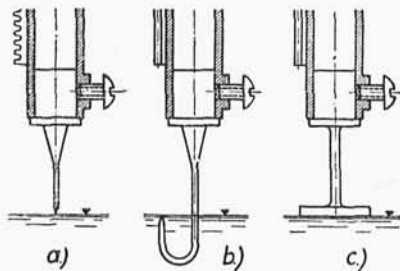


kładnością, jeden bowiem impuls przypada na 4 mm różnicy poziomów. Impulsy wywoływane są przez 3 sprężynki kontaktowe i 6 występów umieszczonych na wale pod kątem  $60^{\circ}$  do siebie. Przez równoczesne dotknięcie dwóch występów można przy półobrocie uzyskać 6 kombinacji, a przez 20-krotne przeniesienie kołami zębatymi na oś rolki pływaka, której cały obrót odpowiada amplitudzie 1 metra, uzyskuje się kontakt i impuls co 4 mm. Impulsy przesuwają w aparacie odbiorczym przyrząd piszący opierający się na stole, na którym przesuwana się rolka papieru w ten sposób, że równocześnie jest widzialny wykres z ostatnich 24 godz. Prędkość przesuwania się rolki — 24 mm/godz. Co godzinęznaczona jest marka czasu.

## 8. Wodowskazy w laboratoriach wodnych

W laboratoriach wodnych, gdzie chodzi o dokładny pomiar nieraz bardzo niewielkich zmian w poziomie wody, nie wystarczają zwykle urządzenia wodowskazowe. Najczęściej używane są do tego wodowskazy szpilkowe. Podziałka, zwykle milimetrowa, jest w nich przesuwalna i zakończona ostrzem, dotykającym zwierciadła wody



Rys. 44a, b, c.

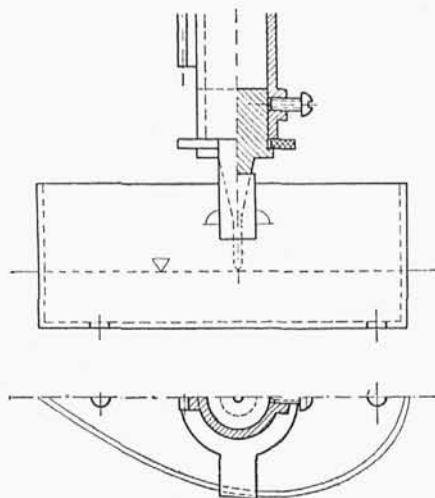
Wodowskazy w laboratoriach wodnych.

od góry lub od dołu (ten ostatni dla wody stojącej lub bardzo spokojnie płynącej) (rys. 44 a b). Wskazówka jest stała i zwykle złączona z noniuszem, pozwalającym odczytać stan wody z dokładnością 0,1 mm. Dla zmierzenia szybko poruszającej się wody można użyć płasko zakończonego pręta (rys. 44 c). Bardzo często konieczne jest uspokojenie wody; w tym celu przeprowadza się wodę przy pomocy wąskiego przewodu do skrzyneczki, w której umieszczony jest wodowskaz. Przewód zamyka się kurkiem, którym można dławić jeszcze bardziej ruchy zwierciadła wody. Można też użyć ruchomego urządzenia; będzie to płytkie naczynie o kształcie nie spiętrzającym wody, z małymi otworami w dnie, które to naczynie razem z podziałką wodowskazową zanurza się w miejscu pomiaru (rys. 45).

W laboratorium Warszawskim<sup>11)</sup> użyto do skrzyni tarowniczej

<sup>11)</sup> Sprawozdanie z prac wykonanych w r. 1931 — 1932 w Laboratorium Wodnym Politechniki Warsz. Warszawa, 1933.

wodowskazu o specjalnej konstrukcji, pozwalającej na sygnalizowanie z góry określonych różnic w poziomach wody. W tych poziomach umieszcza się przesuwalne kontakty elektryczne, natomiast na podziałce wodowskazowej przesuwają się sprężyste umieszczone pływak, które w chwili osiągnięcia przez wodę w skrzyni żadanego poziomu podnoszą się i dotykają kontaktów. Chwilę tę wskazuje odpowiedni miliamperomierz. Pływaków takich umieszczono 4, ażeby można mierzyć kilka poziomów bez opróżniania skrzyni w czasie pomiaru.



Rys. 45.  
Urządzenie do pomiaru stanu wody.

W laboratoriach odczytuje się często stan wody w rurach szklanych, złączonych przy pomocy lewarów z poszczególnymi częściami modelu, z piezometrami itp. Odczytuje się wówczas menisk cieczy, którego wielkość zależna jest nie tylko od stałej włoskowatości, która dla wody wynosi  $\frac{d}{30}$  ( $d$  w mm), ale także od zanieczyszczenia naczynia. Średnica rurki szklanej nie powinna być według Schaffernaka<sup>12)</sup> mniejsza niż 30 mm.

