

<b>Zeitschrift:</b>	Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
<b>Band:</b>	54 (1962)
<b>Heft:</b>	1-2
 <b>Artikel:</b>	VII. Internationaler Kongress für grosse Talsperren Rom 1961
<b>Autor:</b>	Marcello, Claudio / Töndury, Gian Andri / Gilg, Bernhard
<b>Kapitel:</b>	3: Studienreise in Italien = Voyage d'études dans le nord-ouest de l'Italie
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-921444">https://doi.org/10.5169/seals-921444</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 06.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Asphaltbeton als Oberflächendichtung bei steilen Dämmen ( $\sim 1 : 1$ ), bestehend aus zwei Schichten von total 9—12 cm Dicke auf porösem Beton, abgedeckt mit armierter Betonplatte (R 36 und 44);

Bituminierte Haut als Oberflächendichtung zwischen zwei armierten Betonplatten ( $\sim 15$  cm) oder Holzlagen für Dämme verschiedener Steilheit (R 123);

Asphaltbeton-Kerne, entweder direkt in Schichten eingebracht oder aus Steinen aufgebaut, welche in eine Asphaltelulsion eingerüttelt werden (R 5, 38, 80 und 105). Die Kerne können vertikal (R 80) oder schief sein (R 105).

Unabgedeckte Asphaltdichtungen dürfen nicht auf steile Böschungen aufgebracht werden, da sie unter Umständen ins Fließen geraten (R 105). Schutz gegen Temperatureinfluß bietet ein weißer Anstrich (R 5). Da die Dichtungshaut nur geringe Setzungen erträgt ( $\sim 1/10$  des Setzungsbereiches), sollte der Damm vor deren Konstruktion genügend kompaktiert werden. Besondere Sorgfalt erheischt der Anschluß an das meist einen Drainagestollen enthaltende Betondiaphragma am wasserseitigen Fuß.

#### b) Betonoberfläche

Abgesehen von der unter a) genannten Verwendung des Betons werden häufig Oberflächendichtungen aus Beton angeordnet.

Einige extreme Lösungen an 20 bis 30 m hohen französischen Dämmen sowie deren Vor- und Nachteile (Schäden) werden in R 19 geschildert, wobei wiederum der wasserseitige Fuß die schwierigsten Probleme stellt. In den oberen Partien kann auf die horizontalen Fugen verzichtet werden, oder deren Abstand ist zu vergrößern. Längs der Widerlager zeigt sich im allgemeinen eine Dilatation, während in der unteren Mittelpartie eine Verkürzung auftritt.

Bei höheren Dämmen ( $\sim 100$  m) müssen die Fugen wegen der starken Deformation «gelenkig» arbeiten. Nebst Kupferblechen befriedigen auch Kautschuk-Fugenbänder.

#### c) Weitere Dichtungsmaterialien für Oberflächen

Dichtungsmembranen aus Stahlblechen werden verschiedentlich beschrieben (R 19, 105, 119 und 123), wobei die neueste Anwendung bei den Betonblockdämmen in Italien stattfindet (vgl. «Wasser- und Energiewirtschaft» 1960, «Entwicklung im Talsperrenbau», Nummern 8—10).

## C. STUDIENREISEN IN ITALIEN

Im Anschluß an den Talsperren-Kongreß in Rom war in der ersten Dekade Juli 1961 die Möglichkeit geboten, an einer der vier Studienreisen teilzunehmen. Die zwei ersten führten nach Oberitalien, und zwar zu Talsperren im westlichen Alpengebiet (Studienreise 1) und im östlichen Alpengebiet (Studienreise 2), und mit großer Erleichterung traten wohl die Kongressisten diese Reisen an als Flucht aus der unangenehm-feuchten Hitze Roms; anders die Teilnehmer an den andern

Auch Plastik-Folien, welche zwischen vorgefertigte, ziegelartige Betonelemente verlegt werden (R 97), sollen für kleinere Objekte mit geringen Setzungen eine erfolgreiche Abdichtung darstellen. Die Erfahrung ist aber erst von kurzer Dauer.

#### d) Erdmaterialien

Während R. 38 die verschiedenen für Göschenalp untersuchten Zusätze (Bentonit, Ton) zum Kernmaterial beschreibt, erfahren wir aus R 79 und R 92 den Aufbau von «Lehmbeeton»-Kernen in Happurg und in Gepatsch, wobei der letztere sehr stark demjenigen von Göschenalp gleicht. Das Kernmaterial wird  $\sim 1\%$  Bentonit erhalten, wodurch sein k-Wert von  $10^{-6}$  auf  $10^{-7}$  cm/s herabgesetzt wird. In Norwegen wurde ein leicht lehmiger Moränekern (R 81) in Schichten bis zu 1 m eingebracht und mit Vibrationswalzen verdichtet ( $d_{\text{Max}} = 60$  cm).

Interessante Einzelheiten über das Verhalten von oberflächlich angebrachten Dichtungssteppichen bei wichtigen amerikanischen Talsperren (z. B. am Columbia River) gibt R 67. Der Dichtungseffekt bei eingeschwemmten russischen Dämmen ist in R 123 beschrieben.

#### e) Untergrunddichtungen

R 9 erläutert die mit Ton/Zement/Silikat-Injektionen in stark verwittertem Fels gemachten Erfahrungen. Die Enddurchlässigkeit blieben z. T. ziemlich hoch ( $> 10$  Lugeon). Die Wirkung von Spundwänden unter den Missouri-Staudämmen ist laut R 65 ziemlich stark in Frage gestellt, insofern als die Sickerlinie im Untergrund praktisch linear vom wasserseitigen zum luftseitigen Dammfuß verläuft, ohne bei der Spundwand einen wesentlichen Sprung aufzuweisen. Lange Teppiche sind deshalb den Wänden vorzuziehen.

## Schlußbemerkungen

Die vorangehenden Kapitel haben versucht, einen — wenn auch sicher unvollständigen — Überblick über die technische Kongreßarbeit zu geben. Nähere Angaben sind natürlich aus den Vorberichten und — sobald er erscheint — aus dem Schlußbericht ersichtlich.

Wie man feststellen kann, handelte es sich in Rom um sehr ausgedehnte Diskussionsbasen, und wir möchten für einen nächsten Kongreß die Anregung machen, die zu behandelnden Themen zum Nutzen der Teilnehmer und der Forschung eher etwas enger zu fassen.

DK 627.81 (45) : 910

beiden Fahrten nach Mittelitalien—Sardinien (Studienreise 3) und in die Abruzzen, nach Kalabrien und Sizilien (Studienreise 4), aus der Sorge, in noch heißere Landstriche zu gelangen. An diesen Reisen nahmen insgesamt mehr als 700 Damen und Herren teil (Studienreise 1: 100 Teilnehmer aus 21 Ländern, Studienreise 2: 220 aus 26 Ländern, Studienreise 3: 140 aus 16 Ländern und Studienreise 4: 250 aus 20 Ländern). Alle Studienreisen ermöglichten den Besuch etlicher im Bau



Der Zentralbahnhof Roma Termini als Beispiel geschmackvoller und zweckmäßiger moderner Architektur in unmittelbarer Nähe antiker Ruinen  
(Photo G. A. Töndury)

stehender, vor allem aber fertiger Talsperren, die von der hohen Kunst der phantasiebegabten italienischen Ingenieure und von den leistungsfähigen Bauunternehmungen Zeugnis ablegen, weshalb wir es als erwünscht betrachteten, nachfolgend von verschiedenen Verfassern

über alle vier Reisen berichten zu lassen. Über die Route der vier Studienreisen und über die besuchten technischen Anlagen orientieren die Übersichtskarte auf der gegenüberstehenden Seite und das hier anschließende Verzeichnis.

#### Routenskizze der Studienreisen in Italien (Seite 15)

#### VERZEICHNIS DER BESUCHTEN TECHNISCHEN ANLAGEN

##### STUDIENREISE 1

- 1 Place Moulin
- 2 Beauregard
- 3 Frera
- 4 San Giacomo di Fraele und Cancano
- 5 Val Grosina
- 6 Alpe Gera
- 7 Valle di Lei
- 8 Po-Stauwehr und Zentrale Isola Serafini

##### STUDIENREISE 2

- 1 Bergamo
- 2 Toscolano
- 3 Malga Bissina
- 4 Malga Boazzo
- 5 Santa Massenza
- 6 Speccheri
- 7 Forte Buso
- 8 Val Noana
- 9 Corlo
- 10 Mis
- 11 Vajont
- 12 Soverzene

##### STUDIENREISE 3

- 1 Cottilia
- 2 Provvidenza
- 3 Piaganini
- 4 Montorio
- 5 Talvacchia
- 6 Corbara
- 7/8 Narni
- 9 Cuga
- 10 Gusana
- 11 Santa Chiara (Tirso)
- 12 Nuraghe Arrubiu
- 13 Napoli-Levante

##### STUDIENREISE 4

- 1 Casoli/Aventino
- 2 S. Angelo
- 3 Bomba/Sangro
- 4 Cecita
- 5 Elektrische Überspannung der Meerenge von Messina
- 6 Ancipa
- 7 Troina/Selvaggi
- 8 Pozzillo
- 9 Scanzano/Eleuterio
- 10/11 Guadalamì



Maßstab 1:5000000  
0 20 40 60 80 100 km

SWV

## C1 Voyage d'études dans le nord-ouest de l'Italie

du 1<sup>er</sup> au 9 juillet 1961 (Itinéraire voir pages 14/15)

Fernand Chavaz, ingénieur EPF

Sous-directeur du Service fédéral des eaux, Berne

DK 627.81 (45) : 910

Ce n'est jamais sans regret que tous ceux qui ont eu le privilège de séjourner dans la Ville éternelle s'apprêtent à la quitter. Ce sentiment n'était pas étranger à la centaine de congressistes qui, au soir du 1<sup>er</sup> juillet 1961, se trouvaient à la gare de Roma-Tiburtina pour entreprendre le voyage d'études no 1. A vrai dire, ces regrets étaient tempérés par les perspectives offertes par le programme de ce voyage. Ne prévoyait-il pas en effet de les conduire par le train à Florence, Gênes et Turin, puis de là en autocar, au travers des belles provinces du Piémont, de la vallée d'Aoste et de la Lombardie jusqu'au cœur des Alpes de notre voisine du Sud? Voyageurs attentifs, ils se réjouissaient donc de voir — et pour beaucoup de revoir — quelques grandes cités

célèbres par leurs œuvres d'art ou leur industrie comme aussi de pouvoir visiter les importants ouvrages prévus au programme. Disons tout de suite que leur espoir ne fut pas déçu et qu'ils se souviendront toujours avec un plaisir particulier de ces belles et intéressantes journées passées dans une atmosphère des plus sympathiques.

Voici quelques indications concernant les aménagements visités, celles-ci étant données dans l'ordre de ces visites et sous le titre des entreprises auxquelles ces installations appartiennent. Afin d'éviter des répétitions qui pourraient devenir fastidieuses, nous avons résumé dans le tableau no 1 les caractéristiques principales des barrages d'accumulation visités.

*Caractéristiques des barrages visités*

Tableau No 1

Province	Cours d'eau	Nom du barrage	Type	Hauteur maximum m	Longueur en crête m	Volume du béton 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Capacité utile 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Retenue maximum m. s. m.	Date de construction
Aoste	Buthier	Place Moulin	poids-voûte	154	650	1500	100	1965	en construction
Aoste	Dora di Valgrisanche	Beauregard	poids-voûte	132	408	430	70	1770	1953—1957
Sondrio	Belviso	Frera	poids-voûte	138	315	400	50	1484	1957—1959
Sondrio	Adda	S. Giacomo	Noetzli	91,5	950	600	64	1949	1940—1950
Sondrio	Adda	Cancano II (1re phase)	poids-voûte	136	381	550	123	1900	1953—1956
Sondrio	Roasco d'Eita	Valgrosina	poids élégi	78	286	133	1,35	1210	1958—1959
Sondrio	Cormor	Alpe Gera	poids	172	520	1733	65	2125	en construction
Sondrio	Reno di Lei	Valle di Lei	poids-voûte	143	690	862	197	1931	1957—1960

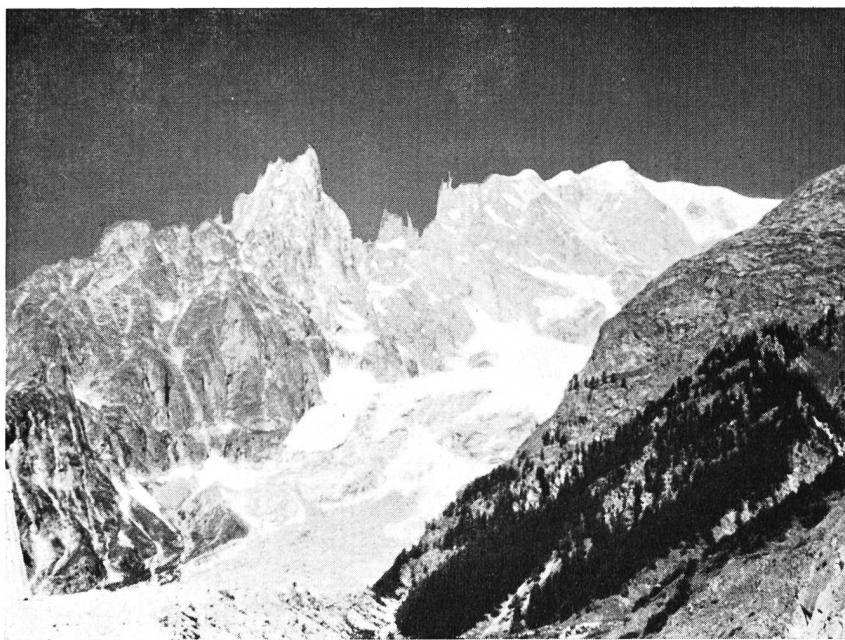


Fig. 1  
Le Mont-Blanc vue d'Entrèves  
(entrée sud du tunnel du Mont-Blanc)

### 1. Consorzio Elettrico Buthier

Le premier ouvrage visité, le barrage de Place Moulin, fait partie de l'aménagement du Buthier, cours d'eau qui draine la Valpelline et se jette à Aoste dans la Doire Baltée. Comme son nom l'indique, le maître de l'ouvrage, le Consorzio Elettrico Buthier a pour but essentiel la mise en valeur des eaux de cette rivière et de ses affluents; il a été constitué en 1950 et ses partenaires sont l'Azienda elettrica Municipale de Turin, les Chemins de fer de l'Etat et la Société Nationale COGNE.

