali dla deszczów dłuższej trwających, lecz o mniejszym natężeniu, a następnie podob-

ne wykresy otrzymali dla deszczów krótszych, lecz bardziej silnych, okazałoby się, że największe ilości, przepływające przez badany przekrój kanału, niekoniecznie będą wtedy, kiedy jest deszcz o największym obserwowanym natężeniu.

Nieraz okaże się, że deszcze słabsze, lecz dłużaj trwające, dadzą większe ilości wody przepływającej przez kanał.

Zachodzi pytanie, czy nie możnaby z wykresów, już wykonanych dla deszczu o pewnym natężeniu i o pewnej trwałości, skorzystać również dla deszczów o innym natężeniu i trwałości. Otóż, można.

Zwróćmy uwagę na to, że ilość wody Q_n , otrzymywanej ze zlewni P_n , obsługiwanej przez którykolwiek kanał, obliczamy z wzoru: $Q_n = \varphi \cdot P_n \cdot q_d$. Jeśli weźmiemy pod uwagę inny deszcz o natężeniu q'_d - i innym trwaniu t'_d , wówczas nową ilość wody Q'_n otrzymamy:

$$Q'_n = \varphi \cdot P_n \cdot q'_d.$$

Jednym słowem Q'_n będzie proporcjonalne do q'_d .

Stąd wnioskujemy, że, jeśli zmniejszymy lub zwiększymy skalę, w której na naszych wykresach odkładaliśmy wielkości Q_1, Q_2, Q_3, \dots w stosunku odwrotnym do q_d i q'_d , wówczas otrzymamy stosownie zmienione ilości wody przepływającej przez kanały podczas padania deszczów o

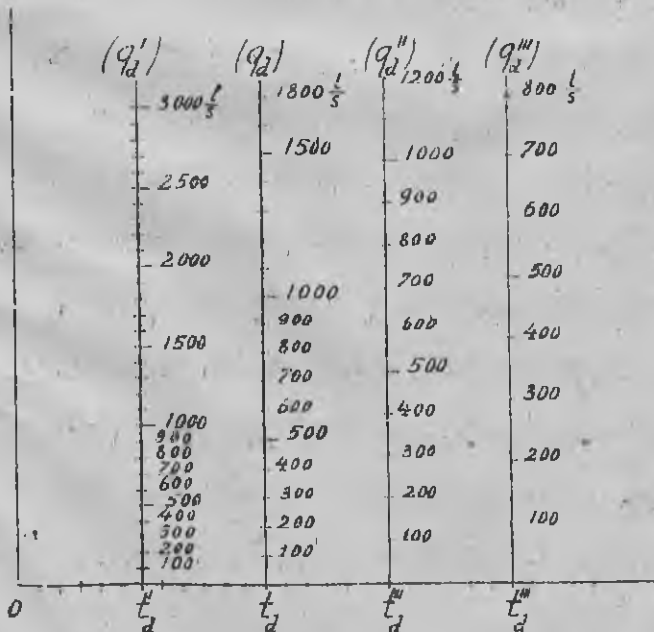
różnych natężeniach.

Przytem, jeśli jednocześnie uwzględnimy czas trwania deszczu, wówczas możemy na naszych wykresach nie wyznaczać linii łamanej, ograniczającej z prawej strony pole spływu.

Postępujemy w ten sposób: niech będzie deszcz, dla którego wykonaliśmy powyższe wykresy, o natężeniu q_d i o trwaniu t_d .

Inne natężenia deszczu, które chcemy zbadać, niech będą $q'_d, q''_d, q'''_d, \dots$ oraz odpowiednie czasy trwania, niech będą $t'_d, t''_d, t'''_d, \dots$

Nykreśliamy skalę, według której zostały wykonane poprzednie wykresy. Niech to będzie skala oznaczona przez $1/q'_d$. Skalę tę rysujemy w osiach spólrzędnych, przyczem odcięta niech będzie w przyjętej skali czasu $= t_d$.



