

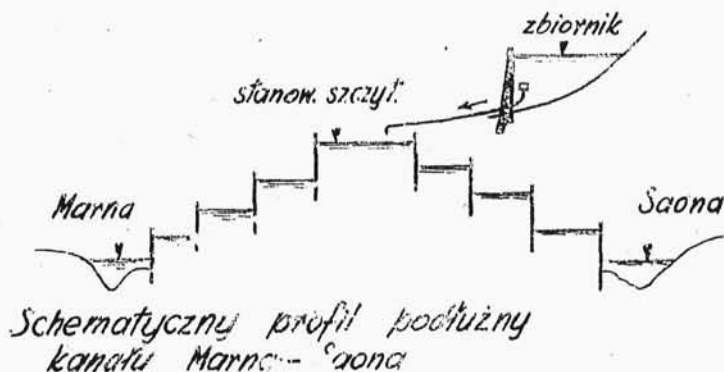
## Z a s i l a n i e   k a n a ł ó w   ż e g l u g i .

Sztuczna droga wodna / kanał / wymaga zasilania wodą, którą traci się na śluzowanie statków, a pozatem wskutek parowania i wsiąkania.

Podobnie też naturalne drogi wodne wymagają często zasilania ich w wodę w czasie niskich stanów, dla powiększenia głębokości wody. W tym celu w górnym dorzeczu naturalnej drogi wodnej ujmuje się zbiornikami wodę w czasie wysokich stanów rzeki i wodą tą podnosi się stany niskie.

Szczególnie trudne jest zasilanie kanałów żeglugi na działkach wód t.j. łączących dwie rzeki należące do różnych dorzeczy. Wtedy bowiem trzeba całą potrzebną ilość wody dostarczyć na stanowisko szczytowe, na wododział, gdzie z natury rzeczy trudno o naturalny dopływ dużych ilości wody.

Na stanowisko szczytowe kanału Marna-Saona, łączącego Hâvre z Marsylją /Ocean Atlantycki z Morzem Śródziemnem/, w okresie żeglugi /maj - listopad/ trzeba doprowadzić 40 milionów m<sup>3</sup> wody na wysokość 340 m. n.p.m., aby umożliwić żeglugę. Pompowanie takich ilości wody byłoby bardzo kosztowne, wykonano więc zbiorniki /rys.12./.



rys.12.

Nawet tak duże rzeki, jak Wołga i Mississipi, są zasilane w czasie niskich stanów wodą ze zbiorników, założonych w ubiegłym stuleciu w górnych biegach tych rzek. Na Mississipi dodatek wody zbiornikowej wynosi 2700 milj.m<sup>3</sup> i daje się odczuwać jeszcze w średnim biegu, podnosząc tam stany o 30 do 35 cm.. Dla podniesienia żeglowności Wezery wybudowali Niemcy zbiornik na rz.Eder /dopływ Wezery/ w Waldeck o pojemności 202 milj.m<sup>3</sup>. Woda zbiornikowa podnosi niski stan Wezery w górnym biegu o 35 cm. a w dolnym - jeszcze o 15 cm..

Budowa zbiorników w Karpatach wpłynie korzystnie na podniesienie niskich stanów na Wiśle i przyczyni się do przedłużenia okresu żeglugi na tej

rzece, albo do powiększenia pojemności statków /wskutek powiększenia użytecznej głębokości wody/.

Na rzekach karpackich istniało szereg zbiorników dla ułatwienia dzikiego spławu drzewa. Zazwyczaj w potokach górskich jest za mało wody, aby nimi można było spławiać szcrapy lub kłose, przeto celem powiększenia głębokości wody i umożliwienia spławu buduje się na potoku zapory drewniane / kaszycową /. Przez otwarcie upustu i wypuszczenie magazynowanej wody wywołuje się falę wodną, która porywa i unosi nagromadzone na brzegu pnie. Tak np. na Czeremoszu wytwarza się w ten sposób falę głębokości kilkudziesięciu cm..

Budowa zapory na Dnieprze koło wyspy Hortycy została przedsięwzięta w celu przykrycia wodą wszystkich progów dniewnych i umożliwienia wielkiej żeglugi od morza w górę Dniepru. Zapora, 35 m. wysoko piętrząca wody rzeki, pozwala wyzyskać rocznie 2...4 miliardów kWh. energii, przeznaczonej dla przemysłu oraz nawodnienia wysoko położonych gruntów.