L'aménagement du Buthier, effectué sur une chute totale de 1350 m environ, comporte deux paliers avec centrales à Valpelline et à Signayes. La mise en service de ces deux usines a eu lieu en 1951 pour le palier

inférieur et en 1958 pour le palier supérieur. Actuellement, on commence la construction du barrage de Place Moulin, qui, implanté en tête du palier supérieur, est destiné à assurer la régularisation annuelle et même inter-annuelle de la production des deux paliers. Une fois le barrage terminé, cette production sera de l'ordre de 500 millions de kWh (GWh) dont 370 en hiver. La capacité utile du réservoir, dont la retenue maximum se trouvera à la cote 1965 m. s. m., sera de 100 millions de m<sup>3</sup>, ce qui représentera 1300 GWh accumulés.

Le barrage, d'une hauteur maximum de 154 m, du type poids-vôûte (fig. 2), est implanté sur une roche constituée par des alternances de la série métamorphique de la Valpelline: gneiss, amphibolites, calcaires et marbres. Sur la rive gauche, cette roche est recouverte d'un épais matelas d'éboulis. La voûte, à double courbure, parfaitement symétrique, repose sur un massif de fondation (polvino) par l'intermédiaire d'un joint périphérique en berceau. L'ouvrage est subdivisé en plots par 42 joints de construction transversaux ainsi que par un joint longitudinal passant par la surface médiane du mur. Des drains situés près du parement amont débouchent dans les galeries de visite. A noter l'importance des organes d'évacuation et de vidange qui permettront d'évacuer 787 m<sup>3</sup>/s à lac plein. Les agrégats du béton d'un diamètre maximum de 10 cm proviennent d'une gravière ouverte dans des matériaux morainiques et située à 2 km du barrage, à une cote supérieure à celle de la retenue. Quant au béton, dosé à raison de 250 kg de ciment pouzzolanique par m<sup>3</sup>, il sera refroidi par circulation d'eau dans des serpentins selon une technique aujourd'hui classique.

Lors de notre visite, on terminait l'exécution des fouilles du barrage à l'abri d'un important batardeau en béton (24 000 m<sup>3</sup>). Le réservoir que forme ce batardeau, d'une capacité de 650 000 m<sup>3</sup> est utilisé pendant la construction du grand barrage comme bassin de compensation pour l'usine de Valpelline avec laquelle il est relié par une galerie en charge. La mise en service du grand barrage est prévue pour 1965.

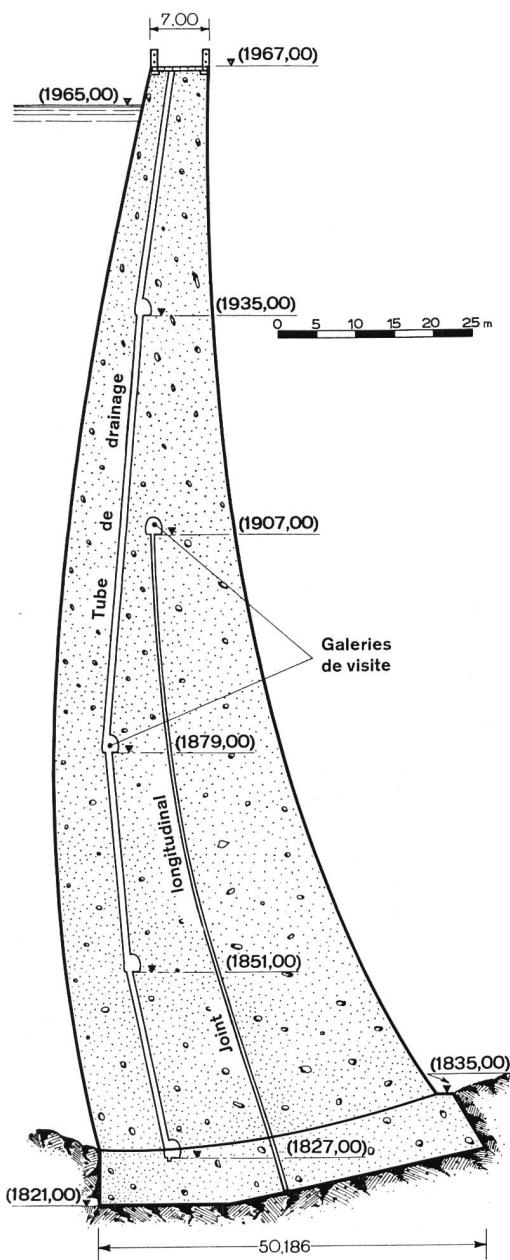


Fig. 2 Barrage de Place Moulin; section transversale

### 2. Società Idroelettrica Piemonte (SIP)

D'origine très modeste puisqu'elle a été fondée en 1899 pour produire l'énergie nécessaire à une petite usine de carbure de la vallée d'Aoste, la SIP, dont le siège est à Turin, est devenue une des plus grandes entreprises électriques d'Italie. C'est ainsi qu'avec les sociétés Vizzola et Piemonte centrale di Elettricità qui constituent avec elle le groupe SIP, ce dernier alimente en énergie électrique non seulement le Piémont et la vallée d'Aoste, mais encore une bonne partie de la Lombardie et même certaines régions du Trentin et du Haut Adige. En 1960, les seules usines hydroélectriques du groupe avaient une puissance d'un million et demi de kW assurant une production annuelle moyenne de 5 milliards de kWh. Quant à la capacité de ses bassins d'accumulation elle s'élevait à 2 1/3 milliards de kWh. La SIP est d'ailleurs bien connue de nos sociétés suisses d'électricité puisqu'elle effectue depuis longtemps des échanges d'énergie avec plusieurs d'entre elles.

\*

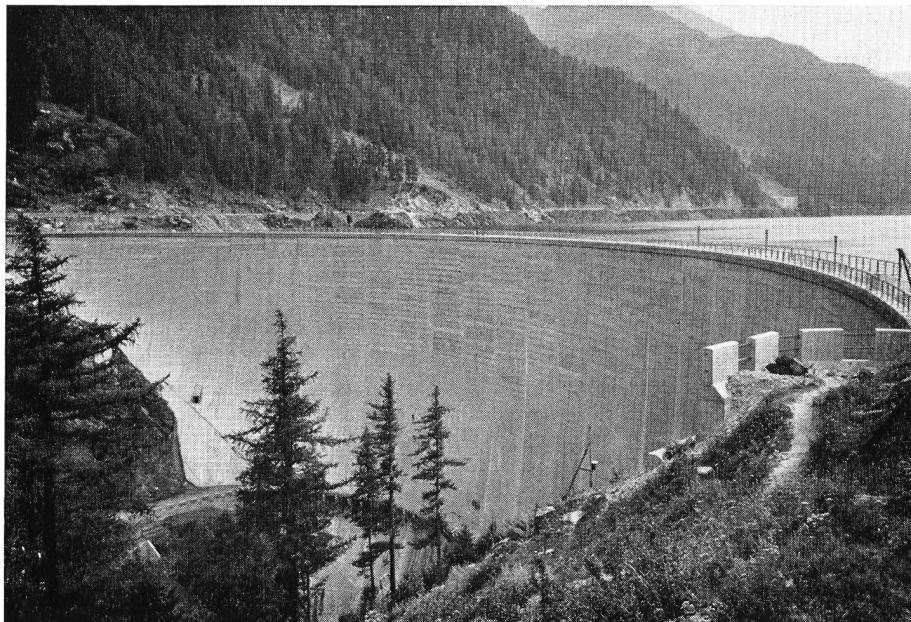


Fig. 3  
Barrage de Beauregard;  
vue d'aval

Le réservoir de Beauregard constitue l'élément essentiel de l'usine à haute chute avec accumulation saisonnière du Val Grisanche, dont les caractéristiques sont les suivantes:

- Capacité du bassin d'accumulation de Beauregard 70 mio m<sup>3</sup>
- Débit équipé 16,5 m<sup>3</sup>/s
- Chute brute maximum: 1040 m
- Puissance installée dans la centrale souterraine d'Avise: 160 000 kVA
- Productibilité 286 GWh dont 185 en hiver.

Quant au barrage lui-même (fig. 3) du type poids-vôûte, car on a pensé que ce type permettrait au mieux de suivre les déformations de la rive gauche, ses caractéristiques ressortent du tableau no 1. La voûte repose sur un massif de fondation par l'intermédiaire d'un joint périphérique en berceau remontant vers l'aval. Ce massif de fondation qui obture le fond de la vallée sur une hauteur de 25 m, se développe sur chaque rive pour former de petites culées artificielles. La voûte à double courbure, asymétrique par suite de la déclivité moins grande de la rive gauche, est formée d'arcs dont l'épaisseur s'accroît progressivement de la clé aux appuis. Cette augmentation de l'épaisseur est plus marquée sur la rive gauche où la nécessité s'imposait d'avoir le minimum de pression sur la roche caractérisée par un module d'élasticité égal à 1/10e seulement de celui de la roche de la rive droite. Cette anomalie et la dissymétrie ont été considérées dans les calculs dont les résultats ont été confirmés par des essais effectués par l'Istituto sperimentale modelli e strutture (ISMES) de Bergame.

Comme tous les grands barrages modernes, celui de Beauregard dispose d'une série d'organes permettant l'évacuation des crues et la vidange du bassin comme d'un équipement exceptionnellement poussé en appareils de mesure, ce qui permet de contrôler son comportement sous ses aspects les plus divers.

Le barrage est fondé sur des micaschistes plus ou

moins quartzifères et gneissiques, la reconnaissance du terrain de fondation ayant été faite au moyen de galeries, de tranchées et de sondages. Ces micaschistes sont exceptionnellement résistants sur la rive droite où ils affleurent et sur le fond de la vallée où ils sont recouverts d'une épaisse couche d'alluvions fluvio-morainiques. Le module d'élasticité de cette roche a été déterminé en mesurant les variations de diamètre de galeries remplies d'eau à diverses pressions. Sur la rive gauche par contre, les conditions ont été moins favorables: la roche est constituée par des micaschistes bouleversés et mylonitisés; en outre, on a trouvé à l'intérieur de ceux-ci une importante poche remplie de matériaux fluvio-morainiques fortement comprimés (fig. 4). Pour consolider l'appui du barrage sur cette rive, il a fallu naturellement débarrasser cette poche de tout son contenu, puis la remplir de béton. Pour ce faire, on a commencé par réaliser à partir de galeries superposées une série de diaphragmes en béton s'appuyant sur le plancher de la poche et s'élevant sur toute la hauteur de celle-ci. Puis, pour renforcer la roche formant le toit de la cavité, on a construit d'épaisses dalles en béton s'appuyant sur ces diaphragmes. Grâce à des galeries réservées dans ceux-ci on a pu ensuite procéder à l'enlèvement des matériaux situés entre ces diaphragmes puis bétonner les vides ainsi formés au moyen d'une pompe à béton. Au fur et à mesure que l'on procédait à l'enlèvement des matériaux, on a construit des butons transversaux entre les diaphragmes dans le but de les contreventer. La réfrigération du béton de remplissage a été assurée par circulation d'eau dans des serpentins employés d'abord comme tuyaux d'aération. Une fois ces travaux d'assainissement terminés, toute la roche d'appui gauche du barrage, y compris le béton de la poche, a été encore consolidée et imperméabilisée au moyen d'un réseau très dense d'injections de ciment dont les résultats ont été contrôlés en déterminant la vitesse de propagation d'ondes sismiques dans cette zone avant et après l'injection, et cela à diverses profondeurs.

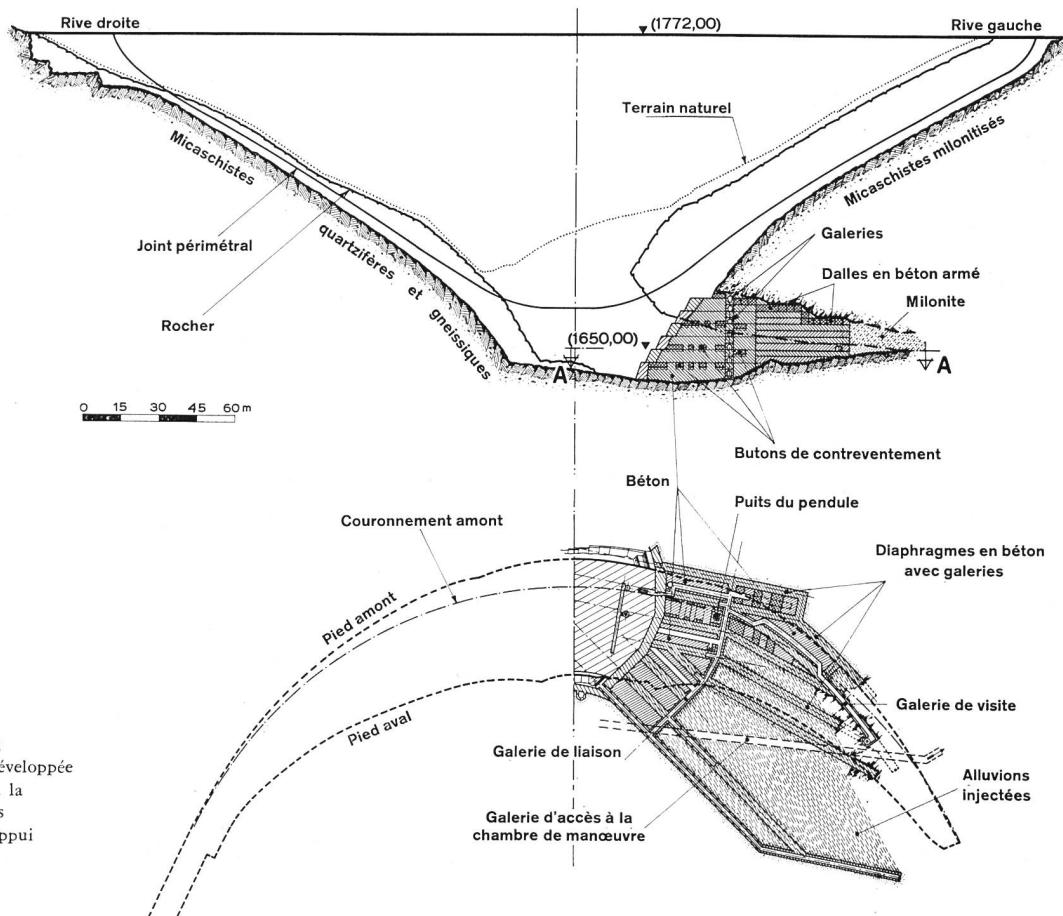


Fig. 4  
Barrage de Beauregard;  
section longitudinale développée  
et section horizontale à la  
cote 1650 des ouvrages  
de consolidation de l'appui  
rive gauche

A noter que les recherches géologiques préliminaires se sont étendues sur une durée de plus de 10 ans puisqu'elles ont commencé en 1939 alors que les fouilles ont été entreprises en 1950. Le bétonnage du barrage a eu lieu de 1953 à 1957 et le début du remplissage de la retenue en automne 1957.

