

# Recensioni

## La diga di Arnon in Svizzera

R. PERNET e R. DUMONT - *Aménagement de la chute Arnon-Diablerets* - Bulletin Technique de la Suisse Romande, 1960, pag. 21-35.

Nell'autunno 1957 è entrato in esercizio nella Svizzera sud-occidentale l'impianto idroelettrico di Arnon-

*Diablerets*, che utilizza le acque del lago di Arnon il cui livello è stato sopraelevato con la costruzione di una diga di terra.

Prima della costruzione dell'impianto le acque del lago venivano immesse nel torrente *Plau*, affluente de *La grande-Eau*, ed erano utilizzate dagli impianti di *Farettes* e di *Ponte de la Tine*.

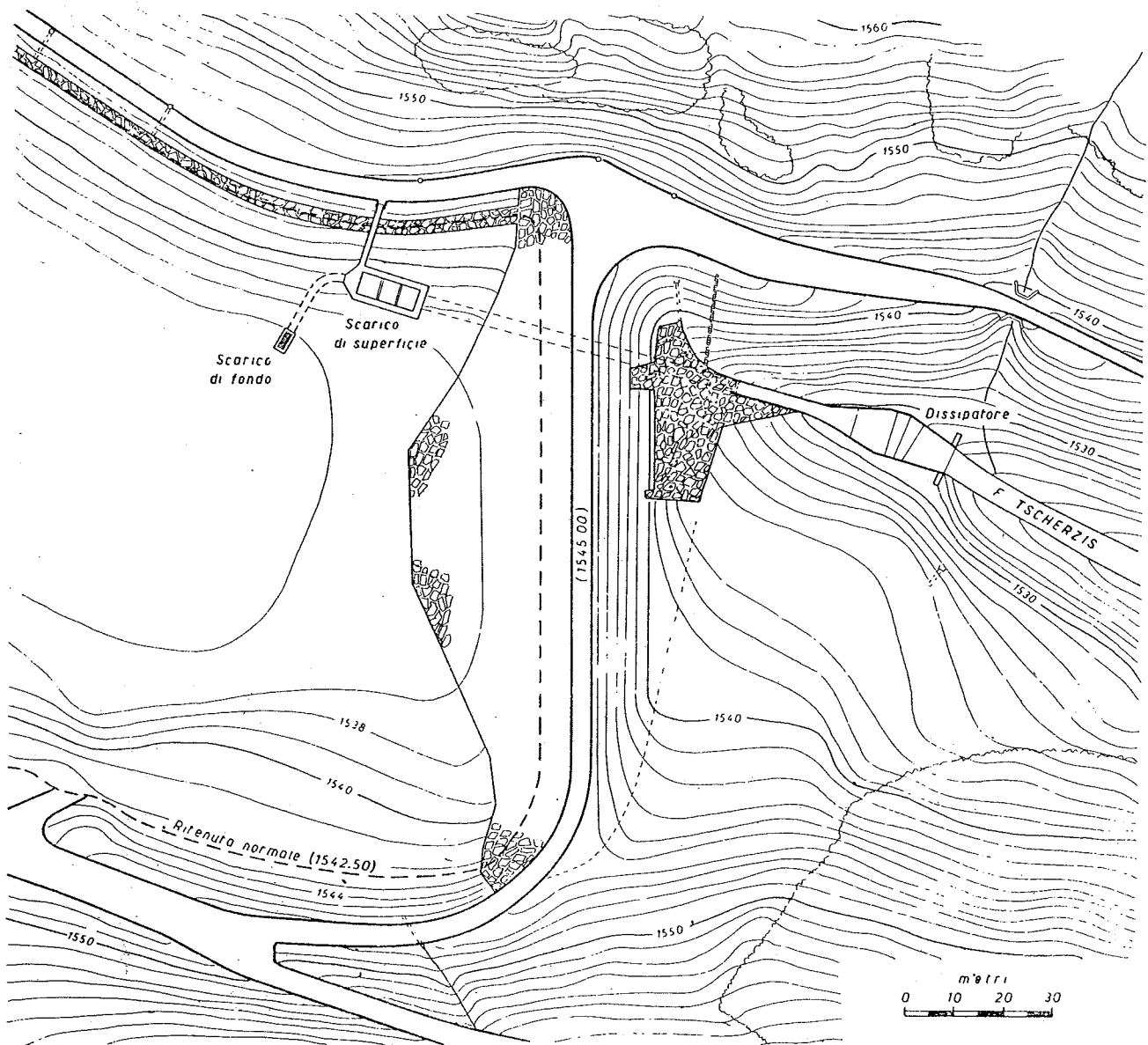


Fig. 1 - Planimetria

Con il nuovo impianto sono state convogliate nel lago le acque dell'attiguo bacino dell' *Isebau*; al tempo stesso con la costruzione della diga di *Arnon*, la capacità di invaso del lago è stata portata da  $7 \times 10^6 \text{ m}^3$  a  $10,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

Per lo studio del sottosuolo sono stati effettuati numerosi sondaggi geoelettrici ed alcuni sondaggi meccanici; questi ultimi sono stati eseguiti essenzialmente al fine di verificare qualche particolarità posta in luce dalla indagine geoelettrica.

