

ODPŁYW WODY. Zależy on od strat wywołanych przez wsiąkanie, ^{parowanie} oraz od wielkości dorzecza. - Jeżeli zbadamy zlewisko jakiej rzeki i obliczymy ilość wody, dopływającej do niej z dorzecza w ciągu zamkniętego okresu czasu, t.j. roku, łatwo się przekonamy, że im dorzecze jest większe, tem odpływ wody z niego jest procentowo mniejszy t.j. stosunkowo mniejszy procent wody, pochodzącej z opadów zasila bezpośrednio daną rzekę. Spostreżenie to stwierdzone zostało szeregiem obserwacji.

Tak więc Wisła w górnym biegu, gdzie dorzecze jej wynosi 55 km. kw., ma odpływ, stanowiący 83 % całej ilości opadów, nieco niżej, pod Krakowem, przy dorzeczu równem 7120 km^2 - odpływ maleje do 52 % , wreszcie przy ujściu /dorzecze ma $193,000 \text{ km}^2$ / - spada do 25,5 % .

Przytoczymy tu jeszcze szereg cyfr, odnoszących się do innych rzek:

R z e k a Niemén Ren Wełga Dniepr Rodan

Dorzecze
w km. kw. 91252 201586 1409333 512000 98264

% odpływu 33,9 44,2 31,6 26,3 36,4

R z e k a	Amazunka	Ganges	Nil
Dorzecze w km.kw.	5770000	1520000	33420000
% odpływu	18,6	6,9	2,7

Tak więc pierwszym z czynników, warunkującym odpływ wody w danym zlewisku będzie wielkość dorzecza. Drugim czynnikiem jest ilość średnia opadów. Procent odpływu wzrasta ze zwiększeniem się ilości opadów, maleje przy malejących sumach rocznych opadów.

Przeprowadzone w tym kierunku badania, dotyczące dorzecza Wisły, wykazały np.:

Wisła pod Smolicami /do-	Wisła pod Krakowem /do-
rzecze = 6714 km.kw./	rzecze = 7919 km.kw.

	Rok 1909	1910	Rok. 1909	1910
Średni opad w mm.	1016	990	989	966
Średni odpływ	540	507	518	430
% odpływu	53 %	51 %	52 %	45 %

Ustalono szereg wzorów liczbowych, wyrażających zależność wielkości odpływu i bezwzględnej sumy opadu. Oznaczając wysokość opadu przez H /mm./, wysokość zaś /wielkość/ odpływu przez h /mm./, otrzymamy następujące wzory /miarodajne dla rzek niemieckich i dla $H \geq 560$ mm./:

$$\begin{aligned} \text{Średnia wysokość odpływu } h_{Sr} &= 0,942 H - 405 \text{ mm.} \\ \text{Maximalna " " } h_{max} &= H - 350 \text{ mm.} \\ \text{Minimalna " " } h_{min.} &= 0,884 H - 460 \text{ mm.} \\ &\text{/dla } H > 625 \text{ mm./,} \end{aligned}$$

Stąd, mając H , łatwo znaleźć wysokość odpływu h .
 Naprzykład:

$$\begin{aligned} \text{dla } H &= 1000 \text{ mm.; } h_{Sr} = 537 \text{ mm., co stanowi } 53,7 \% \\ \text{" } H &= 800 \text{ " " " } = 347 \text{ " " " } 43,4 \% \\ \text{" } H &= 600 \text{ " " " } = 159 \text{ " " " } 26,5 \% \end{aligned}$$

Keller podaje następujące zestawienie procentowego odpływu czyli współczynnika odpływu „ φ ” :

Roczny opad w mm.	625	750	875	1000	1250	1500	1750
Maxim. % odpływu	44	53	60	65	72	77	80
Minim. " "	15	27	36	42	52	58	62

I tu również widać, jak współczynnik odpływu rośnie, wraz ze wzrostem wysokości opadu.

Dane, dotyczące ilości odpływu, niezbędne są przy projektowaniu zbiorników, dostarczających wodę, np. dla miast, nie posiadających w pobliżu wody gruntowej lub większej rzeki,

Przypuśćmy, że istnieje miasto o 10000 mieszkańców. Zużycie wody wynosi w przecięciu $0,1 \text{ m}^3$ na dobę i na mieszkańca. Rocznie zatem potrzeba: $10.000 \cdot 0,1 \cdot 365 = 365.000 \text{ m}^3$. Zbiornik więc, zasilający dane miasto, musi dostarczyć taką objętość wody. Przy znanych ilościach opadu i znanym procencie odpływu, odpowiadającym danej okolicy, możemy z łatwością określić, jak wielkie dorzecze musimy zaporą zamknąć, aby zbiornik dostarczył w ciągu roku potrzebną objętość wody. Np. gdyby najmniejszy roczny opad wynosił 600 mm., średni odpływ 159 mm., trzeba by ująć obszar co najmniej 2,3 km.kw., aby zapewnić miastu dopływ roczny w ilości 365.000 m^3 .