### 3. Acciaierie e Ferriere Lombarde Falck S. A.

La Société Falck S. A. dont le siège est à Milan est une des plus grandes entreprises sidérurgiques italiennes. Ses installations sont situées en Lombardie, la plupart à Sesto San Giovanni près de Milan. Un vaste complexe hydroélectrique assure la production de l'énergie électrique nécessaire aux installations du groupe. C'est ainsi que la puissance installée de ses 17 centrales se monte à plus de 400 000 kW et que la production annuelle dépasse 1 milliard de kWh. Six réservoirs saisonniers, permettant de constituer une réserve de 200 GWh ainsi qu'un réseau de lignes à haute et très haute tension de plus de 1000 km complètent ces installations.

Le groupe d'usines hydroélectriques le plus important de la Falck est situé dans la Valteline; il comprend 9 centrales d'une puissance totale de 350 000 kVA et des réservoirs saisonniers d'une capacité utile de 186 GWh. Parmi ces usines, deux situées en cascade, utilisent le Belviso et quelques autres affluents de gauche de l'Adda entre les cotes 1484 et 368. Exploitées

depuis quelques années au fil de l'eau, la qualité de leur production a été grandement améliorée depuis 1959, grâce à la mise en service de la retenue de Frera d'une capacité utile de 50 millions de m<sup>3</sup>, créée par le barrage du même nom. La productivité des deux centrales de Ganda et de Belviso, en année moyenne, est de 226 GWh dont 160 en hiver.

Voici quelques indications concernant le barrage d'une hauteur totale de 138 m qui est du type poids-vôûte à double courbure (fig. 5): L'ouvrage barre une gorge creusée dans des schistes cristallins compacts d'un module d'élasticité de 250 000 kg/cm<sup>2</sup>; cette valeur a été portée dans la zone d'appui à 400 000 kg/cm<sup>2</sup> au moyen d'injections de ciment. La voûte repose sur un massif de béton avec interposition d'un joint périphérique. Les essais sur modèle réduit effectués par l'ISMES sur un modèle en pierre ponce à l'échelle 1:70 ont confirmé les résultats du calcul effectué par la méthode de Tölke tout en conseillant quelques aménagements dans la partie centrale de la structure.

Le barrage, construit par plots de 12 à 15 m de largeur a été réalisé en 3 campagnes de 100 jours chacune selon le programme suivant:

- 1° partie amont de la cote 1347 à la cote 1420 sur la moitié de l'épaisseur;
- 2° partie aval sur la même hauteur;
- 3° partie supérieure sur toute l'épaisseur, de la cote 1420 au couronnement.

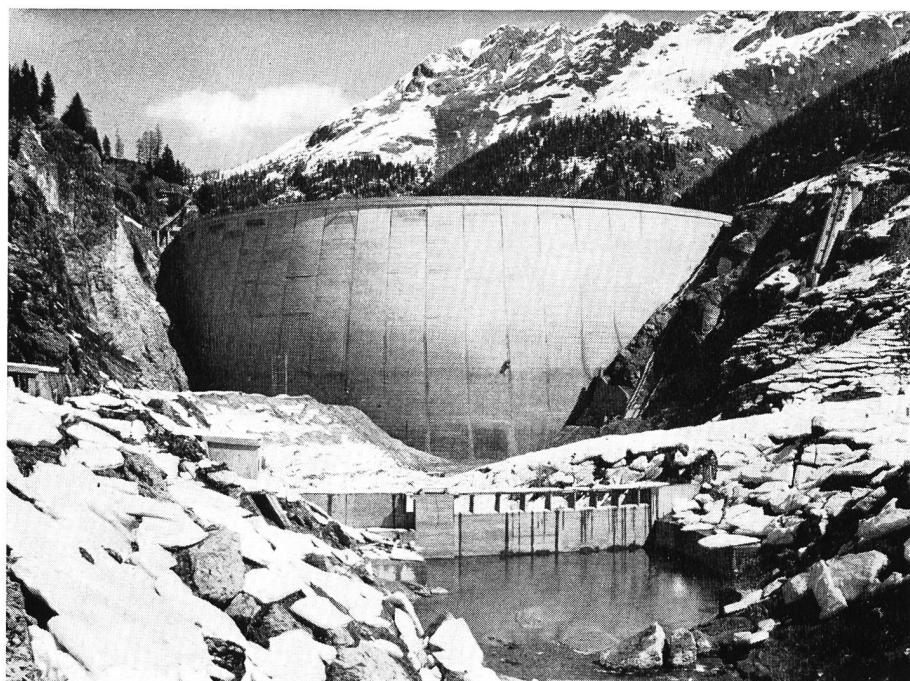


Fig. 5  
Barrage de Frera;  
vue d'amont

Pour la première fois en Italie, on a réalisé un joint annulaire à parois parfaitement lisses. Les essais sur modèles, effectués avec et sans joint annulaire, avaient confirmé le comportement très satisfaisant de la solution adoptée; celle-ci a permis d'opérer plus rapidement le remplissage du réservoir.

Le béton a été confectionné au moyen d'agrégats alluvionnaires extraits du lit du torrent en amont du barrage. Quant au ciment, c'était du ciment de laitier contenant 50 % de clinker. Dosage: 240 kg par  $m^3$  porté à 270 kg sur une épaisseur de 2 à 3 m sur le parement amont. Afin de pouvoir bétonner jusqu'au mois de décembre 1958 et recommencer dès avril 1959, les agrégats ont été chauffés par de la vapeur à haute pression, les parements étant protégés contre le froid au moyen de plaques en matière plastique spongieuse.

Le réservoir est muni d'un évacuateur de crues situé sur la rive gauche, commandé par 2 vannes automatiques débitant 150  $m^3/s$ , d'une vidange intermédiaire d'une capacité de 100  $m^3/s$  et d'une galerie de fond capable de 180  $m^3/s$ . Ces 3 ouvrages débouchent dans une seule galerie qui se termine elle-même dans le lit du Belviso à l'aval du barrage, aménagé localement en bassin amortisseur. Une conduite de 1 m de diamètre traversant le barrage à sa base et prolongée par une galerie permet la vidange intégrale de la retenue.

#### 4. Azienda elettrica municipale di Milano (AEM)

Comme son nom l'indique, l'AEM est le service électrique de la ville de Milan. Fondé par une décision du Conseil Municipal de Milan du 29 décembre 1903, il alimente en énergie électrique tous les services publics de cette grande cité: éclairage public, pompes pour l'alimentation en eau potable, traction électrique, etc. Il assure aussi l'alimentation en électricité d'une grande partie des consommateurs privés de la ville, l'autre partie l'étant par la Société Edison.

L'énergie électrique distribuée par l'AEM — il s'agit maintenant d'un milliard et demi de kWh par année — est produite essentiellement par tout un groupe d'usines hydroélectriques utilisant les eaux de la Haute Valteline d'où elle est transportée à Milan par plusieurs lignes à haute tension appartenant aussi à l'AEM. On sait qu'en vertu de la convention italo-suisse du 27 mai 1957 une partie des eaux du haut bassin italien du Spöl sera dérivée vers ces usines où elle sera utilisée sur une chute totale de 1500 m environ. Nous pensons donc qu'il est indiqué de donner quelques détails sur ces ouvrages puisqu'ils intéressent plus directement notre pays.

Comme c'est le cas pour la plupart des aménagements intéressant une vaste région, la réalisation de celui de la Haute Valteline s'étend sur une longue période. Commencé en 1906, il ne sera terminé que dans quelques années.

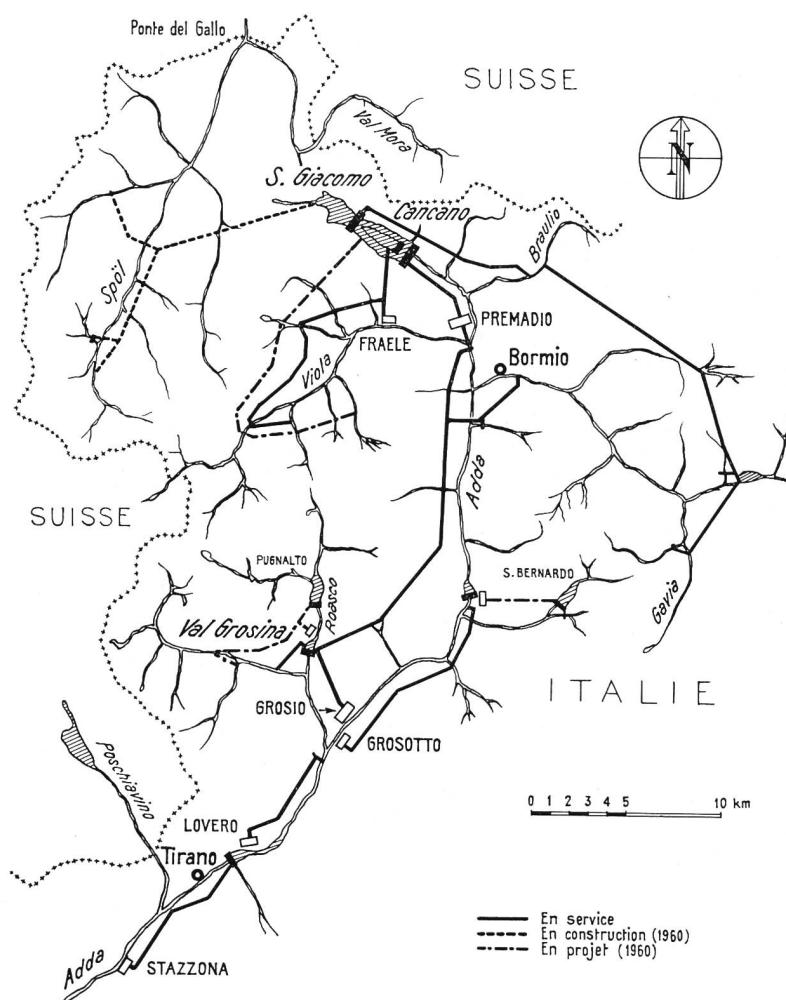
Le plan d'aménagement d'ensemble de la Haute Valteline est représenté sur la fig. 6. Quant au tableau n° 2, il donne un aperçu du développement réalisé jusqu'en 1950, c'est-à-dire durant la période de 40 ans comptée à partir de la mise en service de la première

#### Aménagement hydroélectrique de la Haute-Valteline Caractéristiques des usines existantes en 1950

Tableau No 2

Usine	Année de mise en service	Chute brute m	Débit équipé $m^3/s$	Production annuelle GWh
S. Giacomo	1950	74,5	8	10
Fraele	1928	511	11,5	140
Grosotto	1910	318	12	230
Lovero	1948	109	55	150
Stazzona	1938	92	38	130
Roasco	1922	(500)	5	90
Total sur l'Adda:		1104,5		750

Fig. 6  
Plan d'aménagement de l'AEM  
pour la Haute Valteline



usine de Grosotto. A la fin de cette période, la production totale s'élevait donc à 750 GWh environ; les accumulations existant alors étant celle de Cancano I, d'une capacité de 23,5 millions de m<sup>3</sup> et celle de San Giacomo d'Fraele, d'une capacité de 64 millions de m<sup>3</sup>.<sup>1</sup>

Vu l'accroissement rapide de la consommation, l'AEM a dressé alors un programme des nouvelles constructions destinées à parfaire la mise en valeur des forces hydrauliques de la Haute Valteline. Les éléments essentiels de ce nouveau programme étaient les suivants:

- 1° Construction en deux phases d'un nouveau barrage de Cancano II afin de porter de 23,5 à 123, puis à 240 millions de m<sup>3</sup> la capacité utile de la retenue correspondante. Simultanément, nouvelles adductions dans ce bassin ou celui de San Giacomo en provenance de vallées voisines, du Spöl notamment, ce qui portera à 55 km la longueur totale de ces adductions.
- 2° Construction de l'usine souterraine de Premadio. Chute: 700 m environ, puissance installée 375 MW.
- 3° Construction de l'usine souterraine de Grosio. Chute: 600 m environ, puissance installée 400 MW.
- 4° Construction d'usines complémentaires dans des vallées latérales: Pugnalto, San Bernardo.

<sup>1</sup> Voir aussi «Cours d'eau et énergie» 1950, pages 97/99.

Une fois ces nouveaux travaux réalisés — travaux qui provoqueront la suppression des centrales de Fraele et de Roasco et partiellement celle de Grosotto — la puissance des usines de l'AEM en Valteline s'élèvera à 850 MW et leur production à 1½ milliard de kWh. Grâce à une capacité de plus de 300 millions de m<sup>3</sup> utilisable sous une chute de 1500 m environ, la majeure partie de cette énergie sera de l'énergie d'hiver accumulée ce qui permettra de couvrir pendant longtemps encore les pointes du diagramme de charge de l'AEM, la base de celui-ci devant être couverte de plus en plus par des usines thermiques, conventionnelles ou atomiques.

