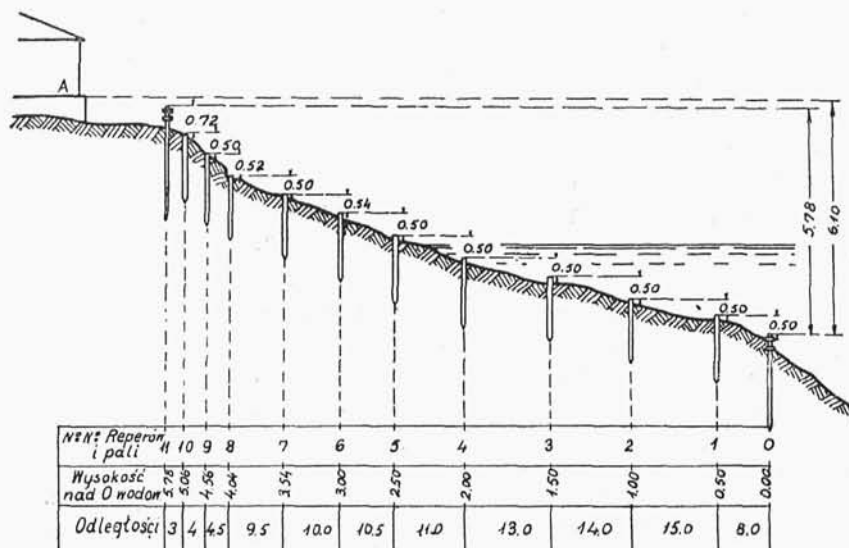


ków drewnianych wbitych w ziemię (prawie równo z terenem) w różnych od siebie odległościach, ale tak aby pomiędzy poziomami ich głów była stała różnica wysokości, np. 0,50 m. Pal najniższy zastępuje zero podziałki i powinien znajdować się zawsze pod wodą, pal najwyższy ma charakter znaku kontrolnego a poziom jego wierz-



Rys. 27.  
Wodowskaz palowy.

chołka powinien być wzniesiony ponad najwyższy stan wody. Oba te pale krańcowe mają charakter bardziej stały: często są nimi żelazne repere. Odczyt wykonuje się przez policzenie pali wystających z wody i zmierzenie na pierwszym zanurzonej palu różnicy poziomów między wierzchołkiem pola a zwierciadłem wody.

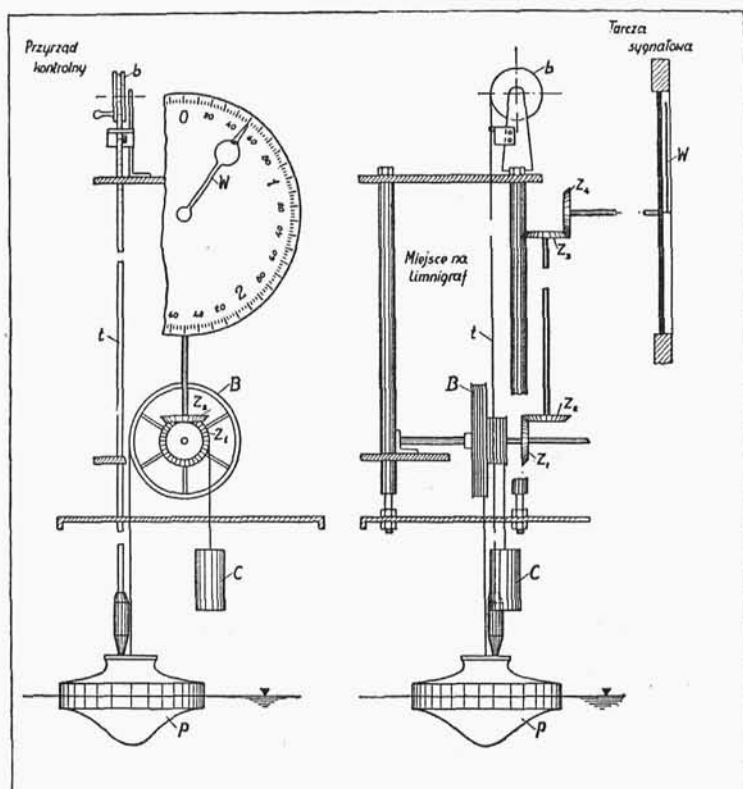
#### 4. Wodowskazy optyczne

Bardzo często pożądane jest umożliwić przejeżdżającym żeglarzom odczytanie stanu wody z pewnej odległości. W tym celu należy przenieść wahania stanu wody na miejsce widoczne, zwykle wzniesione ponad wysoki brzeg. Wodowskazy tego rodzaju nazywamy optycznymi, a do przeniesienia służy zwykle urządzenie pływakowe.

