

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-

dzie, osadnik tylko dajemy tu nieco większy, by woda przepływając przez niego mogła możliwie najdokładniej się oczyścić. Jeśli mamy np. różnicę poziomów  $H = 100m$ , wówczas woda płynąca na zakład ma prędkość:

$$v = \sqrt{2gH} = 4,43 \cdot 10 = 44,3 \text{ m/sek.}$$

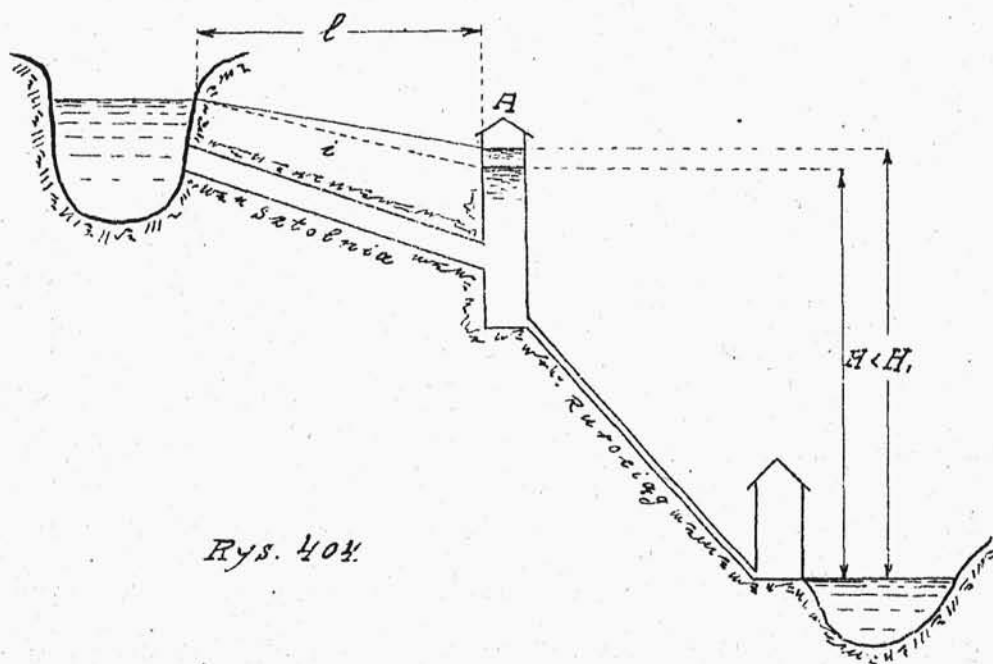
Jest to prędkość znaczna i już najmniejsze zanieczyszczenie wody piaskiem to sprawia, że woda uderzając w łopatki turbiny w bardzo krótkim czasie je niszczy.

Wysokie spady mamy w górach, a więc tam, gdzie są małe ilości wody. Z tego więc względu kanał doprowadzający wodę na turbinę dajemy kryty lub po prostu sztolnię. Robimy to ze względów bezpieczeństwa i ekonomji konserwacji.

Na skutek oporów w kanale doprowadzającym wodę z rzeki do t.zw. komory przejściowej  $A$  /rys.404/ otrzymujemy niższy poziom wody w tej właśnie komorze niż w rzece. Komora ta służy wogóle do tego, by woda mogła się podnieść do poziomu ciśnienia. Lecz nie to właściwie jest głównym powodem, dla którego budujemy komory przejściowe.