Rzadziej stosowane są aparaty oparte na zmianie przewodnictwa prądu w miarę zanurzenia się odpowiedniej sztabki metalu. Firma wiedeńska Gansera buduje tego rodzaju przyrządy, w których w aparacie nadawczym pod wpływem zmiany stanu wody, przeniesionego

<sup>12)</sup> F. Schaffernak. Hydrographie, Wien, 1935.  
Hydrologia III

przewodem powietrznym na manometr rtęciowy, zmienia się opór drutu zanurzonego w rtęci w miarę zmian poziomu zwierciadła rtęci. W aparacie odbiorczym w miarę zmian siły prądu zmienia się położenie wskazówki, pokazującej na odpowiednio wykonanej podziałce każdorazowy stan wody. Na podobnej zasadzie skonstruowano dla małych elewacji wodowskazy, oparte na zanurzeniu się sztabki silikatowej wprost w wodę i zmianie jej oporu elektrycznego.

## 9. Obserwacje wodowskazowe

Pierwszym warunkiem dobrych obserwacji jest ich ciągłość. Zupełną ciągłość mamy tylko przy samoczynnych obserwacjach, natomiast na zwykłych wodowskazach osiągamy ciągłość przez odczytywanie stanów wody w stałych odstępach czasu, co najmniej raz dziennie (w Polsce w lecie o godz. 7, w zimie o 8 rano). Na ważniejszych stacjach lub w czasie, kiedy stan wody ulega szybkim zmianom, obserwuje się go dwa lub trzy razy dziennie (w Polsce o godz. 7, 13 i 19). Na odcinkach rzek, na których daje się odczuć wpływ przypływu i odpływu morza, należy zanotować czas i wysokość górnej i dolnej kulminacji. W niektórych krajach północnych zmniejsza się ilość obserwacji w czasie zlodzenia aż do jednej na tydzień.

Oprócz zwyczajnych obserwacji na niektórych stacjach wykonuje się, w czasie bardzo wysokich stanów wód, obserwacje dodatkowe, tzw. nadzwyczajne, tak często ażeby można przedstawić dokładnie przebieg wezbrania. W zależności od gwałtowności wezbrania odstęp czasu wynosi od 1 do 6 godzin. Początek obserwacji nadzwyczajnych ustala się dla każdej stacji wodowskazowej i zaznacza się go w umówiony sposób na podziałce. Bez względu na odstępy czasu, określone dla obserwacji nadzwyczajnych, musi być zanotowany stan najwyższy (kulminacja) wezbrania i opowiadający mu czas.

Oprócz obserwacji zwyczajnych i nadzwyczajnych wykonuje się w niektórych krajach obserwacje tzw. pośrednie, w zależności od użytkowania wody na cele energetyczne, melioracyjne lub komunikacyjne. Konieczne to jest wówczas, gdy zużytkowanie wody nie jest jednostajne w ciągu doby.

Odczytywanie stanów wody odbywa się według polskiej instrukcji dla obserwatorów stacji wodowskazowych<sup>13)</sup> w centymetrach, mimo

<sup>13)</sup> Służba Hydrograficzna w Polsce. Instrukcja dla obserwatorów stacji wodowskazowych. Warszawa, 1923.

że łaty wodowskazowe mają podział dwucentymetrowy. Przewyżki mniejsze od 1/2 cm pozostawia się niewzględnione, zaś powyżej 1/2 cm liczy się za cały centymetr. Jeżeli zero podziałki wodowskazowej znajduje się ponad zwierciadłem wody, wówczas odczyty otrzymują znak ujemny (—) i liczone są od zera w dół. Na wodowskazach palowych odczytu dokonuje się przy pomocy przenośnej łaty, którą stawia się na pierwszym palu zupełnie zanurzoną w wodzie. W czasie falowania zwierciadła wody należy odczytywać kilkakrotnie wierzch i spód fali na podziałce i przyjąć jako odczyt wartość średnią.

Do notowania spostrzeżeń służy dziennik obserwacji wodowskazowych, a zapisywanie odbywa się w Polsce według następującego schematu:

Nazwa rzeki . . . . .

Rok . . . . .

Nazwa stacji . . . . .

Miesiąc . . . . .

1	2			3	4	5	6	7	8
Data	Stan wody w cm, obserwowany o godzinie:			Temperatura w stopniach C o godz.	Stan pogody: pogoda, pochmurno, deszcz, śnieg, grad, mgła, burza, mróz, odwilż, wiatr (kierunek)	Wygląd wody: czysta, mętna, b. mętna	Zjawiska lodowe: śrżyż, kra, rzeka zamrzła na szer., zator, ruszenie lodów	Grubość lodu w cm	Uwagi
	rano	południe	wieczór						

Kolumnę 3 wypełnia się tylko na niektórych ważniejszych stacjach. W uwagach zamieszcza się przede wszystkim okoliczności wpływające na zmianę poziomu wody lub niedokładność odczytów wodowskazowych: więc działanie jazów, śluz, zbiorników, umieszczenie wodowskazu prowizorycznego w miejsce zerwanego przez powódź, brak dostępu do wodowskazu itp.

