

wody. Gdy jedna taka sztolnia nie wystarcza, daje się drugą, identyczną po przeciwną stronę koryta.

Zaznaczyć należy, że sztolnie takie muszą być solidnie zbudowane, gdyż prędkości wody w nich płynącej są bardzo znaczne i dochodzą do 20 m/sek. - Spróbowano zaopatrzyć je wewnątrz w pancerz stalowy - nie daje to jednak dobrych rezultatów, gdyż pancerz nie przylega ściśle do ścianek sztolni i wskutek drgań podczas ruchu wody nity prędko ulegają ścięciu. Dobrze wyniki daje tu tłusty beton gładko wyprawiony lub mur ciosowy.

BUDOWA ZAKŁADÓW O SIŁE WODNEJ.

Wyzyskanie siły wodnej.

W celu wykazania, jak wielkie kroki poczyniła technika przy wykorzystywaniu siły wodnej, podajemy poniżej kilka danych statystycznych:

Najwyższy spad jaki wyzyskano wynosi 1650 m.
/Fully/.

Największe objętości wody, użytkowane w jednym zakładzie, dochodzą do 2000 m³/sek. Na jednym zakładzie w St. Louis pracuje np. 20 turbin przy spadzie 10 mtr., dając moc 10.000 HP.

Największa turbina daje siłę 55.000 HP. /Ontario/ i 70.000 Niagara Plant Co.

Największy zakład posiada 6 turbin po 55.000 HP. każdy, daje więc siłę 330.000 HP. i ma być rozszerzany w najbliższej przyszłości do 1000000 HP. /Ontario/.

Zasnanaczyć trzeba, że powyżej przytoczone dane, nie są bynajmniej granicami ograniczającymi dalszy rozwój techniki wykorzystywania siły wodnej. - Nie ma wogóle żadnych przyczyn ograniczających dalszy rozwój tych zakładów i mogą one być znacznie większe.

Nasuwa się jednak pytanie, na co budować tak wielkie zakłady, dające ogromne ilości energii, gdy żadna, największa nawet fabryka, nie zdoła jej spożytkować na miejscu. Zdawałoby się, że ta przyczyna powinna powstrzymać zbytni rozwój tych zakładów. Tak jednak nie jest. Przy dzisiejszym stanie techniki energję w tych zakładach wytwarzaną możemy bardzo łatwo rozprowadzić po całej okolicy, okręgu, w postaci energii elektrycznej przy dużym napięciu /od 60 - 100.000 Volt i więcej do 200.000 V./. Tym się tłumaczy możliwość budowy takich zakładów; mają one charakter okręgowy.

Taki zakład wodny ma więc cały szereg konsumentów, którzy w zależności od celów, w jakich spożytkowują tę energję, pobierają jej w pewnych okresach roku, a nawet dnia, mniej lub więcej. Oczywiście, zakład wodny, obsługujący ich musi się do tego zapotrzebowania ściśle dostosować. Rozpatrzmy typy tych konsumentów:

1/ Wielki przemysł elektrochemiczny,
metalowy, papiernie i młyny pracują
dziennie po 24 godz.; rocznie ~ 8000 godz.

2/ Przemysł metalowy i przedziałnie 6000 "

3/ Przemysł średni /8 godz.
dziennie/ 2000 - 4000 "

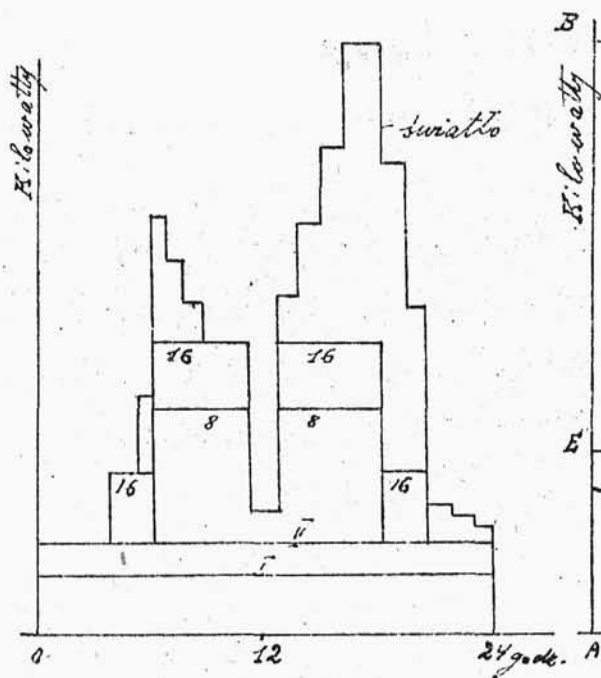
4/ Drobnny przemysł domowy 300 - 800 "

5/ Na cele oświetlenia 1000 "

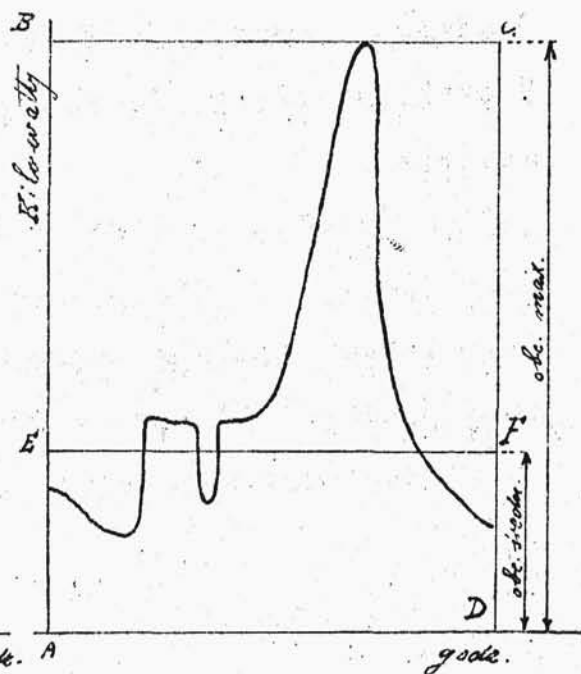
6/ Gospodarstwa rolne 70 - 200 "

Jak wiemy, rok ma 8760 godz. Jeżeli weźmiemy okrąg pewien jako całość i podzielimy ilość godzin, którą pracują wszyscy konsumenci w danym okręgu przez 8760 - otrzymamy obciążenie danego zakładu. Tak np. Essen pracuje 4000 godz., Łódź - 4000 godz., elektrownie miejskie 2500 godz. w roku /jako okręgi/. Zakład oddający energję dla kolei elektrycznych 900 godz. i t.d.