Une grande partie des travaux prévus sous 1° à 3° a été réalisée ces dernières années. C'est le cas notamment de la première phase du nouveau barrage de Cancano II alors que les adductions supplémentaires en provenance du Spöl sont en cours de travail. Quant aux usines de Premadio et de Grosio, elles sont toutes deux en service, la première depuis 1956, la seconde depuis 1960, mais avec une puissance réduite. Ce n'est en effet qu'une fois la deuxième phase du nouveau barrage de Cancano II terminée et la capacité de l'accumulation portée à 240 millions de m<sup>3</sup> que l'équipement complet des deux centrales en question pourra être rationnellement utilisé et par conséquent sera installé.

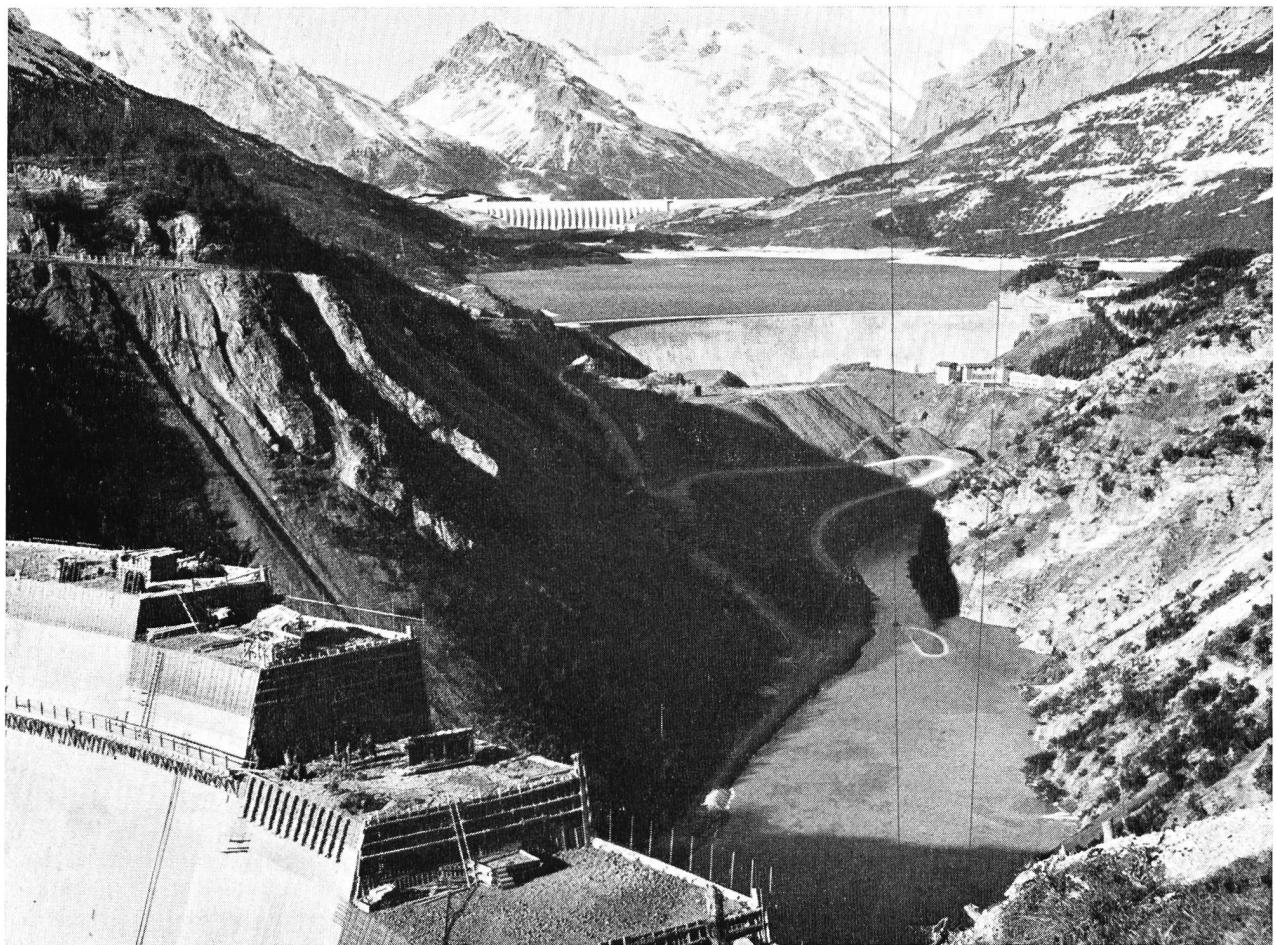


Fig. 7 Barrages de San Giacomo (type Nötzli), Cancano I (voûte) et Cancano II (poids-voûte)

#### a) Barrage de San Giacomo di Fraele

Il est donc situé (fig. 7) dans la haute vallée de l'Adda à quelques kilomètres seulement de la frontière suisse. La retenue qu'il forme, d'une capacité de 64 mio de m<sup>3</sup>, s'étend jusqu'au col de San Giacomo qui sépare la vallée de l'Adda de celle de l'Acqua del Gallo. Comme le niveau maximum de la retenue, cote 1949, dépasse de 2 m celui du col, il a fallu surmonter ce dernier d'une petite digue en terre. Dans le même axe, un diaphragme en béton descendu jusqu'à la roche étanche au travers d'un matelas morainique et détritique d'une épaisseur allant jusqu'à 40 m évite que des infiltrations ne se produisent vers le bassin versant du Spöl.

Le barrage lui-même, fondé sur des calcaires dolomitiques comportant quelques intercalations de schistes argileux est du type Nötzli. Sa hauteur maximum au-dessus des fondations est de 91,50 m. A chaque extrémité, il se raccorde à un mur à gravité obturant un vallon latéral. La longueur totale de l'ouvrage est de 950 m. La construction du barrage a nécessité la mise en place de 600 000 m<sup>3</sup> de béton, celle du diaphragme du col de San Giacomo 50 000 m<sup>3</sup>. Le ciment était transporté par chemin de fer jusqu'à Tirano; de là jusqu'au chantier par trolleybus sur une ligne spécialement installée le long de la route nationale du Stelvio, puis sur des routes

privées conduisant au chantier. Ce transport était effectué au moyen de récipients métalliques d'une contenance de 4 quintaux, ce qui était alors une nouveauté. Tous les agrégats étant de nature calcaire et par conséquent relativement légers, on a jugé utile, afin que le poids spécifique du béton soit au moins de 2,5 t/m<sup>3</sup>, d'adoindre au ciment de la poudre calcaire d'une finesse de mouture aussi grande que celle du ciment. Le mélange adopté au début fut de 200 kg de ciment pour 150 kg de poudre; peu à peu, il fut porté à 150 kg de ciment pour 150 kg de poudre.

L'aménagement de San Giacomo a été complété par l'installation au pied du barrage d'une petite centrale. Elle permettait d'utiliser la chute de 80 m environ comprise entre la retenue de San Giacomo et celle de Cancano I comme aussi de pomper de l'eau de ce bassin aval dans la retenue amont.

Le programme initial prévoyait une durée des travaux de 5 années ce qui impliquait la possibilité de mettre en place 2000 m<sup>3</sup> de béton par jour. Toutes les installations furent donc calculées pour ce rendement. En fait, la guerre fit en sorte qu'ils durèrent une dizaine d'années, de sorte qu'ils ne furent terminés qu'en 1950.

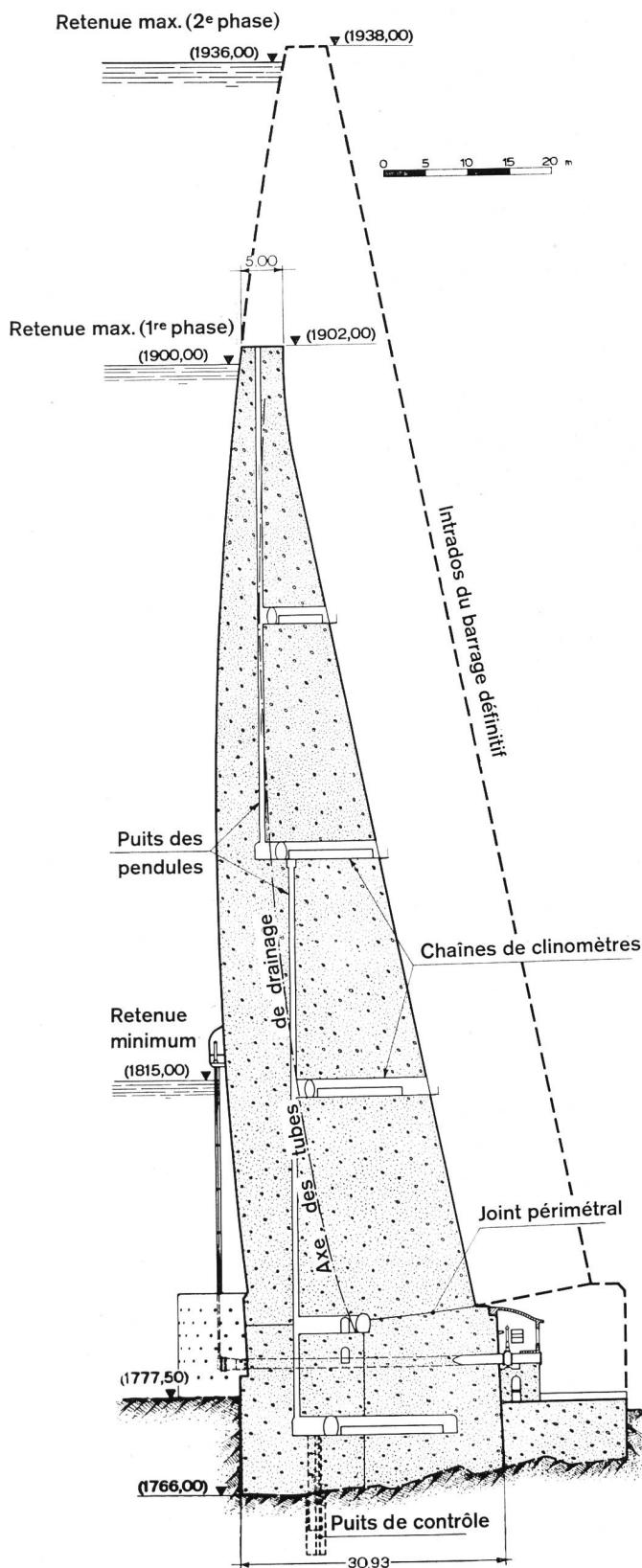


Fig. 8 Barrage de Cancano II; section transversale

### b) Barrage de Cancano II

Le premier barrage de Cancano (appelé Cancano I), en forme de voûte, faisait partie de l'aménagement de Fraele-Viola; il a été terminé en 1932. Construit en maçonnerie, d'une hauteur maximum de 57 m, il permettait d'accumuler 23,5 millions de m<sup>3</sup>.

Comme pour la Grande Dixence, le nouveau barrage situé à 850 m plus à l'aval crée une nouvelle retenue qui submerge l'ancien ouvrage. Sa construction sera donc effectuée en deux étapes (fig. 8). La première réalisée de 1953 à 1956 a permis de créer une retenue dont le niveau maximum est à la cote 1900,00. Lors d'une deuxième étape, le mur sera surélevé de manière à porter la retenue maximum à la cote 1936.

Le barrage du type poids-voûte (fig. 8) s'appuie sur un calcaire triassique généralement sain, plongeant vers l'amont et le flanc gauche, coupé de quelques minces couches de marne. La voûte repose sur la roche d'assise par l'intermédiaire d'un massif de fondation, séparé du barrage proprement dit par un joint périphérique en berceau remontant de l'amont vers l'aval. Elle est subdivisée en 27 plots d'une largeur moyenne de 14 m séparés par des joints radiaux subverticaux qui s'incurvent à proximité du joint périphérique de manière à être presque perpendiculaires à ce dernier. Une armature peu importante a été placée dans le massif de fondation et autour des évidements intérieurs. Les efforts dans la structure, parfaitement symétrique, ont été calculés par la méthode de Tölke, puis vérifiés par l'ISMES à Bergame sur modèle réduit.

La surface de séparation entre la 1<sup>re</sup> et la 2<sup>me</sup> phase constituera un joint annulaire continu. Afin d'obtenir une liaison intime entre le béton des 2 phases, on a bétonné dans le parement aval du massif existant des fers ronds de 28 mm de diamètre. Ceux-ci, disposés en quinconce à raison d'un fer par m<sup>2</sup> environ, sont orientés perpendiculairement au parement aval. L'extrémité qui affleure ce parement est filetée et munie d'un écrou provisoire ce qui permettra de les prolonger par des fers correspondants qui seront enrobés dans le béton du nouveau massif. Le scellement du joint entre les deux massifs sera exécuté au moyen d'injections de ciment effectuées dans des champs limités par des tôles. Les dimensions des fers n'ont pas été choisies pour des raisons statiques, mais seulement afin de résister aux pressions qui seront exercées lors de l'injection.

Les agrégats utilisés pour la confection du béton ont été extraits de dépôts détritiques de calcaire compact. Quant au ciment pouzzolanique utilisé, son dosage a été de 235 à 240 kg/m<sup>3</sup> en moyenne. L'adjonction d'un plastifiant a permis d'augmenter l'ouvrabilité du béton et sa résistance au gel. Comme l'ouvrage est implanté sur un rocher calcaire, on a jugé prudent de l'imperméabiliser et de le consolider au moyen d'un important réseau d'injections de ciment. C'est ainsi que la longueur totale des forages a atteint 56 km, mais l'absorption moyenne de 11,4 kg/m de forage a été particulièrement faible puisqu'elle n'a guère dépassé le dixième de celle obtenue pour d'autres barrages fondés également sur le calcaire: Santa Giustina 111 kg/m, Lumiei 94 kg/m, Val Gallina 115 kg/m, par exemple.