Na wysokim brzegu lub w wale rzeczny wykonuje się studzienkę, sięgającą poniżej najniższego stanu wody, i łączy się ją przy



szczona tuż obok łąty. System ten znany z pomiarów stanów wód gruntowych<sup>6)</sup> rzadko stosuje się do pomiaru stanu wody w ściekach wobec konieczności użycia zbyt długich a przez to i ciężkich podziałek opartych na pływaku.



Rys. 28 b.

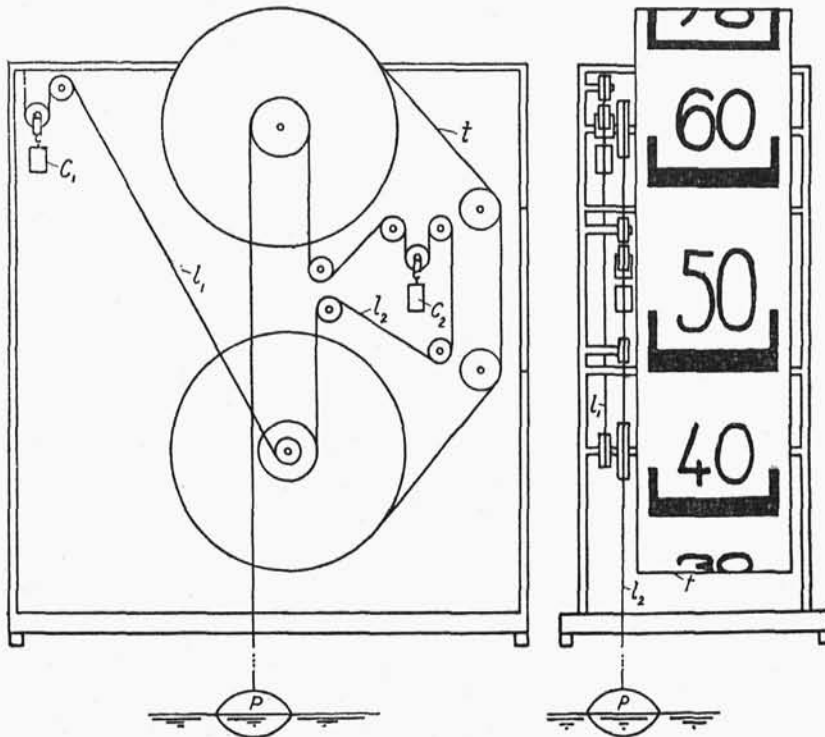
Schemat urządzenia stacji wodowskazu optycznego w Toruniu.

Zwykle łączymy widzialne części wodowskazu z pływakiem przy pomocy przeniesienia linowego. Cyfry możemy wtedy wykonać znacznie większe. Urządzenia tego rodzaju nazywamy wodowskazami optycznymi.

Na rys. 28 a, b przedstawiono wodowskaz w Toruniu. Do studzienki wykonanej na wysokim brzegu dostaje się woda z rzeki przy pomocy lewara. Nad studzienką zbudowany jest kiosk ze ścianą szczytową zwróconą ku rzece. W kiosku na odpowiedniej podstawie, złączonej wysokościowo z zerem podziałki wodowskazowej i przymocowanej do ściany studzienki, umocowane jest urządzenie do prze-

<sup>6)</sup> Hydrologia, część II

niesienia [odczytów] ponad teren. Składa się ono z pływaka „p”, zawieszonego na linie owiniętej dokoła bloku „B”. Ciężar linki i pływaka zrównany jest przeciwwagą „C”, zawieszoną na linie przechodzącej przez blok o mniejszej średnicy. Para kół zębatach stożkowych „Z<sub>1</sub>” i „Z<sub>2</sub>” przenosi ruch obrotowy poziomy na pionowy sięgający dachu kiosku, gdzie druga para kół zębatach „Z<sub>3</sub>” i „Z<sub>4</sub>” przywraca ruch obrotowy poziomy osi, na której końcu znajduje się wskazówka „W”. Oś przechodzi przez środek tarczy, umieszczonej na szczytowej ścianie dachu kiosku, opatrzonej