Jeśli dla deszczu o natężeniu q'_d otrzymujemy czas trwania $= t'_d$, wówczas odkładamy na odciętej $= t'_d$ skale q'_d rysując ją w ten sposób, że obieramy podziałki tej skali równe podziałkom skali q_d , powiększonym w stosunku $\frac{q_d}{q'_d}$. W ten sam sposób wykreślamy podziałki dla deszczów o natężeniach q''_d, q'''_d, \dots i czasach trwania t''_d, t'''_d, \dots i t.d.

Niech skale powyższe będą wykreślone na papierze przezroczystym. Wówczas skale taką przykładamy do wykresu pól spływu w ten sposób, że prosta pozioma skali jest równoległa do osi czasów na wykresie pól spływu, zaś O skali wpada na punkt 1 wykresu pól spływu.

Skalę przesuwamy w ten sposób, aby oś pozioma pozostała równoległa do osi czasów, a punkt O posuwał się po prostej 1, 2, 5 i t.d. Wtedy, biorąc pod uwagę na skali linię pionową naprz. $/q'_d/$, odszukujemy to miejsce, w którym odcinek wyznaczy największą ilość wody przepływającej. Znalazszy ten odcinek, sprawdzamy na tym samym wykresie, czy deszcz o innym natężeniu $/$ naprz. $q''_d/$, przy innym czasie trwania $/$ a więc przy $t''_d/$, nie wskazuje większej ilości przepływu. Badając w ten sposób przepływy przy deszczach o różnych natężeniach i czasach trwania, łatwo odnajdziemy deszcz, najbardziej obciążający badany przekrój kanału.

Z postępowania powyższego wynika, że, posługując się powyższą skalą przezroczystą, nie korzystamy wcale z linii, ograniczającej pole spływu z prawej strony i dlatego też przy takim postępowaniu linii tej niema potrzeby wykreślać.

Wyżej powiedzieliśmy, że deszcze o większym natężeniu krócej trwają, niż deszcze o mniejszym natężeniu.

Zachodzi pytanie, w jakim stosunku są te dwie charakterystyki deszczów.

Natężenie deszczu zależy od warunków miejscowych: od bliskości do morza; od wysokości nad poziomem morza; od sąsiedztwa gór i ich kierunku; od kierunków wiatrów.

Jaka jest zależność między natężeniem a czasem trwania deszczu - nie jest ustalona. Obserwacje nie dają na to dość pewnej odpowiedzi.

Najprostsza zależność, którą można przyjąć, będzie

taka $q_d \cdot t_d = 1250$ Naprzykł. dla deszczu, który

trwa $t_d = 5$ min.	10 min.	15 min.	20	25	30 min.
$q_d = 250 \frac{l}{sek \cdot ha}$	125	83	63	50	42 $\frac{l}{sek \cdot ha}$

Dla naszych warunków przy wysokości rocznych opadów 600 ÷ 650 mm, można też przyjmować, taką zależność między czasem trwania deszczu a jego natężeniem:

Jeżeli t_d - wyrazimy w minutach, zaś q_d w $\frac{l}{sek \cdot ha}$,

wówczas dla

$t_d =$	5	10	15	20	30	40	50	60	80	120	180m
$q_d =$	170	130	110	90	70	60	50	45	35	30	20
$t_d \cdot q_d =$	850	130	1650	1800	2100	2400	2500	2700	3150	3600	3600

Wzory, które znalazły zastosowanie przy obliczaniu ilości wód deszczowych w kilku miejscowościach:

Wzór ogólnego kształtu:

$$I \frac{\text{mm}}{\text{godz}} = \frac{b}{t^{0,33}} + a \frac{\text{mm}}{\text{godz}} \quad \text{gdzie } t \text{ w min.}$$

dla Krakowa

$$I = \frac{250}{t^{0,33}} - 38 ;$$

dla Lwowa

$$I = \frac{250}{t^{0,33}} - 20 ;$$

dla Włocławka
/Lindley/

$$I = \frac{225}{t^{0,33}} ;$$

dla Radomia
/Lindley/

$$I = \frac{200}{t^{0,33}} ;$$

dla Berlina

$$I = \frac{150}{t^{0,33}} - 7,6 ;$$

pg. Hellmanna

$$I = \frac{211,3}{t^{0,33}} - 18,7.$$

Inne wzory:

$$t_d = \frac{1800}{q_d - 43} \quad , \quad \text{gdzie } t_d \text{ w min. czas trwania deszczu,}$$

$$q_d \text{ - natężenie deszczu w } \frac{\text{l}}{\text{sek} \cdot \text{ha}}$$

$$t_d = \frac{8000H}{q_d^3} + \frac{0,1H}{\sqrt{q_d}}$$

, gdzie t_d i q_d jak wyżej, H w mm. wysokość opadu rocznego.