Kartki przeznaczone na zapiski nadzwyczajne mają podział czasu pionowy na dni i poziomy na godziny, tak że stan wody, odczytany o którejkolwiek godzinie, wpisuje się od razu w odpowiednią przedziałkę.

Szczegóły ważne dla administracji wodnej, jak przejazd pierwszych i ostatnich statków lub tratw, obszar zalewów, wielkość szkód powodziowych itp. notuje się na odwrotnej stronie raportów.

W razie założenia wodowskazu prowizorycznego musi być zanotowany okres obserwacji na tym wodowskazie, a po ponownym założeniu stałego wodowskazu przez kilka dni należy odczytywać równocześnie oba wodowskazy. Jeżeli grozi brak dostępu do wodowskazu i w tym wypadku zakłada się wodowskaz pomocniczy, to należy go założyć tak, ażeby na obu łatach odczytywało się te same cyfry. Jeśli tak wodowskazów nie założono, należy się starać na początku, a w każdym razie przy końcu okresu odczytów na wodowskazie pomocniczym, odczytywać także stany wody na wodowskazie stałym.

Wyniki obserwacji podane w raportach wodowskazowych muszą być skontrolowane. Kontrola polega na porównaniu przebiegu zmian stanów wody z wynikami obserwacji na wodowskazach pierwszego rzędu. W ten sposób można wyeliminować grubsze błędy. Drobniejsze błędy pochodzą albo z nieścisłości w odczytach, albo z nienależytego doprowadzenia wody do łaty wodowskazowej. Tego rodzaju błędy można usunąć tylko przez częstą kontrolę na miejscu.

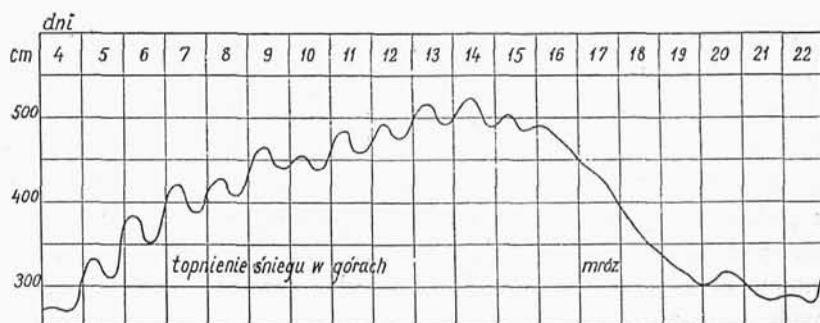
Stale powtarzające się odchyłki jednokierunkowe w odczytach w porównaniu z innymi stacjami dowodzą zmiany kształtu przekroju wodowskazowego. Zmiany te można badać przez periodyczne sondowanie przekroju wodowskazowego, najlepiej po przejściu wezbrania wiosennego i po nadzwyczajnych powodziach. O zupełnej równowartości odczytów można się jednak przekonać tylko przez pomiar objętości wody przy tym samym stanie, wynik sondowania bowiem nie uwzględnia zmian spadu wody.

Jeżeli w ciągu kilku dni nie robiono spostrzeżeń, wówczas można je uzupełnić przez interpolację, jeśli zmiana stanu wody była jednokierunkowa. Jeżeli zmiany są większe i nieregularne, albo okres braku obserwacji nieco dłuższy, wówczas uzupełnienie może nastąpić przez porównanie z sąsiednimi wodowskazami, o ile między nimi nie ma większego dopływu. Interpolację zaznacza się w raporcie, ujmując odpowiednie cyfry w nawias.

Objętości wody, przepływające przy tym samym stanie, nie są te same wtedy, gdy rzeka pokryje się lodem, albo gdy płynie nią śręż. Dlatego okres zlodzenia i śrężu należy uwidocznnić w raporcie.

Z otrzymanego materiału obserwacyjnego układa się przede wszystkim bieg dzienny stanów wody. Jako stan wody dzienny przyjmuje się zasadniczo obserwacje ranne, bez względu na to, że na niektórych wodowskazach obserwuje się stan wody kilka razy na dobę lub że istnieją limnigramy. Jeżeli jednak na wszystkich wodowskazach w całym kraju, dorzeczu czy rzeki, obserwuje się stan wody kilka razy dziennie, wówczas oblicza się średni stan dla

każdego dnia. Przy obserwacjach powtarzanych dwa razy dziennie będzie to zwykła średnia arytmetyczna z odczytu rannego i wieczornego, przy obserwacjach trzykrotnych lub częstszych, trzeba wziąć pod uwagę odstępy czasu i dać poszczególnym obserwacjom odpowiednie wagi. Tak samo postępujemy z obserwacjami limnigraficznymi. W zależności od ilości obserwacji w dniu na zwykłych wodowskazach, bierzemy z limnigramu bądź to stan odpowiadający zwykłej godzinie obserwacji, bądź też na podstawie odcinka krzywej, odpowiadającego jednej dobie, oznaczamy stan średni dla tej doby.