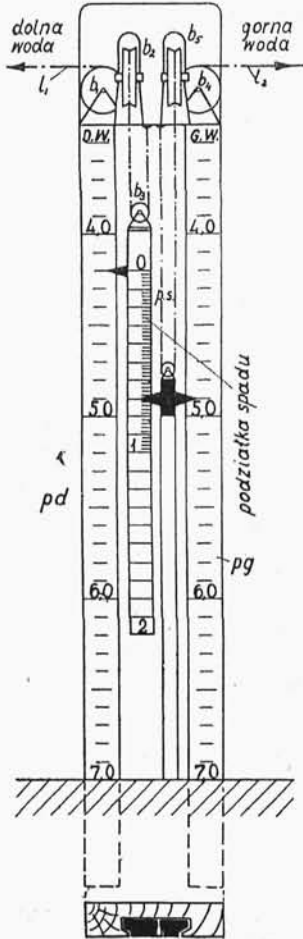


Rys. 29.  
Wodowskaz optyczny.

podziałką wskazującą metry i decymetry z odpowiednimi napisami. Każdy decymetr podzielony jest na cztery części, tak że odczytu można dokonać z dokładnością 2,5 cm, a przy oszacowaniu nawet do 1/2 cm. Oś główna aparatu może równocześnie uruchomić pióro przyrządu samopiszącego umieszczonego na podstawie. Do tej samej podstawy przymocowany jest przyrząd kontrolny złożony z taśmy opatrzonej podziałką, owiniętej na bębnie „b” i z ciężarką, który przy opuszczaniu go na taśmie „t” do studzienki winien dotknąć pływaka, a wówczas cyfra podziałki umieszczonej na taśmie zgodna z odczytem wodowskazowym w danej chwili winna odpowiadać cyfrze wskazanej na tarczy przez wskazówkę.

W innych wodowskazach tego typu oś główna uruchamia system kół zębatach tak skonstruowany, że porusza jak w zwykłym zegarze 2 wskazówki, z których pełnemu obrotowi większej odpowiada

przesunięcie mniejszej o 1 cm. W tym celu tarcza musi być podzielona na 10 części, które dla wskazówki większej są decymetrami, a dla mniejszej metrami. Podział drobniejszy zależy od rozmiarów tarczy i odległości aparatu od nurtu rzeki.



Rys. 30.  
Wodowskaz dyferencjalny.

Inny rodzaj wodowskazu optycznego przedstawia rys. 29. Jest to taśma zaopatrzona dużymi, z daleka widocznymi cyframi przedstawiającymi odczyty wodowskazowe w decymetrach. Taśma jest nawinięta na dwóch dużych bębnach, z których jeden wprowadzany jest w ruch przy pomocy linki idącej od pływaka. Do zrównoważenia ciężaru i utrzymania taśmy w stanie naprężonym służą dwie przeciwwagi „C<sub>1</sub>” i „C<sub>2</sub>”. W pewnym oddaleniu od bębnów znajdują się dwa walce o niewielkiej średnicy, o które opiera się taśma zwrócona w kierunku rzeki, tak że odcinek jej o wysokości odpowiedniej rozmiarom cyfr znajduje się w płaszczyźnie pionowej. W ten sposób tylko jedna cyfra taśmy, a więc jeden decymetr, jest wyraźnie widzialny dla jadących rzeką.

W niektórych zakładach wodnych wprowadzono tzw. wodowskazy dyferencjalne (rys. 30.), pozwalające na odczytanie nie tylko stanu wody górnej i dolnej w budynku zakładu, ale równocześnie i spadku użytecznego. W tym celu na zwierciadłach wody dolnej i górnej umieszczone są pływaki, które przy pomocy linek „l<sub>1</sub>” i „l<sub>2</sub>” przenoszą stan wody do miejsca w którym ma być odczytany. Linka „l<sub>1</sub>” przechodzi przez bloczki „b<sub>1</sub>”, „b<sub>2</sub>”, „b<sub>3</sub>”; na osi ostatniego zawieszona jest podziałka spadku użytecznego „ps”. Na zerze tej podziałki umieszczona jest wskazówka pokazująca stan wody dolnej na podziałce stałej „pd”. Linka „l<sub>2</sub>” przechodzi przez bloczki „b<sub>4</sub>” i „b<sub>5</sub>”, a na drugim jej końcu zawieszony jest ciężar ze wskazówką dwustronną, pokazującą z lewej wielkości spadku użytecznego na podziałce „ps”, zaś z prawej, na podziałce stałej „pg”, stan wody górnej.

Obie podziałki stałe „pd” i „pg” mają podział od góry w dół, ponieważ przy podnoszeniu się stanu wody i pływaka wskazówka opada; i odwrotnie.

