

Tablica Nr.VIII.

Długość koryta zlewni.	Charakter zlewni.					
	górzysta		falista		płaska	
	prawie bezleś- na.	mocno zalesio- na.	prawie bezleś- na.	mocno zalesio- na.	pra- wie bezleś.	moc no zal.
do 1 klm.	8	4	6,6	3,3	4	2
" 2 "	7	3,5	5,8	2,9	3,5	1,8
" 4 "	6	3	4,5	2,3	3	1,5
" 8 "	4	2	3	1,5	2	1
" 12 "	3	1,5	2,3	1,2	1,5	0,8
" 16 "	2	1,0	1,5	0,8	1	0,5
powyżej 16 klm.	1	0,5	0,8	0,4	0,5	0,3

UWAGA. Przy bardzo stromych spadkach i gołych ska-
łach należy odnośne wartości zwiększyć o
25 % .

Dane powyższe uznawane są za oficjalne w Saksonji.

Posiłkując się jednym z wyżej podanych sposobów
określamy max. Q w $m^3/sek.$, a następnie próbujemy
ustalić, drogą kilkakrotnych prób, przy jakiej mia-
nowicie wysokości lustra wody, inaczej mówiąc przy
jakiej powierzchni przekroju - mając na względzie
dany spadek koryta przed samym mostem, - przejdzie
przez tenże przekrój ta ilość wody Q , którąśmy do-
piero co określili. Sposób postępowania jest tu ta-

ki: zadajemy sobie i oznaczamy na przekroju pewien poziom na chybił-trafił, poczem określamy odpowiadające temu poziomowi pole przekroju ω oraz tak zwany obwód podwodny p , który zresztą bez wielkiego błędu utożsamiamy zwykle z długością ℓ lustra na profilu. Jak wiadomo z hydrauliki

$$\frac{\omega}{p} = \frac{\omega}{\ell} = r,$$

gdzie r jest to t.zw. promień hydrauliczny; wiadomo dalej, że

$$v = C \sqrt{r \cdot i} \quad (m/sek)$$

gdzie v - średnia szybkość przepływu w przekroju, zaś C - współczynnik, zależny od tego samego r , pozatem zaś i od chropowatości obwodu podwodnego.

Określamy C na zasadzie jednego z wielu wzorów empirycznych; często stosowany jest wzór Ganguillet i Kuttera:

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{i}\right) \frac{n}{\sqrt{r}}} \dots\dots\dots /4/$$

gdzie n - jest to t.zw. współczynnik chropowatości, zaś r - wspomniany wyżej promień hydrauliczny. - Dla łożysk ziemnych, z jakimi zazwyczaj mamy do czynienia, wolno jest zakładać $n = 0,020$; dla łożysk, porośniętych trawą $n = 0,025$; zaś dla po-

krytych krzewami $n = 0,030$ i więcej. Litera i oznaczony jest we wzorze spadek rzeczywisty koryta na 200 mtr. przed otworem mostu.

Są tablice, dające różne wartości C wprost w zależności od różnych r - w przypuszczeniu, że mamy do czynienia ze zwykłym ziemnym łożyskiem, albo jakim innym /co uzależnione jest od takiej czy innej wartości n /.

Oprócz podanego wyżej, można zalecić jeszcze wzór Darcy-Bazin'a

$$V = C_1 \sqrt{i} \text{ (m/sek) } \text{ gdzie } C_1 = \frac{r}{\sqrt{\alpha r + \beta}} ;$$

wartości α i β zależą od szorstkości koryta, przyczem dla kanałów ziemnych, np. $\alpha = 0,00028$, zaś $\beta = 0,00035$. Dla ułatwienia korzystamy z tablicy, podającej różne wartości C_1 wprost w zależności od r .