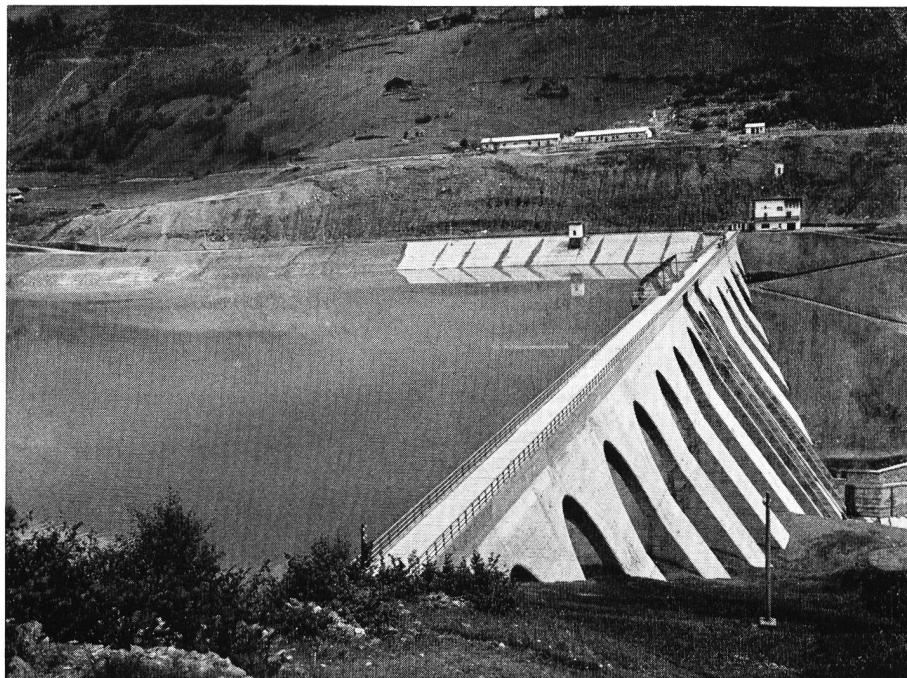


Fig. 9  
Barrage de Val Grosina

La retenue créée par le barrage de Cancano II constitue le bassin d'accumulation de l'usine de Premadio dont, conformément à la convention italo-suisse de 1957 et une fois entrée en service la dérivation du Spöl, une notable partie de la production sera de souveraineté suisse. Ce sera celle correspondant à la force hydraulique que représenteront les eaux effectivement dérivées du Spöl supérieur sur la chute comprise entre Punt del Gall et Martina. De même une partie de la production de l'usine Livigno-Ova Spin sera de souveraineté italienne puisque le niveau maximum de la retenue de Livigno dépassera de plus de 100 m la cote d'entrée du Spöl en Suisse. On sait que la convention en question prévoit une compensation entre ces deux parts. Comme elles sont très inégales, il en résultera en définitive que toute la production de l'usine de Livigno-Ova Spin reviendra à la Suisse et qu'il restera encore un solde important en faveur de notre pays dans l'usine de Premadio.

Bien entendu, l'Italie aura l'avantage de pouvoir utiliser encore les eaux dérivées, et cela sans compensation, dans les usines inférieures jusqu'au lac de Côme et même au delà. Ces eaux pourront également être utilisées pour l'irrigation en aval de ce lac.

#### c) Barrage de Val Grosina

Le réservoir de Val Grosina, sur le Roasco d'Eita constitue le bassin de mise en charge du palier de Grosio, palier qui fait suite à celui de Premadio.

La capacité de la retenue de Val Grosina est de 1 350 000 m<sup>3</sup>; elle est donc relativement faible. Cette retenue joue pourtant un rôle essentiel puisqu'elle rend l'exploitation de l'usine de Grosio largement indépendante de celle de Premadio; or cela est d'autant plus nécessaire que Premadio constitue une usine de pointe et que Grosio, en tant que centrale la plus puissante du groupe, est chargée du maintien de la fréquence.

Le barrage de Val Grosina (fig. 9), du type poids élégi à axe rectiligne, a été construit sur un bouchon obturant l'étroit sillon constituant le fond de la vallée. Celle-ci a été creusée par l'érosion glaciaire dans une formation de micaschistes et de gneiss assez compacts, mais recouverte d'une couche de moraine et d'éboulis relativement épaisse, surtout sur la rive gauche.

Sur chaque rive, l'étanchéité a été obtenue par un diaphragme souterrain en béton réalisé à partir d'une galerie horizontale située à la cote du couronnement. Ces diaphragmes traversent la couverture morainique pour s'ancre dans la roche sous-jacente.

L'étanchéité des joints entre les contreforts a été réalisée au moyen de rubans en caoutchouc synthétique protégés par des couvre-joints en béton armé.

Le béton a été dosé à raison de 250 kg de ciment pouzzolanique par m<sup>3</sup> et additionné d'un plastifiant. Quant aux agrégats, ils ont été fournis par les déblais de la galerie de dérivation et ceux des fouilles de la rive gauche.

Le barrage est muni d'un évacuateur de crues calculé pour un débit de 150 m<sup>3</sup>/s situé au centre de l'ouvrage sur les deux contreforts médians; 2 vannes à secteur de 8 m × 3 m en commandent le débit. Une vidange intermédiaire d'une capacité de 50 m<sup>3</sup>/s environ est formée par 2 conduites métalliques de 1,20 m de diamètre traversant les deux contreforts centraux. Quant à la vidange de fond d'une capacité de 45 m<sup>3</sup>/s, elle est formée par une galerie débouchant dans celle qui sert à dévier le torrent lors des hautes eaux. En effet, en crue, le Roasco charrie beaucoup. La galerie destinée à dériver les eaux pendant la construction du barrage a donc été aménagée en galerie de dérivation définitive. Son entrée est située au droit d'un seuil de prise construit à l'amont de la retenue. Grâce à cette galerie, qui ne fonctionne donc que par gros débits, une grande partie des apports solides peut être rendue au torrent à l'aval du barrage.

Etant donné l'instabilité des terrains de couverture à l'amont du barrage sur la rive gauche, on pouvait craindre que des variations du niveau de la retenue provoquent leur glissement, ce qui aurait diminué la capacité du réservoir. Cette rive a donc été talutée avec une pente de 1 à 3 dans la partie immergée et de 1 à 1 au-dessus, ce qui a nécessité le déplacement de 250 000 m<sup>3</sup> de terrain environ. Les berges ainsi formées ont été protégées dans la partie supérieure par un revêtement en dalles de béton recouvrant un masque de drainage avec filtre inversé.

#### 5. Società Vizzola, S.p.A. Lombarda per la Distribuzione di Energia Elettrica.

Comme nous l'avons déjà vu, la «Vizzola» à Milan est une entreprise affiliée au groupe SIP. C'est elle notamment qui met en valeur la plus grande partie des forces hydrauliques du Tessin à l'aval du lac Majeur. Quant au barrage de l'Alpe Gera, actuellement en construction, il fait partie d'un autre aménagement de la Vizzola, celui du bassin du Mallero, un cours d'eau qui prend sa source dans le massif de la Bernina et se jette dans l'Adda près de Sondrio. Une première retenue, dite de Campo Moro d'une capacité de 10 millions de m<sup>3</sup>, a été mise en service en 1958; elle a été créée grâce à la construction de 2 ouvrages de retenue: un barrage-poids et une digue en enrochements ce qui permet déjà de régulariser dans une certaine mesure la production des deux paliers aval de Lanzada (chute moyenne 980 m) et de Sondrio (chute moyenne 655 m). Grâce à sa capacité utile de 65 millions de m<sup>3</sup>, la nouvelle retenue de l'Alpe Gera située un peu en amont de celle de Campo Moro, assurera la régularisation annuelle de l'énergie produite dans les deux usines précitées qui est de 630 GWh en année moyenne. Il est prévu d'utiliser la dénivellation de 160 m environ comprise entre les retenues de l'Alpe Gera et de Campo Moro dans une centrale à contrepression équipée d'un groupe turbo-pompe de 35 MW.



Fig. 10 Barrage de Alpe Gera; bétonnage du massif de fondation

Le barrage de l'Alpe Gera, étudié par la direction des constructions hydrauliques du Groupe SIP, est du type poids rectiligne; il est fondé sur des serpentines qui, polies par les glaciers, affleurent sur les deux flancs de la vallée tandis qu'au fond de celle-ci, ces roches sont recouvertes par de la moraine et des éboulis sur une épaisseur atteignant 60 m sur la rive droite, ce qui a nécessité des fouilles d'un volume d'un million et demi de m<sup>3</sup>, alors que celui du béton, dont on a commencé la mise en place (fig. 10), sera d'un million et trois quarts de m<sup>3</sup>.

Le béton sera confectionné au moyen d'agrégats alluvionnaires prélevés dans la plaine de l'Alpe Gera à l'amont du barrage et dosé à raison de 115 à 165 kg de ciment de laitier par m<sup>3</sup>. On a prévu diverses particularités concernant le bétonnage. C'est ainsi que le béton sera transporté au moyen de véhicules automobiles, puis réparti par des machines spéciales. Au lieu de bétonner par éléments verticaux, on le fera par tranches horizontales s'étendant sur toute la surface de l'ouvrage. Enfin les joints ne seront pas formés par des coffrages mais par découpage au moyen d'une machine appropriée ce qui diminuera l'encombrement sur le plan de bétonnage. Autre particularité intéressante: le parement amont du barrage sera revêtu de tôles métalliques en acier Armco, de 3 mm d'épaisseur et de 1,40 m × 6,00 m. Alors que les joints horizontaux entre ces tôles seront soudés, les bords verticaux seront ancrés dans la masse du béton. Derrière ces tôles se trouveront des drains débouchant dans les galeries de visite. Dans la galerie inférieure, qui épouse sensiblement la forme de la fondation, débouchent toute une série de piézomètres; ceux-ci assurent le drainage du rocher à l'aval de l'écran d'injection.

La fin des travaux de cet important et intéressant ouvrage est prévue pour 1965.

#### 6. Kraftwerke Hinterrhein AG

On sait que cette société de production d'énergie hydroélectrique, formée de partenaires suisses et italiens, termine actuellement l'important aménagement dit du Rhin supérieur, qui, une fois entièrement en service, produira 1325 GWh par année dont 750 millions en hiver. En tête du palier italo-suisse d'amont se trouve la retenue du Valle di Lei, d'une capacité utile de 197 millions de m<sup>3</sup>, créée par le grand barrage du même nom (fig. 11) dont les caractéristiques sont données dans le tableau n° 1. Plusieurs articles détaillés ayant déjà paru à ce sujet tant en Suisse<sup>2</sup> qu'en Italie et d'autres devant encore paraître, nous nous bornerons ici à relever la profonde impression qu'a faite sur tous les congressistes la visite de ce remarquable ouvrage. C'est donc sans aucune arrière-pensée qu'au cours de l'aimable réception qui suivit cette visite et au nom de leurs collègues, plusieurs congressistes — dont le rédacteur de ces lignes — adressèrent leurs félicitations au Bureau des constructions hydrauliques de la Société Edison, auteur du projet et directeur des travaux, en particulier à son directeur, Dr Claudio Marcello qui, quelques jours auparavant avait été appelé à la présidence du Comité international des grands barrages.

<sup>2</sup> Voir aussi «Cours d'eau et énergie» 1957, pages 37/82; 1960, pages 406/410.



Fig. 11 Barrage de Valle di Lei avec accumulation partielle; au fond le Pizzo Stella

#### 7. Società Idroelettrica Medio Adige (SIMA)

Cette société affiliée au Groupe Edison dont le bureau technique est l'auteur du projet, construit actuellement sur le Pô une grande usine à basse chute (fig. 12), la plus importante d'Italie. Comme elle se trouve dans des conditions assez analogues à nos propres usines de ce type, nous pensons qu'il est intéressant de donner quelques détails sur ce remarquable aménagement.

Situé sur le Pô entre Plaisance et Crémone, un peu en amont de l'embouchure de l'Adda, le barrage mobile crée une chute utile variant entre 7,50 m et 3,50 m. Le remous s'étend sur une trentaine de kilomètres. Quant au canal de fuite, d'une longueur de 470 m seulement, il courcircuit une boucle du Pô appelée Isola Serafini — d'où le nom de l'aménagement — d'une longueur de 12 km.

A l'emplacement du barrage, le débit du Pô s'est élevé à 13 000 m<sup>3</sup>/s en novembre 1931. A l'étiage, il peut descendre jusqu'à 380 m<sup>3</sup>/s. Quant au débit équipé de l'usine, il est de 1200 m<sup>3</sup>/s.

La disposition et les caractéristiques des différents ouvrages ont fait l'objet d'essais sur une série de modèles à grande échelle au Laboratoire d'hydraulique de l'Université de Padoue.

Le barrage mobile (fig. 13) comporte 11 pertuis de 30 m de largeur chacun, obturés par des vannes levantes à galets dont 6 sont surmontées par des clapets

automatiques de 1,70 m de hauteur. Afin de permettre le dégravement du lit du fleuve devant l'entrée de la centrale, le seuil des deux pertuis de rive droite a été arasé à une cote inférieure de 1,50 m à celle des autres ouvertures. Deux grues mobiles à portique, jumelables, permettent la mise en place des batardeaux amont et aval.

Dans toute cette région, le sol est constitué jusqu'à une grande profondeur par des alluvions principalement sableuses entrecoupées de lentilles d'argile. Les piles et les parefouilles amont et aval du barrage ont donc été fondées sur des caissons foncés à l'air comprimé, préalablement bétonnés sur une plate-forme aménagée sur la rive droite, puis amenés par flottage jusqu'à leur emplacement définitif.

Le niveau normal de la retenue a été choisi de manière que celle-ci reste dans le lit naturel du fleuve. Par contre, étant donnée la nature perméable du terrain formant les rives, on pouvait craindre que des infiltrations ne se produisent au travers de celles-ci et contournent le barrage proprement dit. Pour éviter ce danger, des diaphragmes en béton ont été exécutés sur chaque rive. Celui de la rive gauche, situé dans l'axe du barrage et prolongé jusqu'à la digue de hautes eaux du Pô, a une longueur de 1400 m et une profondeur maximum de 20 m. Celui de la rive droite est implanté devant les ouvrages d'entrée de l'usine et de l'écluse; sa longueur est de 900 m environ; sa profondeur varie également entre 10 et 20 m.