Na rzece Sw. Wawrzyńca w Kanadzie, zapora 25,5 m. wysoka ułatwi żeglugę dużymi statkami poprzez istniejące tam szypoty i pozwoli zainstalować zakład

o sile wodnej 2,2 milj. KM..

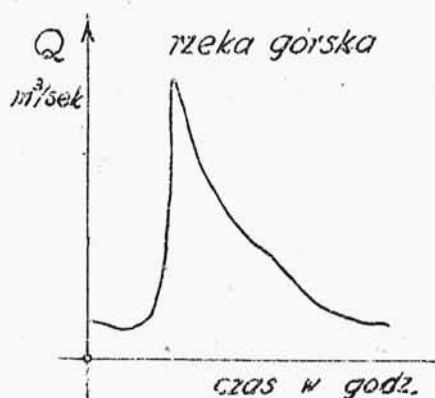
Kanał Panamski korzysta ze zbiornika utworzonego przez rzekę Chagres zamkniętą w Gatun. Zbiornik ten jest jednocześnie szczytowym stanowiskiem kanału. Ruch statków wzrósł jednak obecnie do tego stopnia, że zbiornik okazuje się już niewystarczający dla śluzowania statków i Stany Zjednoczone budują w górze rzeki drugi zbiornik, zamykając dolinę Chagres w Madden, ujmując nim tę część wód powodziowych, które dotychczas bezużytecznie przelewały się przez zapórę w Gatun.

Ponieważ kanał Panamski jest w stanie przepuścić tylko ograniczoną liczbę statków, w zależności od pozostającej do dyspozycji ilości wody do śluzowania i zebranej w dorzeczu rzeki Chagres, Amerykanie rozważają równocześnie możliwość stworzenia drugiego połączenia między Oceanem Atlantyckim a Spokojnym drogą przez jezioro Nicaragua. Jezioro to było głęboką zatoką Oceanu Spokojnego, w pewnym momencie odciętą od morza przez zalew lawą i popiołami wulkanu Mamotombo, oraz innych sąsiednich. Odcięta zatoka stała się zbiornikiem wód deszczowych, które podniosły jej poziom do 150 stóp n.p.m.. Powstał

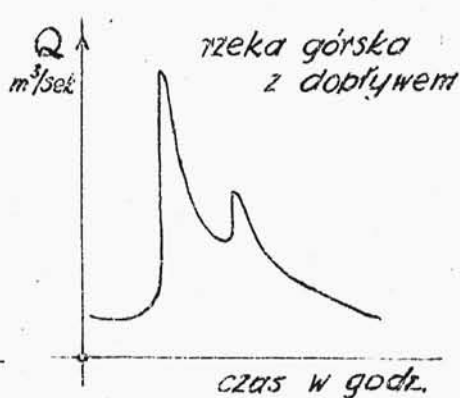
nowy odpływ jeziora rzeką San Juan, zwrócony ku Oceanowi Atlantyckiemu. Odpływ ten przeciął dział wód i obniżył poziom jeziora o 50 stóp tak, że leży ono obecnie na poziomie 100 stóp nad Oceanem. Jezioro to będzie znów zbiornikiem dla nowej drogi wodnej i dostarczy wody do słuzowania statków. Nowa droga będzie dłuższa od kanału Panamskiego, w przeważnej części leżeć będzie jednak w jeziorze. Koszt budowy obliczono na 722 milj.dolarów.