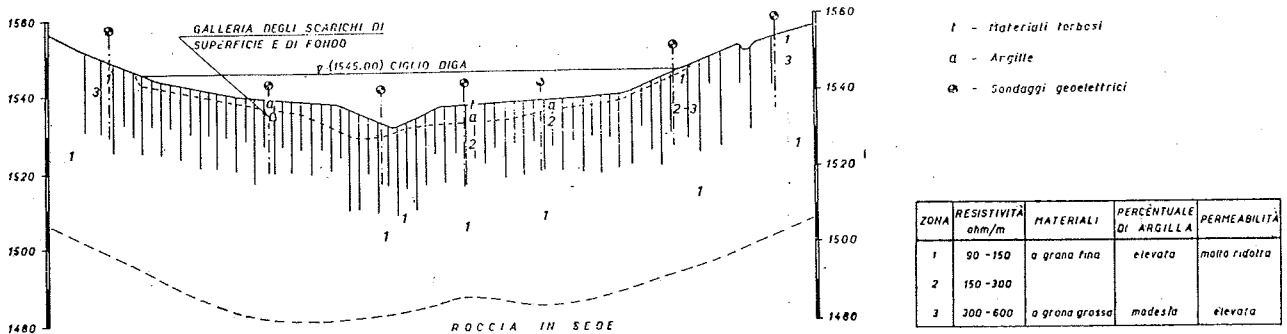


Fig. 2 - Sezione longitudinale in asse diga e schermo di iniezioni

La diga è stata poggiata su uno sbarramento naturale formatosi in seguito ad una frana che in epoca remota interessò le sponde del lago. Essa misura un'altezza massima di 17 m; il suo volume è di  $40.000 \text{ m}^3$ .

Gli scarichi di fondo e di superficie sono ubicati in prossimità della diga (v. fig. 1); le acque di questi scarichi vengono immesse nel ruscello *Tscherzis* mediante una galleria che attraversa la spalla sinistra della diga. L'opera di presa è ubicata alla distanza di 1 km circa dalla diga.

Attraverso una galleria in pressione della lunghezza di 5094 m ed una condotta forzata della lunghezza di 1200 m le acque del lago pervengono alla centrale di *Diablerets*. Questa utilizza una portata massima ad  $1,75 \text{ m}^3/\text{sec}$  con un salto di 378 m. La sua produzione annua è di  $83 \times 10^6 \text{ kwh}$ .

*Terreni di fondazione*

Il lago di Arnon è di origine glaciale. Il sottosuolo del suo bacino è costituito da flysch che in alcuni punti si presenta sotto forma di banchi distinti di arenarie, scisti e marne, in altri punti invece è costituito da un insieme di terreni rimaneggiati.

Le dimensioni del lago erano inizialmente molto modeste; sono successivamente aumentate in seguito ad una frana che ha interessato per un certo tratto le sponde del lago e che ha dato luogo alla formazione di uno sbarramento naturale.

I risultati ottenuti in questo studio in corrispondenza della sezione di imposta della diga sono rappresentati schematicamente in fig. 2. La roccia in sede si rinviene ad una profondità di  $50 \div 60 \text{ m}$  dal piano di campagna. Essa è ricoperta da una coltre di terreni franati dalle sponde del lago.

In questa coltre è possibile distinguere tre differenti zone. La prima, che è la più profonda, si presenta alquanto omogenea ed è costituita da materiali a granulometria prevalentemente fine e per lo più di natura argillosa; la loro permeabilità è ridotta e dell'ordine di  $10^{-4} \text{ cm/min}$ . La seconda zona, posta al di sopra della precedente, ha uno spessore di  $20 \div 25 \text{ m}$  ed è costituita da terreni a granulometria molto variabile: blocchi, sabbie ed argille. Inoltre questi terreni sono poco compatti e alquanto permeabili. Infine in superficie si rinviene la terza zona costituita da torbe ed argille rimaneggiate. Prima della costruzione della diga si è proceduto all'asportazione di questi ultimi terreni, il cui spessore in alcuni punti raggiungeva gli 8 m.

