

dek zdarzył się właśnie przy budowie 156 m wysokiej zapory w San Gabriel, w Stan. Zjedn./.

Szczegółowe badania geologiczne w dolinie, w której ma powstać zbiornik, prowadziimy w kierunku określenia:

1. jakości gruntu i jego układu,
2. przepuszczalności oraz
3. wytrzymałości gruntu.

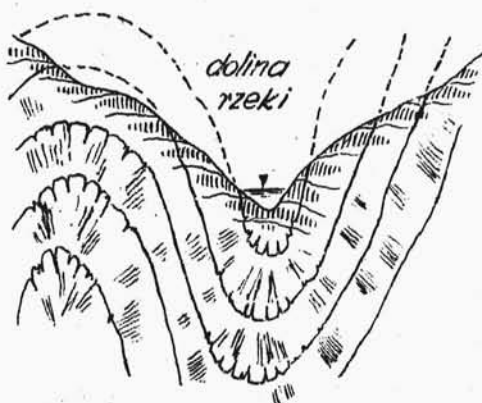
#### Jakość gruntu i jego układ.

Zbiorniki buduje się przeważnie w górnych biegach rzek, więc zapory ustawiane są zwykle na terenie skalistym. Jak to już wyżej wspomniane było, najpewniejsze są skały lite, należące do starszych formacyj oraz iły. Jest to jednak bardzo ogólna wskazówka, ponieważ przeważnie mamy do czynienia ze skałami uwarstwionymi i dlatego trzeba zwrócić uwagę na sposób uwarstwienia.

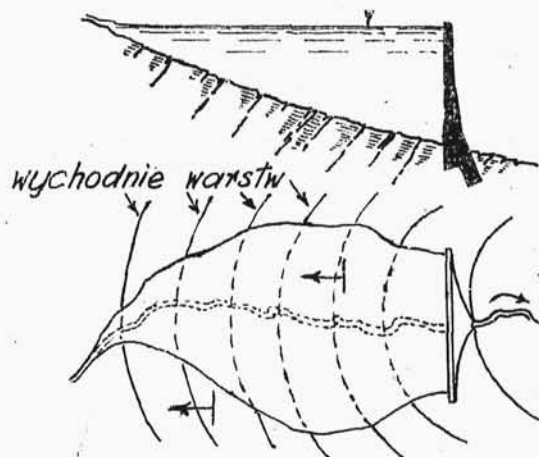
Pokłady silnie pofałdowane odznaczają się silnym lokalnym spękaniami, zwłaszcza w miejscach ostrych zagięć /rys.28/.

Najkorzystniejszy wypadek zachodzi wtedy, gdy warstwy leżą poziomo, lub w małym nachyleniu i na-

chylenie to jest zwrócone w kierunku od zapory do zbiornika, zaś bieg warstw jest równoległy do osi zapory /rys.29/. Na rys. 30 pokazany jest sposób oznaczania na planie kierunku uwarstwienia



rys. 28.



rys. 29.

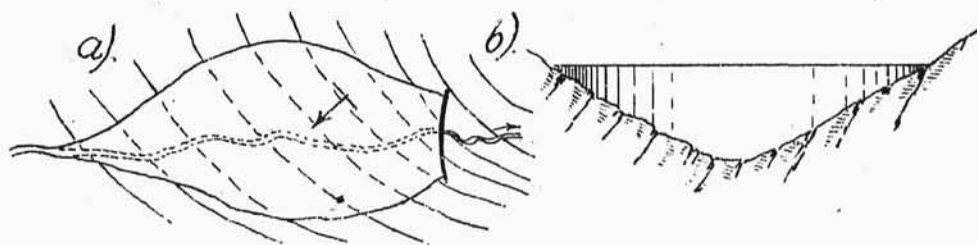
t.j. biegu warstw i nachylenia pokładów skalnych, czyli upadu.