Wyrównanie stanów wód  
/zbiorniki powodziowe/

Celem ochrony przez powodzią buduje się zbiorniki ujmujące szkodliwą część fali powodziowej. Na rys.13 i 14 przedstawiono fale powodziowe rzeki górskiej bez dopływu i z dopływem, którego fala powo-

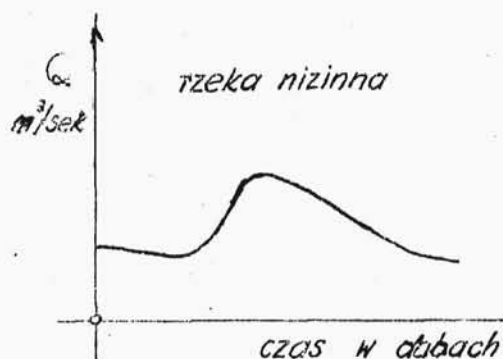


rys.13.



rys.14.

dziowa jest spóźniona w stosunku do kulminacji na rzece głównej. W ten sposób na wykresie widzimy dwie kulminacje. Na rys. 15. pokazany jest przebieg



rys. 15.

wezbrania na rzece nizinnej. Rzeki nizinne mają względnie niskie, lecz zato długie fale powodziowe i mieszczą w sobie bardzo znaczne ilości wody. Ujęcie ich

wymagałoby zbiorników o tak znacznych pojemnościach, że tylko w wyjątkowych wypadkach można znaleźć odpowiednio duży i mało wartościowy teren dla zalania go wodą i utworzenia zbiornika. Stąd regułą jest budowa zbiorników powodziowych tylko na rzekach górskich, gdzie stosunkowo małym zbiornikiem możemy uchwycić szkodliwą, najwyższą część fali powodziowej.

Na naszych rzekach górskich powódzie występują w okresie wiosennych roztopów oraz w czasie obfitych opadów letnich, w czerwcu i lipcu /tak zwana "świętojańska powódź"/.

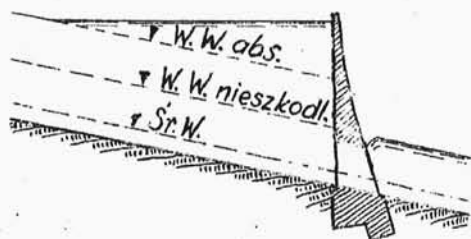
Powódź wiosenna znajduje zbiornik pusty, tajanie śniegów odbywa się równomiernie - najpierw w niższych punktach dorzecza potem w wyższych, co wywołuje spłaszczenie fali powodziowej.

Natomiast wody letnie mogą zastać zbiornik jeszcze wypełniony, co stwarza niebezpieczeństwo przelania się wody przez zaporę i uszkodzenie jej. Przy dobrze zorganizowanej służbie hydrograficznej można w porę przewidzieć nadejście letniej powodzi i zawczasu zbiornik na przyjęcie jej przygotować. Powodzie świętojańskie nie przychodzą u nas nigdy przed 15. czerwca i nie spóźniają się z reguły poza 15. sierpnia. Wystarczy więc trzymać zbiornik przygotowany na przyjęcie tej powodzi w okresie owego czasu dwóch miesięcy; poza tym okresem można część powodziową zbiornika dołączyć do części użytkowej.

W dorzeczu zbiornika winny być odpowiednio rozmieszczone stacje ombrometryczne, które w okresie poprzedzającym spodziewaną powódź komunikują telefonicznie zarządowi zbiornika ilość opadów /raz lub kilka razy dziennie/. Tak samo stacje wodowskazowe w górnym biegu rzeki zawiadamiają o wznoszącym się stanie wody. Z obliczeń przeprowadzonych dla lat

poprzednich można wyznaczyć współczynnik spływu dla pewnych opadów i stanów nasycenia gruntu i posługując się nim można zgóry przewidzieć przybliżoną objętość wody, jaka do zbiornika dopłynie. Z obserwacji stanów wody w górnym biegu rzeki oraz prędkości posuwania się fali wezbrania można przewidzieć, jak wielka kulminacja się objawi przy wejściu do zbiornika i w jakim czasie przyjdzie.

Objętość zbiornika powodziowego oblicza się z uwagi na tę największą ilość  $q$ , którą rzeka poniżej zbiornika może pomieścić w swym korycie bez szkody dla okolicznych osiedli i pól.



rys. 16.

Zbiornik posiada upusty umieszczone w korpusie zapory /rys. 16/, lub w stokach, poza zaporą.