Tablica Nr. IX

r	C_1	r	C_1	r	C_1
0.000	0.000	0.070	3.640	0.140	7.106
0.010	0.532	0.080	4.145	0.150	7.576
0.020	1.062	0.090	4.649	0.160	8.080
0.030	1.585	0.100	5.144	0.170	8.543
0.040	2.105	0.110	5.687	0.180	8.910
0.050	2.621	0.120	6.128	0.190	9.493
0.060	3.133	0.130	6.616	0.200	9.926

r	C_r	r	C_r	r	C_r
0.210	10.396	0.480	21.815	0.750	31.586
0.220	10.856	0.490	22.172	0.760	32.067
0.230	11.330	0.500	22.587	0.770	32.380
0.240	11.753	0.510	22.973	0.780	32.732
0.250	12.199	0.520	23.318	0.790	33.046
0.260	12.640	0.530	23.767	0.800	33.389
0.270	13.107	0.540	24.107	0.810	33.736
0.280	13.526	0.550	24.499	0.820	34.067
0.290	13.963	0.560	24.867	0.830	34.383
0.300	14.400	0.570	25.213	0.840	34.725
0.310	14.832	0.580	25.663	0.850	35.053
0.320	15.281	0.590	26.044	0.860	35.376
0.330	15.751	0.600	26.343	0.870	35.714
0.340	16.121	0.610	26.754	0.880	36.036
0.350	16.536	0.620	27.093	0.890	36.315
0.360	15.981	0.630	27.439	0.900	36.689
0.370	17.370	0.640	27.825	0.910	37.007
0.380	17.774	0.650	28.236	0.920	37.322
0.390	18.123	0.660	28.571	0.930	37.637
0.400	18.610	0.670	28.904	0.940	37.964
0.410	19.016	0.680	29.260	0.950	38.260
0.420	19.444	0.690	29.613	0.960	38.585
0.430	19.815	0.700	29.966	0.970	38.909
0.440	20.230	0.710	30.342	0.980	39.200
0.450	20.642	0.720	30.664	0.990	39.536
0.460	21.023	0.730	31.064	1.000	39.841
0.470	21.410	0.740	31.356		

Mając wartości C znajdujemy wielkość średniej szybkości przepływu.

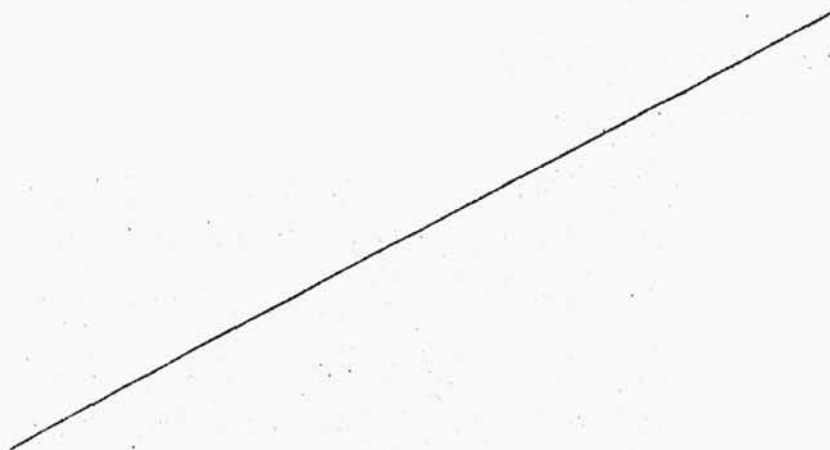
$$v = C \sqrt{r \cdot i} \quad / C \text{ według Gauguillet i Kuttera/$$

albo. $v = C_1 \sqrt{i} \quad / C_1 \text{ według Darcy-Bazin'a/.$

Zalecenia godnym jest jeszcze wzór prof. Matakiewicza, zapomocą którego możemy określać wprost w funkcji tylko spadku i oraz promienia hydraulicznego r , z pominięciem bezpośredniego wpływu chropowatości, a mianowicie:

$$v = \frac{116 i^{0,493+10i}}{2,2 + r^{\frac{2}{3}} + \frac{0,15}{r^2}} \cdot r.$$

Dla ułatwienia służy następująca tablica:



Tablica Nr. X.