Rys. 46.

Limnigram wodowskazu położonego blisko źródeł rzeki.

Na specjalną uwagę zasługuje wpływ zmian temperatury w ciągu doby wiosną, a w dorzeczach o wiecznym śniegu—w lecie. Na wodowskazach, położonych blisko źródeł, zmienia się stan wody w ciągu dnia w tych samych godzinach, odzwierciedlając topnienie śniegu po upływie czasu, jakiego potrzebuje woda do przejścia przez profil wodowskazowy. Limnigram takiej stacji wyglądałby jak rys. 46.

Rzecz jasna, że stan odczytany raz dziennie zwykle o godzinie rannej nie będzie odpowiadał przeciętnemu stanowi w ciągu doby, a przepływy dobowe obliczone na podstawie tych odczytów będą za małe lub za wielkie. Jeżeli nie mamy limnigrafu, to pożądane jest na takich stacjach wykonywanie obserwacji nadzwyczajnych w okresie silnego topnienia śniegu przynajmniej dwa razy w czasie obu kulminacji, dolnej i górnej. Nie można tu zastosować poprawki obliczonej na podstawie poprzednich obserwacji, ponieważ topnienie jest następstwem bardzo wielu zmiennych czynników (temperatury, stanu zachmurzenia, wiatru, opadów ciekłych).

Obserwacji nadzwyczajnych i pośrednich do dalszych obliczeń nie używamy, służą one do specjalnych celów, np. do przedstawienia przebiegu wezbrania, obliczenia objętości fali powodziowej itp.

Zwykle równocześnie ze sprawdzeniem raportów wodowskazowych rysujemy wykresy dziennego biegu stanów wody. Na wykresach pomieszczamy wszystkie obserwacje, a więc zwyczajne, nadzwyczajne i pośrednie, są one zatem pełnym obrazem zmian stanów wody w pewnym okresie. Dla stacyj posiadających limnigrafy będzie to właściwie przerysowany w innej skali limnigram.

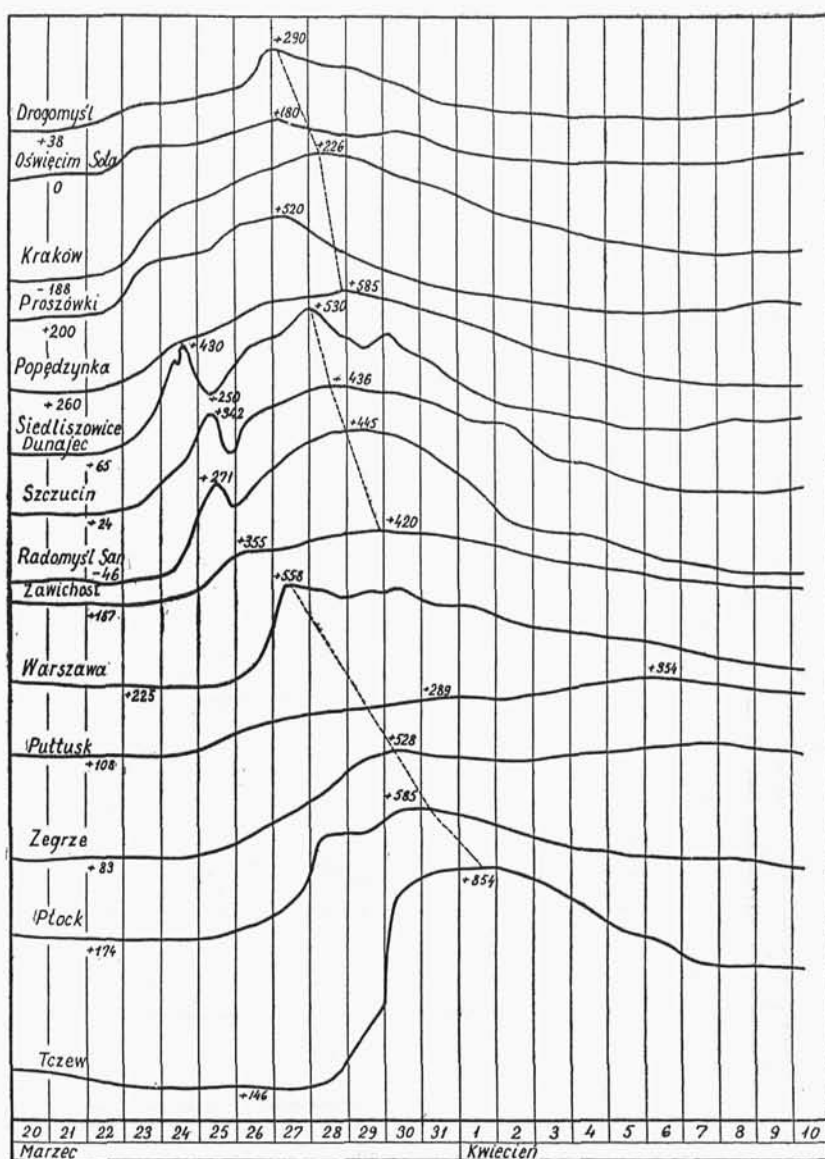
## 10. Wyniki spostrzeżeń wodowskazowych