Jeśli na osi odciętych odkładać np. godziny /24 godz. = doba/, zaś na rzędnych np. kilowatty



Rys. 383



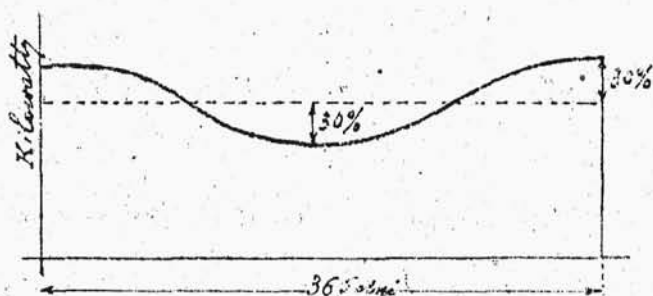
Rys. 384

otrzymamy teoretyczny wykres zapotrzebowania. - Odkładamy tu więc kolejno ilości energii zużywane przez: duży przemysł metalowy, pracujący 24 godz. dziennie, koleje elektryczne II /24 godz./; prze-

mysł pracujący 8 godzin, 16 godzin, wreszcie światło.

Jeżeli weźmiemy teraz praktyczny wykres, to zobaczymy, że bardzo mało różni się on od teoretycznego /rys. 384/. Z wykresu tego możemy znaleźć obciążenie maksymalne i średnie danego zakładu. Z praktyki wiemy, że obciążenie max. = 3 obciąż. średnie.

Dla ścisłości dodać tu musimy, że jest to wykres zimowy, w dniu powszednie. Oczywiście w dniu świąteczne odpadnie część wielkiego przemysłu i cały przemysł drobny; w lecie zaś będziemy mieli mniejsze zapotrzebowanie na światło.



Rys. 385.

Jeżeli weźmiemy pod uwagę cały rok i zrobimy wykres zapotrzebowania energii, opierając się na danych z poszczególnych ty-

godni, otrzymamy wykres załączony na rys. 385. -

Najwyższe i najniższe natężenie odchyła się od natężenia średniego w ciągu całego roku o jakieś 30 % .

Tak się przedstawia sprawa obciążeni każdego zakładu. Jeżeli jednak dany zakład ma pracować ekonomicznie, musi pracować możliwie dużą ilość godzin w roku. Tak np. pewien zakład okręgowy, mający stały spad, może oddać ilość energii równą polu $ABCD$ /rys. 384/, gdy tymczasem przy tym obciążeniu zakładu, jakie rozpatrzyliśmy, oddaje on zaledwie ilość energii równą polu $AEFD$, co stanowi zaledwie około 30 % tej energii, którą zakład mógłby oddać. - Całą więc masę energii tracimy bezpowrotnie, zakład jest w takim wypadku źle wykorzystany.

Żeby przystosować zakład do tej konsumpcji musimy go odpowiednio zbudować. Możemy mianowicie magazynować energję w chwili małego zapotrzebowania, by móc ją potem oddać gdy zapotrzebowanie wzrośnie. - Tak więc np. wystarczy obciążyć zakład na $1/3$ max. obciążenia, z warunkiem że będziemy magazynować energję w okresach gdy to będzie możliwe. W celu właśnie takiego magazynowania energii dajemy zbiornik; dzięki niemu uzyskujemy t.zw. wyrównanie dzienne. Tego rodzaju rozwiązanie w zupełności zaspakaja

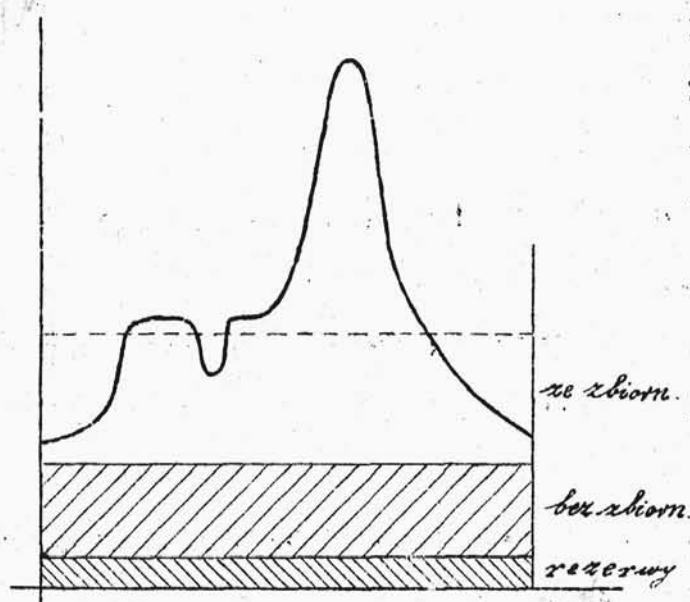
nasze wymagania i w ten sposób możemy doprowadzić obciążenie zakładu do 80 - 90 % jego całkowitej wydajności; możemy wtedy powiedzieć, że zakład jest ekonomicznie wyzyskany.

Zaznaczyć jeszcze należy, że zbiornik dla wyrównania tygodniowego musi być zawsze nieco większy niż dzienny, a mianowicie w tym celu, aby mógł magazynować abymającą energję w dni świąteczne.