Comme on le verra plus loin, d'autres diaphragmes d'un type analogue ont été effectués lors de la construction de la centrale et du canal de fuite de telle sorte que la surface totale de tous ces écrans de béton dépasse 66 000 m<sup>2</sup>. En général, ils jouent le rôle de masques étanches assumé généralement par les parois de palplanches métalliques avec l'avantage de pouvoir contribuer à l'occasion d'une manière efficace à la stabilité des ouvrages auxquels ils sont incorporés comme aussi de pouvoir être exécutés, même si le terrain comporte de gros blocs, par exemple. Ces diaphragmes, appelés aussi «parois moulées», ont une épaisseur de 50 à 100 cm; ils sont construits par éléments de plusieurs mètres de longueur s'emboitant les uns dans les autres de manière à former un écran continu. La nature du sol détermine le mode de forage à adopter ainsi que celui de l'eau lourde — en général de l'eau additionnée d'argile à propriétés bentonitiques — destinée à assurer le chemisage provisoire du forage. Quant au bétonnage, il a lieu — après mise en place d'une armature éventuelle — au moyen d'un tube descendu jusqu'au fond du forage, puis retiré au fur et à mesure de la montée du béton. On sait qu'en Suisse, des diaphragmes du même genre commencent à être réalisés. Tout dernièrement encore, une paroi moulée d'une surface de plusieurs milliers de m<sup>2</sup> a été exécutée à l'usine de Säckingen. Comme ces écrans peuvent être construits presque sans bruit, ni vibrations, ils sont aussi très appréciés lorsqu'il s'agit de constructions situées dans des zones urbaines.

La centrale, d'un type très classique, est équipée de 4 turbines Kaplan d'une capacité unitaire de 300 m<sup>3</sup>/s accouplées à des alternateurs d'une puissance de 12 500 kW. En hydraulicité normale, la production annuelle de l'usine sera de 300 GWh dont 123 durant l'hiver et 177 durant l'été.

Ici, comme à l'emplacement du barrage, le terrain est essentiellement sableux et perméable. De nombreux sondages ayant toutefois permis de reconnaître la présence d'une couche d'argile à 32 m de profondeur environ, les fondations de la centrale ont été effectuées de la manière suivante (fig. 14):

- 1° Exécution autour de la future centrale d'un diaphragme en béton descendant jusqu'à la couche d'argile.
- 2° Enlèvement à sec des alluvions à l'intérieur de la caisse formée par le diaphragme jusqu'à une profondeur de 13 mètres environ.
- 3° Fonçage à l'air comprimé, à partir du fond de cette fouille et jusqu'au-dessous du niveau normal de la nappe phréatique, des caissons destinés à supporter les groupes.

Le diaphragme encaissant la fouille de la centrale a été réalisé par le même procédé que celui prolongeant le barrage. Il sert aussi à renforcer les fondations de la centrale. Enfin, d'autres diaphragmes du même genre implantés le long des rives du canal de fuite doivent protéger celui-ci contre des érosions ou des renards. Les dimensions de ce canal ont été choisies de telle sorte que la vitesse de l'eau ne dépasse pas 1,35 m/s étant donné qu'il sera utilisé par la navigation fluviale.

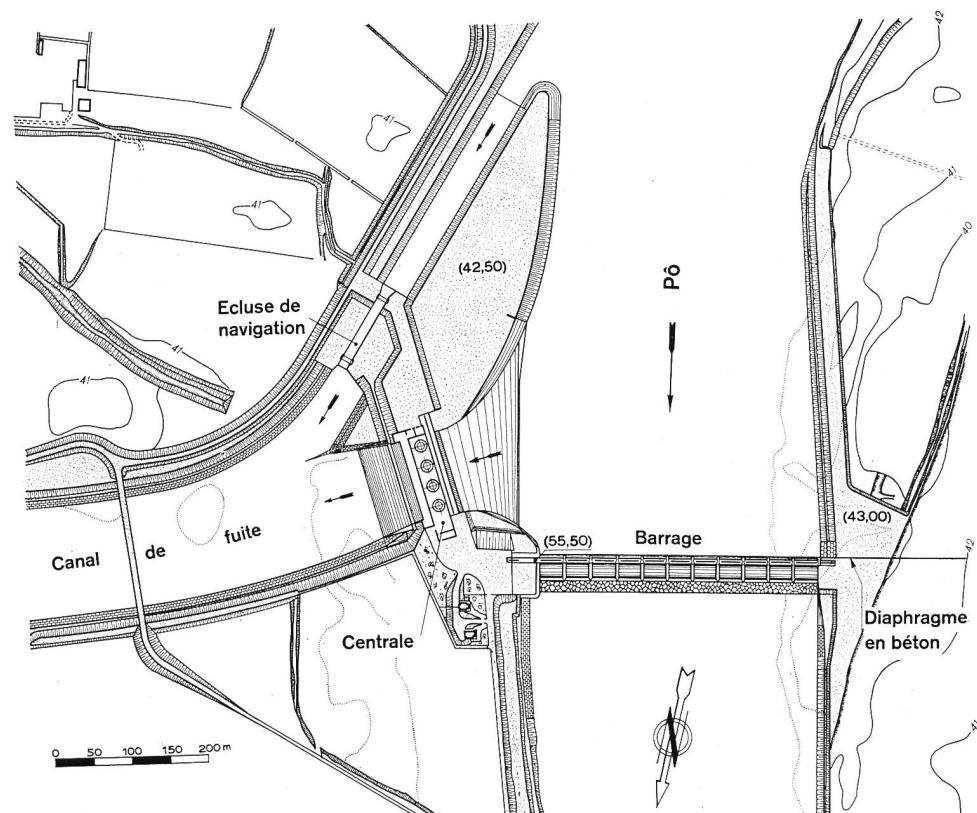


Fig. 12 Usine d'Isola Serafini; situation

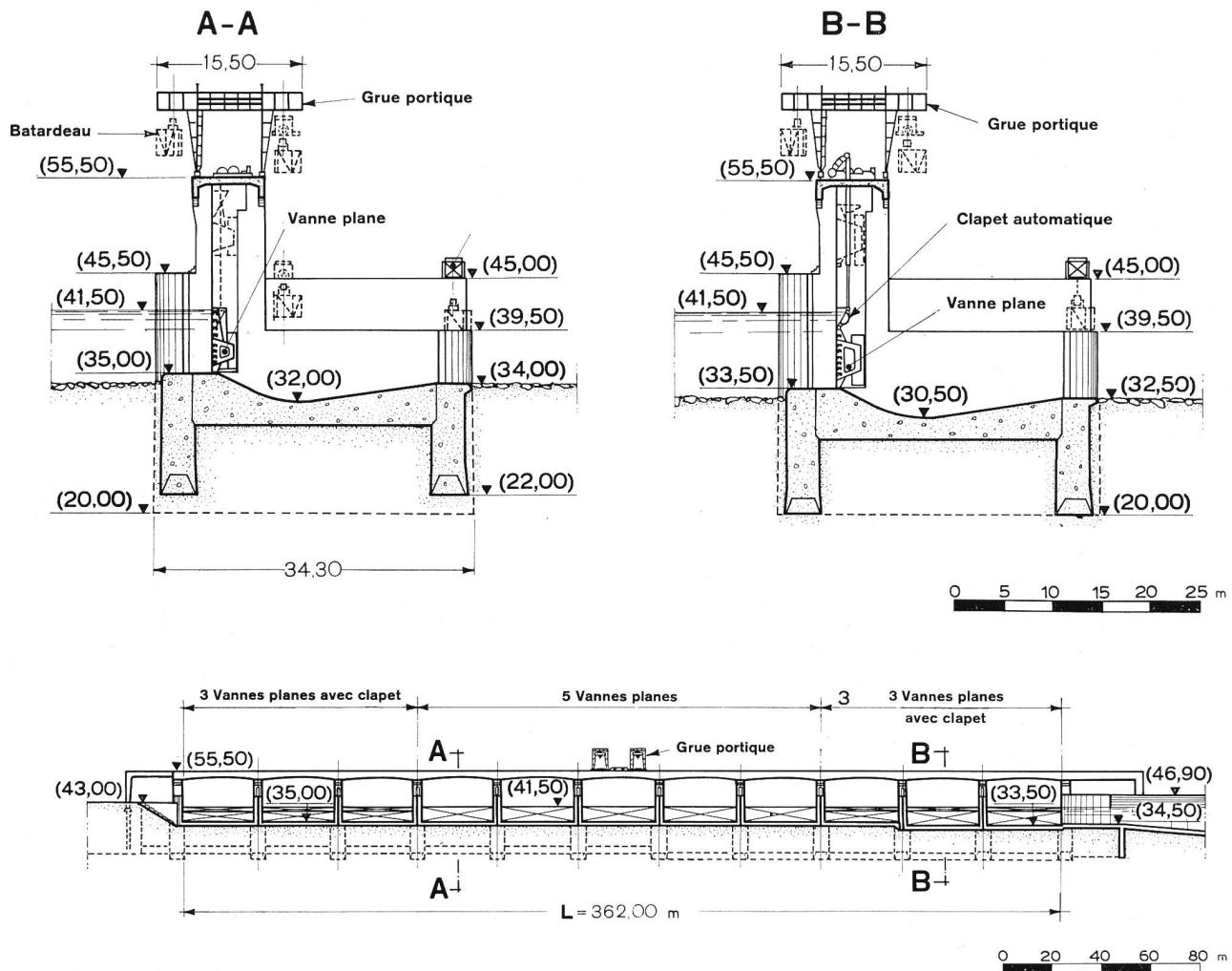


Fig. 13 Usine d'Isola Serafini; vue d'amont et sections transversales

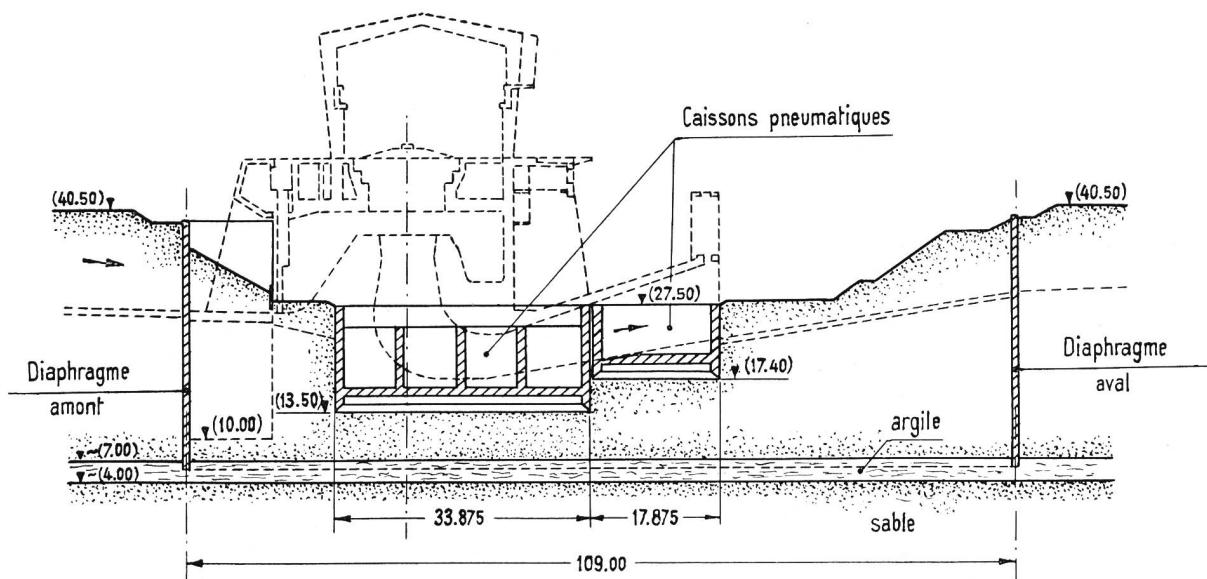


Fig. 14 Usine d'Isola Serafini; coupe des fouilles

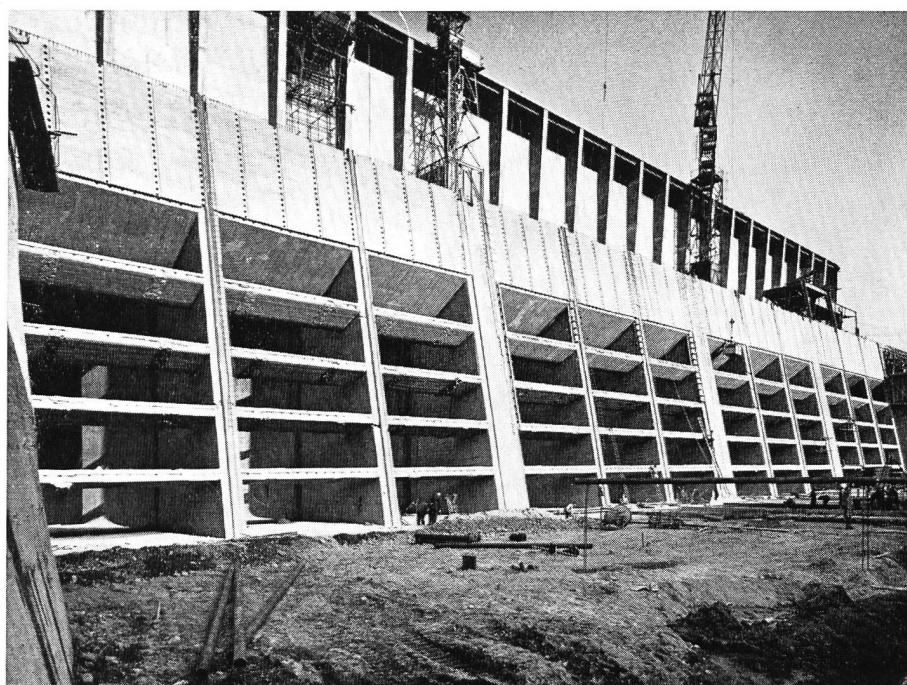


Fig. 15  
Usine d'Isola Serafini;  
entrée des chambres des turbines

Bien que la navigation soit encore peu active sur ce tronçon du Pô, une écluse de  $12\text{ m} \times 85\text{ m}$  permettant le passage de bateaux de 1350 tonnes assure la communication entre la retenue amont et le canal de fuite. Les portes de l'écluse sont constituées par des vannes planes, celle d'amont à une hauteur de 7,80 m, celles d'aval de 4,45 m et 8,00 m. Des ouvrages spéciaux assurent la tranquillisation de l'eau passant par ces portes. Même en cas de dénivellation maximum, la durée d'une éclusée ne dépassera pas 8 minutes et demie.