Jeśli warstwy przebiegają ukośnie w stosunku do osi zapory /rys.31-/, to jej fundament opiera

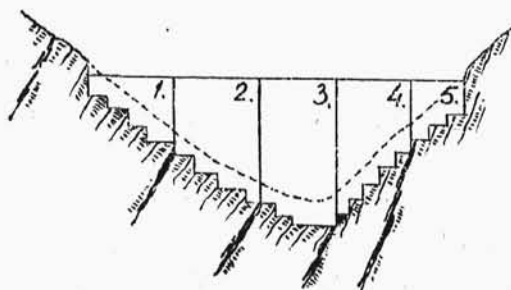


rys.30.

różnemu ugięciu, a w murze zapory występują pewne naprężenia ścinające. Jednakże takie uwarstwienie pokładów nie wyklucza budowy zapory, o ile można



rys.31.



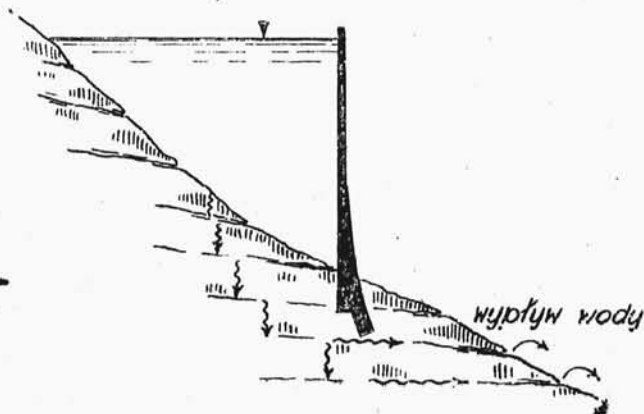
rys.32.

się na szeregu rozmaitych pokładach /rys.31<sup>b</sup>/, często wybitnie różnych wytrzymałościowo. W ten sposób poszczególne odcinki zapory podlegają

ją podzielić na odcinki takie, aby każdy stanął na jednej tylko warstwie /rys.32./ . Poszczególne odcinki zapory, betonowane osobno, przy rozmaitem

osiadaniu nie wywołają pionowych naprężeń tnących, ponieważ nie są ze sobą związane. Szpary przedziałowe są zarazem szczelinami dylatacyjnymi i uszczelnienie ich odbywa się w sposób tym szczelinom właściwy, o czym obszerniej w części III niniejszego skryptu.

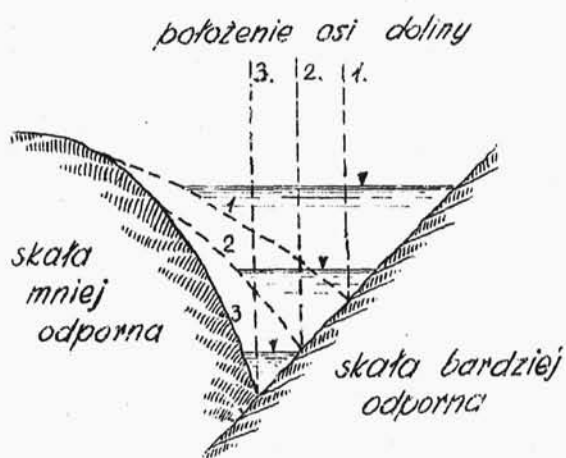
Gdy warstwy pochyłone są od zbiornika ku zaporce, wtedy istnieje niebezpieczeństwo przeciekania wody między warstwami w stokach, z obciążeniem przy-



rys.33.

czołków zapory, jak również szczelinami pomiędzy warstwami pod zaporą /rys.33./. Grozi to wymyciem z biegiem czasu obszerniejszych kanałów pod zaporą, a temsamem - zniszczeniem równowagi warstw podtrzymujących zaporę, w konsekwencji zatem - nawet zawaleniem się zapory.

Jeżeli rzeka płynie po linii styku dwu różnych



rys.34.

