

sie 32 000 000 m<sup>3</sup> .

Rodan wprowadza rocznie 4,2 milj. m<sup>3</sup> namoku do jez.Genewskiego, a ponieważ jezioro to ma pojemność 89 000 milj. m<sup>3</sup> , więc będzie ono całkowicie zamulone po upływie 21 000 lat, następnie po upływie dalszych 21 000 lat utworzy się na zasypanej przestrzeni spadek 2 ‰ nowego koryta rzeki.

### PRZEZNACZENIE ZBIORNIKÓW.

#### W y z y s k a n i e   s i ł   w o d n y c h .

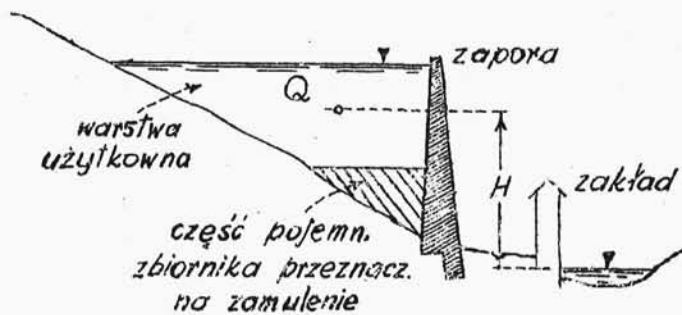
Z reguły na każdym zbiorniku wyzyskujemy siłę wodną do wytworzenia energii elektrycznej. Użytkowana ilość wody, znajdująca się w danej chwili w zbiorniku /rys.3/, przedstawia zapas pracy:

$$\frac{Q \cdot H \cdot 2}{1000} = E \text{ kW.}$$

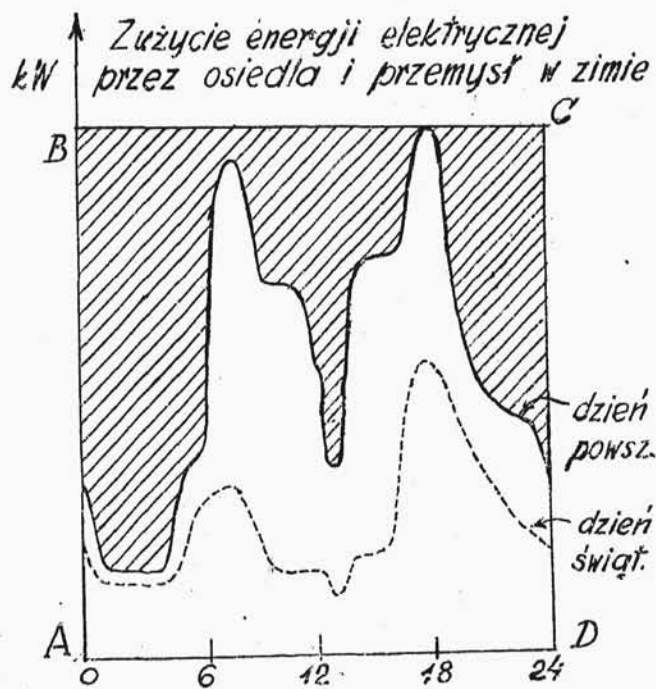
(gdzie  $Q$  jest wyrażone w m<sup>3</sup>,  $H$  w m.), którą woda może wykonać w dowolnej porze/ we wzorze powyższym uwzględnione są już wszelkie straty/ .

Rozpatrując wykresy zapotrzebowania energii elektrycznej na pewnej sieci przeniesienia, przekonamy się, że zapotrzebowanie to zmienia się w ciągu dnia /rys.4/, w ciągu tygodnia /rys.5/ i w cią-

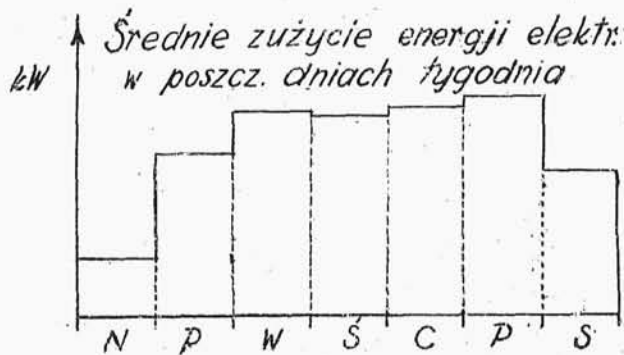
gu roku /rys.6/ w bardzo szerokich granicach .