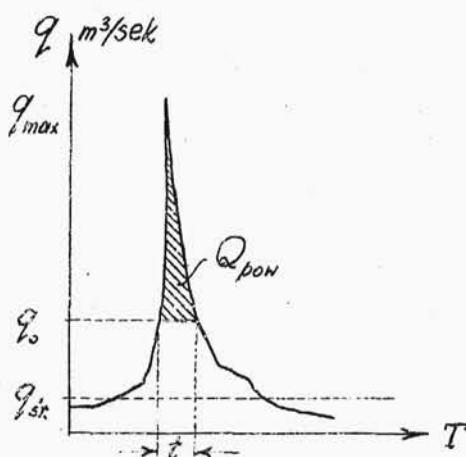
Upustami przepuszcza się ilość  $q$ , magazynując cały nadmiar w zbiorniku.

Objętość zbiornika powodziowego  $Q_{pow}$  określona jest polem zakreskowanym na rys. 17, znajdującym się ponad prostą poziomą, poprowadzoną na wysokości  $q$ ,



a pod linią krzywą, wyobrażającą przebieg wezbrania.

W ten sposób ustalono pojemność zbiornika na rz. Sole w Porąbce na 30 milj. m<sup>3</sup>. Największy dotychczas zaobserwowany przepływ



rys. 17.

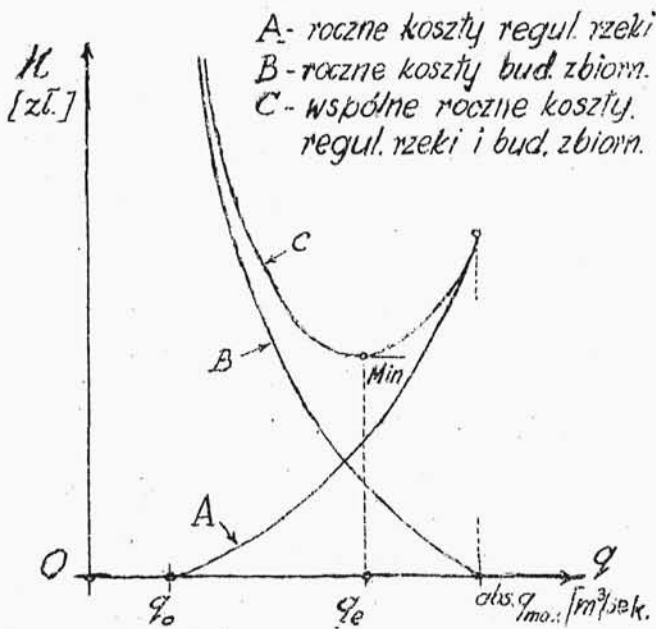
na Sole wynosił  $q_{max} = 1256 \text{ m}^3/\text{sek}$  /1902 r./. Nieszkodliwa wielka woda wynosi  $q_0 = 400 \text{ m}^3/\text{sek}$ . W ten sposób określono, że przez  $t = 30$  godz. zamagazynować trzeba  $Q_{pow} = 23,5 \text{ milj. m}^3$  wody z całej fali powodziowej, w której spłynęło 160 milj. m<sup>3</sup> w ciągu 10 dni. Uwzględniając zamulanie zbiornika - nadano mu pojemność 30 milj. m<sup>3</sup>.

Budowa zbiorników, służących wyłącznie tylko dla uchwycenia wielkiej wody, byłaby bardzo kosztownym sposobem ochrony powodziowej, dlatego zastosowanie go winna poprzedzać dobrze przeprowadzona kalkulacja.

Jeśli na osi odciętych odmierzać ilości  $q$  wody, przepływającej rzeką, a na osi rzędnych - roczne koszty  $K$  budowy odpowiednich urządzeń, to będzie można

przedstawić wykreślnie przebieg zmian kosztów ochrony przed powodzią w zależności od tego, ile wody przepływać będzie rzeką. /rys.18/.