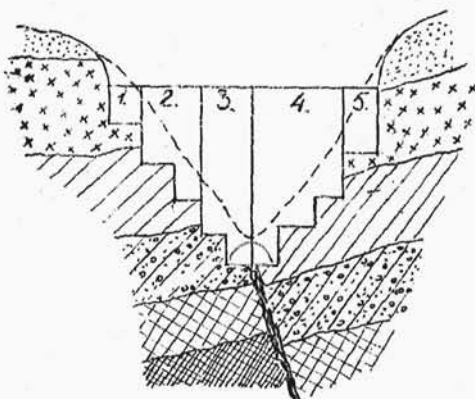
wiekami formacji geologicznych, wówczas erozyjnemu działaniu rzeki więcej poddawać się będą pokłady formacji mniej wytrzymałej i wystąpi charakterystyczne przesuwanie się doliny rzeki. Na rys.34.

przesadnie pokazano kolejne zmiany położenia stoku doliny, należącego do formacji mniej wytrzymałej, oraz kolejne zmiany położenia osi doliny.

Styk dwóch warstw różnego wieku jest zwykle powodem nieszczelności, która będzie tem większa im większa jest różnica wieku formacji geologicznych. I w tym wypadku zapora musi być dzielona na elementy takie, aby każdy z nich był fundowany na skale, należącej do jednej formacji.

Bardzo często rzeka płynie wzdłuż uskoku. Płaszczyzna ścięcia warstw, wzdłuż której nastąpiło ich pionowe przesunięcie, jest miejscem słabym na pewnej

szerokości i jest zwykle wypełnione zdruzgotanym luźnym materiałem. Dlatego też często doliny leżą wzdłuż uskoku, gdyż tu najłatwiej wody spływające mogły sobie wyłobić koryto.

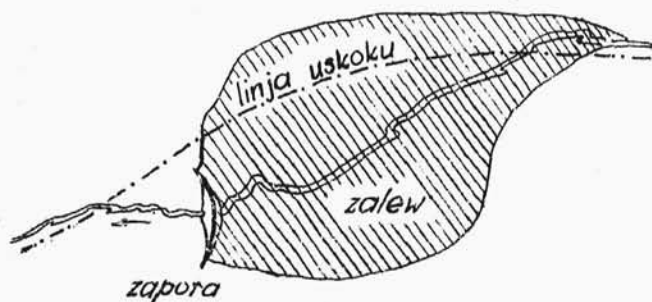


rys.35.

Postawienie zapory na uskoku stwarza

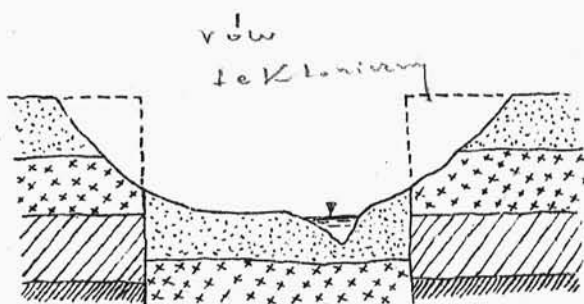
pewne trudności. Przedewszystkiem zachodzi trudność uszczelnienia uskoku, powtórę wytrzymałość zdruzgotanych skał na uskoku jest mniejsza od wytrzymałości skały zdrowej. W linii uskoku daje się szew dylatacyjny /rys.35./, a niekiedy szczelinę w płaszczyźnie uskokuwej przesklepia się.

Tam, gdzie uskoki są czynne /czyli występuje dalsze przesuwanie się warstw/, miejsce nie nadaje się do budowy zapory sztywnej, murowanej lub betonowej. Natomiast, jak wykazały doświadczenia, zapory wykonane z materiałów sypkich znoszą działalność uskoku bez większej dla siebie szkody.



rys.36.

celem postawienia zapory /rys.36./. Z podobnemi do powyższych warunkami należy się liczyć w dolinie utworzonej w rowie tektonicznym /rys.37./. Rozpadli-



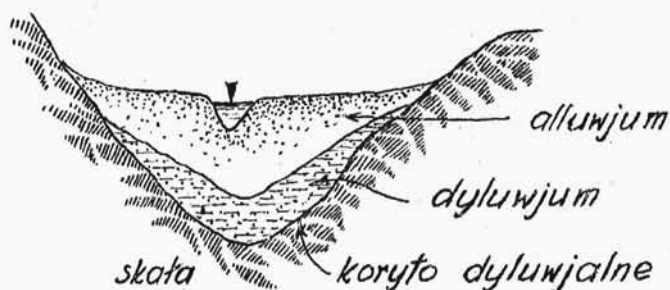
rys.37.