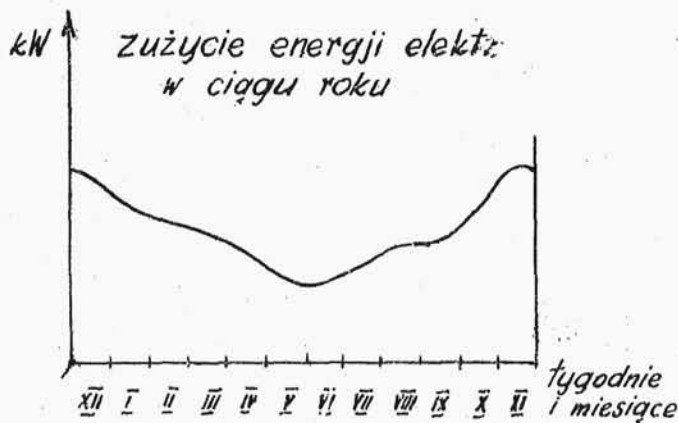
rys.3.



rys.4.



rys.5.



rys.6.

Chcąc instalację elektrowni przystosować do każdego możliwego zapotrzebowania, trzeba by ją zbudować na największe zapotrzebowanie. Z rys.4 widać, że, chcąc pokryć największe dobowe zapotrzebowanie z zakładu wodnoelektrycznego o stałym spadzie  $H$ , wywołanym spiętrzeniem przez jaz, taki zakład musiak-

by produkować ilość energii równą polu  $ABCD$ , co stanowiłoby około trzykrotną ilość energii rzeczywiście zapotrzebowanej. Pole zakreskowane wyraża energję wyprodukowaną, która nie będzie wyzyskana z powodu braku zapotrzebowania. Traci się w ten sposób 70 % energii, lub nawet więcej. Zakład taki jest źle wyzyskany.

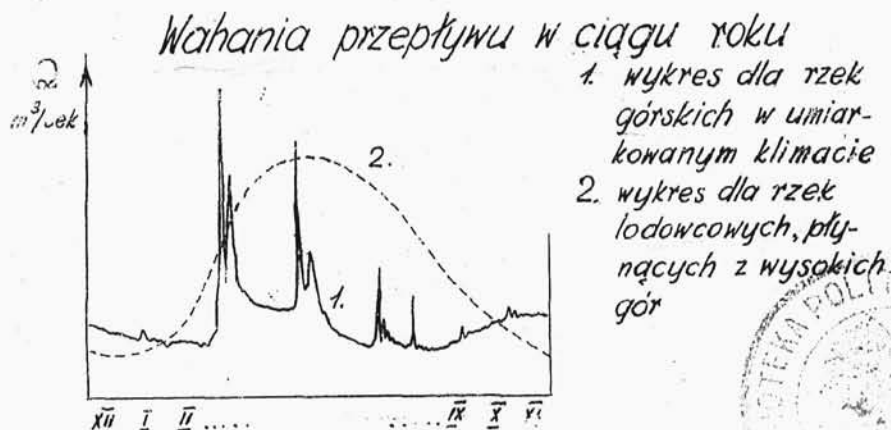
Aby zakład pracował ekonomicznie, należy go tak zbudować, by magazynować nadmiar energii wyprodukowanej w czasie jej małego zapotrzebowania, oraz aby nagromadzoną energję mógł oddać wtedy, gdy zapotrzebowanie przewyższy ilość energii, którą zakład może wyprodukować w jednostkę czasu. W celu magazynowania energii buduje się zbiorniki, dzięki którym uzyskujemy roczne, tygodniowe lub dzienne wyrównanie produkcji energii.