Roczne koszty korekcji rzeki wraz z obwałowaniem wzrastają według krzywej A. Gdyby rzeką płynęła tylko objętość  $q_0$ , która mieści się całkowicie w naturalnych brzegach rzeki i nie grozi zniszczeniem przybrzeżnych gruntów, to obwałowanie byłoby zbyteczne,  $K=0$ . W miarę jednak, jak rzeką przepływać będą coraz większe ilości wody i okaże się potrzeba wykonania pewnych korekcji oraz obwałowania, koszty tych



rys. 18.

robót będą coraz wyższe i osiągną największą cyfrę wtedy, gdy regulacja zaprojektowana będzie na absolutnie największy przepływ  $abs. q_{max}$  dotychczas obserwowany. Ten krańcowy wypadek w prak-

tyce niezawsze ma zastosowanie, gdyż wysokości szkód i strat, wynikających w czasie nadzwyczajnych, katastrofalnych powodzi, zdarzających się bardzo rzadko, mogą nie usprawiedliwiać wielkich wkładów kapitału na budowę odpowiednich obiektów, któreby chroniły przed każdą katastrofą, a które swą rolę spełniać będą raz w bardzo długim okresie czasu.

Wahania kosztu budowy zbiornika wyrażone są krzywą  $B$ . Gdybyśmy chcieli rzeką przepuszczać tylko ilości  $q_0$ , a resztę magazynować, to zbiornik wypadłby bardzo duży i kosztowny. W miarę, jak zbiornik będzie coraz mniejszy, a zato trzeba będzie do rzeki wypuszczać większe ilości - koszty będą malały aż spadną do zera wtedy, gdy rzeką przepuszczać będziemy całą objętość  $abs. q_{max}$  /wtedy bowiem zbiornik będzie niepotrzebny/.

Wspólne roczne koszty regulacji rzeki i budowy zbiornika przedstawione są na rys.18 krzywą  $C$  /odpowiada ona sumie rzędnych krzywych  $A$  i  $B$  /.

Z przebiegu tej krzywej sumarycznych kosztów wynika, że ze względów ekonomicznych najwłaściwsze będzie wybudowanie zbiornika o pojemności, która dozwoliłaby na przepuszczanie objętości  $q_e$ , dopływającej

w nadmiarze wody, i jednocześnie przeprowadzenie regulacji rzeki na tę objętość  $q_c$ .

Zbiorniki, przeznaczone wyłącznie do ujęcia fali powodziowej, buduje się obecnie tylko w wyjątkowych wypadkach, dostatecznie usprawiedliwiających tę wyłączność. Natomiast wszystkie zakładane zbiorniki użytkowe muszą być przygotowane na uchwycenie pewnej fali wezbrania. W takim wypadku liczyć trzeba na całą objętość wody dopływającej w ilościach większych od  $q_c$ , a więc na objętość  $Q_{pow}$  na rys.17. Poza okresami powodziowymi pojemność zbiornika, przeznaczona na ujęcie powodzi, dołączana jest do pojemności użytkowej.

### N a w a d n i a n i e .

W niektórych krajach /Indje, Egipt, Kalifornia, południowa Europa/ okres wegetacyjny pozbawiony jest dostatecznej ilości opadów. Budowa zbiorników ma tam na celu nagromadzenie wody w okresie obfitych opadów i odpowiednie jej zużycowanie w okresie wegetacji roślin.

Najstarsze zbiorniki z ziemnymi zaporami w Indjach, na Borneo i Ceylonie do dziś dnia spełniają swoje zadanie. Anglicy znacznie powiększyli sieć

zbiorników w Indiach i w ten sposób prawie zupełnie usunęli klęski głodowe, powtarzające się dawniej perjodycznie w czasie suchych lat. W Egipcie słynne jezioro Moeris było zbiornikiem, leżącym w depresji terenowej, napełnionym wodami z Nilu przy pomocy sztucznie przekopanego kanału. Obecnie są opracowywane projekty przywrócenia tego zbiornika pod dzisiejszą nazwą Wadi Rayan z zalaniem do wysokości 27 lub 30 m.n.p.m., przyczem obszar zalany wynosiłby odpowiednio 673 km<sup>2</sup> i 727 km<sup>2</sup>, a pojemność - 18,7 lub 20,8 miljarda m<sup>3</sup>. Ujęte byłyby wielkie wody w ilościach do 1200 m<sup>3</sup>/sek, przeprowadzone osobnym kanałem do zbiornika przez przeciąg około 30 dni w roku.