Średn. głębokość	Spadki i														
	0,005	0,001	0,0015	0,002	0,0025	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,01		
0,1	0,120	0,163	0,194	0,217	0,236	0,252	0,278	0,297	0,311	0,323	0,331	0,338	0,343		
0,2	0,239	0,325	0,386	0,433	0,471	0,503	0,554	0,591	0,620	0,643	0,661	0,674	0,684		
0,3	0,346	0,472	0,560	0,628	0,682	0,730	0,803	0,857	0,900	0,932	0,958	0,978	0,992		
0,4	0,426	0,581	0,690	0,774	0,841	0,899	0,989	1,057	1,108	1,149	1,180	1,204	1,223		
0,5	0,503	0,685	0,814	0,913	0,991	1,060	1,167	1,246	1,307	1,355	1,392	1,420	1,442		
0,6	0,573	0,781	0,927	1,040	1,130	1,209	1,330	1,420	1,490	1,544	1,586	1,619	1,644		
0,7	0,635	0,867	1,029	1,154	1,253	1,341	1,475	1,575	1,653	1,713	1,760	1,796	1,823		
0,8	0,699	0,954	1,132	1,270	1,380	1,476	1,624	1,734	1,819	1,885	1,937	1,977	2,007		
0,9	0,760	1,036	1,230	1,380	1,499	1,603	1,763	1,883	1,976	2,048	2,104	2,147	2,180		
1,0	0,823	1,122	1,332	1,495	1,623	1,737	1,910	2,040	2,141	2,218	2,279	2,326	2,361		
1,25	0,977	1,332	1,581	1,773	1,927	2,061	2,267	2,421	2,540	2,632	2,705	2,760	2,802		
1,50	1,112	1,517	1,801	2,020	2,195	2,347	2,582	2,758	2,894	2,999	3,081	3,144	3,192		
1,75	1,250	1,700	2,019	2,264	2,460	2,631	2,894	3,091	3,243	3,361	3,453	3,524	3,577		
2,0	1,374	1,874	2,225	2,496	2,711	2,900	3,189	3,407	3,574	3,704	3,806	3,884	3,943		
2,50	1,616	2,193	2,616	2,934	3,188	3,410	3,751	4,006	4,203	4,356	4,475	4,567	4,636		

Mając V , sprawdzamy, czy istotnie $\omega \cdot v = Q$, innymi słowy: czy przyjęty przez nas poziom lustra wody odpowiada wielkości Q przy danym i . Jeżeli różnica jest niewielka, na przykład: nie przekracza kilku procent, - to zadawaliśmy się w zupełności osiągniętym stopniem dokładności i uważamy pierwszą część zadania za rozwiązana.

Zauważyć trzeba, że o ile chodzi o rzeczki, lub wogóle o parowy, którymi od czasu do czasu płynie woda, to bardzo często mamy możliwość oznaczyć i wymierzyć na miejscu bezpośrednio instrumentem rzeczywistą wysokość najwyższego poziomu wody, jaka kiedykolwiek - według zeznań najstarszych miejscowych mieszkańców - była zaobserwowana. Dobrze jest właśnie notować takie dane dla konfrontowania i porównywania ich z wynikami obliczeń.

Druga część zadania polega na dobraniu takiej szerokości otworu mostu, ażeby:

1/ szybkość przepływu V_d , jaka się musi rozwinąć na dnie tego ostatniego, - nie była większą od tej, jaką całe dno może wytrzymać, nie ulegając rozmyciu; 2/ ażeby wywołane zwięzieniem łożyska spiętrzenie lustra wody, - zsumowane z głębokością potoku przed mostem, - nie dawało w rezultacie więk-

szej wysokości, niż pewna maksymalna, na którą w danym wypadku można się zgodzić.