Rola zbiorników przy wyzyskaniu siły wodnej polega na kryciu szczytów wieczornego zapotrzebowania energii, przyczem wyzyskanie siły wodnej może być doprowadzone do stu % dla samego zbiornika. Woda, nagromadzona w okresie deszczowym w zbiorniku dostatecznie pojemnym, jest przepuszczana przez turbiny tylko w okresach zwiększonego zapotrzebowania.

energji, którego nie mogą pokryć inne zakłady wodne lub ciepłikowe, pracujące stałą mocą. Przy połączeniu zakładów zbiornikowych i innego typu, na wodach bieżących, o zmiennej produkcji energji zależnej od ilości przepływu w rzece, w końcu zakładów ciepłikowych, te ostatnie oraz zakłady na wodach bieżących kryją podstawowe, w przybliżeniu stałe zapotrzebowanie energji, zakłady zaś zbiornikowe - zmienną część zapotrzebowania. W ten sposób zakład zbiornikowy nie tylko sam wyzyskuje w bardzo wysokim procencie /do stu procent/ swą siłę wodną, ale pozwala wyzyskać także w wyższym stopniu /czasami także do 100 % / siłę zakładów niewyrównanych, na wodach bieżących. Podobnie polepsza on także pracę zakładów ciepłych.




Dopływ wody do zbiornika zależy od charakteru rzeki i jest w każdej porze roku różny. Przedstawia się on jak na rys.7. Jak z wykresu tego widać, dopływ do zbiornika naogół nie zgadza się z przebiegiem zapotrzebowanie energji / porów.rys.6/. W normalnych warunkach musimy zatem magazynować wodę w okresie, gdy jej dopływa za dużo, na wiosnę i częściowo w lecie, i tak nagromadzoną wodę wiosenną

i letnią zużytkować zimą, gdy rzeka nie prowadzi ilości wody dostatecznej do wyprodukowania energii, której zapotrzebowanie wtedy wzrasta.

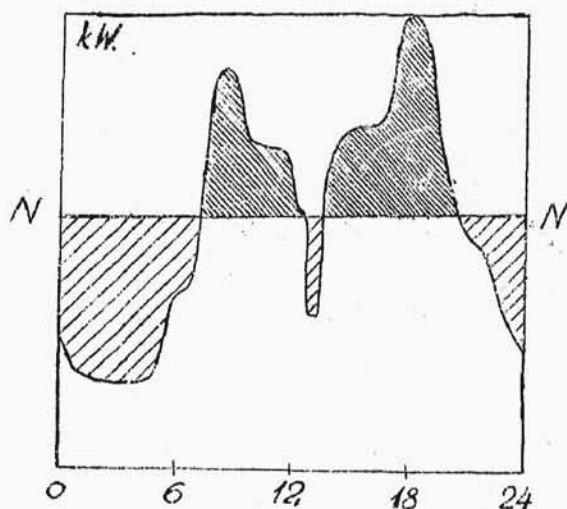


rys.7.

Zbiorniki budujemy dla wyrównania rocznego, lub w krótszych odstępach czasu, a więc dla wyrównania tygodniowego i dobowego.

Zbiornik, służący do dobowego wyrównania, posiada taką pojemność, że wystarcza ona na pokrycie braków energii przedstawionych na rys.8 polem  ponad linię NN, odpowiadającą przeciętnemu zapotrzebowaniu energii w ciągu 24 godzin. Pole  równe polu  przedstawia pojemność zbiornika w kWh.

W ten sposób można doprowadzić obciążenie zakła-




rys.8.

du do blisko 100 % jego całkowitej wydajności. Zbiornik wyrównania dziennego powinien zawierać 15...30 % ilości wody roboczej. Zbiornik dla wyrównania tygodniowego musi być większy, aby magazynować zbywającą

energję z dni świątecznych. Jego pojemność winna wynosić 50 ..... 100 % całonobowej ilości wody roboczej.