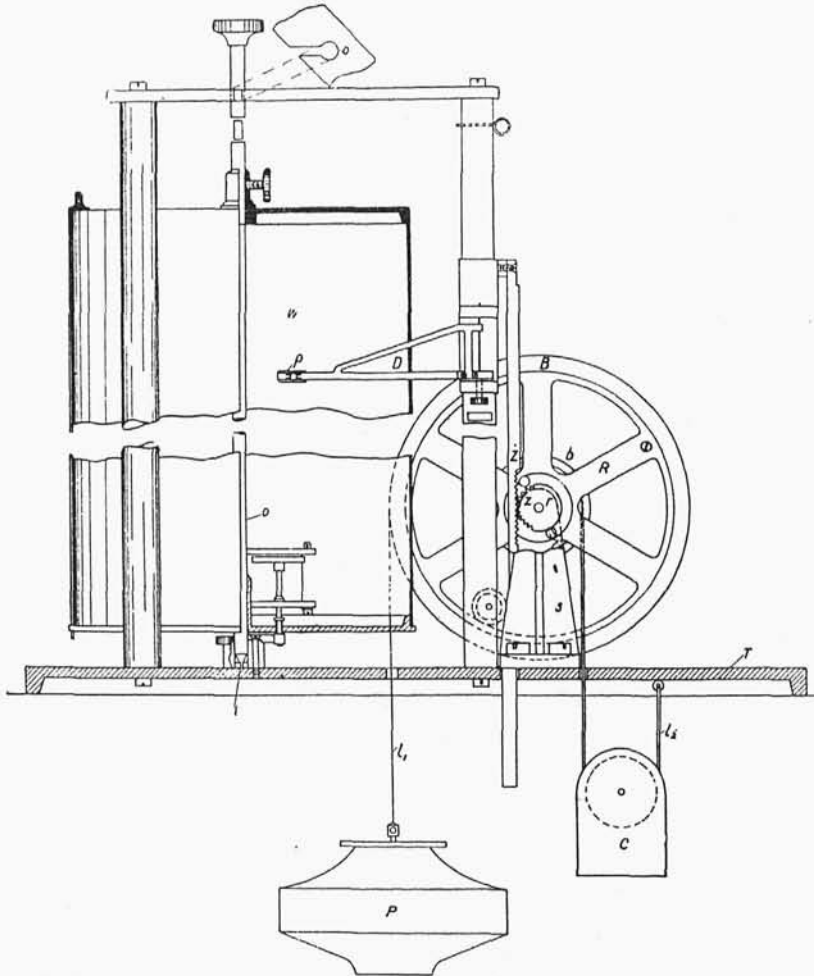
## 5. Limnigrafy

Nagłe zmiany stanów wody, spotykane w rzekach i potokach górskich, powodują użycie przyrządów samopiszących, zwanych limnigrafami. W Szwajcarii na 323 stacyj wodowskazowych jest 182 limnigrafów, we Włoszech 353 (około 30%), Polska posiada 12 limnigrafów (1935).

Przeważna część limnigrafów jest systemu pływakowego. W odpowiednim szybie lub w rurze pionowej, sięgającej poniżej najniższego poziomu wody, znajduje się pływak, który porusza się zgodnie ze zmianą poziomu zwierciadła wody w ścieku. Pływak zrównoważony ciężarem przeciwwagi wisi na lince, nieczulej na zmiany temperatury i wilgocí, a ruchy jego powodują obrót błočka, przez który linka przechodzi. Ze względu na dużą zwykle elewację poziomów wody, ruch ten musi być zredukowany przy pomocy systemu kół zębatach kilka — kilkunasto — lub kilkudziesięcio — krotnie. Ruch ostatniego koła zębatego może być ponownie przemieniony na ruch pionowy lub poziomy przy pomocy zębataki lub linki, nawiniętej na koncentrycznie umieszczony blok. Z zębataką lub z linką połączony jest przyrząd piszący, który składa się z piórka, ołówka, lub rylca, umieszczonego na sprężystym pręcie, tak aby koniec piórka czy ołówka stałe opierał się o arkusz papieru, przesuwanego się ze stałą prędkością. Papier jest umieszczony na bębnie połączonym z przyrządem zegarowym wagowym, sprężynowym lub elektrycznym, który powoduje obrót bębna około swej osi ze stałą prędkością raz na dobę, na tydzień lub na miesiąc. Papier musi być zaopatrzony w podziałkę: podziały pionowe na tworzącej walca, równoległe do ruchów piórka, odpowiadają zredukowanej podziałce wodowskazu; obwód walca oznacza czas. Limnigrafy duże umieszcza się w kioskach, budowanych nad studzienką, do której wodę doprowadza się przy pomocy rurociągu zwykłego lub lewarowego, mniejsze limnigrafy ustawia się w zamknięciu blaszanym na rurze pionowej, w której znajduje się pływak. Są też limnigrafy przenośne używane przy pomiarach objętościowych.