Ponieważ dolina, leżąc wzdłuż linii uskoku, w ostatecznie wyrobionem swem położeniu niekiedy pozostawia uskok w stoku, więc takie miejsce należy właśnie wyszukać

Stryj płynie na pewnej długości tego rodzaju doliną. W Niemczech dolina Renu jest przykładem rowu tektonicznego o szerokości kilkudziesięciu kilometrów.

Osobne studia poczynić należy celem zbadania przekroju i ukształtowania doliny z okresu dyluwjum.

Rzeki w nielicznych tylko wypadkach płyną bezpośrednio po skale /jak np. górskie potoki/. W partiach środkowych i dolnych rzeka płynie z reguły w łożysku zasypałym nanosami alluwjalnymi. Przekrój doliny przedstawia się naogół w ten sposób /rys.38./:

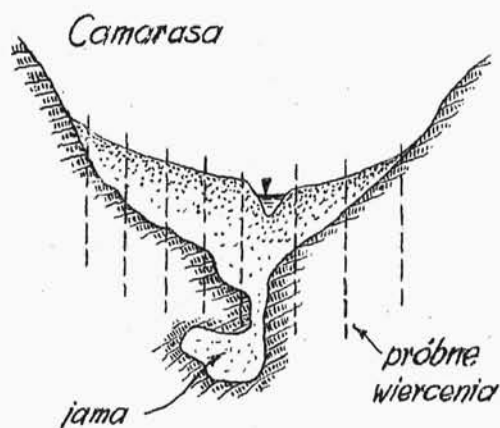


rys.38.

dno skaliste, wyżłobione w skale w okresie dyluwjalnym, jest przykryte pokładami naniesionymi, u spodu dyluwjalnymi, u góry alluwjalnymi: żwirów i piasków, niekiedy z wkładkami iłów.

Jest rzeczą zupełnie zrozumiałą, że zapora musi zamknąć całą dolinę dyluwjalną, sięgając aż do pokładów nieprzepuszczalnych rodzimej skały





rys.39.

Na rz.Noguerra  
Pellarese przy ujś-  
ciu jej do Segre  
/Hiszpanja/ zapro-  
jektowano zbiornik  
w Camarasa, przyczem  
przeprowadzone przed  
budową próbne wier-  
cenia nie ujawniły  
olbrzymiej pieczary,

którą odkryto dopiero w czasie robót fundamentowych /rys.39/. Dla zabetonowania tej pieczary zużyto dodatkowo 30 000 m<sup>3</sup> betonu.

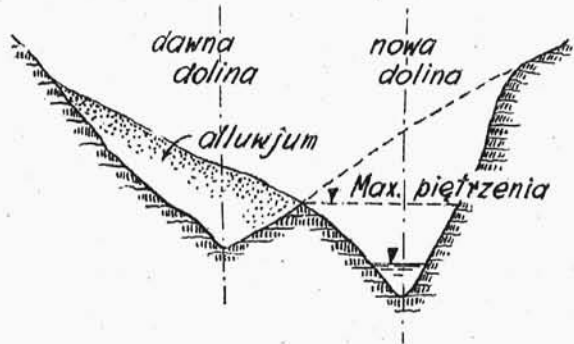
Takie niespodziewane i obszerne jamy szczególnie często napotyka się w skałach wapiennych, gdzie rzeki w okresie dyluwjalnym płynęły w głębokich a wązkich wąwozach.