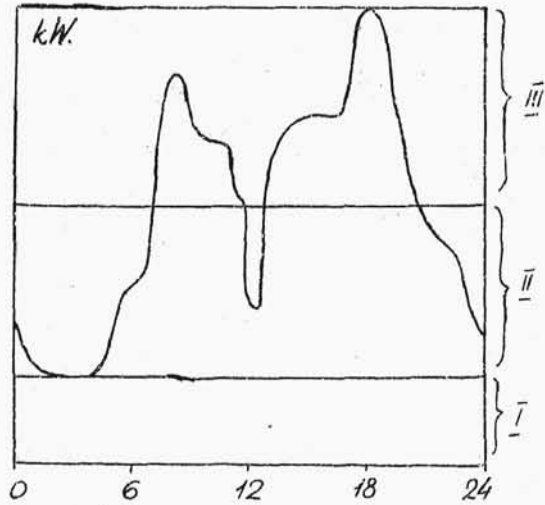
Niezawsze budowa odpowiedniego zbiornika jest możliwa i dla ekonomicznego wyzyskania zakładów o sile wodnej stosuje się współpracę kilku zakładów /rys.9./ np. ciepłego/I/, który obciążony jednostajnie pracuje bardzo ekonomicznie, oraz zakładów wodnych ze zbiornikami o małej / II / i dużej /III/ pojemności, które pokrywają część górną, zmienną, krzywej zapotrzebowania energii.

Czasami, gdy nie można zbudować naturalnego zbiornika na rzece, magazynujemy nadmiar energii w nocy.

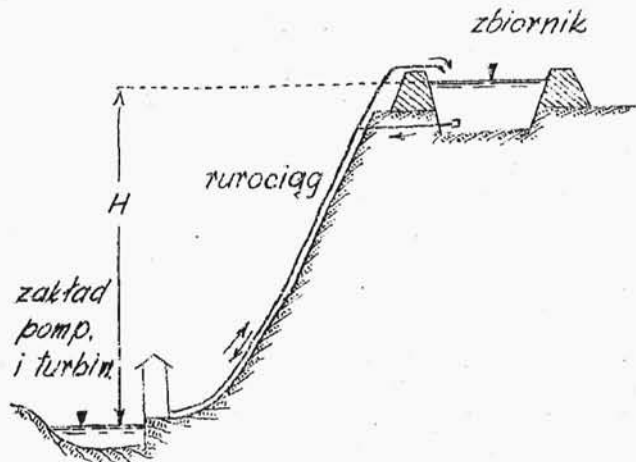
W ten sposób zbywającą energję - pole  na rys.8

- zużywamy na wspomaganie wody do zbiornika na pewien poziom

$H$  /rys.10/, aby w wieczornych godzinach, gdy sama rzeka nie dostarcza ilości wody, potrzebnej dla pokrycia całego zapotrzebowania energii, tą wodą pokryć






rys.9



rys.10.



szczyty zapotrzebowania - pole  na rys.8. W tym wypadku jednak przy pompowaniu traci się do 50 % energii, więc pole  musi być dwa razy większe od pola .

Zakłady o sile wodnej są naogół jednostkami dużymi, które olbrzymią ilość wyprodukowanej energii rozpraszają po okolicy przewodami o wysokim napięciu, często na wielkie odległości /do 800 i więcej km/. Aby wyzyskać przewody i nie podnosić kosztów przenoszenia energii, zakład główny pracuje przy jednostajnym obciążeniu przez 24 godz. i kryje podstawę wykresu zapotrzebowania energii, szczyty zaś są kryte lokalnymi zakładami zbiornikowymi lub pompami.

Włochy wybudowały do roku 1933 zbiorniki ogólnej pojemności 1 301 milj. m<sup>3</sup> i produkcji rocznej 1 140 milj. kWh. W budowie są zbiorniki o dalszej produkcji 1 220 milj. kWh. rocznie. W ten sposób Włochy będą mogły poprawić stopień wyzyskania swych innych zakładów wodnych. Stany Zjednoczone wyprodukowały w r. 1932 energii w sumie 83 miliardów kWh., w tem 41% energii wodnej, a z tego poważną część na zakładach zbiornikowych.

Najwyższa zaporą na świecie, zapora im. Hoovera na rz. Colorado w Stan. Zjed. jest 215 m. wysoka i zamyka zbiornik o pojemności 37,3 miliardów m<sup>3</sup>, pozwalając wyzyskać rocznie siłę wodną w sumie 3,5 miliarda kWh. / moc zainstalowana wynosi 1 milion KM /.