Dajmy na to, że zakład pewien jest w pełnym ruchu /obciążenie = 100 % / i nagle zostaje zupełnie

odciążony, np. wskutek przerwania głównego kabla



Rys. 404.

odprowadzającego energję elektryczną. Każda turbina posiada regulator automatyczny, który reguluje odchylenie łopatek, bowiem liczba obrotów turbin i generatorów musi być stała. W razie więc zerwania linii regulator przymyka łopatki turbiny, zamyka dopływ wody. W takim wypadku cała masa wody płynąca sztolnią z prędkością  $v$  przedstawi pewien zasób energii, który wyrazi się:

$$E = F \cdot l \cdot \frac{v^2}{2g}$$

i który musi być stłumiony. Właśnie wyżej wspomniana komora przejściowa tłumi tę energję, zużywając

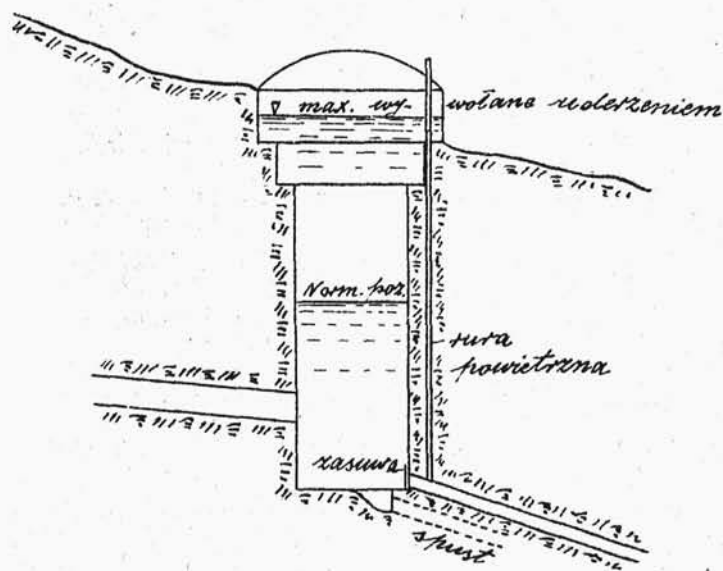
ją na podniesienie stanu wody w komorze.

Może się zdarzyć taki wypadek, że zakładowi pracującemu przy pewnem obciążeniu, przybywa nagłe konsument zużywający dużą ilość energii /przy małych turbinach fakty takie zachodzą wtedy, gdy np. rusza pociąg elektryczny, zwłaszcza pod górę i t.d./. W ten sposób obciążenie takiego zakładu gwałtownie wzrasta i regulator wprowadza automatycznie większe ilości wody na turbinę. Woda płynąca rurociągiem znajduje się pod ciśnieniem i odrazu może dostosować prędkość prowadzonej wody do nowego zapotrzebowania; natomiast woda prowadzona zapomocą sztolni wymaga pewnego czasu, potrzebnego do przewyciężenia masy jej bezwładności, na to, by mogła nabyć większej prędkości, by mogła dostosować się do nowych warunków. W tym czasie właśnie, dopóki masa bezwładności tej wody nie zostanie przewyciężona, zużytkowujemy wodę z komory przejściowej.

To są właśnie główne powody, dla których budujemy komory przejściowe.

Jak już zaznaczyliśmy zakłady o wysokim spadzie pokrywają zmienną część zapotrzebowania energii /górną część wykresu/. Obciążenie zatem takiego zakładu jest w wysokim stopniu niejednostajne; zatem i ilość wody doprowadzanej na koło turbinowe zmienia się w

dość szerokich granicach. Żeby móc dostarczyć te potrzebne ilości wody w każdej chwili dajemy właśnie kanały zamknięte lub sztolnie zupełnie wypełnione, leżące poniżej spadu ciśnienia. W takim tylko wypadku sztolnia może pełnym przekrojem i z większym opadem ciśnienia doprowadzić większą ilość wody przy wzroście obciążenia turbin. Gdybyśmy dali kanał otwarty, zmiana w ilościach przepływu przez kanał nie jest możliwa.