Tous ces importants travaux, dont le coût sera d'une quinzaine de milliards de lires, ont été commencés en 1958. Lors de notre visite, ils étaient déjà très avancés (fig. 15) et on pensait que le premier groupe pourrait être mis en service avant la fin de l'année déjà.

Outre ces divers aménagements, les participants ont encore eu l'occasion de prendre part à la visite d'autres installations techniques: la centrale thermique de Santa Barbara près de Florence, l'institut ISMES à Bergame, les travaux du tunnel routier du Mt Blanç à Entrèves. De plus, des visites aux principaux monuments situés le long de l'itinéraire — spécialement à Florence et à Turin — ont enrichi le programme d'une manière très heureuse.

\*

Arrivé au terme de ces notes, il me reste à remplir un bien agréable devoir; celui de redire ici à nos collègues italiens qui se sont ingénieris à rendre ce voyage d'études aussi intéressant et attrayant que possible combien ils y ont réussi. Du point de vue technique, nous avons pu visiter nombre d'ouvrages remarquables exécutés dans des conditions parfois assez difficiles, la géologie n'étant souvent pas particulièrement favorable sur le versant sud des Alpes. Dans ces régions aussi, les débits spécifiques de crue sont élevés et les charriages importants; sous cet angle également, il a donc fallu prendre des dispositions appropriées souvent fort ingé-

nieuses. En ce qui concerne le type de barrage généralement adopté, il est caractéristique de l'école italienne: barrage-voûte relativement mince avec joint périphérique continu entre un massif de fondation formant berceau et la voûte proprement dite, celle-ci étant symétrique dans toute la mesure du possible. Presque toujours, les calculs statiques ont été contrôlés sur modèle réduit à grande échelle par l'ISMES à Bergame. Quant aux villes et régions parcourues, elles sont suffisamment connues de nos compatriotes pour qu'il ne soit pas nécessaire d'insister ici sur le charme et l'intérêt que l'on éprouve, chaque fois que l'on a l'occasion de les revoir.

Mais ce que je ne saurais manquer de relever tout spécialement c'est la généreuse hospitalité et la grande cordialité avec lesquelles nous avons été reçus tout au long de notre périple. Partout, nous avons pu constater que la gentilezza propre à nos voisins du sud n'était pas un vain mot.

Qu'il me soit permis enfin de remercier tous nos collègues italiens qui ont obligamment mis à disposition du soussigné la documentation désirée et tout spécialement M. l'Inspecteur général Francesco Sensidoni, Chef du Service des barrages du Conseil supérieur des Travaux Publics à Rome, l'auteur du magnifique ouvrage intitulé «Grandi Digue italiane» qui a été distribué gracieusement à tous les congressistes. Non seulement c'est de cet ouvrage qu'ont été tirés nombreux de renseignements donnés ci-dessus, mais M. Sensidoni a encore eu l'obligeance de mettre à ma disposition, en autorisant leur reproduction, quelques originaux des très belles planches qui illustrent cet ouvrage.

#### Figures

- |        |                                   |
|--------|-----------------------------------|
| 1      | Photo F. Chavaz                   |
| 3      | Photo Consorzio Elettrico Buthier |
| 5      | Photo Nani, Sondrio               |
| 7, 9   | Photos AEM                        |
| 10     | Photo Italtrade S. p. A., Milano  |
| 11, 15 | Photos G. Chiolini, Pavia         |

## C2 Studienreise nach Nordost-Italien

vom 1. bis 9. Juli 1961 (Routenskizze siehe Seiten 14/15)

Eduard Gruner, dipl. Ingenieur ETH, Basel

DK 627.81 (45) : 910

Am 1. Juli 1961 fand der 7. Internationale Kongreß für Große Talsperren in Rom seinen Abschluß, worauf über 200 Teilnehmer nach Florenz verreisten. Am nächsten Tage, einem Sonntag, zeigten die Gastgeber ihren fremden Kollegen einige Zeugen der Geschichte und Kultur ihrer Heimat, nämlich das Baptisterium, einen achtseitigen Kuppelbau aus dem 7. Jahrhundert, Santa Croce, eine Basilika der Franziskaner, mit den Grabstätten von Michelangelo, Galilei und Rossini sowie die neue Sakristei von San Lorenzo mit dem Mausoleum der Medici. Vom Piazzale Michelangelo wurde noch ein Blick auf Stadt und Arno geboten. Hierauf waren die Teilnehmer bei der *Società Elettrica Selt-Valdarno* im Hotel Villa Medici zu Gast. Am Nachmittag reiste die Gruppe 2 nach Verona weiter, wo das Amphitheater und die Basilica di San Zeno Maggiore besichtigt wurden. Darnach fand an der Etsch, im Garten des Hotel Due Torri, ein stimmungsvolles Nachtessen statt, das von der *Azienda Generale Servizi Municipalizzati di Verona* geboten wurde. Erst spät ward das Quartier in Gardone Rivera erreicht, wo die technische Studienreise nach dem Gebiet zwischen Etsch und Piave ihren Ausgang nahm.

### 1. Istituto Sperimentale Modelli e Strutture (ISMES), Bergamo

Das Istituto Sperimentale Modelli e Strutture in Bergamo prüft große Betonbauten, vor allem Talsperren, in Modellen, Prototypen oder am Bauwerk. Die

erste Arbeit dieser Art war die Prüfung des Modelles der Gewichtsbogensperre Pieve di Cadore mit einer Höhe von 55 m, einer Kronenlänge von 410 m und einem Volumen von 377 000 m<sup>3</sup>, welche noch im polytechnischen Institut in Mailand ausgeführt wurde. Die Gründung eines eigenen Institutes mit Standort in Bergamo erfolgte 1951 auf Betreiben der Ingenieure Carlo Pesenti, Carlo Semenza, Giuseppe Torno und mit finanzieller Unterstützung durch S. A. Ital cementi. Bisher wurden über 50 Talsperren im Modell geprüft, hauptsächlich Bogensperren.<sup>1</sup> Bei Versuchskosten, die vielleicht ein halbes Prozent der Baukosten betragen, können dadurch meistens wesentliche Baukosten erspart und der Sicherheitsfaktor auch an Orten erfaßt werden, wo die rechnerische Analyse nur eine Annäherung bleibt. In diesen modernen Arbeitsstätten können zwei- und dreidimensionale Belastungen sowie dynamische Beanspruchungen, entsprechend Vibrationen und Erdstößen, zur Wirkung gebracht werden. Im Modell kann die Bruchlast erreicht werden, was für die theoretische Erkenntnis von besonderem Interesse ist. Das Institut besorgt auch Messungen über die Verformung von Felsfundamenten, über Spannungen in Bauwerken und über die Eigenschaften von Druckleitungen. Nach dem Rundgang bot ISMES seinen Besuchern ein Mittagessen im Hotel Excelsior San Marco in Bergamo.

<sup>1</sup> Siehe auch ausführliche, illustrierte Berichterstattung von Dr. Ing. G. Oberti über die Tätigkeit des ISMES in WEW 1956 S. 187/200 (Sonderheft «Talsperren — Barrages — Diges»).



Verona, Scaligerbrücke  
über die Etsch und  
Castelvecchio  
(Photo ENIT, Zürich)

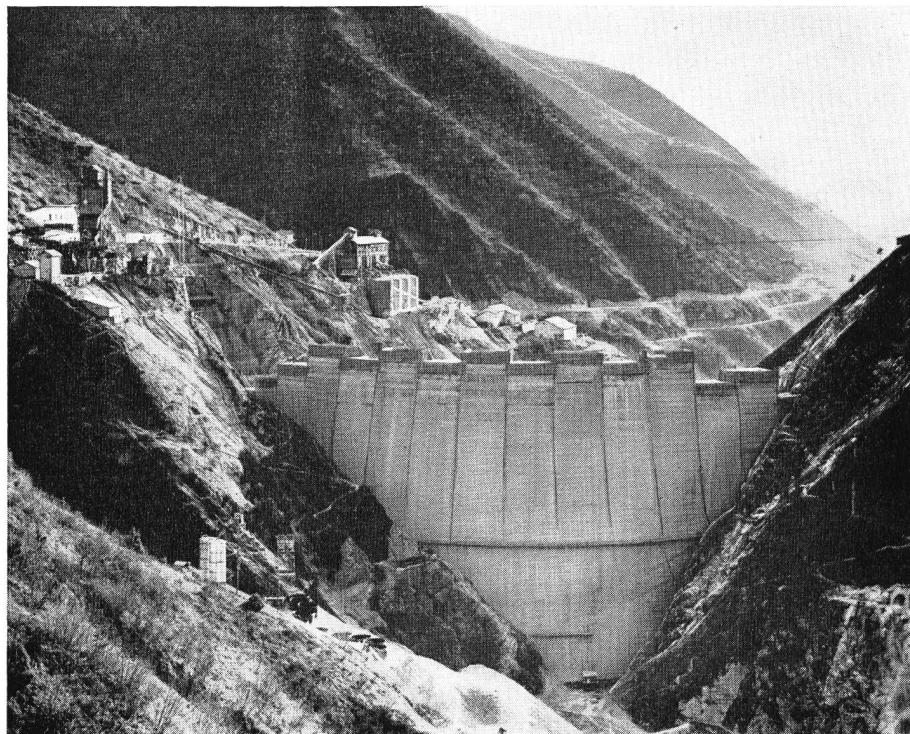


Bild 1  
Gewichts-Bogensperre  
Toscolano in den Bergen  
am rechten Ufer  
des Gardasees

### 2. Società Elettrica Selt-Valdarno, Firenze

Die Gewichts-Bogensperre Toscolano der Società Elettrica Selt-Valdarno, Florenz, liegt in den Bergen am rechten Ufer des Gardasees. Auf der Baustelle konnten von der Besucherterrasse aus die Baueinrichtungen und der Fundamentausbruch besichtigt werden. Die Sperre, die bei ISMES im Modell geprüft wird, hat eine Höhe über Fundament von 126 m, eine Kronensehne von 256 m. Sie erfordert an Aushub 110 000 m<sup>3</sup> und an Beton 250 000 m<sup>3</sup>. Das Stauziel wird etwa auf 500 Meter über Meer sein, während der Spiegel des Gardasees auf 65 Meter über Meer ist, was ein nutzbares Gefälle von zirka 390 m ergibt. Der Zufluss wird durch Pumpspeicherung ergänzt, und die Zentrale bei Villa Gargnano wird der Spitzendeckung dienen. Die Bauarbeiten besorgt Costruzioni Generali Farsura, CAGEFAR, S. p. A., Mailand (Bild 1).

### 3. Società Idroelettrica Alto Chiese (SIAC)

Der Chiese-Fluß wird bis zum Idro-See in den Anlagen der Società Idroelettrica Alto Chiese genutzt. Sie bestehen aus dem Speicherbecken Malga Bissina mit einem nutzbaren Inhalt von 60 Mio m<sup>3</sup>, zwischen 1788 und 1721 Meter über Meer; der unterirdischen Zentrale Boazzo, 1228 Meter über Meer; dem Speicherbecken Malga Boazzo, 1224 Meter über Meer mit einem Inhalt von 11,8 Mio m<sup>3</sup>; der Zentrale Cimego, 486 Meter über Meer; dem Ausgleichsbecken Cimego und der Zentrale Storo, 390 Meter über Meer.<sup>2</sup>

Die Gewichtshohlsperrre Malga Bissina (Bild 2) ist ein imposantes Zeugnis moderner Technik in einer Alpenwelt, die vom Adamello gekrönt wird. Auf kompaktem, biolitisch-amphiboli-

schem Tonalit stehen 22 Mauersegmente mit einer maximalen Höhe von 87 m und einer Kronenlänge von 563 m, deren Volumen 438 000 m<sup>3</sup> mißt. Die Bewegungen der Sperre werden verfolgt durch Triangulation, durch 8 Pendellote, durch 20 Gruppen von Thermometern, durch 20 Gruppen von Deformationsmessern, durch 14 Klinometer, und der Auftrieb wird durch 119 Piezometer beobachtet. Die Bauarbeiten besorgte in den Jahren 1955 bis 1957 die Impresa Ing. Lodigiani, S.p.A., Mailand. Am linken Ufer befinden sich zwei Hochwasserentlastungsorgane von 3,70 x 9,00 m für den Ausfluß von maximal 238 m<sup>3</sup>/s. Außerdem besteht ein Auslaß auf 1750 Meter über Meer und ein Grundablaß auf 1711 Meter über Meer, der im Umlaufstollen liegt. Alle diese Organe können bei normalem Stauziel 560 m<sup>3</sup>/s ableiten. Der Zuleitungsstollen mißt im Durchmesser 2,90 m und hat eine Länge von 5390 m. Die gepanzerte Druckleitung im Berg mißt im Durchmesser 2,25 m und hat eine Länge von 685 m. In der unterirdischen Zentrale Boazzo stehen zwei Gruppen von Peltonturbinen, deren Generatoren je 47 400 kW erzeugen. Bei Betriebsruhe bot die Werkeigentümerin den Kongreßteilnehmern in der farbenfrohen Umgebung des Maschinensaales ein währschafftes Mittagessen.

Die Sperrstelle von Malga Boazzo ist gekennzeichnet durch die eigentliche Talrinne rechtsseitig und einen Felskopf sowie eine tiefliegende Felsenschulter linksseitig. Die Achse der Sperre folgt in mehreren Abwinkelungen der günstigsten Fundamenthöhe, was in dem gewaltigen Talkessel ein unproportioniertes Bauwerk schuf. Der Sperrkörper, welcher 1955 errichtet wurde, besteht aus 5 Gewichtshohlsegmenten von einer größten Höhe von 53 m. Daran sind eine Gewichtssperre, eine Hochwasserentlastung für 728 m<sup>3</sup>/s und eine weitere Gewichtssperre angeschlossen. Der nutzbare Ausfluß von 34 m<sup>3</sup>/s gelangt durch einen Stollen mit 3,50 m Durchmesser, einer Länge von 11 462 m und

<sup>2</sup> Ausführliche, illustrierte Projekt- und Baustellenbeschreibung siehe WEW 1955 S. 177/180.