Również przy budowie kanałów żeglugi, w szczytowych stanowiskach budować trzeba zbiorniki, dostarczające wody na służowanie i pokrycie strat wskutek parowania. Znając roczne straty wody w ka-

nale możemy z objętości opadu rocznego i % odpływu znaleźć również wielkość dorzecza, któreby dostarczyło niezbędną ilość wody.

Wielkość dopływu zależy również od pory roku. Zarówno stosunek procentowy odpływu do całkowitej sumy opadu, jako też bezwzględna wielkość odpływu, wyrażona w litrach sekundowych, przypadających na 1 km.kw. dorzecza - różnią się bardzo w ciągu poszczególnych miesięcy roku.

Badania, dotyczące Dniestru /dorzecze = 24600 km². / wykazały co następuje:

Rok 1910.

Miesiąc.	Suma opadów w mm.	Suma odpływu w mm.	% odpływu	Odpływ w 2 litr. na km ²
I	41	15,7	37	5,7
II	15	16,4	109	6,8
				roztopy wiosenne
III	24	15,6	65	5,8
IV	67	18,8	28	7,2
V	48	21,6	45	8,1
VI	78	8,0	10	3,1
VII	160	25,3	16	9,4
VIII	86	11,0	13	4,1
IX	26	10,1	39	3,9
X	33	7,2	22	2,7
XI	110	21,9	20	8,4
XII	35	27,3	78	10,2
				średnio średnio
Suma roczna	723 mm.	198,5 mm.	27 %	6,3 1/sek.

Widzimy stąd, że bezwzględna wartość odpływu /w litr. na sek. i na km.²/ jest bardzo znaczna w lipcu, t.j. w okresie burz i deszczów ulewnych, spada zaś do minimum w październiku, kiedy największe deszcze już przeminęły. Procentowo zaś maximum od-

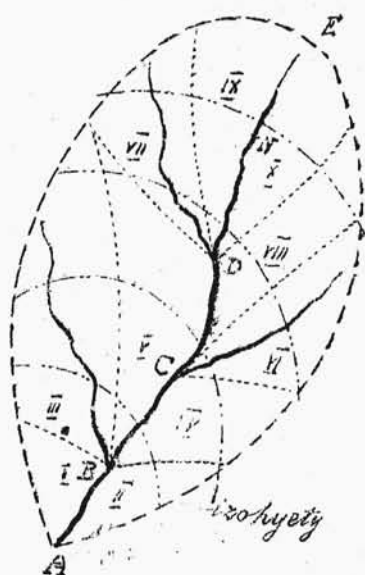
pływu mamy w lutym, choć opady są wówczas nieznaczne; pochodzi to stąd, że w porze zimowej procent parowania jest nieznaczny, następnie że w lutym zaczynają się roztopy, a w końcu że ziemia jeszcze nie odmarzła i nie dopuszcza do przesiekania opadów, tak iż znaczne ilości wody odpływają do rzek bezpośrednio. Najmniejsze % odpływu są w porze letniej, z powodu dużych strat, wywołanych parowaniem.

OBLICZANIE PRZEPŁYWU WODY.

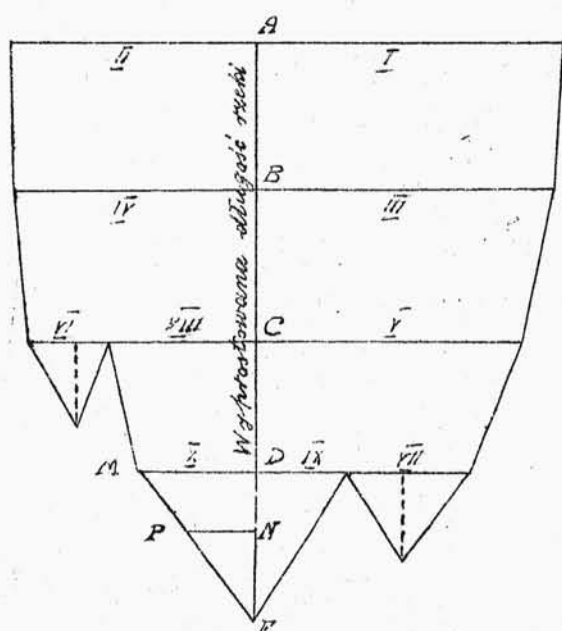
Przystępując do obliczania ilości przepływu wody w danym dorzeczu, rysujemy schemat wzrostu tego dorzecza w sposób następujący:

Oznaczamy na mapie topograficznej zlewisko badanej rzeki, oznaczamy stacje ombrometryczne, ich roczne opady i kreślimy warstwy równych opadów rocznych *izohyety* / . Następnie dzielimy całe dorzecze na szereg mniejszych części, odpowiadających poszczególnym dopływom. Oznaczamy te powierzchnie przez I, II, III i t.d. i obliczamy ich wielkość w km^2 . Mierzymy długość rzeki w km. i odmierzamy ją w odpowiedniej skali w postaci linii prostej AE. Na linii tej zaznaczamy

punkty B, C, D /odpowiadające punktów wpadania



Rys. 10



Rys. 11.

dopływów/, wystawiamy w tych miejscach prostopadłe, odcinamy na nich wielkości powierzchni danego terenu w pewnej skali i łącząc odpowiednio otrzymane punkty zbudujemy właśnie schemat wzrostu dorzecza. Prostopadłe, wyrażające powierzchnię, odcinamy na prawo lub na lewo od linii AB, zależy od tego, jak dany teren jest umieszczony względem rzeki /licząc od góry/.

Tak więc dla punktu D odcinamy na lewo odcinek DN /powierzchnia X/ i łącząc koniec N z punktem początkowym B otrzymamy linię NB, charakteryzującą wzrost dorzecza rzeki od punktu B do D

po lewej stronie biegu. Dla pośredniego punktu M wielkość lewostronnego dorzecza wyraża się wielkością odcinka MP , wystawionego w p.N. prostopadle do kierunku rzeki.

Chcąc znaleźć wielkość odpływu z danego dorzecza obliczamy ilości opadów w każdej części dorzecza, sumujemy je i mnożąc przez pewien współczynnik C /np. z tabeli Kellera, str.22/, zwany współczynnikiem odpływu, - otrzymamy żadaną wielkość. Wielkość odpływu dla poszczególnych obszarów dorzecza otrzymamy, mnożąc przeciętną ilość opadów przez powierzchnię obszaru i odpowiedni współczynnik.

Jeżeli podzielimy całkowitą objętość odpływu /t.j. ilość wody, dopływającej do rzeki w ciągu roku/ przez 365 /ilość dni w roku/ i przez 86400 /ilość sekund w dniu/ - otrzymamy:

$$q_{sc} = \frac{Q}{365 \cdot 86400}, \text{ gdzie "q" będziemy na-}$$

zywali średnią roczną objętością wody.

Obliczanie ilości przepływu wody w rzekach.

O ile wody pewnej rzeki zasilać mają kanał żeglugi, zbiornik wodociagowy, czy też poruszać młyn, lub inny zakład przemysłowy, niezbędną jest rzeczą wiedzieć, jaką ilość wody i w jakim okresie czasu rzeka może dostarczyć. Należy więc zmierzyć objętość /ilość/ wody, którą rzeka prowadzi. Pomiarów tych dokonywamy bezpośrednio, zapomocą specjalnych przyrządów, lub też dochodzimy do danych wartości na drodze pośredniej, rachunkowej. Opiszemy tu najpierw ten ostatni sposób:

Obliczenie przepływu wody /wzory Iszkowskiego/ z dorzecza i opadu rocznego.

Oznaczmy /podług Iszkowskiego/ przez: F dorzecze w km^2 ; H średni opad roczny w metrach; a_{gr} , a_w , a i m - współczynniki podane w tablicach poniżej, a zależne od rodzaju gruntu:

$Q_{gr} = 0,03171 a_{gr} \cdot H \cdot F$ - absolutna średnia z normalnego roku.

$Q_0 = 0,2 \cdot n \cdot Q_{gr}$ - absolutna najniższa woda w ciągu szeregu lat.

$Q_1 = 0,4 \cdot n \cdot Q_{gr}$ - najmniejsza normalna

/doroczna/ wody.

$Q_2 = 0,7 \cdot n \cdot Q_{sr}$ - średnia normalna wody
/w ciągu 9 miesięcy/.

$Q_4 = a_w \cdot H \cdot F$ - najwyższa wielka woda,

i $Q_4 = m \sum /a_1 \cdot H' \cdot F' + a_2 H_2 F_2 + a_3 H_3 F_3 +$
..... /jeżeli dorzecze składa się z kilku działów
o różnych H i a /.

Q - ilość przepływu w metrach sześciennych na
sekundę. Uwzględnimy 4 kategorie gruntu:

I - ziemia uprawna , grunt przepuszczalny, za-
rosły.

II. - średnie warunki.

III - ziemia mało przepuszczalna, mała roślin-
ność.

IV - tereny nagie, bez roślin, nieprzepuszczalne

Podajemy tu za Iszkowskim szereg tablic, wyraża-
jących zależność między a_w a_{sr} , rodzajem terenu,
 m i wielkością terenu, n i jakością terenu i wiel-
kością dorzecza.