Tam, gdzie dolina obecna leży w miejscu doliny dyluwjalnej, musimy liczyć się jeszcze z inną okolicznością. Rzeka wije się zakolami i często jej bieg obecny nie zgadza się z kierunkiem doliny dyluwjalnej. Zdarza się, że rzeka, zasypawszy dawne swoje koryto, wyżłabia sobie nowe w stoku dawnej

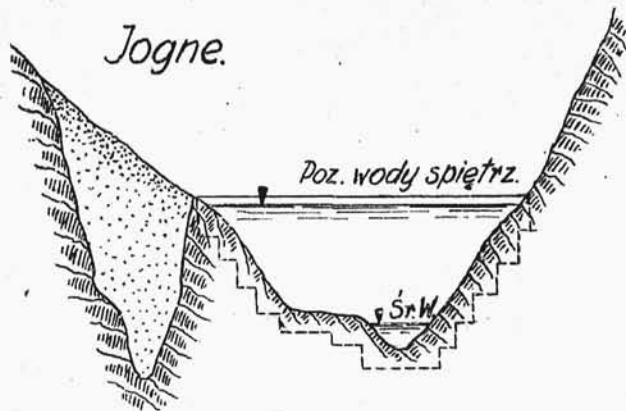
dyluwjalnej doliny /rys.40./.

W takim wypadku zapora ma oparcie o skałę tylko do pewnego poziomu piętrzenia, którego nie można przekroczyć /Jogne, Szwajcaria, rys.41./.

Poza-tem zachodzi potrzeba uszczelnienia zasypanego koryta dyluwjalnego.



rys.40.

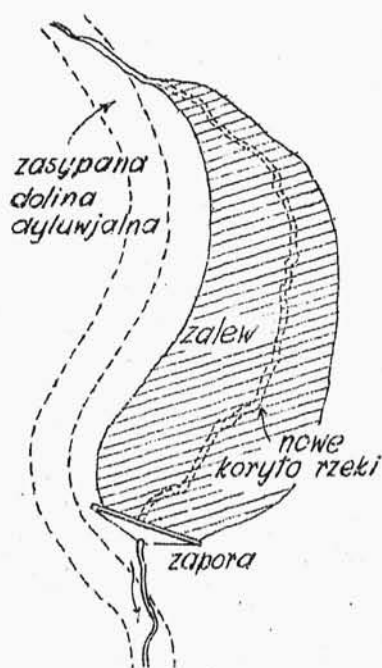


rys.41.

W takich stosunkach geologicznych należy zwrócić uwagę na zasięg cofki

i położenie dyluwjalnej doliny na dłuższej przestrzeni biegu rzeki. Zdarzyć się bowiem może, że dyluwjalna dolina wchodzi do obecnej doliny poza granicą cof-

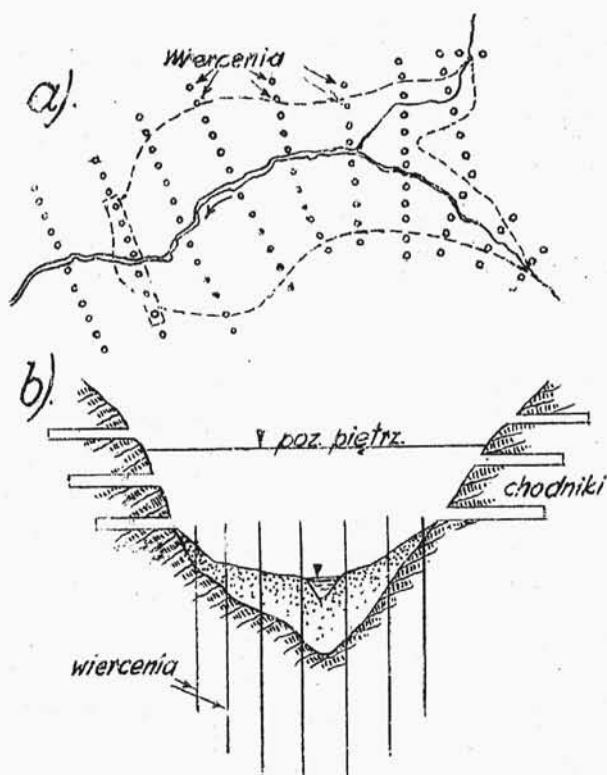
ki, co zmniejsza niebezpieczeństwo obejścia zapory przez wodę /rys.42./.



rys.42.