Koszty budowy wyniosą jak następuje:

zapora i zbiornik....	70,0	milj.	\$
zakład o sile wodnej	38,2	"	\$
kanal nawadniający ..	38,5	"	\$
oprocentowanie kapitału w czasie budowy	17,7	"	\$
<hr/>			
razem	164,4	milj.	\$

Szczegóły budowy zapory Hoovera opisane są w części II niniejszego skryptu w rozdz. o zaporach łukowych.

#### Z a s i l a n i e   w o d o c i a g ó w.

Do zasilania wodociągów można wykorzystać wodę głębną lub powierzchniową.

Woda głębna jest mechanicznie czysta, nie posiada bakteryj, jest chłodna, lecz jest jej zwykle mało i można ją otrzymać tylko tam, gdzie są tere-

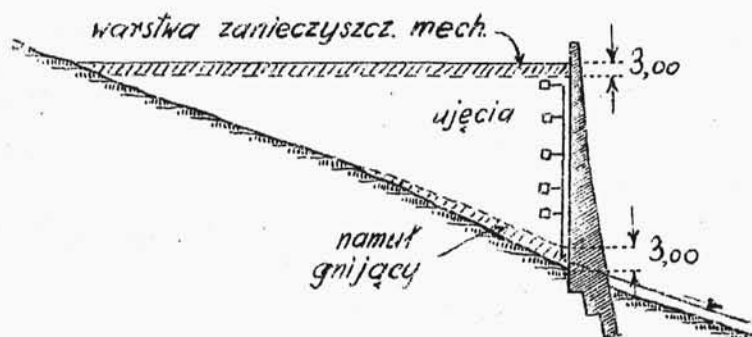
ny przepuszczalne dostatecznie rozległe. Na działkach wód płytkich warstw wodonośnych niema oczywiście zupełnie.

Woda powierzchniowa /z rzek/ jest brudna, często zakażona, lecz znajduje się w ilościach niemal zawsze wystarczających. Ujęcie wody powierzchniowej może być dokonane albo wprost z rzeki, albo przy pomocy zbiornika - zależy to od warunków lokalnych.

Zbiorniki wodociągowe buduje się przeważnie w okolicach górskich lub podgórskich, tam, gdzie rzeka prowadzi w pewnych porach roku zamało wody, aby pokryć zapotrzebowanie wodociągowe miasta, następnie dla zaopatrzenia w wodę bardzo dużych miast, jak Nowy York, St. Francisko i t.p., gdzie potrzebne są olbrzymie ilości wody i filtrowanie ich oraz podnoszenie na pewną wysokość natrafia już na duże techniczne trudności. Wkońcu zbiorniki buduje się tam, gdzie chodzi o wodociągi grupowe, gdy można postawić je tak wysoko, aby woda doszła do wszystkich osiedli grawitacyjnie.

Woda zbiornikowa posiada znaczne zalety. Przewszystkiem na głębokości 3 m. pod powierzchnią wody jest już ona niemal zupełnie mechanicznie czysta.

Wierzchnia warstwa zanieczyszczona jest liśćmi, gałęziami, pyłem i kurzem, a pozatem rozwinięte jest w niej życie organiczne /plankton/. Pobierając zatem wodę z odpowiedniej głębokości /rys.11/, możemy zaoszczędzić na kosztach urządzeń filtracyjnych.



rys. 11.

Woda zbiornikowa musi być jednak sterylizowana przy pomocy chlorowania, ozonowania lub naświetlania promieniami ultrafioletowymi.

Im głębiej w zbiorniku założymy ujęcie wody, tem wahania temperatury będą mniej znaczne /na dnie temperatura jest już zwykle stała i wynosi  $\sim +4^{\circ}\text{C}$ /. Możemy zatem uzyskać odpowiednią temperaturę przez regulowanie warstwy wody, znajdującej się ponad ujęciem. Jest to bardzo ważna okoliczność dla wodociągów, wymagających temperatury stałej  $8....10^{\circ}\text{C}$ .

Założenie smoka nie może być jednak zbyt niskie, aby nie wciągać osadzających się i gnijących na śnie części stałych i organicznych. Praktycznie 3 m. od dna stanowi granicę, poniżej której nie można założyć ujęcia.