Przykład limnigrafu większego podaje rys. 31. Jest to aparat firmy Seibt — Füss w Berlinie. Ponad otworem studzienki umieszczona jest płyta pozioma „T”, związana wysokościami z zerem po-

działki wodowskazowej. Przez otwór płyty przechodzi linka „ $l_1$ ”, na której wisi pływak „ $p$ ”. Na płycie, na odpowiednich podporach „ $S$ ” umieszczona jest oś, na której koncentrycznie utwierdzone są 2 bloki „ $B$ ” o promieniu „ $R$ ” i „ $b$ ” oraz koło zębate „ $z$ ” o promieniu „ $r$ ”. Na większym bloku „ $B$ ” nawinięta jest linka „ $l_1$ ” na

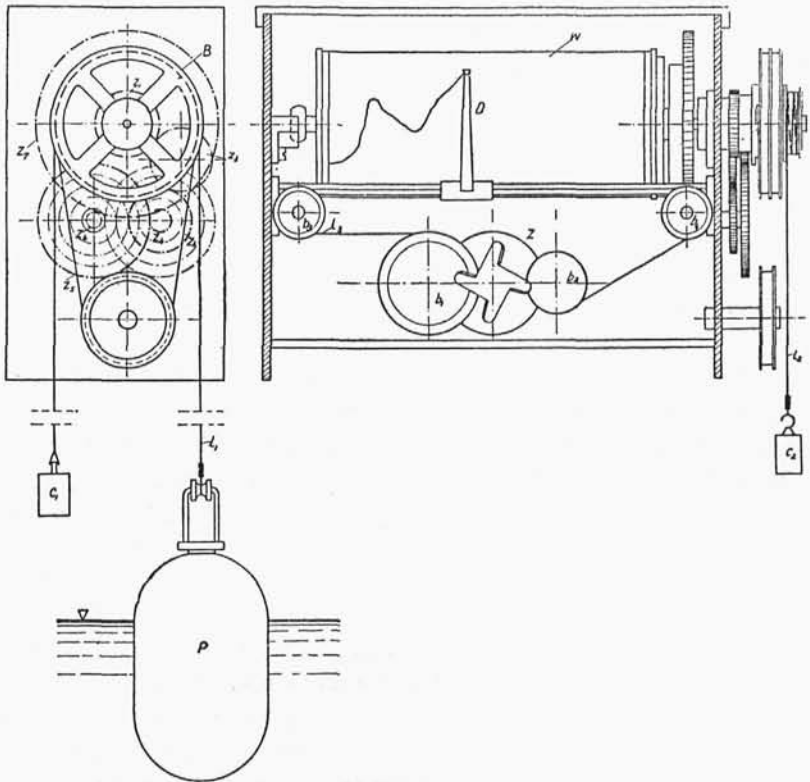


Rys. 31.

Limnigraf typu Seibt-Füssa.

mniejszym „ $b$ ” linka „ $l_2$ ”, u której uwieszona jest przeciwwaga „ $C$ ”. Na tej samej płycie spoczywa na czopie oś „ $O$ ”, której drugi koniec wchodzi w otwór „ $o$ ” krzyżowego połączenia 4 słupków stanowiących stojak aparatu. Na osi umieszczony jest walec „ $W$ ” kryjący u dołu zegar, nadający walcowi ruch obrotowy wobec płyty pozostającej

w spoczynku. Na walec nawija się papier z podziałką. Na jednym ze słupków porusza się w kierunku pionowym przyrząd piszący, składający się z zębatki, zaczepiającej o koło zębate „z”, obręczy ślizgających się po słupie, dźwigni „D” i piórka „p” sprężystości dotykającego powierzchni walca. Ponieważ zębatkę porusza koło zębate wprowadzone w ruch linką nawiniętą na blok „B”, przeto redukcja



Rys. 32.  
Limnigraf typu Otta.

amplitudy wahań stanów wody zależy od stosunku promieni  $R:r$ . Jeśliby redukcja była za mała, trzeba włączyć drugą parę kół zębanych.