Największym zbiornikiem, przeznaczonym specjalnie do nawadniania, jest zbiornik w Assuan, na Nilu. Pierwotnie zbiornik ten miał pojemność 980 milj. m<sup>3</sup> przy piętrzeniu wody 18 m. W latach od 1907 do 1912 piętrzenie zostało podniesione do 25 m, wskutek czego pojemność wzrosła do 2 400 milj. m<sup>3</sup>. Wkońcu, obecnie po raz wtóry podwyższono zaporę do 32 m przez co zwiększyła się pojemność zbiornika dwukrotnie, do 4 800 milj. m<sup>3</sup> przy rocznym przepływie 8....9 mi-

1 miliardów m<sup>3</sup> wody w Nilu. Ponieważ cały obszar gruntów, które mogą być wzięte pod uprawę w Egipcie i Sudanie, wynosi 2,8 milj. ha, a nawadnianie 1 ha wymaga przez 100 dni w roku dziennie po 30 m<sup>3</sup>, więc potrzeba dziennie 84 milj. m<sup>3</sup>, z tego około 24 milj. m<sup>3</sup> daje naturalny dopływ Nilu, a brakujące 60 milj. m<sup>3</sup> dziennie musi być uzupełnione ze zbiornika. Przez 100 dni okresu nawadniania brakuje zatem 6 000 milionów m<sup>3</sup>, a ponieważ zbiornik w Assuan daje tylko 4 800 milionów m<sup>3</sup>, więc przeprowadzono badania nad uzupełnieniem brakujących jeszcze 1 200 milj. m<sup>3</sup> wody, rozważając głównie możliwości budowy nowych zbiorników na Nilu oraz regulacji tej rzeki, jak również regulacji szeregu jezior podzwrotnikowych.

Na Nilu Niebieskim w Sennar wybudowali Anglicy w ostatnich latach zbiornik, pozwalający nawodnić ogromny obszar Sudanu między obu Nilami. Ponadto projektowane jest zamknięcie i uregulowanie jeziora Tana, w źródłowym biegu Nilu Niebieskiego, z pojemnością użyteczną 2 miliardów m<sup>3</sup>, następnie stworzenie zbiornika w Dżebel Aulia na Białym Nilu, powyżej punktu połączenia się obu Nilów, w końcu - zamknięcie i uregulowanie jezior podzwrotnikowych:

Albert i Victoria, gdzie każdy metr piętrzenia na jez. Victoria daje 60 miliardów  $m^3$  pojemności, zaś 7 m piętrzenia na jez. Albert - 40 miliardów  $m^3$ . Regulacja samego tylko jez. Albert pozwoliłaby na wyrównanie rocznych zmiennych przepływów do stałej wartości 19 miliardów  $m^3$ . Wody te należałoby przeprowadzić Nilem bez strat, wynikających z nadmiernego parowania, które w rejonie bagien, między Bor i Sobat, wynoszą 40 % w czasie niskich, i 60 % w czasie wysokich stanów. W tym celu trzeba by przekopać kanał 300 km długi kosztem 2 miliardów franków franc., co da się uskutecznić w ciągu 15 lat. Straty na parowanie zredukowałyby się wtedy do 4.....5 % i można by wziąć pod uprawę więcej niż dwukrotny obszar obecny gruntów Egiptu i Sudanu. Dla podnoszenia wody na wyżej położone grunty rząd egipski projektuje wybudować zakład pędzony wodą morską, którą mianoby wpuścić kanałem 60 km długim do depresji terenowej Quattara, leżącej 134 m niżej poziomu morza. Przepuszczając 6 720  $m^3/sec$ , można by uzyskać stałą moc 300 000 kW.

W Stanach Zjednoczonych, na rz. Columbia zbudowany będzie zbiornik, przeznaczony głównie dla



celów meljoracyjnych. Dorzecze w miejscu zapory ma 192 000 km<sup>2</sup> powierzchni, przepływ średni wynosi 482 m<sup>3</sup>/sek, przeciętny - 3 080 m<sup>3</sup>/sek, największy 13 900 m<sup>3</sup>/sek . Zapora będzie 128 m wysoka, 1220 m długa, spad użyteczny wyniesie 100 m , moc wyzyskana: 15 turbin po 105 000 kW , razem 1 575 000 kW . Dwadzieścia pomp będzie podnosić razem 294 m<sup>3</sup>/sek wody na wysokość 113 m i przelewać do zbiornika, utworzonego przez zamknięcie wysoko położonej dyluwialnej doliny "Grande Culée" , o pojemności 1 285 milj. m<sup>3</sup> . Zbiornik będzie nawadniał obszar 486 000 ha . Koszty całego urządzenia wyniosą:

zapora.....	125 750 000	dolarów
zakład o sile wodnej.....	42 616 000	"
urządzenia nawadniające....	208 265 000	"

---

razem 376 631 000 dolarów.