*La diga*

Data la natura e le caratteristiche dei terreni presenti nel sottosuolo della zona di imposta, lo sbarramento è stato realizzato con una diga di terra, che in fondazione si completa con uno schermo di iniezioni, necessario per ridurre le portate filtranti al disotto della diga medesima. Questa è del tipo a se-

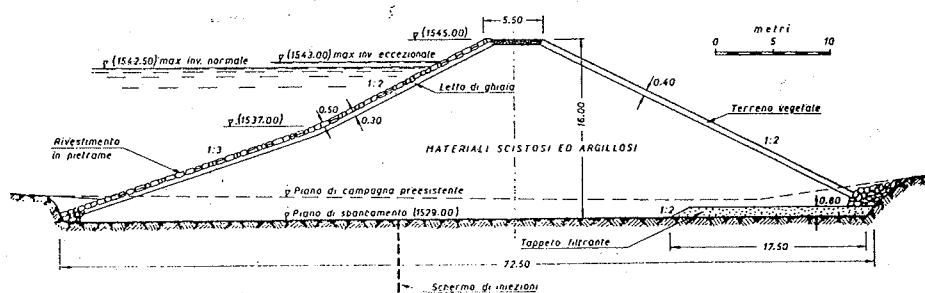


Fig. 3 - Sezione tipo della diga

zione omogenea (v. fig. 3), misura un'altezza massima di 17 m ed una lunghezza in sommità di 140 m; il suo volume è di 40.000 m<sup>3</sup>. La pendenza del paramento di monte è pari a 1:2 nel tratto superiore e

la permeabilità di un campione di terreno in direzione verticale ed orizzontale.

Nella preparazione dei relativi provini si è cercato di esaltare ciò che avviene in diga in cui il ter-

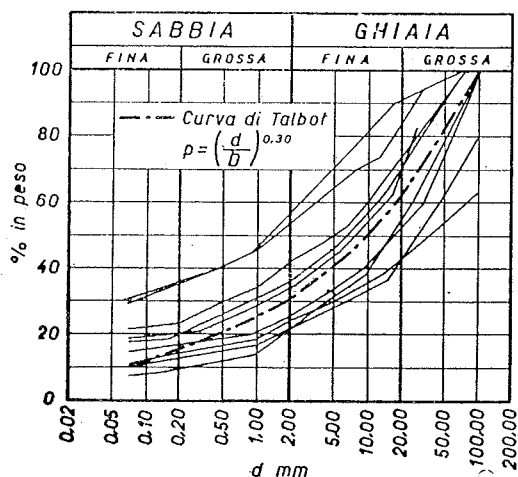


Fig. 4 - Granulometria dei materiali della diga

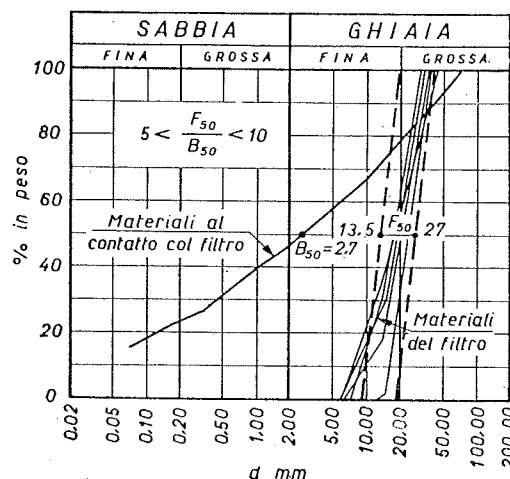


Fig. 5 - Granulometria del filtro

ad 1:3 nel tratto inferiore; la pendenza del paramento di valle è pari ad 1:2.

Il corpo della diga è costituito da materiali di natura argillo-scistosa a granulometria continua (v. fig. 4); la frazione « ghiaia » è per lo più preponderante. La dimensione massima delle particelle è generalmente uguale a 100 mm e raramente raggiunge i 300 mm.

Nel fianco a valle della diga è disposto un tappeto filtrante, dello spessore di 80 cm è costituito da materiali la cui granulometria è stata fissata seguendo i criteri consigliati dall' U.S.B.R. (v. fig. 5).

reno viene posto in opera in strati orizzontali ben distinti.

Nelle prove sono stati misurati i seguenti valori medi della permeabilità:

$$k_v = 1,8 \times 10^{-4} \text{ cm/min}$$

$$k_o = 7,8 \times 10^{-4} \text{ cm/min}$$

$$k_o/k_v = 4,3.$$

La stabilità della diga è stata verificata considerando superfici di scorrimento cilindriche; il coefficiente di sicurezza è risultato pari ad 1,27 per il fianco a monte ed ad 1,24 per il fianco a valle.