Otóż - co do 1-go, to mamy przedewszystkiem następującą Tablicę Nr.XI:

Tablica Nr.XI.

Rodzaj dna:	$V \text{ m/sek}$
mur.....	4,5
podwójny bruk.....	3,0
pojedynczy "	2,0
ściska glina /albo żwir gruby/...	1,5
słaby grunt /zwykły/.....	1,0

Trzeba przytem zauważyć, że według praw hydrauliki V średnie w przekroju jest zawsze większe od V_d , mianowicie można przyjąć $\frac{V_d}{V} = 0,9$.

Co się tyczy punktu 2-go, to na kolejach wymagane jest, ażeby poziom spiętrzonej wody był mniej więcej o 1 mtr. niższy od kantu torowiska; gdy jednak chodzi o drogi zwykłe, - nawet szosowe, - to wymaganie powyższe nie jest obowiązujące, przeciwnie godzimy się, gdy trzeba, nawet z tym, że wezbrana woda będzie się przelewać przez pokład mostowy. - Jednak - jeżeli tylko można - lepiej jest starać się o to, ażeby lustro spiętrzonej wody nie docho-

dziło do spodu konstrukcji mostowej.

Oczywiście co do rzek i rzeczek spławnych - wymagania są zgoła inne; zwłaszcza, jeżeli podczas powodzi wiosennej rzeczka niesie pniaki, karpy lub gałęzie, - to należy się z tym liczyć i podnosić wyżej dźwigary, ażeby zabezpieczyć je przed uszkodzeniem.

Właściwa szerokość otworu określa się najczęściej zapomocą wzoru dla jazów zatapianych, uwzględniając przytem szybkość wody przed mostem:

$$b = \frac{Q}{\mu \sqrt{2g} \left\{ \frac{2}{3} [(h+k)^{3/2} - k^{3/2}] + a(h+k)^{1/2} \right\}} \dots /5/$$

przyczem:

$$\mu = 0,8 + 0,9; \quad h = \frac{v_m^2 - v^2}{2g}; \quad k = \frac{v^2}{2g},$$

zaś a - jest to średnia głębokość wody w przekroju.

Wprowadzając te wartości oraz zakładając $g = 981 \text{ mtr/sek}^2$, otrzymujemy zaniasz poprzedniego wzór bardziej uproszczony:

$$b = \frac{Q}{0,03056(v_m^3 - v^3) + 0,9av_m} \dots \dots \dots /5'/$$

Ściśle biorąc, - rzeczywista szybkość v dopły-

wającej wody w przekroju przed mostem nie będzie taką, jaką byłaby, gdyby nie było mostu; a wszakże - za pomocą obliczeń, wyżej podanych, - myśmy właśnie takie v określili. Można tę nieścisłość zbagatelizować; można, jednak, chcąc być ścisłym, - postąpić tak: gdy mamy już wyliczone $h = \frac{v_m^2 - v^2}{2g}$,

określić ω' przekroju, którego górną granicę stanowi lustro spiętrzonej wody. Jeżeli średnią szybkość w tym przekroju oznaczymy przez u , to

$u \cdot \omega' = v \cdot \omega$, czyli $\frac{u}{v} = \frac{\omega}{\omega'}$, skąd $u = v \cdot \frac{\omega}{\omega'}$,
zaś dokładniejsze $h' = \frac{v_m^2 - u^2}{2g}$, jak również $k' = \frac{u^2}{2g}$

A wtedy, korzystając znów z wzoru powyższego dla b - określamy tę wielkość po raz drugi bardziej już dokładnie; wstawiając zamiast k i h - odpowiednio k' i h' . Można, jednak, tego wszystkiego nie robić, - gdyż i tak wielkość b zawsze się zaokrągla do najbliższej większej całkowitej liczby. Po ustaleniu b należy, posługując się znów wzorem /5/, przyjmując tylko b za wiadomą, zaś v_m - za nie-
wiadomą, - obliczyć wartość tej ostatniej, odpowiadającą przyjętemu b ; poczem również określić $h = \frac{v_m^2 - v^2}{2g}$. Wartość tej wysokości spiętrzenia,

zsumowana z a , nie powinna być większa, niż

najwyższa dopuszczalna w danym wypadku wysokość lustra wody.