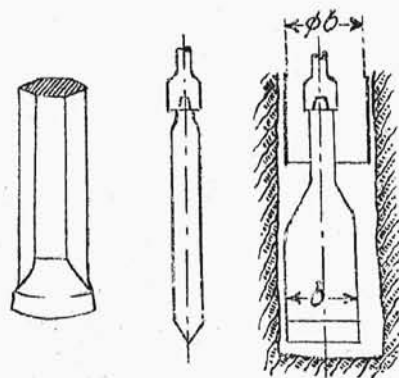
Wszystkie wykuszczone powyżej kwestje muszą być zbadane. Badania prowadzi się z reguły przy pomocy całego szeregu wierceń w dnie oraz chodników /sztolni/ w stokach doliny /rys.43<sup>a</sup> i <sup>b</sup> /.

Wiercenia winny mieć wymiar dość duży, przy udarowym wierceniu około 100 mm  $\phi$ , przy wierceniu świdrami koronkowymi około 30 mm  $\phi$ , aby wydobywane próbki gruntu były dostatecznie duże i łatwiejsze do rozpoznania.



rys.43.

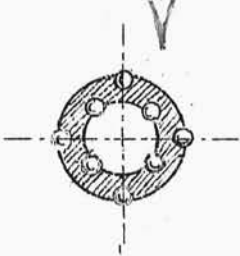
Do wierceń używa się świderów uderowych symetrycznych lub ekscentrycznych /rys.44./. Tego rodzaju wiercenia nie dają jednak przejrzystego układu warstw skalnych, ani nie dają



rys.44.

podstaw do należytego określenia wytrzymałości skały, ponieważ z otworów wiertniczych wyjmuje się okruchy skalne pomieszane ze sobą. Dobry wiertacz wyczuwa przejście z jednej warstwy do drugiej i może moment ten zaznaczyć w protokule i na przekroju wiertniczym.

Daleko lepsze i pewniejsze rezultaty otrzymuje się świdrem z koronką djamentową, rzadziej stalową. Świder taki posiada kształt rury, zakończonej od dołu stalowym pierścieniem z osadzonemi w nim djamentami/rys.45/



Nadając ruch obrotowy koronce i przepłukując roztarty materiał skalny wodą, włączaną do świdra, otrzymujemy wewnątrz rury-świdra rdzeń nierozkruszony, na którym łatwo rozpoznać

rys.45.

uwarstwienie, a nawet - przy zachowaniu pewnych ostrożności - pochylenie warstw. Można też dobrze określić wytrzymałość skał niezniszczonej próbki. Część rozkruszoną skały wypłukuje się wodą, a rdzeń uchwycony odpowiednimi kleszczami, znajdującemi się wewnątrz rury-świdra, możemy wyciągnąć nazew-

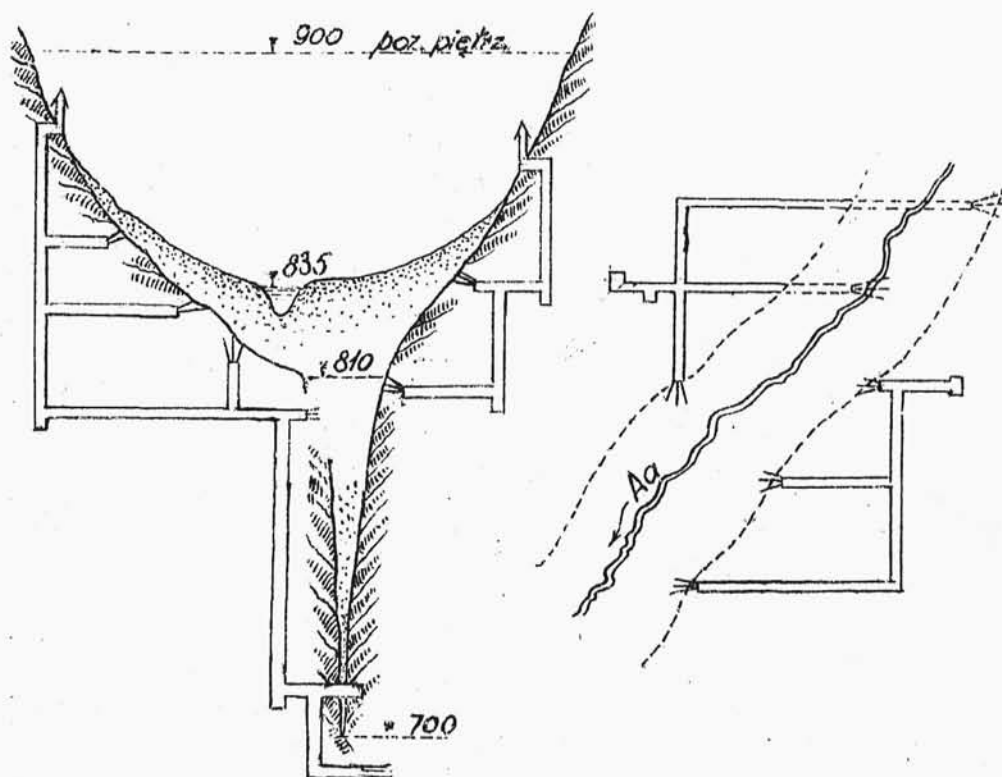
natrz. Wiercenia przy pomocy świderów diamentowych mają 1...2...3 "  $\phi$ . Koronki stalowe, zazębione, są stosowane w miękkich skałach.