Zbiornik wyrównania dziennego powinien zawierać 15 - 30 % całodobowej ilości wody roboczej, zbiornik wyrównania tygodniowego 50 - 100 % tej ilości. -

Jak już zaznaczyliśmy, wobec tego że konsumpcja energii układu się w sposób bardzo zmienny, zaopatrujemy zakład w zbiornik. Niezawsze jednak budowa zbiornika jest możliwa. Przy dużym spadzie absolutna pojemność zbiornika, potrzebna do wyrównania energii w danym zakładzie jest mała, przy małym natomiast spadzie - bardzo duża, w przeważnej ilości niemożliwa do wykonania. W takim wypadku, w celu ekonomicznego wyzyskania zakładów o sile wodnej, stosuje się współpracę kilku zakładów o małym i dużym spadzie. Zakłady o małym spadzie bez zbiornika, oddają stałą ilość energii przez całą dobę; natomiast zakłady o dużym spadzie, ze zbiornikiem, po-

krywają zapotrzebowanie, nieregularne /górną część wykresu/ - rys:386.



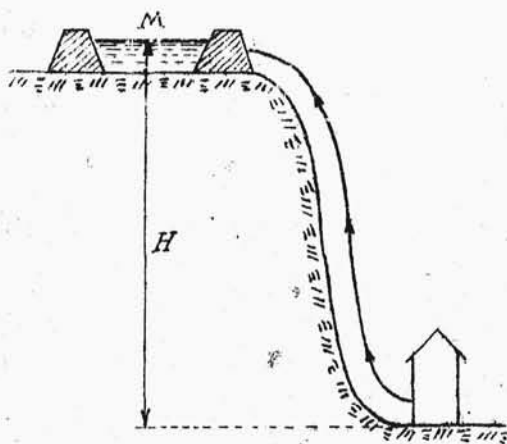
Może się zdarzyć, że w pewnych porach roku wogóle będzie brak siły wodnej, z powodu niskich stanów. W wypadku takim brakującą część siły uzupełniamy zapotrzebowaniem z mocy rezerw /ma-

Rys. 386 szyn ciepłowniczych

lub innych/. Ze względów ekonomicznych maszyny te pracują jednostajnie, pokrywają dolną część stałą, zapotrzebowania energii, zbiornik zaś zmienną /górną część/. Doświadczenie bowiem wykazało, że zyskujemy dużo na opale, jeśli maszyna dana pracuje jednostajnie, niż gdyby pracowała nieregularnie.

Wspomniane wykorzystanie zakładu wodnego jest ideałem, do którego staramy się zbliżyć. W zwykłych jednak warunkach brakuje nam b. często zbiornika do zupełnego uregulowania wydajności energii i z

tego względu stosujemy jeszcze inne, dalsze, środki w celu ekonomicznego wyzyskania danego zakładu.



Rys. 387

Jednym z nich jest magazynowanie energii niezużytej, gdy mamy jej nadmiar, np. w nocy. W tym celu za pomocą pomp skierujemy wodę do zbiornika, położonego na wyższym poziomie H

/rys. 387/, by w dzień, gdy brak będzie odpowiedniej siły, zużyć tę wodę do turbiny. Przy tego rodzaju urządzeniu jesteśmy w stanie uzyskać tylko 50 % energii włożonej, wskutek różnych strat /tarcie i t.d./.

Inne sposoby regulowania wydajności energii polegają na obniżeniu szczytów zapotrzebowania a podniesienia nocnego zapotrzebowania. Jest nim podniesienie taryfy za energię zużytą w pewnych godzinach. Określamy więc cenę wyższą za energię zużytą w godzinach gdy mamy maxim. zapotrzebowa-

nia, niższą gdy zapotrzebowanie jest mniejsze. -
W takich warunkach zwykle cały drobny przemysł,
niezależnie niekrepowany, i przemysł elektrochemiczny,
zużywający bardzo duże ilości energii elektrycznej -
- przenosi się na godziny ranne i nocne, gdy ta
energia jest tańsza. W ten sposób wydajność energii
danego zakładu możemy w znacznym stopniu uregulować.

W Szwajcarii np. gdzie cena za energję zużytą
w nocy jest znacznie niższa, urządzone piece domo-
we w ten sposób, że nagrzewają się one w nocy, zapo-
mocą radiatorów przechowują tę energję cieplną do
dnia i wtedy ją oddają, ogrzewając mieszkanie. -
W ten sposób też wykorzystują tam tę energję do wy-
tworzenia pary w kotłach, wypieku pieczywa w piekar-
niach i t.d.

Na siłę wodną składają się 2 czynniki:

objętość Q m³/sek. i spad H mtr. Gdy dzielność
turbiny wynosi 0,75 /w Ameryce w nowszych typach do-
chodzi ona do 0,82 i 0,90/, wówczas siła P , uzys-
kana za pomocą tej turbiny wyrazi się:

$$P = Q \cdot H \cdot 10 \text{ HP}$$

Jeżeli np. $Q = 10 \text{ m}^3/\text{sek.}$, $H = 10 \text{ m.}$ wtedy

$$P = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 1000 \text{ HP}$$

Jeśli mamy ilość wody M mtr³ na pewnej wysokoś-

oi H /rys. 387/, to woda ta przedstawia nam pewną ilość energii, obliczaną zazwyczaj w kilowattgedzinach. Ta ilość kilowattgedzin I wyraża się:

$$I_{klwg} = \frac{2 M \cdot H}{1000}$$

gdy np. $M = 1.000.000 \text{ m}^3$; $H = 100 \text{ m.}$, wówczas

$$I_{klwg} = \frac{2.1000000.100}{1000} = 200.000 \text{ klwg.}$$

We wzorze tym są już uwzględnione straty, przy przetwarzaniu tej energii. Istnieje związek między HP i kilowattem, wyraża się on mianowicie stosunkiem:

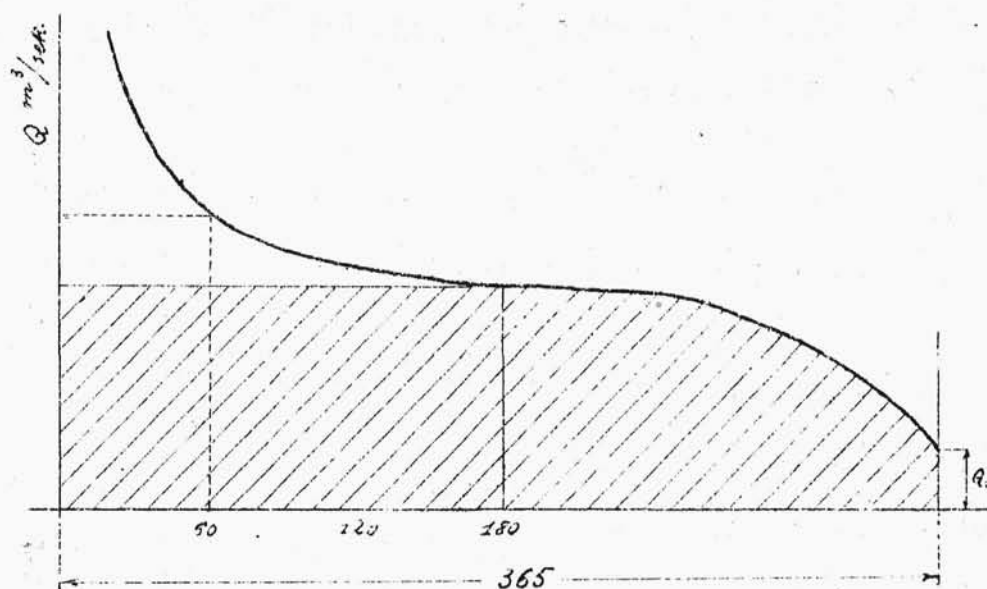
$$1,36 HP = 1.0 \text{ klwg.}$$

Jest to stosunek teoretyczny. Wskutek jednak strat w transformatorach praktycznie musimy przyjąć:

$$1,5 HP = 1.0 \text{ klwg.}$$

Co się tyczy spadu, to zmienia się on tylko w bardzo szczytłych granicach. Natomiast objętości wody w ciągu pewnego okresu zmieniają się w bardzo dużych granicach. Jak już wiemy krzywa czasów trwania przedstawia się jak na rys. 388. Z wykresu tego możemy odczytać na jaką objętość możemy w ciągu pewnej liczby dni w roku liczyć. Zachodzi pytanie na jaką ilość wody powinniśmy budować zakład wodny,

żeby był najbardziej ekonomicznie wykorzystany. -

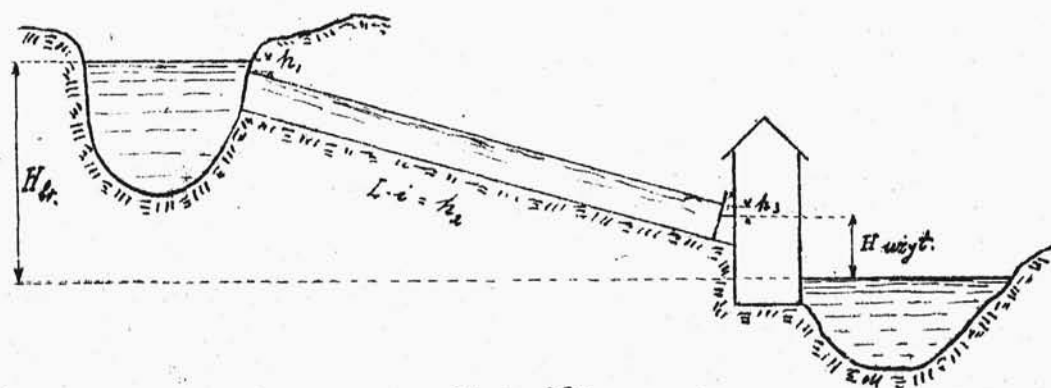


Rys. 388

Gdybyśmy zbudowali zakład na najmniejszą ilość Q_0 , to zakład nasz przez cały rok pracowałby jednostajnie, ale nie byłby ekonomicznie wykorzystany. W tym bowiem wypadku zaledwie jakieś 10 % przepływającej rzeką, surowy wody byłoby wykorzystane, zaś ogromna większość, bo wody ~ 90 % nie przeszłaby wcale przez turbinę. Gdybyśmy znów wybudowali zakład, obliczony na stan trwający w ciągu 60 dni, to okazałoby się, że i w tym wypadku zakład nie pracuje ekonomicznie, zbyt mało dni /60/ w roku znajduje się w pełnym ruchu. Doświadczenie wskazało, że najbardziej ekonomicznie pracują zakłady, obliczone na stan trwający 180 dni w roku. W takim wypadku zakład jest 180 dni w pełnym ruchu i ~ 180 pracuje częściowo-

wo. Ilość wody, która przejdzie w tym wypadku przez turbinę, wyrazi się przez pole zakreskowane /rys. 388/.

Przy przeprowadzaniu wody z wyższego poziomu na dany zakład, przy samym wprowadzeniu wody w kanał mamy pewną stratę — spadu h_1 ; następnie tracimy