Wykres biegu dziennego pozwala nam odczytać bezpośrednio niektóre stany charakterystyczne, w szczególności najwyższe i najniższe w pewnym okresie, oraz obliczać bardzo dokładnie wartości średnie z dowolnego okresu przez splanimetrowanie pola między obranymi rzędnymi czasu, podstawą i krzywą zmian stanów wody oraz podzielenie pola przez czas. Wykres ten ułatwia również oznaczenie podstawy fali powodziowej (rys. 6) i daje możliwość łatwej orientacji o stosunkach przepływu, zwłaszcza w czasie trwania różnych stanów.

Zwykle rysuje się bieg dzienny dla każdej rzeki synoptycznie, zaczynając od źródeł. W ten sposób możemy śledzić przebieg zmian stanów wody na całej długości rzeki, a z przesunięć punktów charakterystycznych i odległości stacyj wodowskazowych wnioskować o szybkości przesuwania się zmian w dół rzeki. Przykłady biegu dziennego zmian stanów wody podaje rys. 6, zaś przykład synoptycznego przedstawienia tych zmian w czasie wezbrania Wisły w r. 1924 uwidoczniono na rys. 47.

Wykres biegu stanów wody może służyć do scharakteryzowania rzeki, ale w tym celu musi obejmować wartości przeciętne i skrajne, podobnie jak je przedstawiono dla średnich miesięcznych na rys. 7. Wartości skrajne w pewnym okresie może dać bieg stanów w roku najsuchszym i najwilgotniejszym, albo wykres obejmujący maxima i minima dla poszczególnych dni bez względu na rok. Rys. 48 przedstawia przebieg dziennych stanów wody na Wiśle w Warszawie w roku mokrym 1926 i suchym 1921, zaś rys. 49 podaje dla tego samego wodowskazu wartości najwyższe i najniższe w poszczególnych dniach wybrane z okresu 1921 — 1930, oraz przeciętne z tego 10-lecia. Wykres pierwszy może mieć znaczenie dla dalszych obliczeń przy projektowaniu zakładów wodnych i zbiorników, dając wartości skrajne, wykres drugi pozwala na orientację, jakie odchyłki w ogóle są możliwe w poszczególnych dniach na podstawie dotychczasowych spostrzeżeń w pewnym okresie czasu. Orien-