TABLICA I.

Rodzaj terenu:	a_w				
	a_{sr}	I	II	III	IV
Bagna i niziny	0,20	0,017	0,030	-	-
Niziny i płasko- wzgórza	0,25	0,025	0,040	-	-
Częścią płasz- czyzny częścią pagórki	0,30	0,030	0,055	-	-
Pagórkowaty niespadziasty	0,35	0,035	0,070	0,125	
Częścią górzysty częścią pagór- kowaty	0,40	0,040	0,082	0,155	0,400
Odnogi większych gór	0,45	0,045	0,100	0,190	0,450
Wzgórza jak Harc, las Czeski i t.d.	0,50	0,050	0,120	0,225	0,500
Wzgórza jak Czar- ny Las, Wogezy, Sudety i t.d.	0,55	0,055	0,140	0,290	0,550
Wysokie góry mniej spadziaste	0,60	0,060	0,160	0,360	0,600
Wysokie góry więcej spadziaste	0,70	0,080	0,185	0,460	0,700 do 0,800

TABLICA II. / Ψ rielkość obszaru dorzecza w km²/.

	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	250	300	350
I	4,1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	250	300
II	10	9,5	9,0	8,5	8,23	7,95	7,75	7,60	7,50	7,43	7,40	7,10	6,87	6,70	6,55
III	200	250	300	350	400	500	600	700	800	1000	1200	1500	2000	2500	3000
IV	6,87	6,70	6,55	6,57	6,22	5,90	5,60	5,35	5,72	4,90	4,70	4,515	4,30	4,145	3,960
V	1400	1600	1800	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	6000	7000	8000	9000	10000
VI	4,520	4,145	3,960	3,775	3,613	3,450	3,350	3,250	3,200	3,125	3,105	2,955	2,801	2,693	2,575
VII	8000	9000	10000	20000	30000	40000	50000	100000	150000	200000	250000	300000	400000	500000	600000
VIII	5,060	5,038	5,017	2,909	2,801	2,693	2,575	2,050	1,725	1,550	1,400	1,250	1,100	1,000	900

TABLICA III /współczynnik n/.

1. Dla dorzecza $F = 200$
do 20.000 km^2 .

Średnie warunki, normalna
roślinność, odpływ regularny
przez jeziora i stawy

$n = 1,0$

Grunt przepuszczalny

$n = 0,4$ do $0,8$ średnio

$n = 0,6$

Grunta nieprzepuszczalne

w płaszczyźnie

$n = 1,0$

Gr.nieprz.pagórki, podług
roślinności

$n = 0,8 - 0,5$

Gr.nieprzep.: góry, podług
roślinności

$n = 0,6 - 0,3$

Gr.nieprzep.dla małych potoków

$n = 0$

2. Do $F = 200 \text{ km}^2$, t.j. dla małych
dorzeczy i dla dobrej roślinności
należy do wartości n , jak wyżej,
dodać
Przy małej roślinności odjąć

+ 25 %

- 25 %

Niech będzie dane dorzecze o $F = 300 \text{ km}^2$. o terenie zlekka falistym. Wysokość opadów /średnia roczna/ $H = 700 \text{ mm}$. Na zasadzie wzoru ze str. 22 znajdziemy wysokość odpływu $h = 0,942 H - 405 = 0,254 \text{ mm}$. Skąd średnia roczna objętość dopływającej wody

$$Q_{sr} = \frac{0,2544}{365.86400} \cdot 300.10^6 = 2,415 \text{ m}^3/\text{sek.}$$

Absolutne minimum w ciągu całego szeregu lat

$$Q_0 = 0,2 \cdot n \cdot Q_{sr}; \quad n \text{ z tablicy III} = 1$$

$$Q_0 = 0,2 \cdot 1 \cdot 2,415 = 0,483 \text{ m}^3/\text{sek.}$$

$$\text{Minimum roczne } Q_1 = 0,4 \cdot n \cdot Q_{sr} = 0,4 \cdot 1 \cdot 2,415 = 0,966 \text{ m}^3/\text{sek.}$$

$$\text{Średnia normalna woda /w ciągu 9 roboczych miesięcy/: } Q_2 = 0,7 \cdot 1 \cdot 2,415 = 1,6905 \text{ m}^3/\text{sek.}$$

Obliczmy Q średnie z wzoru Iszkowskiego

$$Q_{sr} = \frac{F \cdot 10^6 \cdot H \cdot a_{sr}}{365.86400}$$

gdzie $F = 300 \text{ km}^2$; $H = 700 \text{ mm}$. /0,7 m./; a_{sr} z tablicy I około 0,325;

$$Q_{sr} = \frac{300 \cdot 10^6 \cdot 0,7 \cdot 0,325}{365.86400} = 2,16 \text{ m}^3/\text{sek.}$$

/co niezbyt wiele się różni od wartości Q_s /2,415 m³/sek./, otrzymanej powyżej innym sposobem

Dla przybliżonych obliczeń w dorzeczu rzek Karpackich można przyjąć następujące ilości odpływu z 1 km².:

Absolutne minimum
w ciągu szeregu lat 0,9 - 1,3 litrów/sek.
i km.kw.