Ministerstwo Kolei - rozporządzeniem z dnia 5/IV-1923 r. Nr.V/7384/23 zaleciło następujący sposób obliczania otworów małych mostów:

Największy odpływ wód opadowych z małych zlewni określa się na podstawie poniżej podanej tabelki, wyrażającej ilość m^3 odpływu w ciągu 1 sekundy z 1 km^2 zlewni o pochyłości i .

Tablica Nr.XII.

Długość zlewni w klm.	T e r e n z l e w n i .		
	górzysty $i > 20\text{‰}$	falisty $i = 5$ do 20‰	płaski $i < 5\text{‰}$
1	8,0	6,4	4,0
2	7,0	5,6	3,5
3	6,0	4,8	3,0
4	5,0	4,0	2,5
6	4,0	3,2	2,0
10	3,0	2,4	1,5
14	2,0	1,6	1,0
18	1,0	0,8	0,5

UWAGI:

1. Dla krótkich dolin /o długości do 3 klm./ ze stromemi zboczami ilość odpływu winna być zwiększo-

na o 25 % .

2. Dla łatwo przepuszczalnych gruntów o powierzchni niezadarnionej oraz dla zarośli ilość odpływu może być zmniejszona, lecz nie więcej niż o 25 % .

3. Dla lasów, żwirowisk i pustkowi kamiennych lub piaszczystych ilość odpływu może być zmniejszona do 50 % .

Dla długości pośrednich odpowiednie wartości otrzymują się przez interpolację liniową.

Średnią prędkość przepływu określa wzór $V = C \sqrt{r \cdot i}$ w którym $r = \frac{F}{P}$ oznacza promień przekroju, F - przekrój poprzeczny strugi, P - obwód zwilżony łożyska, i - spad łożyska, wreszcie C - współczynnik, wartość którego według nowego wzoru Bazin'a wynosi:

$$C = \frac{87}{1 + \frac{r}{\sqrt{r}}}$$

przyczem r posiada wartość następującą:

Tablica Nr. XIII.

RODZAJ ŁOŻYSKA.	f
1. Cement wygładzony lub drzewo heblowane	0,06
2. Ciosy kamienne, gładkie cegły lub deski nieheblowane	0,16
3. Mur z kamienia łamanego	0,46
4. Kanały z ziemi o bardzo prawidłowej po- wierzchni lub brukowane	0,85
5. Kanały w ziemi w zwykłych warunkach . . .	1,30
6. Łożyska nieregularne, strumieni nieuregu- lowanych	1,75

Wielkość otworu mostu lub przepustu winna być obrana tak, aby przede wszystkim zwiększona prędkość przepływu z powodu zwężenia łożyska nie mogła spowodować rozmycia dna i boków sztucznego koryta, czyli:

$$l \text{ winno być } \geq \frac{Q}{v \cdot a} \dots\dots\dots //$$

gdzie l - światło otworu mostu lub przepustu, Q - ilość przepływu, a - głębokość wody przy niespiętrzonem zwierciadle i v - dopuszczalna prędkość, granice której są następujące:

TABELICA XIV.