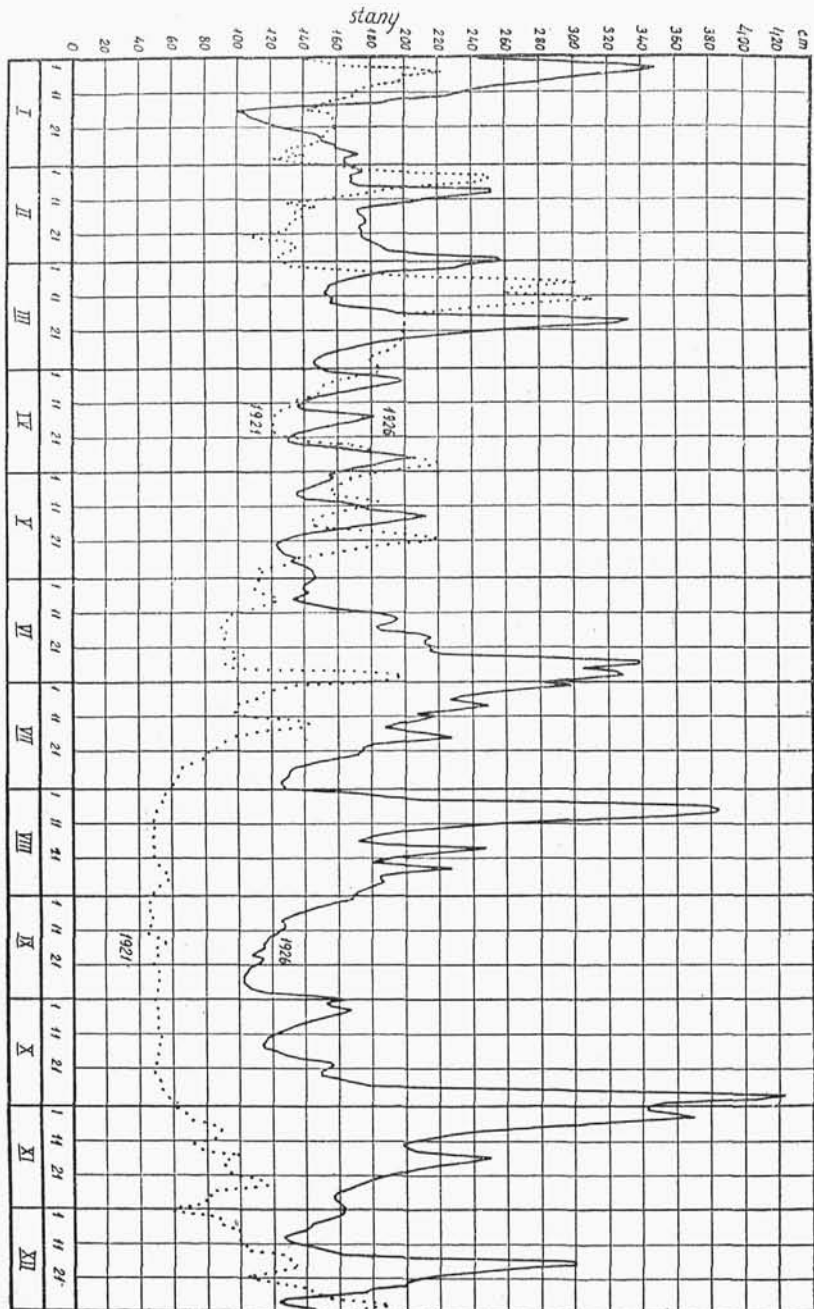


Rys. 47.  
Wezbranie Wisły w 1924 r.

tacja będzie tym pewniejsza, im dłuższy okres będzie wzięty do obliczenia wartości przeciętnych.

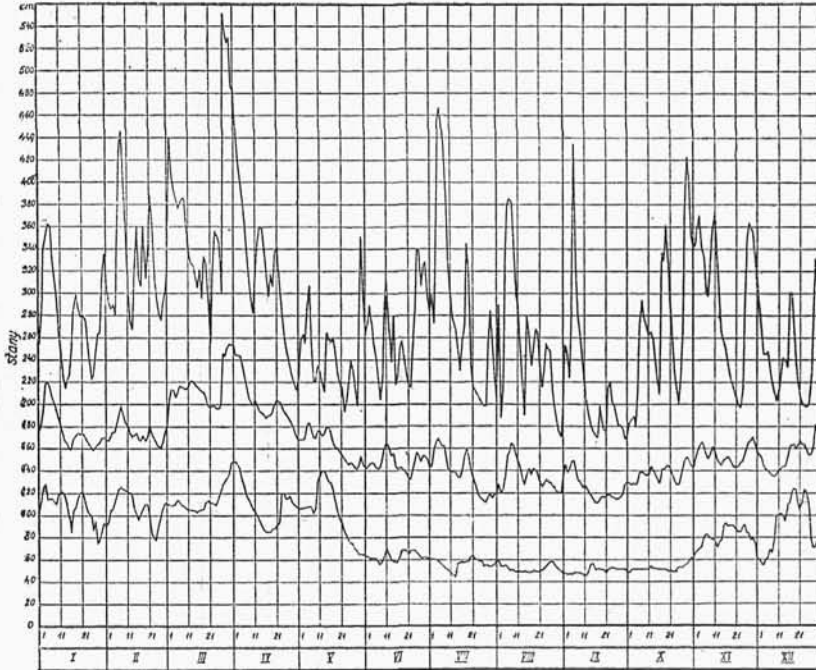
Rys. 6 wskazuje jak wielkie różnice zachodzą pomiędzy biegami dziennymi stanów wody na rzekach typu nizinnego i górskiego.





Rys. 48,  
Zmiany stanów wody w Warszawie na Wiśle w r. 1921 i 1926.

Na powyższych rysunkach zamieszczono jednak tylko rzeki, w których wyraźnie zaznaczała się fala roczna zmian. Na rys. 50 przedstawiono natomiast bieg dzienny zmian stanów dla różnych rzek w Polsce w jednym i tym samym roku 1925. Niewielkie różnice, jakie u nas zachodzą w klimatach poszczególnych dzielnic, nie mogą dać też bardzo wielkich różnic w przebiegu odpływów, wszędzie bowiem zaznacza się wpływ pory zimowej i następnie topnienia