Typ małego limnigrafu wyrabianego przez firmę Ott w Kempten podaje rys. 32. Pływak „p”, blok „B”, linka „l<sub>1</sub>” i przeciwwaga „C<sub>1</sub>” działają jak w aparacie Seibt-Füssa. Przeciwwaga „C<sub>2</sub>” na lince „l<sub>2</sub>” przeciwdziała oporom kół zębanych „z<sub>1</sub>, z<sub>2</sub>, z<sub>3</sub>, z<sub>4</sub>, z<sub>5</sub>, z<sub>6</sub>, i z<sub>7</sub>” które służą nie tylko do przeniesienia i redukcji skali, ale także przez włączenia i wyłączenia do zastosowania różnych skal redukcji, a mianowicie: 1:20, 1:10, 1:5 i 1:2. Z ostatnim kołem



zębątem „Z<sub>7</sub>” łączy się bezpośrednio wałek „W” ułożony poziomo, który obraca się nie jak w aparacie poprzednio opisanym stale, ale tylko w miarę ruchu kół zębątych i bloków spowodowanego ruchem pływaka. Natomiast zegar „Z” porusza stale przyrząd piszący w kierunku tworzących walca wzdłuż całej jego długości. Odbywa się to przy pomocy linki „L<sub>3</sub>”, przechodzącej przez bloki i nawijanej lub odwijanej przez bębny „b”. Linka ta ciągnie przyrząd piszący posuwający się po szynie umieszczonej równolegle do walca. Sam przyrząd stanowi, jak poprzednio, dźwignia „D” i piórko lub ołówek. Odpowiednie przekładnie zębate umożliwiają zastosowanie prędkości 6,1, lub 0,25 mm/godz, co odpowiada czasowi przesunięcia wzdłuż tworzącej bębna w ciągu 32 godzin, 8 lub 32 dni, (dzień, tydzień, lub miesiąc obserwacji).

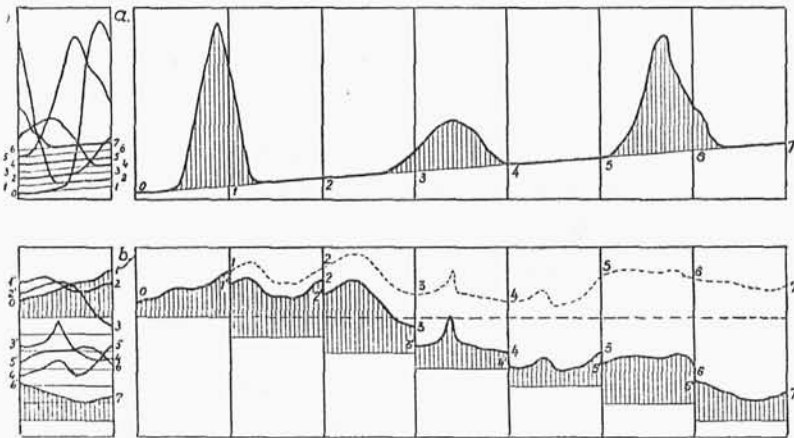
Podobne limnigrafy buduje firma Ganser w Wiedniu, ale w nich bęben obracany jest przy pomocy przyrządu zegarowego, a piórko porusza linka złączona z ruchem pływaka. Niewiele różnią się też aparaty firmy Amslera w Szwajcarii.

Odmienny typ limnigrafów używany jest w Stanach Zjednoczonych. Blok, przez który przechodzi linka pływakowa, łączy się kołem zębątem z wałem, który może wykonać tylko jeden obrót w czasie największej elewacji stanów wody na wodowskazie. Na tym wale znajdują się umieszczone kolejno na jednym obwodzie cyfry odpowiadające wszystkim możliwym odczytom wodowskazowym. W miejscu, które odpowiada danemu stanowi wodowskazowemu, przylega do walca taśma papieru, przesuwająca się wolno przy pomocy przyrządu zegarowego. Ten sam przyrząd zegarowy porusza drugi bęben z cyframi czasu również stycznie do taśmy. W stałych odstępach czasu, np. co 15 minut, uderza młoteczek, przyciskając taśmę do wałców, przez co odbijają się na taśmie cyfry oznaczające czas i stan wody. Jeżeli stan wody się nie zmienił, to cyfry będą się powtarzać bez zmiany. Przy dużych zmianach stanów wody i przy obserwacji w stopach, na jednym walcu są tylko stopy, a części dziesiątne i setne stóp są na walcu drugim z odpowiednim przeniesieniem czasu obrotu. Zamiast wykresu, mamy na taśmie odbity szereg cyfr jak obok:

czas	stopy	setne stóp
4,00	22	15
4,15	22	15
4,30	22	16
4,45	22	19
4,00	22	26
5,15	22	41 itd.

Obsługa limnigrafów polega na założeniu w porę na bębnie nowego arkusza lub nowej taśmy. Przy tej sposobności kontroluje się czas i wykres stanu wody, porównując go z odczytem na wodowskazie. Kontrolę zaznacza się na wykresie poruszając lekko linkę z pływakiem, przez co pióro narysuje kreskę pionową. Przy tej kresce notuje się datę, godzinę z minutami i odczyt na wodowskazie.