Doroczne minimum 3 l/sek.

Średni roczny spływ 7 - 15 l/sek.

Średni spływ w ciągu

9 roboczych miesięcy 6 - 10 l/sek.

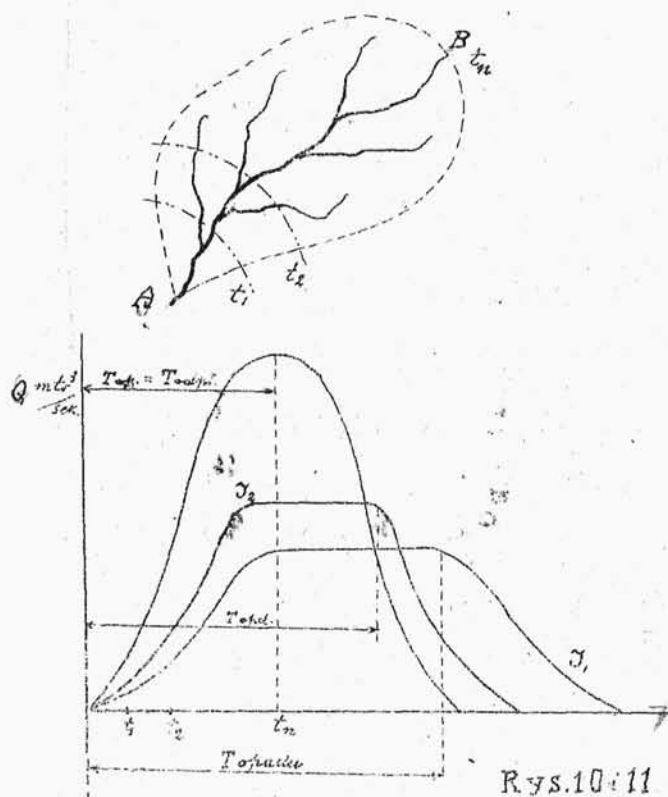
Dla dorzecza Wisły pod Krakowem /7000 km.kw./ najmniejszy spływ wynosi 1 l/sek. i km²., przy ujściu /193,000 km²/ - 2,3 l/sek. i km². Przy bardzo dużych dorzeczach minima są stosunkowo wysokie, gdyż z jednej strony koryto rzeki stanowi zbiornik ogromnej pojemności, który się stopniowo wypróżnia, z drugiej, lokalne deszcze stale zasilają rzekę.

Przy projektowaniu urządzeń wodnych w pewnym punkcie dorzecza, znając wielkość tego dorzecza i spływ z 1 km²., określamy prowizorycznie ilość wody, jaką możemy rozporządzać. Gdy np. dorzecze $F = 120 \text{ km}^2$., i spływ średni w ciągu 9-ciu miesięcy = 6 l/sek. i km²., to ilość wody $q = 120 \cdot 6 = 720 \text{ l/sek.}$ Wielkość ta może spaść do 1/2 warto-

ści, t.j. do 360 $\frac{1}{\text{sek.}}$, a nawet w latach bar-
dzo suchych do 1/4, t.j. do 180 $\frac{1}{\text{sek.}}$, z czem
liczyć się trzeba.

WIELKIE WODY.

Przyjmijmy czas opadu $T_{op.}$ oraz odpowiadające
mu natężenie J . Załóżmy, że natężenie to jest
niezmienne, tak w czasie $T_{op.}$ jak i w całym ob-



Rys.10+11

szarze wziętym pod
uwagę oraz współ-
czynnik wsiąkania
stały. Po upływie
czasu t_1 do punktu
A dopłynie obje-
tość wody opadowej
z obszaru najbliż-
szego punktowi A.
Po upływie czasu
 t_2 z obszaru więk-
szego, w końcu po
upływie czasu t_n

z punktu B t.j. z całego obszaru zlewni. Na-
zwijmy $t_n = T_{odpływ}$. Gdyby deszcz trwał da-
lej o niezmiennym natężeniu, ilość wody deszczo-
wej przepływającej przez punkt A będzie stała, a z

do chwili, gdy deszcz przestanie padać. Od tej chwili począwszy odpływ będzie maleł, gdyż zlewnie najbliższe punktowi A kolejno będą wypadać z całości dorzecza. Cały czas przejdzie fali wielkiej wody przez punkt A równy