W tych wypadkach, gdy zachodzi obawa, że koryto dyluwjalne może znajdować się bardzo głęboko, wymagane są bardzo dokładne badania kształtu doliny. Oszczędzanie na badaniach geologicznych jest nie na miejscu, gdyż mści się to potem na kosztach albo na trwałości budowli.

Przykładem skrupulatnego badania może być budowa zapory na rzece Aa w Waggital /Szwajcaria/.

Badania doliny dyluwjalnej rzeki Aa dokonano przy pomocy studni i chodników /rys.46./. Wejścia do studni i systemu chodników znajdowały się na obu stokach doliny. Od studni na rozmaitych poziomach prowadzone były chodniki, dochodzące niemal do warstw alluwjalnych. U spodu każdej studni znajdowały się niewielkie zbiorniki dla gromadzenia wody przeciekającej do chodników. Chodniki prowadzone były bardzo ostrożnie, badając teren przed czołem chodnika przy pomocy wierceń /rys.47./, aby niespodziewanem przebiciem skały aż do doliny dyluwjalnej nie spowodować wdarcia się do chodnika wody z rumoszu, wypełniającej-

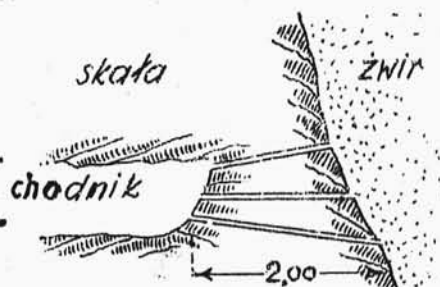
Wąggital.



rys.46.

go dawną dolinę. Wiercenia od czoła chodników miały 1 "  $\phi$  /t.zn.25 mm  $\phi$  /. W chwili gdy przez taki otwór zaczęła wypływać woda, było to oznaką dotarcia do pokładów alluwjalnych.

Wówczas zaprzestawano dalszego



rys.47.

prowadzenia chodnika, a otwór wiertniczy zatykano korkiem drewnianym. W ten sposób można było dokładnie ustalić granicę doliny dyluwjalnej, uwarstwienie pokładów i ich wytrzymałość.

W wąskich i płytkich dolinach małych rzek najwygodniejsze będzie przecięcie otwartym rowem wpoprzek całej doliny. Stosunki geologiczne wtedy najjaśniej się przedstawia.

#### Przepuszczalność gruntu.

Badania geologiczne muszą również określić, w jakim stopniu skała, na której stawiamy zaporę, jest przepuszczalna. Naogół niema skał zupełnie szczelnych i nieprzepuszczalnych; wszystkie są w pewnym stopniu spękane na powierzchni, narażonej na wpływy atmosferyczne, w głębi posiadają mniej widoczne spękania, które jednak pod ciśnieniem kilku atmosfer mogą prowadzić wodę. Badanie szczelności skały ma na celu określenie, czy zbiornik nie będzie tracił zbyt wiele wody wskutek nieszczelności skały oraz czy istnieje możliwość łatwego uszczelnienia skały.