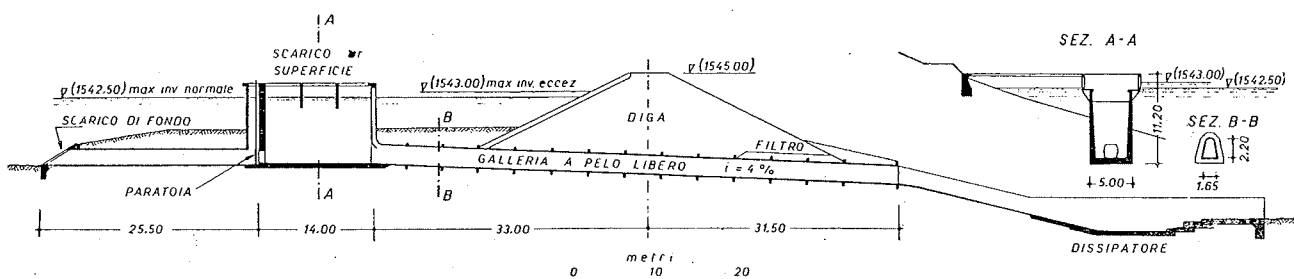


Fig. 6 - Sezione trasversale della diga in corrispondenza della galleria dello scarico di fondo e dello scarico di superficie

Il rivestimento del paramento di monte è in pietrame dello spessore di 50 cm e poggia su un letto di ghiaia dello spessore di 30 cm (v. fig. 3). Il paramento di valle è protetto da un rivestimento in piote erbose.

Sul materiale impiegato per la costruzione della diga sono state effettuate in laboratorio le normali prove di costipamento, resistenza al taglio e compressione edometrica.

Particolare attenzione è stata dedicata allo studio della permeabilità; sono state effettuate numerose prove nelle quali è stato impiegato un apparecchio costruito recentemente dal Laboratorio Geotecnico dell' Università di Losanna e che consente di misurare

Lo studio dei moti di filtrazione attraverso il corpo della diga ed i terreni di fondazione è stato svolto sia con metodi analitici sia con prove su modello. Nei metodi analitici si è potuto tener conto della differente permeabilità in orizzontale ed in verticale del rilevato e della presenza del filtro; nelle prove su modello si è tenuto conto non solo dei parametri anzidetti ma anche della presenza dello schermo di iniezioni nei terreni di fondazione e della differente permeabilità dei materiali del corpo diga e dei terreni di fondazione.

In base ai risultati di questo studio si è giunti alla conclusione che la portata filtrante sarà dell'ordine dei 100 l/giorno per metro lineare di diga.

Per quanto riguarda gli assestamenti della diga i calcoli di progetto, svolti sulla base dei risultati delle prove di compressione edometrica, hanno condotto alla previsione di un massimo di 30 cm. Dal termine della costruzione ad oggi è stato misurato un assestamento massimo del ciglio diga pari a soli 3 cm circa.

### Costruzione della diga

La costruzione dell'impianto di Arnon-Diablerets ha avuto inizio nel 1954 ed è stata portata a termine nel 1957. I lavori sono proceduti a rilento per le cattive condizioni atmosferiche.

Lo scavo di materiali per la costruzione della diga è stato effettuato con pala meccanica. Il materiale scavato veniva direttamente trasportato in diga se la sua granulometria ed il suo contenuto d'acqua corrispondevano a quelli prefissati in progetto. Talvolta però in cava si incontravano delle zone costituite da materiali con granulometria più grossa o più fine; in tal caso si procedeva ad un rimescolamento con bulldozer. Il materiale così prelevato in cava veniva essiccato in un forno rotativo quando il suo contenuto di acqua era superiore a quello prefissato. Veniva poi disteso in diga in strati di 80 cm di spessore e costipato mediante un maglio costituito da un cubo di cemento armato con lato di 90 cm e del peso di 2,5 ton. Questo maglio, sollevato da un escavatore all'altezza di  $2,5 \div 3$  m, veniva lasciato cadere per quattro volte sulla stessa area.

Nel corso della costruzione sono stati effettuati controlli di granulometria, di contenuto d'acqua e di peso secco dell'unità di volume. Per quest'ultimo parametro in fig. 7 sono riportati i risultati delle misure sotto forma di diagramma di frequenza; si osservi che tali misure sono riferite sia al materiale completo di tutte le sue frazioni, sia al solo passante ad 8 mm.