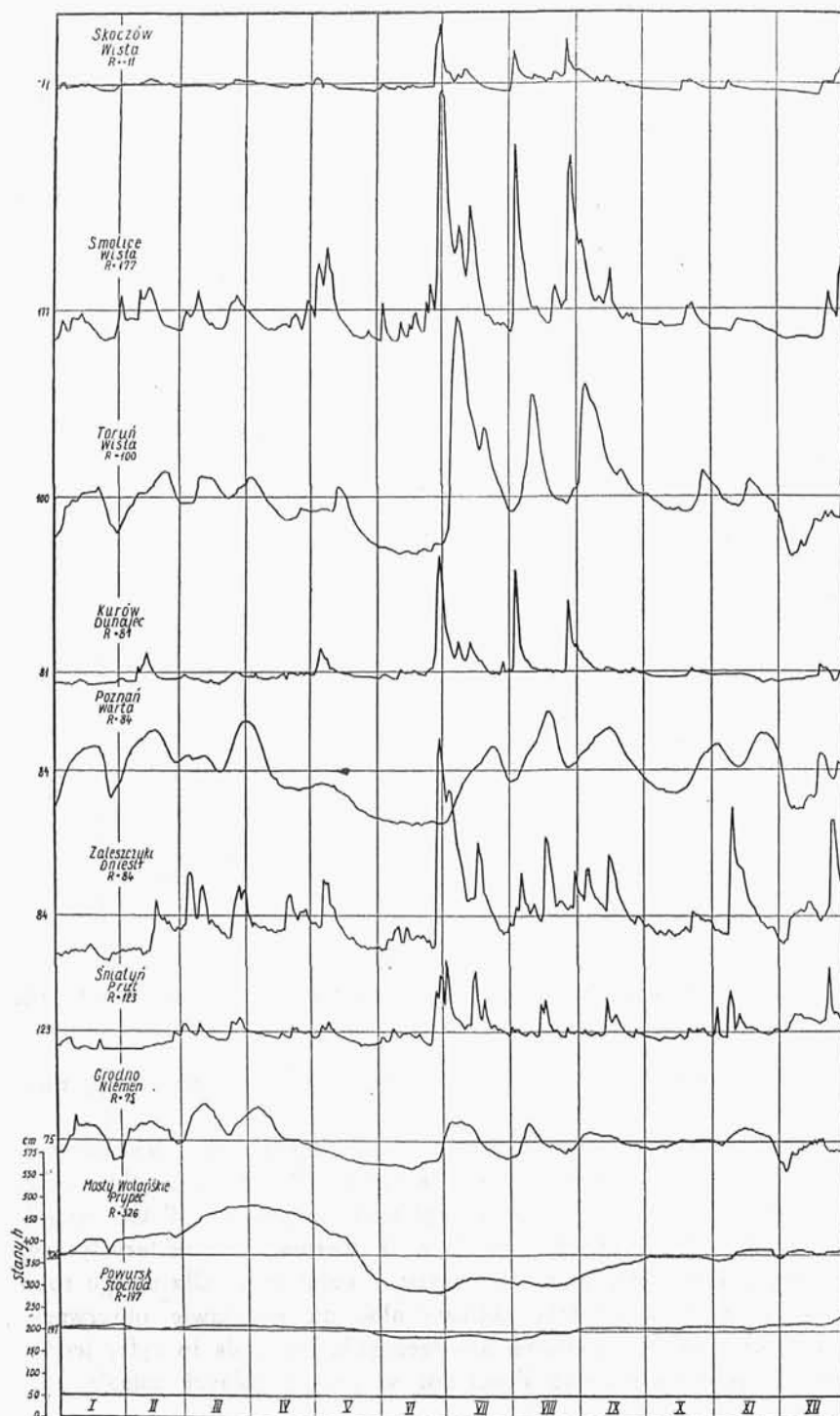


Rys. 49.

Najwyższe, najniższe i średnie stany wód w poszczególnych dniach w okresie 1921–1930.

śniegów; mimo to różnice w rozłożeniu odpływów występują dość wyraźnie.

Dalsze opracowywanie wyników spostrzeżeń wodowskazowych obejmuje obrachowanie wartości średnich. Przede wszystkim będą to wartości średnie dla poszczególnych miesięcy. W ten sposób otrzymamy dla każdego miesiąca 3 wartości charakterystyczne: średnią miesięczną, stan najwyższy i najniższy. Dla całego roku możemy wartość średnią obliczyć albo na podstawie obserwacji dziennych, albo też średnich miesięcznych. Nie będą to cyfry jednakowe (z powodu różnych ilości dni w poszczególnych miesiącach),



Rys. 50.  
Stany wód różnych rzek w roku 1925.

zwykle przeto bierze się pierwszy sposób pod uwagę. Oprócz stanów najwyższych i najniższych w miesiącach roku obliczamy wartości średnie z ekstremów miesięcznych, a więc średnie z najwyższych i najniższych stanów miesięcznych.

Okres roczny rozmaicie jest liczony w różnych państwach. Najczęściej jest nim rok kalendarzowy, ale niektóre kraje, jak np. Prusy, obliczają stany charakterystyczne dla roku hydrologicznego, który obejmuje cały okres opadów stałych, zaś rozpoczyna się w czasie wyczerpania zapasów wód wglębnych w dniu 1 listopada. Te państwa, które przyjęły rok kalendarzowy, dzielą zwykle obserwacje na okres letni i zimowy. W Polsce podział wyodrębnia okres żeglugi od 1 marca do 30 listopada, reszta (tj. grudzień — luty) jest okresem zimowym. W Niemczech dzieli się obserwacje na zimowe i letnie, ale trwające równo po  $\frac{1}{2}$  roku (maj — październik i listopad — kwiecień).