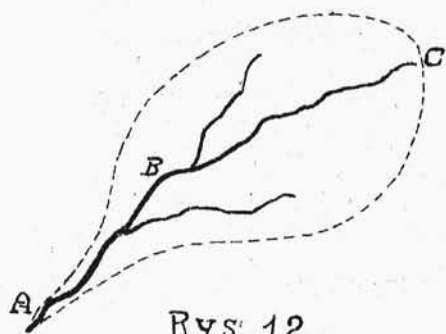
$$T_{\text{opadu}} \neq T_{\text{odpływu}}.$$

Załóżmy czas trwania krótszy $T_{2\text{op.}}$. Odpowiadać mu będzie wyższe natężenie \mathcal{I}_2 . Fala się skróci, lecz podwyższy. Dla czasu opadu równego czasowi odpływu z punktu B do A fala osiągnie największą wysokość. Przy krótszym czasie trwania deszczu, jakkolwiek natężenie jeszcze wzrośnie, lecz nie cały obszar zlewni równocześnie odda wody do punktu .

Objętość wód, pochodzących z opadów, łatwo znaleźć, mając: natężenie opadu \mathcal{I} , czas trwania t i wielkość dorzecza. Objętość odpływu znajdziemy, mnożąc objętość opadu przez współczynnik odpływu / $\varphi = 0,5$ do $0,8$ /, t.j. odliczając te ilości opadu, które tworzą się wskutek wyparowania i wsiąkania. Jednakże nie cała objętość tak obliczonej wody przechodzi odrazu przez punkt badany A ; część jej bowiem, i to znaczna, zużywa się na podniesienie stanu wody, wypełnienie koryta rzeki na całej długości rzeki - od po-

czątku aż do punktu *A*. Występuje zatem odrazu zjawisko, t.zw. retencji, która jest tem większa, im dłuższy bieg rzeki, obszerniejsze koryto, więcej terenów zalewowych. Wynikiem retencji jest to, iż prędkość poruszania się fali wezbrania jest mniejsza od prędkości średniej przepływu wody. Na rzekach karpackich obserwowano prędkość orzelenoszenia się fali wezbrania około 6 km/g. , t.j. $1,66 \text{ m/sek.}$, jakkolwiek średnie prędkości są większe.

Zachodzi teraz pytanie, jaki deszcz da największą objętość wody powodziowej. Jest rzeczą jasną, iż będzie to deszcz, którego czas trwania jest równy czasowi odpływu ze skrajnych punktów dorzecza, do danego punktu. Deszcz krótszy ma wprawdzie wyższe natężenie, lecz nie da odpływu z całego dorzecza. Deszcz dłuższy da odpływ z ca-



Rys. 12

łego dorzecza, lecz ma natężenie mniejsze.

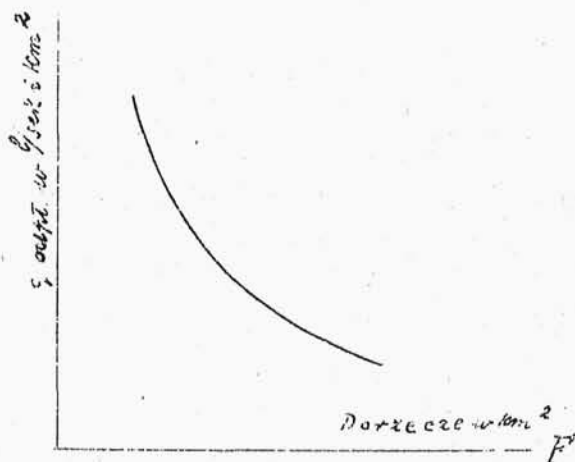
Zasada ta niema zastosowania w wypadku szczególnym, gdy duży wzrost długości ścieku odpowiada

małemu przyrostowi obszaru dorzecza: czas przepływu i opadu w tym wypadku będziemy liczyć nie

dla długości A-C, lecz oczywiście dla krótszej B-C.

Jak wiemy, natężenie opadów maleje ze wzrostem obszaru, przez te opady nawiedzonego. Podobnie ma się rzecz i z wielkością odpływu, który jest stosunkowo większy dla mniejszych dorzeczy, gdyż opad mierzalny ma większą wartość dla mniejszej długości ścieku, a zatem i powierzchni.