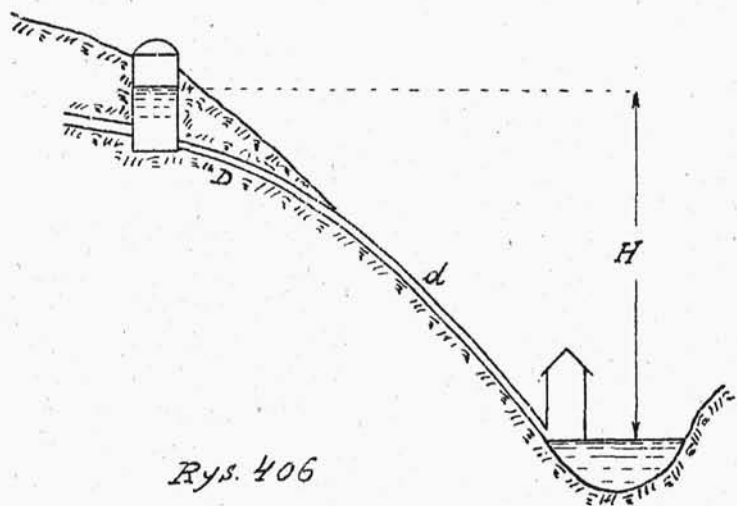


Rys. 405.

Zwykle komorom przejściowym nadajemy kształt wskazany na rys. 405, a to w celu uniknięcia zbyt dużych wysokości. Ponadto przy każdej komorze jest zasuwą zamykająca rurociąg i spust, oraz specjalna ru-

ra powietrzna. W wypadku bowiem, gdy zasuwą zostanie zamknięta a turbina otwarta, woda wypływa, w rurociągu, tworzy się próżnia i rurociąg mógłby ulec zgnieceniu. Wprowadzenie powietrza zabezpiecza nas od takiego wypadku.

Rurociąg zatem, jak już wspominaliśmy, prowadzi wodę pod ciśnieniem i zależnie od tego ciśnienia i średnicy rurociągu dajemy grubość ścianek. Przy długich rurociągach ze względu na minimum kosztów bliżej komory przejściowej dajemy średnice większe, dalej coraz mniejsze.



Rys. 406

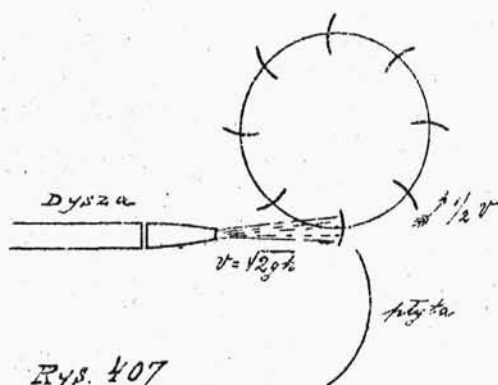
Zakład dokład-  
nie dostosowuje  
się do konsumpcji  
energji. Dzieje  
się to automatycz-  
nie i bardzo pre-  
cyzyjnie; ruro-  
ciągiem płyną za-  
tem różne ilości  
wody z nierówno-  
mierną prędkością,

wskutek czego powstawać tu będą pewne uderzenia hydrauliczne. Rurociąg musi być oczywiście na te uderzenia obliczony. O ile regulacja dopływu wody do turbiny następuje szybko /2 - 3 sek./, to wzrost ciśnienia potęguje się bardzo znacznie, w tych wypadkach otrzymalibyśmy grubości ścianek nadmiernie grube. Dlatego też szukamy innego rozwiązania; albo