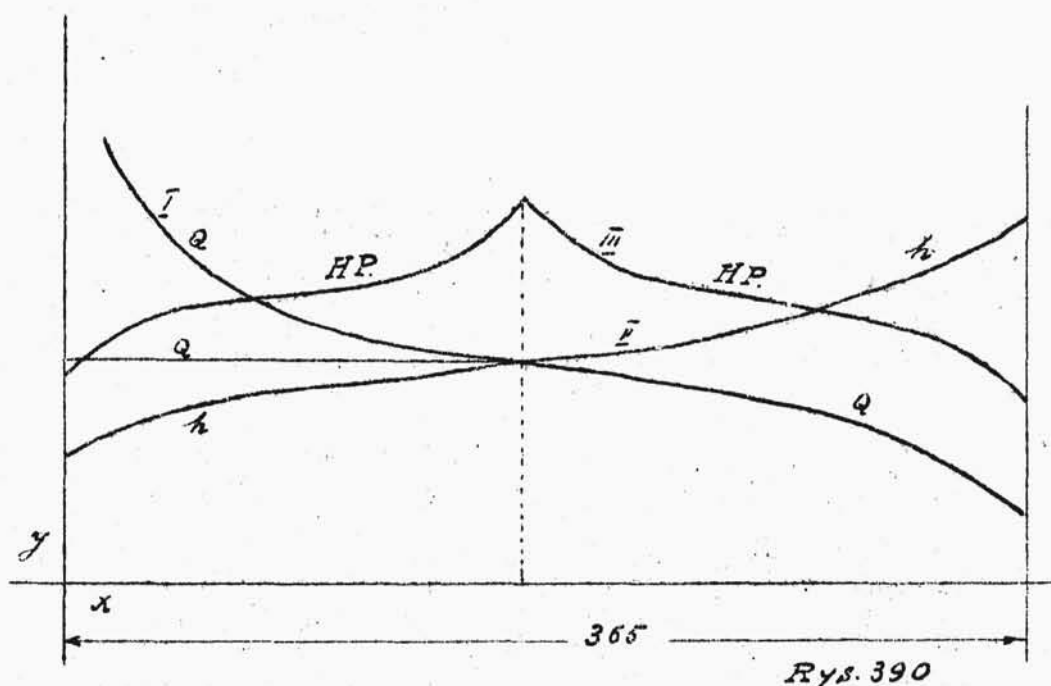
Rys. 389

pewną ilość spadów przy przejściu samego kanału

$h_2 = L \cdot i$; wreszcie przy wejściu wody do turbiny mamy krętę — przy przejściu której ponosimy trzecią stratę h_3 . Jeżeli teraz od H_{brutto} odejmiemy wszystkie te straty, otrzymamy spadek użyteczny:

$$H_{br} - \sum h_i = H_{netto}$$

Jak wykazuje doświadczenie przy małych ilościach wody spadek H_{netto} otrzymuje ^{my} zwykle korzystniejszy, gdyż straty są mniejsze.

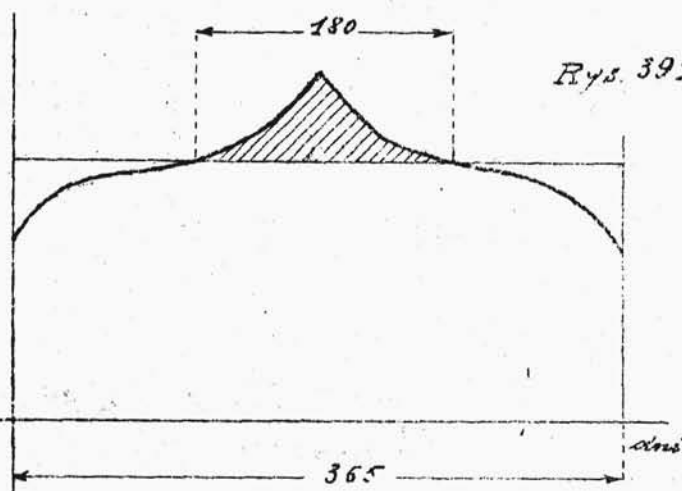


Jeśli na osi y będziemy odkładali wielkość spadku H w mtr., zaś na x czas /dni/, otrzymamy wykres spadku użytecznego /krzywa II/. Mnożąc wielkość spadku przez odpowiednią objętość otrzymamy wykres siły w koniach parowych lub kilowatach /III/. Jak z załączonego wykresu widać maximum siły mamy w punkcie odpowiadającym odciętej ∞ 180 dni.

Pole zawarte między tą krzywą i osiami współrzędnych przedstawia nam pracę wyrażoną w koniogodzinach lub kilowattgodzinach.

Zaznaczyć należy, że zakłady nie budujemy na największą siłę, jaką możemy w danych warunkach otrzymać, lecz na taką siłę, którą moglibyśmy rozpo-

rzadszą co najmniej ∞ 180 dni w roku. Będziemy więc mieli pory roku, w których będzie nam braknąć siły wodnej, będziemy też mieli okres taki,



Rys. 391

w którym będziemy mieli nadmiar tej siły. Jak wykazało doświadczenie przy ekonomicznym rozwiązaniu tej kwestji,

braki siły mogą dochodzić do 20 - 30 % całkowitej energii i jeszcze taki zakład się opłaca.

Braki powyższe uzupełnia się albo zapomocą zakładów ciepłikowych, albo też zapomocą zakładów opartych o duże zbiorniki. W Szwajcarii np. gdzie brak jest węgla, sprawę tę starają się uregulować zapomocą budowanych w tym celu zbiorników. Magazynują one wodę w lecie, gdy mamy jej dużo, oddając w okresie braków /zima/.

Wykresy powyższe robimy na rok przeciętny, biorąc średnie z okresu dziesięciolecia. Ponadto robimy jeszcze wykresy dla roku wybitnie suchego i mokrego, by poznać granice, w jakich zmieniają się wa-

runki w danej okolicy. Tak więc dla jednego zakładu otrzymano dane:

Suma roczna /przeciętna z 15 lat/ 40,8 milj. klwg.

" " rok suchy 38,0 " "

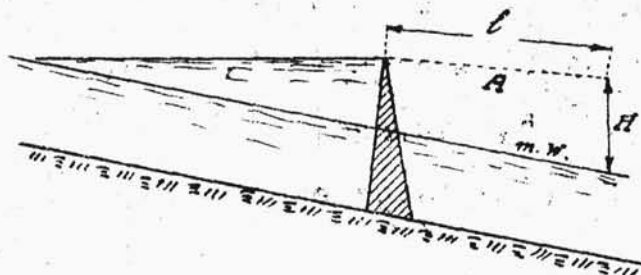
" " rok mokry 44,1 " "

PODZIAŁ ZAKŁADÓW O SILE WODNEJ I ICH KONSTRUKCJE.

Jak już zaznaczyliśmy zbiorniki budujemy na zakładach o wysokich spadach. Z tego więc względu zakłady dzielimy na.

1. zakłady o niskim spadzie,
2. " o wysokim spadzie /zbiorniki wyrówn./.