Odkładając na osi rzędnych wielkość odpływu,

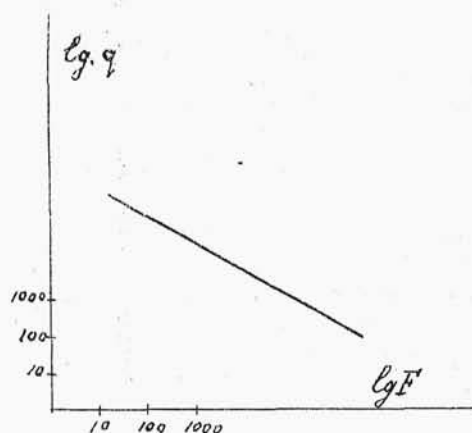


a na osi odciętych wielkość dorzecza /w km²./, otrzymamy krzywą, malejącą w kierunku większych dorzeczy. Wielkość odpływu q jest pewną funkcją wielkości dorzecza F

Rys. 13

$q = a F^{-n}$ /gdzie a i n są to współczynniki zależne od rodzaju terenu/. Logarytmując to wyrażenie otrzymamy $\lg q = \lg a - n \lg F$ t.j. funkcję, analogiczną do $y = ax + b$, czyli równanie linii prostej. Wykres funkcji $q = f(F)$ w podziałce logarytmicznej stosuje się bardzo często w praktyce, gdyż pozwala w łatwiejszy sposób ująć prawo male-

nia współczynnika odpływu, niż by to było możliwe



Rys. 14

za pomocą zwykłej podziałki i wykresu krzywej. Liczne obserwacje stwierdzają zjawisko maleńcia współczynnika jednostkowego odpływu wody powodziewej, a nawet bezwzględ-

nej ilości tych wód, w miarę wzrostu dorzecza.

Tak więc: w dorzeczu Wisły górski jej dopływ Soła, tam, gdzie dorzecze jej wynosi 1030 km. ma odpływ 1220 $\text{l}/\text{sek. i km}^2$; lecz sama Wisła poniżej ujścia Soły przy dorzeczu równym 7920 km^2 . ma odpływ = tylko 270 $\text{l}/\text{sek. i km}^2$; zaś przy ujściu /dorzecze = 193000 km^2 / odpływ spada do 54 $\text{l}/\text{sek. i km}^2$.

Dla Łaby mamy cyfry następujące:

Miejscowość: Tetschen Drezno Magdeburg Lenzen

Dorzecze w km^2 . 51000 53085 94944 125491

Objętość wód powodziowych w $\text{m}^3/\text{sek.}$ 5600 4600 4300 3300

Gdy w r. 1969 przystępowano do regulacji Dunaju

pod Wiedniem, dla rozstawu wałów ochronnych przyjęto objętość wody powodziowej z pod Budapesztu w ilości 7000 km^3 , t.j. 270 km. poniżej Wiednia i gdzie obszar zlewni jest prawie dwa razy większy. Wkrótce jednak okazało się, że Dunaj pod Wiedniem prowadzi znacznie większe ilości wody, bo 10000 km^3 , niż w Budapeszcie, mimo o połowę mniejszego Dorzecza.

Mając długość doliny rzecznej, powierzchnię i rodzaj dorzecza i chyżość poruszania się fali wezbrania w danym miejscu, znaleźć możemy natężenie i czas trwania opadu, który dane wezbranie wód wywołał. Np. pod Myszkowcami nad Sanem /odległość od źródeł 117 km., dorzecze $F = 1300 \text{ km}^2$ / zanotowano chyżość fali wezbrania $= 6 \text{ km/godz.}$ Czas, potrzebny na przepłynięcie 117 km.; $t_m = \frac{117}{6} = 19 \text{ godz. 30 minut.}$ Założmy, że ten czas przepływu $t_m = T$ /t.j. czasowi trwania opadu/. Natężenie

$$\text{nie odpowiedniego opadu } J = \frac{250}{\sqrt{t}} - 20 = 3,74$$

mm/godz., co w ciągu $19^{\circ} 30'$ da 77 mm. Stąd wniosek, że deszcz o natężeniu 77 mm/godz., trwający $19^{\circ} 30'$ byłby miarodajny do obliczenia objętości opadu i odpływu w okresie "wielkich wód".

$$\text{Objętość opadu w całym dorzeczu } Q = F_m \cdot J_m$$

$$Q = \frac{1300 \cdot 0,00374}{3600/\text{sek}} \cdot 10^6 = 1350 \text{ m}^3/\text{sek}.$$

Ilość odpływu "wielkiej wody" $Q \cdot \gamma = 1350 \cdot 0,8 = 1080 \text{ m}^3/\text{sek}.$

Inne sposoby obliczenia dają wartości zbliżone t.j. od 1100 do 1200 $\text{m}^3/\text{sek}.$

Obliczenia wzorem Iszkewskiego dadzą:

$$Q = a \cdot m \cdot F \cdot H; F = 1300 \text{ km}^2.; H = 1100 \text{ mm};$$

$$a = 0,2; m = 4,417 / a \text{ i } m \text{ z tablic}.$$

$$Q_{\text{odpływ.}} = 0,2 \cdot 4,417 \cdot 1300 \cdot 1,1 = 1260 \text{ m}^3/\text{sek}.$$