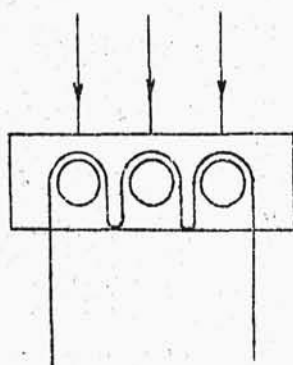
dajemy czas przemykania łopatek turbinowych dłuższy /20 - 30 sek./, a powstały w tym okresie nadmiar energii elektrycznej zostaje zniszczony na oporze wodnym /przez ogrzanie wody/ lub też skierowujemy

dyszę rurociągu na płytę stalową, umieszczoną poniżej koła turbinowego. -

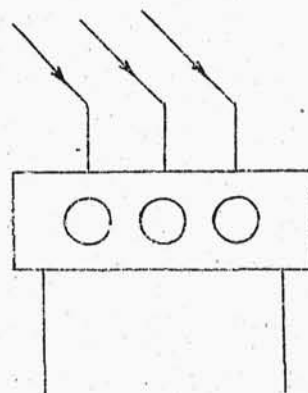
Stosując te metody możemy bardzo znacznie zmniejszyć grubość ścianek rurociągu.



Deprowadzenie wody do turbin może się odbywać w ten sposób, że do każdej turbiny prowadzi oddzielny



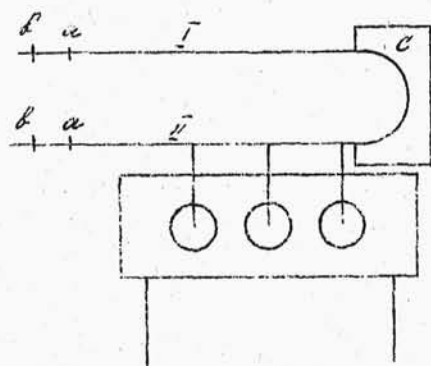
Rys. 408



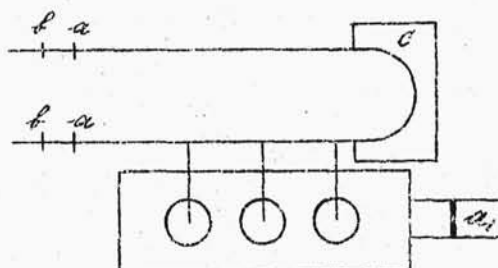
Rys. 409

rurociąg /rys.408 - 409/, jest to rozwiązanie najpew-

niejsze, ale też i najbardziej kosztowne. Zwykle stosuje się rozwiązanie wskazane na rys. 410. Woda do turbin zostaje doprowadzana zapomocą dwóch rurociągów I i II, połączonych kolaniem  $C$ , od któ-



Rys. 410



Rys. 411

rych odchodzą rury doprowadzające wodę do poszczególnych turbin. Połączenie tych rurociągów, kolano  $C$ , umocowane jest w specjalnym bloku betonowym, by nie mogło się przesunąć na skutek hydrostatycznego parcia wody. Każdy z tych rurociągów zaopatrzony jest w zasuwę  $a$  i spust  $b$  w tym celu, że gdy np. rurociąg I reparujemy, zamykamy odpowiednią zasuwę, a tymczasem woda do turbin może dopływać rurociągiem II.

Odływ wody z pod turbin dajemy jak na rys. 410 lub tam, gdzie mamy bardzo wysokie spadły i wobec

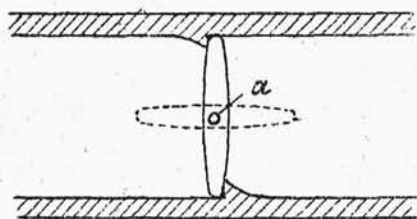
tego małe ilości wody stosujemy sposób rys.411. Zaznaczyć jeszcze należy, że na kanale odpływowym, dajemy zwykle przelew Poncellet'a/z, dzięki któremu możemy kontrolować dzielność turbin.

### Zamknięcia rurociągów.

Jak już zaznaczyliśmy, rurociągi doprowadzające wodę na turbinę mają niekiedy bardzo znaczne średnice /2,0 - 3,0 m./. Przy małych średnicach jako zamknięcia stosujemy zwykle zasuw wodociągowe, przy większych jednak sposób taki okazuje się w wysokim stopniu niepraktyczny. Dajemy wtedy albo zamknięcie motylkowe albo Joh<sup>n</sup>sona.