1. Zakłady wodne, pracujące przy niskim spadzie wody.



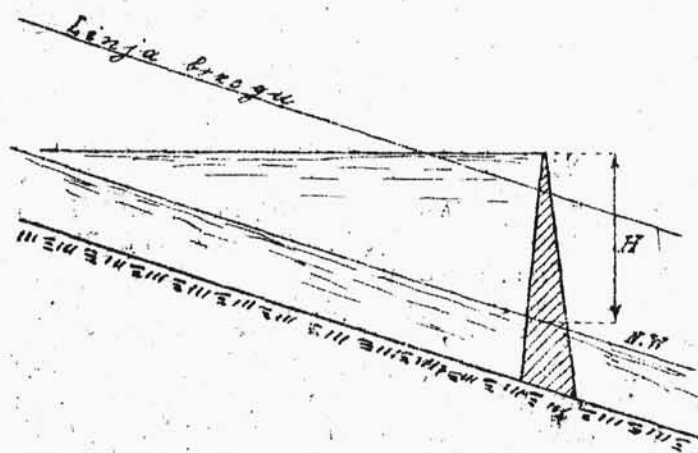
Rys. 392

Zakłady te różnią się między sobą też pod względem konstrukcyjnym. Zakłady o niskim spadzie zużywają duże ilości wody

/zakłady takie stawia się w średnim biegu dużych rzek/. Wodę tę odprowadzając zapomocą kanału A na długości ℓ uzyskujemy spadek użyteczny H . Kanał taki leży w spadzie od 0,3 ‰ do 0,4 ‰ - 0,5 ‰. Jeśli spadek samej rzeki jest 0,3 - 0,5 ‰ kanałem nie można uzyskać stopnia dla budowy zakładu, gdyż nie będzie albo będzie mała różnica między spadkiem rzeki i kanału. -

W takich wypadkach dajemy inne rozwiązanie. - Budujemy mianowicie jaz wysoko piętrzący i wprost na nim stawiamy zakład wodny. Mamy tu małe straty na spadzie. Ujemną stroną tych zakła-

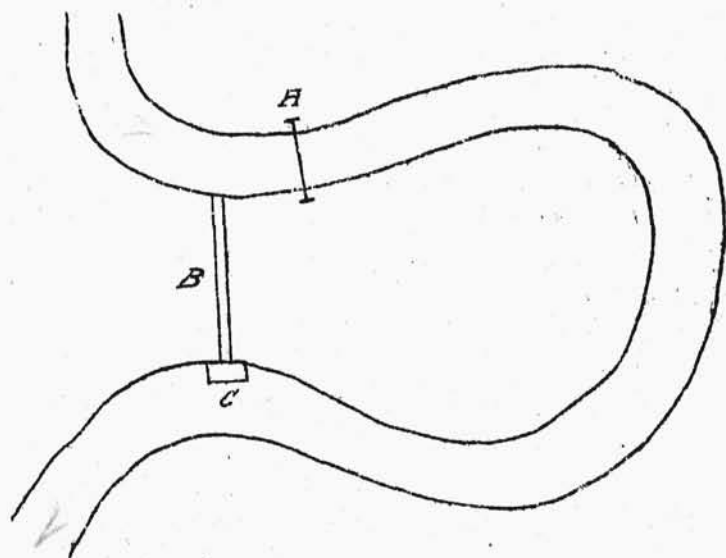
dów jest to, że zbiornik wytworzony zapomocą jazu zalewa część brzegu, wobec czego należy go w tym miejscu obwałować.



Rys. 393.

Najtaniej jednak wypada energia na zakładach o dużym spadzie. Z tego właśnie względu staramy

się spád ten zwiększyć, dając jas wysokopiętrzący

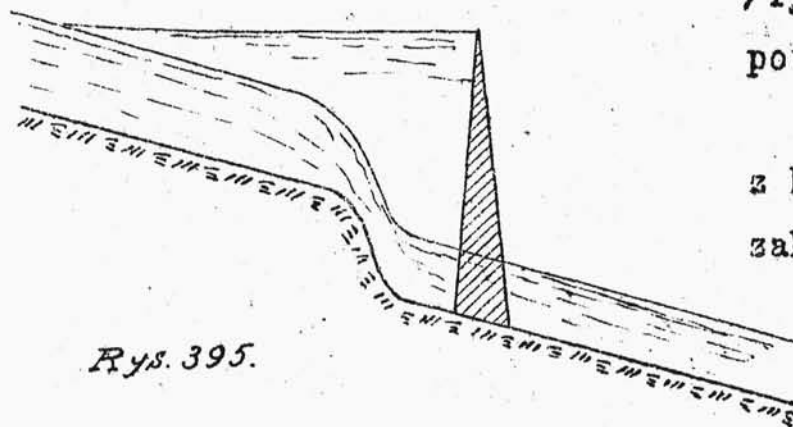


A i sztolnię
na końcu któ-
rej budujemy
zakład wod-
ny C. W ten
sposób odcina-
my całą odnogę
AC i uzysku-
jemy znacznie
większy spád.

Rys. 394

Jeśli rzeka
ma na swej od-
nodze t.zw. szypot, wówczas budujemy jas wysokopię-
trzący niżej

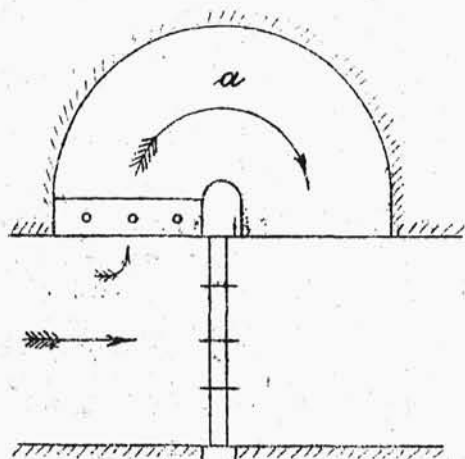
/rys. 395/ szy-
potu.



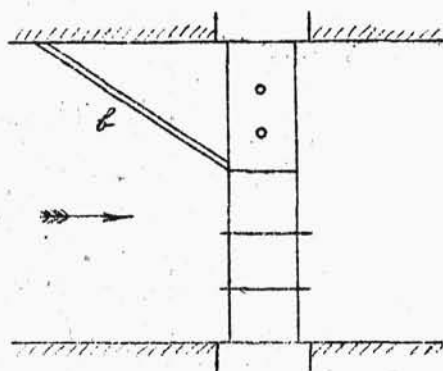
Rys. 395.

Zajmiemy się
z kolei sytuacją
zakładów wodnych.