Podług wzorów używanych i sprawdzonych w Szwajcarii, objętość wielkiej wody obliczyć można wzorem:

$$Q \frac{\text{m}^3/\text{sek}}{\text{km}^2} = \text{od } \frac{9}{\sqrt[3]{F}} \text{ do } \frac{12}{\sqrt[3]{F}};$$

$$\text{dla } F = 1300 \quad Q = \frac{12}{\sqrt[3]{1300}} = 1,1 \text{ m}^3/\text{sek. i km}^2.$$

$$\text{to dla } 1300 \text{ km}^2 \quad Q_{\text{całk.}} = 1300 \cdot 1,1 = 1430 \text{ m}^3/\text{sek}.$$

Ten ostatni wzór daje dla rzek karpackich zupełnie dobre rezultaty, jest pewniejszy i łatwiejszy w użyciu niż wzory Iszkewskiego. Dla rzek nizinnych trzeba by odpowiednio zmodyfikować wartość licznika. Na rzekach karpackich obserwowano następujące najwyższe współczynniki odpływu:

Przy dorzeczu	1 km ²	-	do 12 m ³ /sek.
"	" 300 "	"	" 2,4 "
"	" 1000 "	"	" 1,2 "
"	" 2000 "	"	" 1,0 "
"	" 8000 "	"	" 0,27 " i t.d.

Saskie koleje Tablica - patrz str.44

Zaznaczyć należy, że cyfry spływu, które powyżej przytoczyliśmy, redukują się jeszcze dość znacznie dla pewnych rzek. Bardzo duży wpływ na zmniejszenie ilości spływu ma tu wielkość i jakość /teren przepuszczalny i nieprzepuszczalny/ dorzecza, a następnie to, czy rzeka dana przepływa przez jeziora, czy też nie. I tak możemy przytoczyć następujące dane:

Bzura przy dorzeczu	7120 km ²	spływ	42 l/s.km ²
Brda "	" 4650 "	" "	26 "
Draga "	" 3168 "	" "	13 "
Obra "	" 6910 "	" "	10 "

W pierwszym wypadku /Bzura/ na zmniejszenie spływu wielkich wód wpływ przepuszczalność terenu dorzecza oraz mała suma rocznych opadów /około 500 mm/, w pozostałych - retencja jezior w ich dorzeczu.

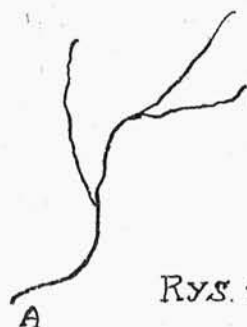
SASKIE KOLEJCE.

Długość ścieżki.	Teren górski		Ter. pagórkowaty		Teren płaski.	
	nieza- leżony	zależ- ny	nieza- leżony	zależ- ny	nieza- leżony	zależ- ny
< 1	8	4	6,0	3,3	4,0	2,0
1 - 2	7	3,5	5,5	2,9	3,5	1,8
2 - 4	6	3,0	4,5	2,3	3,0	1,5
4 - 8	4	2,0	3,0	1,6	2,0	1,0
8 - 12	3	1,5	2,3	1,3	1,5	0,8
12 - 16	2	1,0	1,5	0,8	1,0	0,5
> 16	1	0,5	0,8	0,4	0,5	0,3

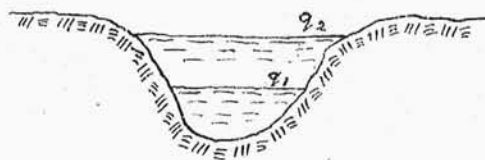
W rzekach o małym dorzeczu największe wody następują w okresie letnich deszczów /np. w Karpatach w miesiącu czerwcu; noszą one nazwę Świętojańek/; w rzekach nizinnych natomiast, o dużym dorzeczu, - w czasie roztopów wiosennych.

POMIAR WYSOKOŚCI STANU WODY.

Ilość wód możemy określić z ilości opadów. Jest to metoda pośrednia. II-ga metoda polega na



Rys. 15



Rys. 16

bezpośrednim pomiarze. Dajmy na to, że przy małym poziomie wód rzeka prowadzi q_1 wody, przy dużym - q_2 , wtedy odkładając na osi rzędnych wysokość wody h_m nad poziomem morza, zaś na osi odciętych Q w mtr³/sek., to dla punktu A możemy znaleźć pewną krzywą związku między stanem wody w punkcie A i objętością przepływającej przy tym stanie wody. Krzywą to nazywamy krzywą kon-