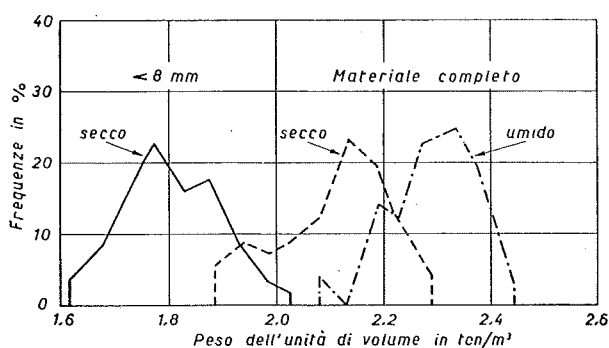


Fig. 7 - Pesì dell'unità di volume dei materiali della diga

Come si è già detto in precedenza, per ridurre la portata di filtrazione attraverso i terreni di fondazione è stato realizzato uno schermo di iniezioni di bentonite lungo una sezione longitudinale della diga (v. figg. 2 e 3). Complessivamente sono state effettuate 66 iniezioni con una lunghezza media pari a 17 m circa e sono state iniettate 84 ton di bentonite.

A. Pellegrino

### Geologia dell'Ingegnere

G. ZARUBA e V. MENCL - *Ingenieurgeologie*, Akademie - Verlag, Berlino 1961.

Il Prof. Ing. Guido ZARUBA ed il Prof. Ing. Vojtěch MENCL hanno pubblicato l'edizione in tedesco del loro trattato di Geologia Tecnica, la cui seconda edizione in lingua ceca era stata pubblicata nel 1957 a Praga sotto l'egida dell'*Accademia delle Scienze Cecoslovacca*. La prima edizione, del 1954, e quella rumena, pubblicata nel 1956, si esaurirono presto.

Questa in tedesco, con oltre 600 pagine circa, 400 figure e 14 tabelle è qua e là ampliata o anche aggiornata rispetto alla precedente del 1957.

Il volume è diviso in 3 parti: I - *Studi e lavori preparatori* (mezzi, metodi e materiali dei quali si dispone o dei quali si può far uso per studiare dal punto di vista geologico tecnico i vari problemi di ingegneria); II - *funzioni che svolge la Geologia Tecnica in generale* (negli esami dell'abbattibilità ed escavabilità delle rocce sciolte e lapidee, terreni di fondazione, frane e movimenti franosi, le rocce come materiali da costruzione, scelta delle cave ecc.); III - *applicazioni a singoli settori o tipi di lavori di ingegneria* (opere fuori terra, costruzioni stradali e ferroviarie, ponti, gallerie, costruzioni idrauliche, piani regolatori e pianificazione in genere).

Elenchiamo qui di seguito i principali argomenti svolti dagli AA. nelle tre distinte parti della loro opera.

Nella 1<sup>a</sup> parte sono illustrati: 1) (cap. 1) le ricerche e gli studi geologici preliminari, quelli definitivi e l'assistenza geologica durante i lavori; 2) (cap. 2) le carte geologiche con le relative basi topografiche, la tecnica esecutiva, le scale, l'approssimazione, i tipi di carte (geologiche vere e proprie, pedologiche, geologiche tecniche con riguardo all'idrogeologia e ad altre applicazioni) e quelle esistenti per il territorio della Cecoslovacchia; 3) (cap. 3) profili geologici e modi di ricavarli; 4) (cap. 4) metodi e mezzi a disposizione per il rilievo geologico (oltre gli affioramenti e le incisioni naturali): pozzi, trincee, cunicoli, sondaggi dai più semplici (aste battute a mano, trivelle a mano) a quelli più perfezionati con le relative modalità esecutive, compreso il prelievo e la conservazione dei campioni (carote), registrazione del lavoro; esame e prove sul terreno e in laboratorio per le rocce lapidee (studio petrografico, determinazioni dello stato di freschezza ecc.) e per le rocce sciolte (granulometrie, classifiche, coesioni e resistenza al taglio ecc.); costruzione dei profili, stereogrammi ecc. in base ai risultati così ottenuti; programmazione delle ulteriori ricerche ed indagini da svolgere in vista del tipo di lavoro da eseguire; 5) (cap. 5) metodi geofisici (di Geofisica Applicata) più rispondenti per il riconoscimento del sottosuolo agli effetti dei lavori di ingegneria: geoelettrici, dinamici (geosismici), magnetici, basati sulla radioattività ecc. con una breve ma efficace spiegazione dei principi informatori dei metodi stessi,