Sytuacja zakładów o sile wodnej. Jeśli mamy dany zakład pomieścić w małej dolinie, wówczas budujemy go równoległe do biegu rzeki na jej brzegu /rys. 396/. Z tyłu za zakładem dajemy zwykle kanał odprowadzający *a*. W ten sposób wykonano zakład wodny na Renie.



Rys. 396

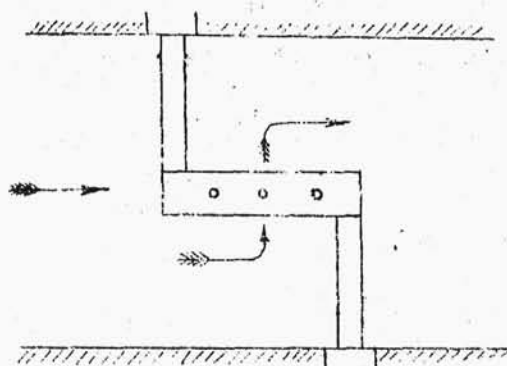


Rys. 397

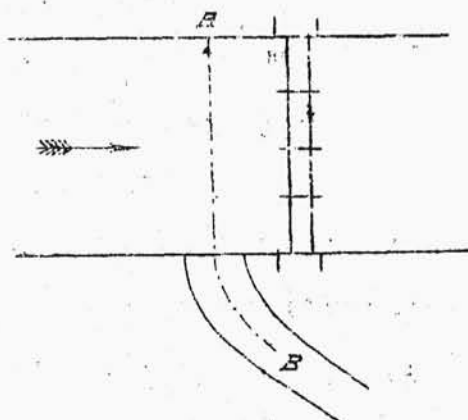
O ile zakład wodny mamy postawić na rzece bardzo szerokiej, wówczas na jej części budujemy jaz ruchomy, zaś na przedłużeniu dajemy zakład /rys. 397/, przed zakładem budujemy jeszcze próg /*b*/, który zatrzymuje żwir i rumowisko niesione przez rzekę.

Możliwe jest jeszcze takie rozwiązanie, że zakład budujemy na osi rzeki /rys. 396/. W ten sposób możemy wybudować bardzo duży zakład, nie wchodząc

w łożen z brzołów.



Rys. 398

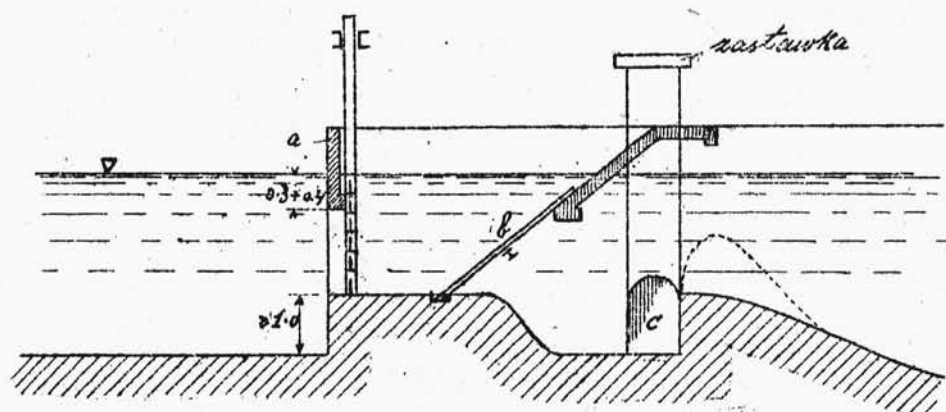


Rys. 399

Sposoby powyższe dają nam rozwiązanie co do budowy zakładów pod względem sytuacji. Z rozwiązań tych widzimy, że zawsze staramy się wprowadzać wodę na zakład w kierunku prostopadłym do jej osi, a to w tym celu, by żwir i rumowisko nie dostawały się do turbin. Warunek ten zachowujemy także w tych wypadkach, gdy wodę z rzeki ujmujemy w kanał.

Przekrój AB takiego ujęcia przedstawia nam rys. 400. Mamy tu więc przedewszystkiem od strony rzeki fartuch a , /płyta żelbetowa/, który zatrzymuje gałęzie i pnie drzewne, mogące płynąć rzeką, oraz próg, zatrzymujący żwir i rumowisko. Następnie mamy ściankę zakładaną i kratę rzadką b , zbudowaną z rur okrągłych o ϕ 50 mm. /odstęp między nie-

ni 0,35 m./, Tuż za kratą rzadką znajduje się osadnik, w którym zostają zatrzymane resztki rumo-