R o d z a j ł o ż y s k a .	Dopuszczalna śred. prędkość przepływu m/sek.
1. Gлина, gruby piasek	1,1
2. Żwir, ił zwięzły lub ziemia zadar- niona	1,8
3. Grunt kamienny lub bruk pojedynczy	2,5
4. Grunt skalisty lub bruk podwójny	3,5
5. Lita skała lub mur z kamienia . . .	4,7
6. Koryto drewniane	6,5

5. Spiętrzenie wody powyżej mostu lub przepus-
tu, określa się ze wzoru:

$$Q = \mu l \sqrt{2g} \left\{ \frac{2}{3} [(h+k)^{\frac{3}{2}} - k^{\frac{3}{2}}] + a \sqrt{h+k} \right\} 12/$$

w którym h oznacza wysokość spiętrzenia, a
 $k = \frac{v_0^2}{2g}$, gdzie v_0 - szybkość dopływu wody do
 przekroju spiętrzonego; albo w formie uproszczonej:

$$Q = \mu l \sqrt{2gh + v_0^2} \left(\frac{2}{3} h + a \right) 13/$$

Wartość współczynnika μ dla małych otworów
 należy obierać nie większą nad 0,8. Dla potoków
 unoszących dużo rumowiska, $\mu = 0,50$.

Rozwiązanie równania 3-go daje wzór:

$$h = \frac{l}{2g} \left\{ \frac{Q^2}{\mu^2 l^2 \left(\frac{2}{3} h + a \right)^2} - v_0^2 \right\}$$

Jeśli zaś oznaczyć przez F normalny przekrój strugi, a przez b szerokość zwierciadła powyżej mostu, to:

$$h = \frac{Q^2}{2g} \left\{ \frac{1}{\mu^2 l^2 \left(\frac{2}{3} h + a \right)^2} - \frac{1}{(F + bh)^2} \right\} \dots /4/$$

Z początku oblicza się przybliżoną wysokość spiętrzenia, nie uwzględniając wpływu h na prawą stronę równania 4, t.j.

$$h = \frac{Q^2}{2g} \left\{ \frac{1}{\mu^2 l^2 a^2} - \frac{1}{F^2} \right\} \dots \dots \dots /5/$$

Wstawiając następnie otrzymaną przybliżoną wartość h w prawą część równania 4-go, otrzymuje się drugie przybliżenie wartości h , które przyjmuje się za ostateczne.

6. W celu nadania równomiernego biegu wody w sztucznem korycie, dno przepustu winno otrzymać należyty spadek, zgodnie z równaniem $V = C \sqrt{r i}$.

7. Spód prześel mostowych winien wznosić się nad poziomem wód spiętrzonych nie mniej niż na 0,70 metra.

8. Otwory przepustów winny posiadać szerokość

nie mniejszą niż 0,60 m., wyznaczoną w założeniu, że najwyższy poziom spiętrzonej wody nie zajmie więcej niż $3/4$ wysokości otworu.

Powróćmy teraz do wzmianki, robionej na samym początku, mianowicie, że można obliczać otwory mostów na zasadzie pewnego stałego, na empirycznych normach opartego, stosunku do powierzchni zlewni. - Tak więc w Holandji liczą na każdy $/\text{km}^2$ zlewni po 0,2 stopy bież. otworu, przy bardziej zaś spadzistych korytach powiększa się powyższa cyfra do 0,5 stopy.

Podług Debauve - w Belgji i w Północnej Francji na każdy $/\text{km}^2$ zlewni przyjmuje się od 0,125 do 0,9 bież. metr. otworu, - zależnie od konfiguracji terenu.

W Niemczech czasami stosują normę $1,9 / \text{stopy}^2$ przekroju wodnego na $1 / \text{km}^2$ zlewni.

W Rosji dużą wziętością cieszyły się normy Biełińskiego, według których dla zlewni od 50 do 100 kw. wiorst należy liczyć na każdą kw. wiorstę po 0,315 $/\text{m}^2$ przekroju w świetle mostu, dla zlewni od 100-300 liczy się po 0,27 $/\text{m}^2$ i t.d. Podzieliwszy wskazaną powierzchnię przez średnią głębokość, - mamy światło mostu.