Zamknięcie motylkowe przedstawia nam rys.412.

W rurociągu mamy specjalne występy, o które opiera



się płytka, mogąca się obracać dookoła osi poziomej *a*.

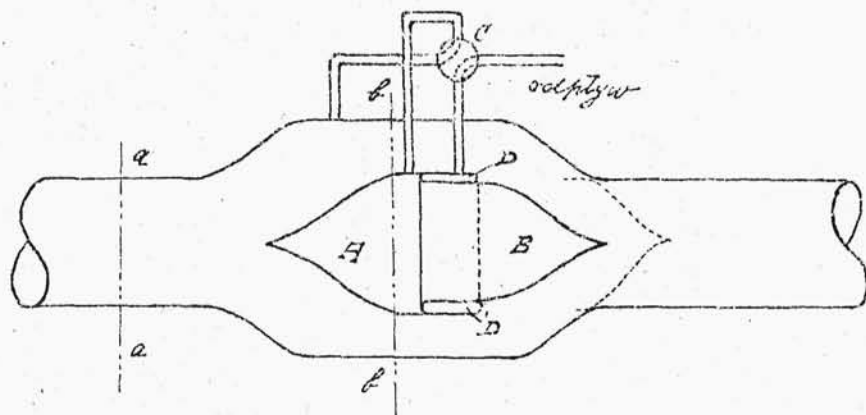
Choć rurociąg otworzyć nadajemy jej położenie wskazane na rys. /linja prze-

Rys. 412

rywana/.

Nowszym typem jest zamknięcie Joh<sup>n</sup>sona /rys.413/.

Zamknięcie to składa się z dwóch części: części stałej  $A$  i ruchomej  $B$ . Część  $B$  może się



Rys. 413.

ślizgać wewnątrz części  $A$ , jak po torze, przyjmując położenie wskazane na rys. /linja przerywana/ i w ten sposób zamykając rurociąg. Sam rurociąg i mechanizm zamykający połączony jest zapomocą specjalnych rur z wodą odpływową; ustawiając odpowiednio wentyle w punkcie  $c$  możemy zwiększyć ciśnienie w  $A$ , zmniejszyć w pierścieniu  $D$  - wówczas rurociąg zostanie zamknięty. Zwiększając ciśnienie w  $B$ , zmniejszając w  $A$  możemy go otworzyć.

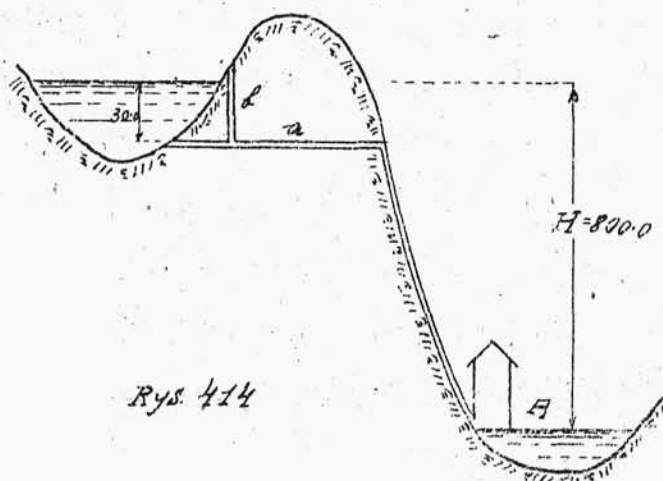
Zamknięcie proste, dobre i działa bardzo sprawnie. Zaznaczyć jeszcze należy, że pole przekroju rurociągu  $a-a$  musi być równe polu przekroju w  $b-b$ , nie objętego mechanizmem zamykającym. Jednakowa wielkość pól tych przekrojów, zabezpiecza przeciw stratom wywołanym wskutek wzrostu prędkości wody. Wspomnieć

tu jeszcze musimy, że prędkość wody płynącej w rurociągach dochodzi do 2 - 3 - 4 m/sek. /w rurach wodociągowych  $v = 1,0$  m/sek./.