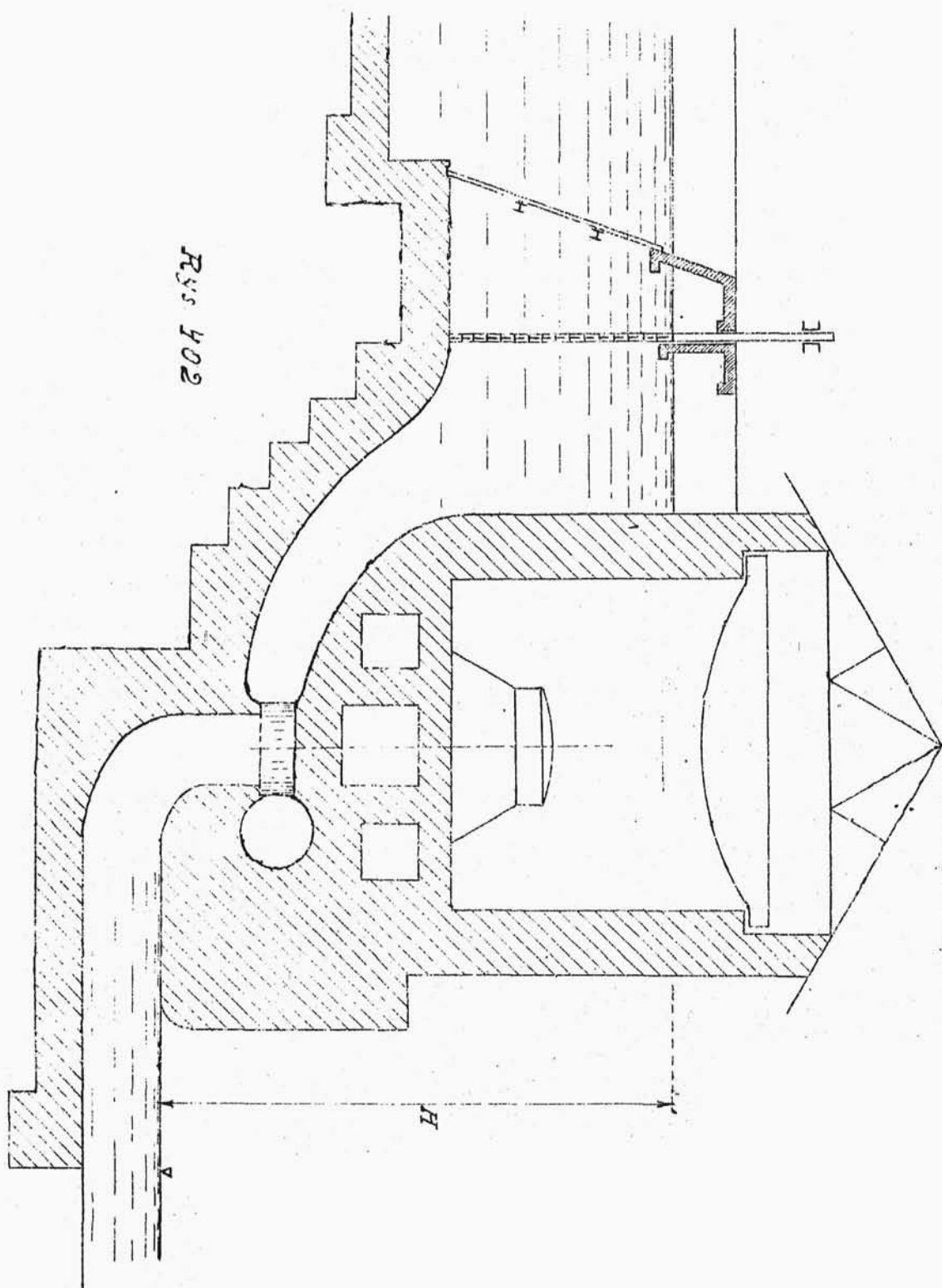


Rys. 400.

wiska, przepuszczone przez próg jazu oraz kanał *c*, służący do oczyszczania tego osadnika i samych zasuw. Wreszcie mamy próg osadnika, który niekiedy dajemy wyższy niż próg jazu, a to w tym celu, żeby tylko bezwzględnie czysta woda dostawała się do zakładu /linja przerywana/.

Jeśli zakład mamy postawiony bezpośrednio na jazu, to ujęcie wykonuje się zupełnie w ten sam sposób. Prędkość w ujęciu t.j. w śluzie wpustowej dopuszcza się niewielką: $v = \approx 0,6 \frac{m}{s}$, z tego względu byśmy nie mieli strat na wysokości i by woda nie była w stanie unieść rumowiska, które jakimś

ТІП ТУРБІНИ ОСТІ ПІОНОВСЬОЇ.

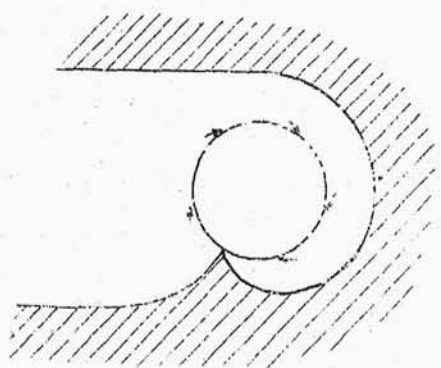


sposobem zdołało się dostać do kanału. O ile zakład wodny mamy na końcu *kanatu*, to połączenie tego kanału z zakładem wykonujemy w sposób wskazany na rys.401.

Jak wiemy, prędkość obwodowa kół biegowych w turbinach zależy od spadu, możemy więc je zmieniać tylko w szczerpłych granicach. O ile zaś chcemy wprowadzić na turbinę odrazu duże ilości wody, to dajemy albo parę kół o mniejszych średniach, albo jedno o dużej ϕ . Jak doświadczenie wskazało, bardziej ekonomiczne są koła małe, gdyż możemy tu uzyskać większą liczbę obrotów turbiny, a zatem i generatora. Wypada wtedy mały i tani generator elektryczny.

W ostatnich czasach zaczęto jednak budować turbiny o osi pionowej, stosując koła o dużych średniach i dające liczbę obrotów znaczną /rys.402/. Turbiny takie mają kilka niezaprzeczonych zalet, dzięki którym uzyskały stanowczą przewagę nad turbinami o osi poziomej.

A więc: 1/ wprowadzenie wody na koło turbinowe odbywa się spiralą w ten sposób, że woda jednostajnie ze wszystkich stron ma do niego dostęp. Kierunek ruchu wody nie ulega takim zmianom, jak przy osiach poziomych /rys.403/. Przy turbinach o osi



Rys. 403

poziomej mamy znacznie gorsze wprowadzenie wody. Jako bezpośredni skutek tego otrzymujemy lepszy współczynnik działalności /o 2 - 3% /.

2. Dając jedno koło turbinowe, zużywamy na niego mniej żelaza, niż

na kilka małych. Mamy więc oszczędność na materiale.

3. Mamy w tym wypadku tylko jedno łożysko, na którym opiera się ciężar części wirujących generatora i samej turbiny, uzyskujemy tu więc znacznie ułatwione smarowanie.

4. Hala maszyn może być znacznie węższa. -

Na skutek tych wszystkich zalet w ostatnich czasach dla dużych jednostek z reguły stawiamy turbiny o osi pionowej. Tak są urządzone zakłady wodne, pracujące przy niskim spadzie wody.

Zakłady wodne, pracujące przy wysokim spadzie wody.

Ujęcie wody w tych zakładach odbywa się zupełnie w ten sam sposób, jak przy zakładach o niskim spa-