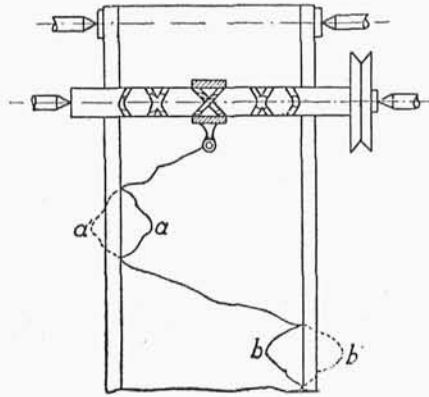
Chcąc zmniejszyć ilość wykresów limnigraficznych, można dopuścić kilka obrotów bębna bez zmiany arkusza, trzeba jednak po każdym obrocie walca zanotować na wykresie dzień godzinę i stan wody na wodowskazie. Można też automatycznie przesuwając bęben w sposób ciągły, jak w aparatach Otta, albo też po każdym całym obrocie skokami. Limnigramy tego rodzaju przedstawia rys. 33a i 33b.



Rys. 33 ab.  
Limnigramy.

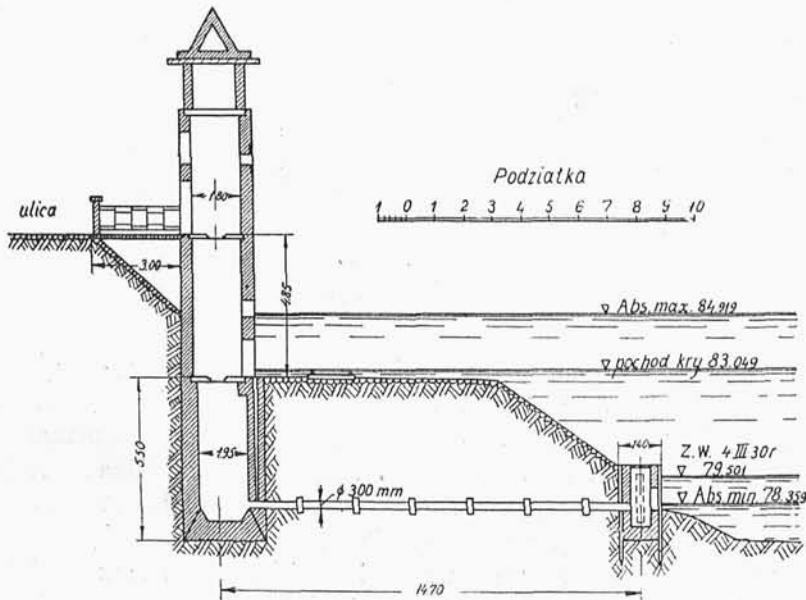
Największy błąd w kreśleniu limnigramu powstaje z powodu kurczenia się papieru przy zmianach wilgotności. Ażeby tego uniknąć, można połączyć przyrząd zegarowy z automatycznym oznaczeniem czasu w określonych odstępach, np. co godzinę; podziałka czasu jest wówczas zbędna. Przy wielkich elewacjach powstaje też duży błąd skutkiem nadmiernego pomniejszenia wykresu. I tego błędu można uniknąć stosując przyrząd do zmiany kierunku ruchu wodzidła piszącego. Można wtedy zastosować skalę większą, a jeżeli przy nadzwyczajnie wysokich lub niskich stanach wody szerokość arkusza okazała by się za małą, wówczas z chwilą dojścia pióra do krawędzi arkusza wodzidło zmienia automatycznie kierunek, kreśląc krzywą w przeciwnym kierunku. Po przejściu przez maximum wraca pióro do dawniejszego kierunku.

Zmianę ruchu uzyskuje się przez to, że wodzidło, poruszające się na linie, obraca równocześnie ślimak gwintowany w różnych



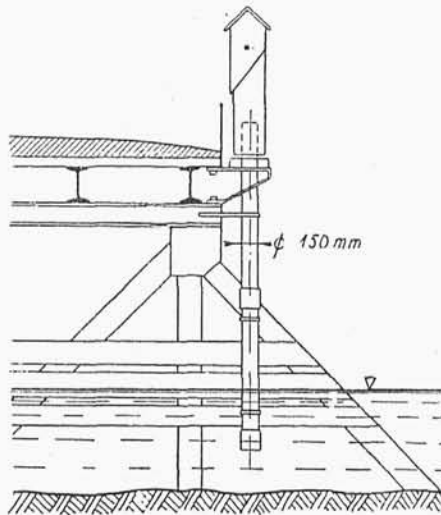
Rys. 34.  
Limnigram.

kierunkach; na linii krawędzi arkusza gwinty zmieniają kierunek i wodzidło, ciągnięte dalej przez linkę, w położeniu swoim się cofa.