Obszar dorzecza, z którego spływające wody muszą być ujęte dla zasilenia wodociągu miasta, nie jest duży, jak to widać z poniższego przykładu.

#### Przykład.

Jeżeli w mieście o 100 000 mieszk. każdy mieszkaniec zużywa średnio 150 l/24 godz., to dla całego miasta zapotrzebowanie dzienne wyniesie 15 000 m<sup>3</sup>,

a roczne - niespełna 6 milj. m<sup>3</sup>. Jeśli w danej okolicy opad roczny wynosi 600 mm. i przyjmiemy, że tylko  $\frac{1}{3}$  tego opadu spływa po powierzchni, czyli że do zasilania wodociągu możemy otrzymać rocznie 200 000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, to wypada zamknąć dorzecze 30 km<sup>2</sup>, aby otrzymać w roku 6 milj. m<sup>3</sup> wody potrzebnych do zaopatrzenia danego osiedla w wodę.

Dla zasilania N.Yorku wyzyskane zostały wody rzeki Croton, ujęte szeregiem zbiorników i doprowadzone do miasta kanałem "Catskil aqueduct". Ponieważ dorzecze Croton zostało już wyczerpane, będą budowa-

ne zbiorniki w sąsiednim dorzeczu rzeki Delavare, a woda będzie przeprowadzona przez wododział do nowego akweduktu zasilającego N.York. Chodzi tu o doprowadzenie wody w ilości 1 670 000 m<sup>3</sup>/24 godz..

San Francisco wykańcza wodociąg, doprowadzający wodę zbiornikową z Gór Skalistych, ze zbiornika t.zw. Hetch Hetchy, przyczem w miarę wzrostu zapotrzebowania wody budowane będą dalsze zbiorniki podług pewnego planu rozbudowy.

Los Angeles dotychczas korzystało z wody zbiornikowej w ilości 24 m<sup>3</sup>/sek., ujętej w odległości 373 km. od miasta. Ponieważ obecnie woda ta już nie wystarcza, zwłaszcza wobec konfliktu z farmerami, którzy częściowo korzystali z niej do nawadniania gruntów, Los Angeles wraz z 12 miastami Kalifornji przystępuje do budowy nowego wodociągu kosztem 222 milj. dolarów. Wodociąg ten będzie oparty o zbiornik, utworzony wspomnianą już wyżej zaporą im. Hoovera. Z powodu trudności terenowych ujęcie wody będzie położone niżej, w Parker /Arizona/, gdzie stanie zapora 22 m. wysoka, tworząca zbiornik o pojemności 880 milj. m<sup>3</sup> i gdzie będzie wyzyskana siła wodna w ilości 80 000 KM. Ujęta będzie woda w ilość-

ci 45,5 m.<sup>3</sup>/sek. i podniesiona na miejscu zapory na wysokość 180 m., następnie doprowadzona do zbiornika Gene Wasch, tam podniesiona znów o dalsze 160 m. do Hayfield Dry Lake. Trzeci stopień będzie 140 m. wysoki; poza nim kanał przekroczy dział wód między Colorado a oceanem. Na 190 mili będzie wykonane przejście kanału przez uskoki/czynne/ St. Andreas, a następnie San Jacinto, poza którym kanał wejdzie w zbiornik Cajalco. Ogółem będzie wykonanych 137 km. tunelów, 88 km. kanałów krytych, 121 km. kanału otwartego ze skarpami krytymi betonem, 39,2 km. rurociągów żelbetowych, 2,32 km. długości kanału będzie się mieścić w zbiornikach. Ogólna wysokość podnoszenia wody będzie 483 m., ostatni zbiornik Cajalco będzie miał 370 milj. m.<sup>3</sup> pojemności, co wystarczy do pokrycia zapotrzebowania w ciągu 60 dni.

Dla wodociągów Paryża ma być ujętych 12 m.<sup>3</sup>/sek. wody gruntowej z doliny Loary przy pomocy 60 km. długiego kanału zbiorczego. Ponieważ ujęcie to pogorszy warunki żeglugi na Loarze przy niskich jej stanach, przewiduje się równocześnie budowę zbiorników w dorzeczu Loary o pojemności ogólnej 200 milj. m.<sup>3</sup>

dla uzupełnienia brakującej wody.