### Zakłady wodne.

Zakłady o wysokim spadzie są niezbędne dla racjonalnego wysyskania siły wodnej. To też mamy cały szereg przykładów, gdzie wykonano wprost olbrzymie roboty dla uruchomienia takich zakładów.

Jezioro Ritom w Szwajcarii np. zostało w ten sposób wykorzystane, że zbudowano sztolnię *a* /rys.414/



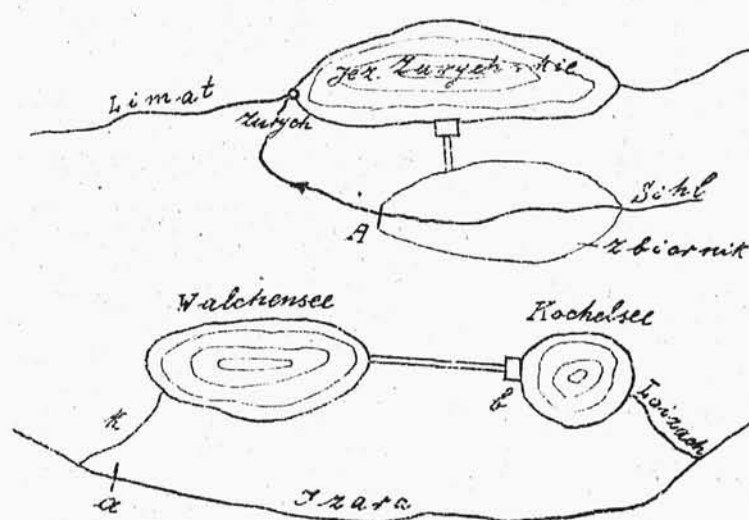
tuż przy dnie jeziora. Zapomocą tej sztolni wodę doprowadzono do doliny *A*, dzięki czemu uzyskano spadek  $H = 800$  mtr.

Samo połączenie sztolni z dnem jeziora wykonano w ten sposób, że najpierw zbudowano studnię *b* /w niej umieszczono mechanizmy zamykające sztolnię/ i przy pomocy tej studni

dynamitem wysadzono skałę zamykając przejście ze sztolni do jeziora. Ze względu właśnie na konieczność wysadzenia skały zamykającej, sztolnię taką możemy wykonywać tylko w gruncie skalistym, co każdorazowo za pomocą badań należy stwierdzić. -

W podobny sposób zostały wyzyskane jeziora Löntsch, Fully i t.d.

Na rzece Sihl, dopływie Limatu, uzyskano spad 400 mtr., budując na tej rzece zbiornik A /rys.



415/, a następnie zbiornik ten zapomocą sztolni połączono z jeziorem Zurychskim. Tu na tym jeziorze zbudowano zakład wodny.

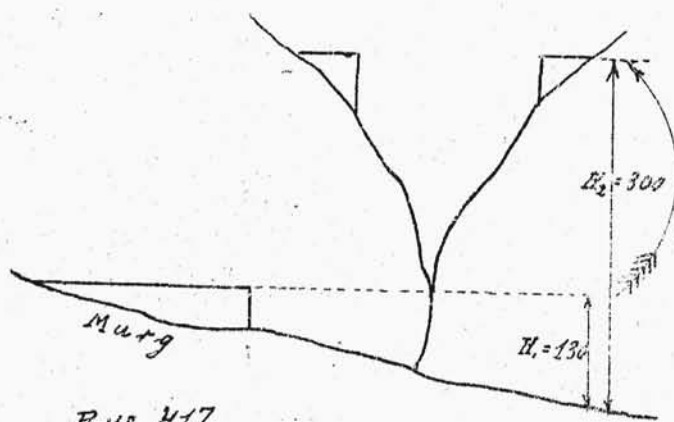
Rys. 415-416.