W ciągu 50 lat sprzedaż siły zwróci koszty budowy zbiornika i zakładu oraz 1/4 część kosztu urządzeń nawadniających.

Ustawa z 17.VI.1902 Stan. Zjedn. Amer. Półn. przeznaczą na budowę nowych zbiorników wszystkie dochody, uzyskane ze sprzedaży gruntów państwowych, oraz dochody, płynące z opłat za wodę do nawadniania.



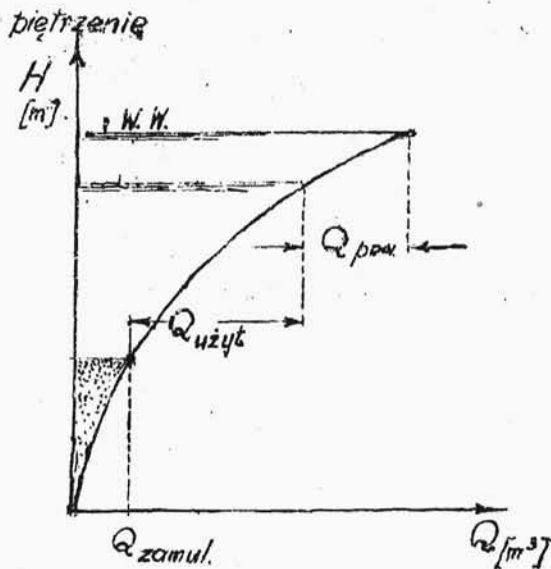
Utworzona instytucja p.n. "Reclamation Service" buduje na tej podstawie zbiorniki w zachodnich Stanach, przeznaczone tak do nawadniania jak i wyzyskania sił wodnych.

Z b i o r n i k i   d l a   r ó ż n y c h  
c e l ó w   j e d n o c z e ś n i e .

Budowa zbiorników jest bardzo kosztowna zarówno z powodu kosztu zapory, jak z powodu kosztu wykupna gruntów, które będą zalane, potrzeby przełożenia dróg komunikacyjnych w obrębie zalewu i t.d.. Z tego więc powodu staramy się gromadzoną wodę wykorzystać dla rozmaitych celów jednocześnie, aby koszty budowy dały się pokryć z różnych funduszy.

Z reguły wszystkie zbiorniki służą do wyzyskania siły wodnej i ujęcia fali powodziowej. Pozatem służyć mogą dla ujęcia wody dla celów wodociągowych oraz do poprawienia żeglugi na tym odcinku rzeki, na którym sięga ccfka. Jest to dlatego możliwe, że cele te wzajemnie się nie wykluczają.

Na wykresie /rys.19/, wskazującym zależność między pojemnością zbiornika a stanem wody znajdującej się w nim, możemy rozdzielić objętość wody na kilka części: dolna część jest przeznaczona na



rys. 19.

zamulenie /  $Q_{\text{zamul.}}$  /; górna na pochycenie fali powodziowej /  $Q_{\text{pow.}}$  /; a środkowa część przedstawia objętość wody użytkowej /  $Q_{\text{uzyt.}}$  /. Poza okresem niebezpiecznym objętość  $Q_{\text{pow.}}$  jest przyłączona do części

użytkowej. Szerzej o zbiornikach dla rozmaitych celów mowa będzie w rozdziale o gospodarce wodnej na zbiornikach.

Budowany zbiornik na Sole w Porąbcu służyć będzie : do wyzyskania siły wodnej, do zasilania wodociągów śląskich, do poprawienia warunków żeglugi na Wiśle oraz do ujęcia fali powodziowej.

### STUDJA PRZED BUDOWĄ ZBIORNIKÓW.

Ponieważ budowa zbiorników pochłania duże sumy pieniężne, więc staje się bezwzględna koniecznością zbadanie wszystkich warunków, które będą miały wpływ