Podług tego wzoru znajdujemy zależności między t_d i q_d .

$q_d =$	200	150	125	100	90	80	70	60	50	45
$t_d =$	11	13	14	18	20	23	29	38	55	70
$q_d =$	40	35	30	25	20	15	$\frac{l}{\text{sek} \cdot \text{ha}}$			
$t_d =$	93	130	197	329	622	1446 minut.				

Knauff, rozważywszy zaobserwowane w 630 miejscowościach deszcze, zestawiał w 1894 roku taką zależność

$$t_d (h_d - 0,25) = 7,27,$$

gdzie t_d jest czas trwania w minutach, zaś h_d wysokość opadu w mm. na minutę.

To ostatnie równanie daje rezultaty większe, niż w poprzednich tabelkach przytoczone:

dla $t_d = 5$ min. 10 15 20 25 30 min.

otrzymujemy
po przeliczeniu:

$q_d = 280 \frac{l}{\text{sek} \cdot \text{ha}}$ 170 125 110 85 75 $\frac{l}{\text{sek} \cdot \text{ha}}$

Jak z powyższego widać, zależność między q_d i t_d jest niezupełnie dokładnie ustalona.



6.45

NAKŁADEM KOMISJI WYDAWNICZEJ

T-WA BRATN. POMOCY STUDENTÓW POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

UKAZAŁY SIĘ NASTĘPUJĄCE WYDAWNICTWA:

D R U K O W A N E:

1. *Czopowski H. prof.* Mechanika teoretyczna. 4 tomy.
2. *Gieysztor J. inż.* Eksploatacja handlowa kolei żelaznych.
3. *Karasiński L. prof.* Wytrzymałość tworzyw. II wydanie.
4. *Podolski Roman, inż.* Tramwaje i koleje elektryczne. 2 tomy.
5. *Piotrowski Jan, inż.* Wydajność obrabiarek i narzędzi do metali i wyznaczenie czasu obróbki.
6. *Stefanowski Bohdan, prof.* Termodynamika techniczna z 3 tablicami entropowemi.
7. *Wasiutyński Al. prof.* Drogi żelazne, zeszyt I.
8. " " " " II.
9. Tablice do obliczania budowy wierzchniej dróg żelaznych.

LITOGRAFIOWANE:

Z matematyki wyższej, Geometrii wykreślnej, Mechaniki, Hydrauliki, Silników wodnych i pomp, Silników spalinowych, Dźwignic, Kotłów parowych, Żelbetnictwa, Budownictwa wodnego, Budownictwa przemysłowego, Chemii, Technologii farbiarstwa, Technologii węglowodanów, miernictwa i t. p.

W D R U K U:

1. *Stefanowski B. prof.* Gospodarka cieplna.
2. *Wasiutyński Al. prof.* Koleje żelazne. Zesz. III.

KOMISJA WYDAWNICZA POSIADA NA SKŁADZIE WSZELKIE OBCE WYDAWNICTWA Z WYMENIONYCH DZIEDZIN. WYKONYWA RÓWNIEŻ ZAMÓWIENIA LISTOWNE NA WYDAWNICTWA WŁASNE I OBCE.

KRAM KOMISJI WYDAWNICZEJ SPRZEDAJE MATERJAŁY KREŚLARSKIE PO CENACH PRZYSTĘPNYCH.

KOMISJA PRZYJMUJE DO OPRAWY KSIĄŻKI PO CENACH BARDZO PRZYSTĘPNYCH.

ANTYKWARIAT KOMISJI WYDAWNICZEJ PRZYJMUJE NA SPRZEDAŻ ORAZ POLECA KSIĄŻKI W ZAKRESIE WYMENIONYM.

ADRES: WARSZAWA, POLNA Nr 3 (POLITECHNIKA) TELEFON 182-10.
GODZ. URZĘDOWE 1--2.

W.