Stany charakterystyczne zmieniają się z roku na rok, dlatego do wszystkich obliczeń opartych na wartościach charakterystycznych stanów wód przyjmuje się okresy dłuższe. Jako minimum przyjmuje się okres 5-letni i to tylko wówczas, gdy opady w tym okresie nie różnią się między sobą znacznie. Jeżeli wchodzi w grę rok mokry lub suchy, należy go albo wyeliminować, albo okres przedłużyć co najmniej do lat 10. Stosunkowo krótkie okresy do określenia wartości przeciętnych przyjmuje się dlatego, że profile wodowskazowe ulegają zmianom, zaś wyeliminowanie błędów, powstałych skutkiem zmian koryta, daje w rezultacie nie o wiele pewniejsze wartości, niż je można mieć z okresu krótszego, w którym zmian w korycie nie było.

Jeżeli stan koryta w profilu wodowskazowym nie ulega zmianom, albo jeśli zmiany są rejestrowane i błędy dadzą się łatwo usunąć, wówczas operujemy wartościami przeciętnymi z dłuższego okresu, np. 20 lat (w Prusach 25, w Rosji dla ważniejszych stacyj 30 lat). Nazywamy je niesłusznie normalnymi, bo zmiany klimatyczne sięgają okresów nieraz dłuższych. Dlatego przy podaniu wartości normalnych należy podać nie tylko liczbę lat, ale i okres czasu, który wykorzystano dla obliczenia tych wartości. Ponadto jeżeli w ciągu tego czasu profil wodowskazowy ulegał zmianom, a powstałe stąd błędy usuwano sztucznie, należy określić okres czasu lub rok, któremu odpowiadają stany wartości przeciętnych.

Wartości normalne obliczamy przede wszystkim dla średnich miesięcznych i średniej rocznej. Do tego dochodzą dane przeciętne z najwyższych i najniższych odczytów w poszczególnych miesiącach i wypośredkowane z nich średnie wartości roczne, wartości średnie z najwyższych i najniższych stanów w poszczególnych latach oraz

stan najwyższy i najniższy w ciągu całego okresu spostrzeżeń, wziętego do obliczeń. Jeżeli obliczenie zaczyna się od czasu założenia wodowskazu i doprowadza do ostatniej chwili, wówczas te ostatnie stany noszą nazwę najwyższych i najniższych dotychczas znanych. Natomiast unikać należy nazwy absolutnie najwyższego i najniższego stanu jako określeń nie mających uzasadnienia, stany te mogą być bowiem zawsze przekroczone.

Wartości miesięczne średnie i skrajne dla szeregu stacyj wodowskazowych uwidocznione są na rys. 7.

## 11. Związki stanów wody z czasem

Dla dokładnego zbadania stosunków przepływu, jak też dla projektów różnych urządzeń wodnych ważna jest wiadomość, jak często te same stany wody powtarzają się w pewnym okresie czasu (miesiącu, roku, szeregu lat). Objętość przepływu, odpowiadająca pewnemu stanowi wody, może być wykorzystana nie tylko w czasie trwania tego stanu, ale także wówczas gdy ściekiem przepływa objętość większa. Ponieważ przez cały ten czas pole przekroju dla przepływu danej objętości jest wypełnione wodą, przeto okres ten nazywamy okresem zwilżenia, a jego czas trwania będzie sumą wszystkich poszczególnych czasów trwania stanów wody wyższych od danego. Związki między stanami wody i czasem możemy przedstawić graficznie, odmierzając na rzędnych stany wody zaś na odciętych ich częstości powtarzania się (w dniach) zarówno dla pojedynczych stanów jak i dla sum. Wykresy te nazywamy krzywymi częstości i krzywymi sum czasów trwania stanów wody.

Obliczenia przeprowadzamy dla roku kalendarzowego lub hydrologicznego, często osobno dla okresu zimowego i letniego. Sumować czasy trwania możemy albo od dołu, wówczas otrzymamy okresy czasu z niedoborem wody, albo od góry, wtedy otrzymujemy okresy zwilżenia.

Obliczenia otrzymujemy z tą dokładnością, z jaką czynione są obserwacje, albo też z dokładnością mniejszą. Ponieważ zwykle czytamy wodowskaz z dokładnością jednego centymetra i tak obserwacje zapisujemy, przeto tok obliczeń będzie następujący. Przy obserwacjach wykonywanych raz dziennie, jeżeli stan wody do dnia następnego nie uległ zmianie, liczymy całą dobę na stan, od którego obliczenie zaczynamy; jeżeli natomiast stan wody zmienił się o  $n$  cm, to na każdy następny centymetr podziałki wodowskazowej