W podobny zupełnie sposób zbudowano zakłady Walchensee w Niemczech. Połączono tu mianowicie rzekę Izarę kanałem K z jeziorem Walchensee, stawiając jaz w punkcie a. Następnie między jeziorem Walchensee i Kohelsee wykonano sztolnię, na końcu której w punkcie L zbudowano zakład o sile 200.000 HP. Zaznaczyć jeszcze

należy, że jezioro Kochelsee służy jako zbiornik wyrównawczy dla Loisach.

W zakładzie na rzece Murg połączono 2 systemy zakładów: o niskim i wysokim spadzie. Sama rzeka Murg daje niewielki spadek  $H_1$ , zaś jej dopływy wytwarzają bardzo znaczny spadek  $H_2$ . Zakład o niskim spadzie  $H_1$ , pokrywa stałą część zapotrzebowania,

zaś o wysokim  $H_2$  - jego zmienną część. Ponadto w okresach /godziny ranne i nocne/ mniejszego zapotrzebowania tłoczy się wodę



z niższego poziomu  $H_1$  na wyższy  $H_2$ , magazynując w ten sposób energję.

#### Koszt budowy i eksploatacji zakładów wodnych.

Koszt budowy zakładu wodnego oblicza się w ten sposób, że bierze się pod uwagę ilość koni parowych /HP/ na jaką dany zakład mamy zbudować. Jeden kon mechaniczny obliczany w ten sposób kosztował prze-

ciężnie 1000 franków; tak więc np. budowa zakładu obliczonego na 25.000 HP kosztowałaby 25000000 franków. Przy pewnych dogodnych warunkach, koszt ten maleje do 500 a nawet 250 franków za 1 HP.; z drugiej znów strony mogą zajść wypadki, które podniosą znacznie koszt budowy, co np. miało miejsce przy budowie zakładu na Rodanie pod Lyonem, gdzie koszt instalacji 1 HP. wyniósł 2500 franków. Zaznaczyć tu należy, że przy obecnym spadku wartości złota, koszty te są nieco większe.

Na koszty roczne w zakładzie wodnym składają się: utrzymanie, amortyzacja, oprocentowanie i odnowienie maszyn. Przed wojną koszty te wynosiły normalnie 10 % kosztów zakładowych /utrzymanie + amortyzacja 5 % i oprocentowanie + odnowienie 5 % /. Rozliczając te koszty na konia rocznego otrzymamy, że 1 HP w ciągu roku kosztował 100 fr.

Jak widzimy, cena tej energii jest bardzo niska, to też zakłady wodne znajdują coraz większe uznanie. Tak np. w Ameryce Półn.

do r.1923 było zainstalowane	12.000.000 HP.
w ciągu r.1923 zainstalowano	1.000.000 "
rozpoczęto budowę zakładów o sile	2.700.000 "

Szczególniej w ostatnich czasach, wskutek spadku wydajności robocizny, zakłady wodne są podstawą wszelkiego przemysłu. Wspomnieć jeszcze musimy, że po jakichś 30-40 latach, gdy kapitał włożony w budowę zakładu zostanie zamortyzowany, koszt produkcji maleje, spada prawie do połowy. W zakładach wodnych bowiem koszt mechanicznego urządzenia /turbiny/ w porównaniu z budowlaniami inwestycjami jest nieznaczny; wręcz przeciwny stosunek panuje w zakładach cieplikowych.

Wszystko to są motywy, dla których buduje się bardzo dużo tych zakładów. Pomijając Amerykę i w Europie budują takie zakłady we Włoszech, Hiszpanji, Francji a nawet w Niemczech, posiadających nadmiar węgla.

-----

Ż E G L U G A .

WARUNKI ŻEGLUGI.

Żegluga odbywa się na:

1. rzekach żeglownych,
2. " skanalizowanych,
3. kanałach żeglugi.