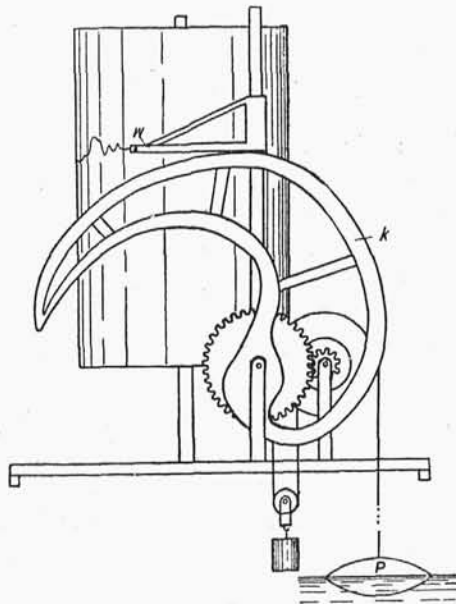
Rys. 35.  
Limnigraf w Warszawie.

Na limnigramie można odrazu odnaleźć miejsca inwersji, ponieważ szczyty wykresów występują parami (rys. 34.).



Rys. 36.  
Limnigraf umieszczony w rurze,

Źródłem błędu może być także falowanie wody. Zdarza się to przede wszystkim w aparatach umieszczonych na moście, w rurze dochodzącej do nurtu rzeki. Dla uspokojenia wody w rurze pokrywa się wodę warstwą oliwy. Zapobiega ona też wczesnemu zamarzaniu



Rys. 37.  
Limnigraf podający przepływy wody.

a w lecie parowaniu. W limnigrafach, umieszczonych w studziencie na brzegu, powinien przewód poziomy mieć pole przekroju znacznie mniejsze niż pole studzienki. Stosunek dochodzi do 1:200.

Przykładem limnigrafu umieszczonego w studziencie jest limnigraf na Wiśle w Warszawie, rys. 35. Studnię o wymiarach wewnątrz  $1,6 \times 1,95$  m, o grubości ścian 0,6 m i wysokości 5,50 m zapuszczono w skarpe brzegu poniżej najniższego stanu wody i spód zabetonowano. Rury łączące żeliwne o średnicy 0,3 m ułożono na żwirze w spadku ku rzece i zakończono je osadnikiem betonowym. Otwór osadnika zamknięto kratą.

Limnigraf umieszczony w rurze podaje rys. 36.

Znając związek pomiędzy stanami wody i przepływami, można dla każdej stacji wodowskazowej wykonać limnigraf podający nie stan wody, ale bezpośrednio objętość przepływu. W tym celu włącza się w system przeniesień zamiast ostatniego kółka krzywą „*k*”, obliczoną odpowiednio do kształtu linii związku między stanem wody i przepływem. Bezpośrednio na tej krzywej opiera się wodzidło „*W*” piórka, kreślącego wykres na bębnie. Przyrządy tego rodzaju wyrabiają firmy Seibt-Füss, Ott (rys. 37).

Obok limnigrafów normalnych dla jednego poziomu wody są też w użyciu aparaty z podwójną przenośnią (dla wody górnej i dolnej) oraz z potrójną dla kreślenia również zmian spadku wody.

## 6. Mareografy

Przyrządy służące do samoczynnej rejestracji zmian poziomów wody w morzu lub w rzekach w zasięgu działania morza nazywamy mareografami. Zbudowane one są na podobnych zasadach jak limnigrafy, ponieważ jednak zmiany poziomu morza są znacznie szybsze, a dokładność wymagana jest większa, przeto w szczegółach różnią się one dość znacznie. Z bardzo wielu istniejących typów opiszemy jeden, zastosowany w Gdyni i czynny od r. 1931<sup>7)</sup>.

Wobec tego, że na wybrzeżach Bałtyku nie ma wyraźnego przypływu i odpływu, różnice w poziomach nie dochodzą do dużych rozmiarów, można je zatem notować bez redukcji. W tym celu zastosowano typ aparatu używany w Finlandii systemu Renqvist—Witting. Pływak szklany o średnicy 0,5 m pokryty ebonitem zawieszony jest na linie z brązu. Linka przechodzi przez blok, a na-

<sup>7)</sup> Ministerstwo Robót Publicznych. Państwowa Służba Hydrograficzna w Polsce. Stacja mareograficzna na polskim wybrzeżu Bałtyckim w Gdyni. Warszawa. 1932 r.