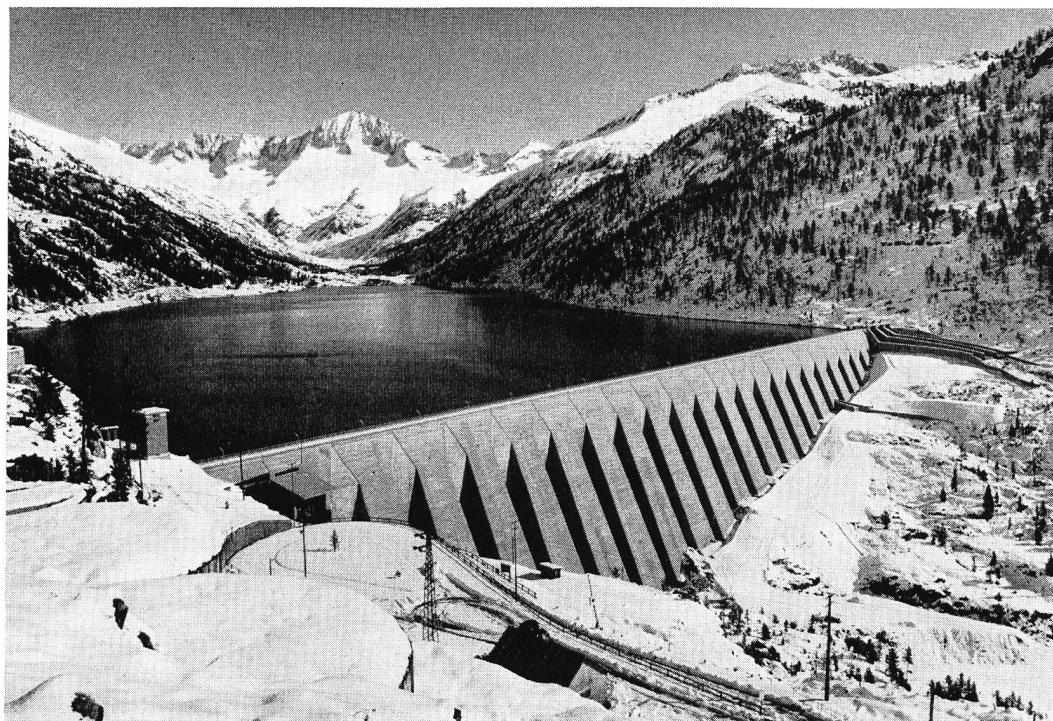


Bild 2 Pfeiler-Staumauer Malga Bissina am oberen Chiese-Fluß im Adamello-Gebirgsmassiv

eine offene Druckleitung mit 3,30 bis 2,90 m Durchmesser und einer Länge von 1240 m zur Zentrale Ci-mego. Er wird in zwei horizontalachsigen Zwillingsturbinen verarbeitet. Die installierte Leistung ist 110 000 kW. Am gleichen Ort wird der Zufluß Adana durch eine vertikalachsige Franzisturbine mit einer Generatorleistung von 9200 kW genutzt. Die Zentrale ist ein eleganter Ständerbau in Eisenbeton. Die drei Anlagen am oberen Chiese mit einer installierten Leistung von 343 000 kW liefern 622 Mio kWh je Jahr, wovon 287 Mio kWh im Winter anfallen. Die Projektierung und die Bauleitung besorgte die Wasserbauabteilung der Società Edison, Mailand, unter Leitung von Dott. Ing. Claudio Marcello.

#### 4. Società Idroelettrica Sarca Molveno (SISM)

Die Società Idroelettrica Sarca Molveno (SISM) plant, für die vollständige und organische Nutzung des Sarca-Flusses und des Molveno-Sees in der Provinz Trento etwa 10 Anlagen, mit einer installierten Leistung von 655 000 kW, zu errichten, welche 1400 Mio kWh je Jahr erzeugen werden, wovon 600 Mio kWh im Winter anfallen sollen.<sup>3</sup> Das Staubecken Molveno hat zwischen 815 und 714 Meter über Meer einen nutzbaren Inhalt von 180 Mio m<sup>3</sup>; es kam 1953 in Betrieb. Weil die natürlichen Zuflüsse zum Staubecken nicht ausreichen, werden ihm durch ein Tunnelnetz von 46 500 Meter auch die Zuflüsse der oberen Sarca zugeleitet. Die Stauhaltung kann auf 234 Mio m<sup>3</sup> erweitert werden. Ein Tunnel mit 5 m Durchmesser und einer Länge von 5000 m sowie eine Druckleitung mit 2,85 bis 2,55 m Durchmesser und einer Länge von 834 m führen zur Zentrale Santa Massenza. In einer Kaverne mit einer Länge von 188 m, einer Breite von 29 m und einer

Höhe bis 28 m sind horizontalachsige Pelton-Zwillings-turbinen aufgestellt, deren Generatoren Leistungen haben von 4 x 70 000 kW, 2 x 35 000 kW, 1 x 5000 kW und 1 x 1000 kW, total vorläufig von 356 000 kW, die 637 Mio kWh je Jahr erzeugen. Die Wasserrückgabe erfolgt in ein System von drei Seen, von wo später das Gefälle bis zum Gardasee vom Werk Torbole genutzt werden soll. — Nach einem erlebnisreichen Tag wurde abends Trento, respektive Riva, erreicht.

#### 5. Azienda Generale dei Servizi Municipalizzati del Comune di Verona

Die Werkgruppe im Gebiet des Lenodivallarsa-Flusses gehört der Azienda Generale dei Servizi Municipalizzati del Comune di Verona. Sie dient der Spitzendeckung im Netz dieser Stadt, wobei das Wasser zeitweise der Bewässerung in der Ebene des Ala, eines Zuflusses der Etsch, genutzt wird. Ihr Kernstück ist das Becken von Speccheri mit einem nutzbaren Stauraum von 9,5 Mio m<sup>3</sup> zwischen 805 und 745 Meter über Meer. Der Abfluß wird ergänzt durch gepumpten Zufluß aus dem Becken von Busa, dessen Stauziel auf 588 Meter über Meer liegt, und aus der Leitung zur ursprünglichen Anlage im Val Bona mittels einer Pumpgruppe auf 595 Meter über Meer. Das nutzbare Gefälle misst 657 m. Die Zentrale Maso Corona an der Etsch verfügt über eine installierte Leistung von 25 000 kW, deren Arbeit 60 Mio kWh je Jahr beträgt, wovon die Hälfte im Winter anfällt. Die installierte Pumpleistung ist 7300 kW. Das relativ kleine Becken wird durch eine doppelt gekrümmte Bogen-sperre gebildet, deren Höhe 157 m misst, wovon 110 m über dem Fundament stehen (Bild 3). Ihre Kronenlänge beträgt 192 m, ihre Kronensehne misst 151 m, bei einem Volumen von 117 000 m<sup>3</sup>. Die Sperre besteht aus 17 vertikalen Segmenten von rund 9,50 m Breite. Sie

<sup>3</sup> Ausführliche, illustrierte Berichterstattung siehe WEW 1955 S. 180/184.

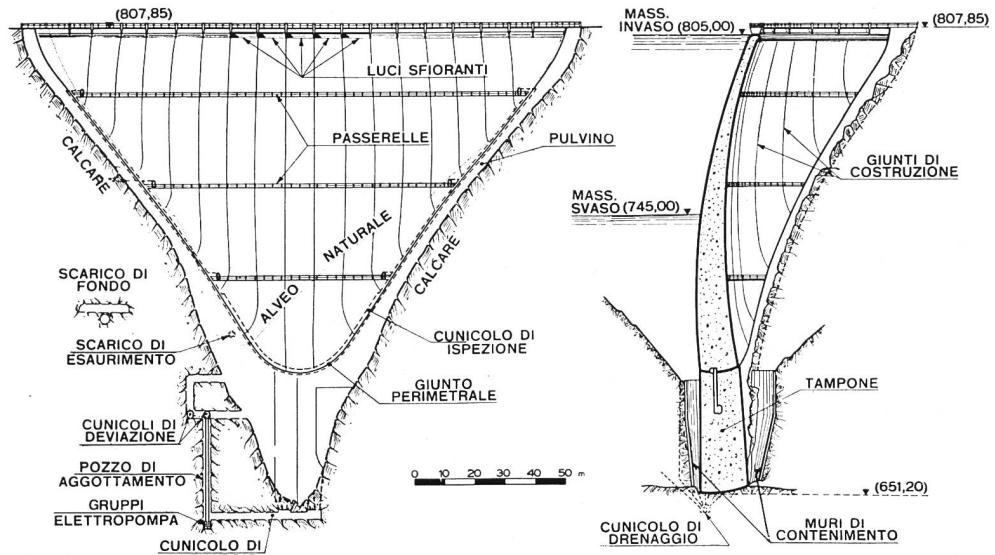


Bild 3  
Bogensperre Speccheri  
am Torrente Leno di Vallarsa,  
einem linken Seitenfluß  
der Etsch; talseitige Ansicht  
und Querschnitt

wurde im Modell, Maßstab 1:80, bei ISMES geprüft, wozu auch das Felsfundament nachgebildet wurde. Der Bau geschah nach den Plänen der Dott. Ing. Francesco Harrauer und Dott. Ing. Giuseppe Zanella durch die Unternehmung Dott. Ing. G. Torno & C., S.p.A., Mailand, in den Jahren 1956 und 1957. Der anstehende, halbkristalline Kalk mußte besonders am rechten Ufer weitreichend durch S.p.A. Consonda, Mailand, injiziert werden, wozu eine Bohrlochlänge von 100 000 m und eine Zementmenge von 6000 t nötig waren (Bild 4). Es erwies sich dabei, daß absolute Dichtigkeit nicht er-

reicht werden kann, und daß im rechten Felsfundament sowie in der rechten Mauerflanke Wasseraustritte auf Bewegungen schließen lassen. Bei herrlichem Sonnenschein wurden die Reisenden von der Werkeigentümerin an offenem Büfett erfrischt. Leider herrschte hernach auf dem Aussichtspunkt Piano di Fugazza, auf 1159 Meter über Meer, dichter Nebel, was den makabren Eindruck dieser Kampfstätte von 1915 bis 1918 noch verstärkte. Alsdann begab sich die Reisegesellschaft nach Trento, wo ihr die Società Idroelettrica Sarca Molveno das Mittagessen offerierte.

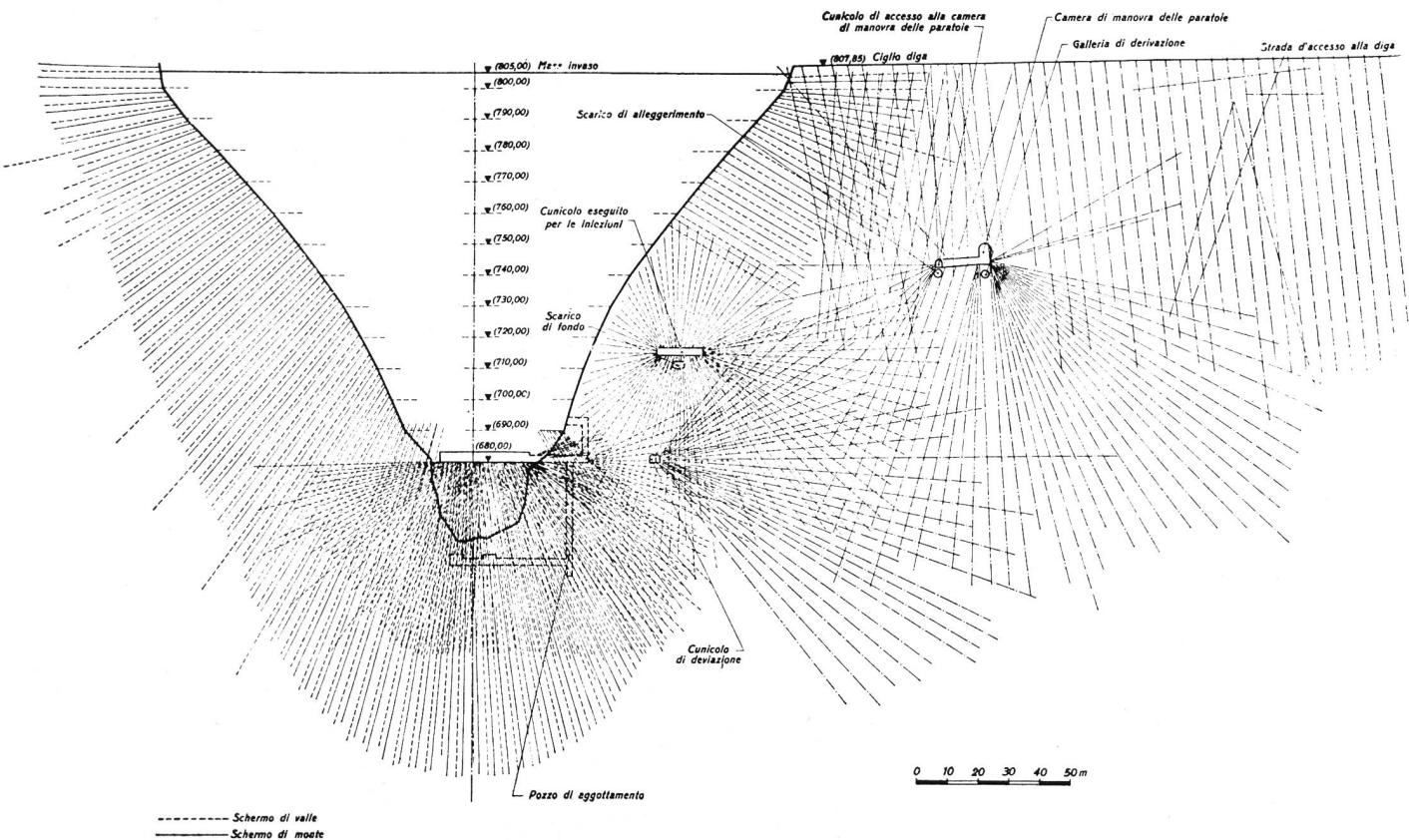


Bild 4 Bogensperre Speccheri; Dichtungsschirm im Sperrgrund und im Fels der rechten Sperrenflanke

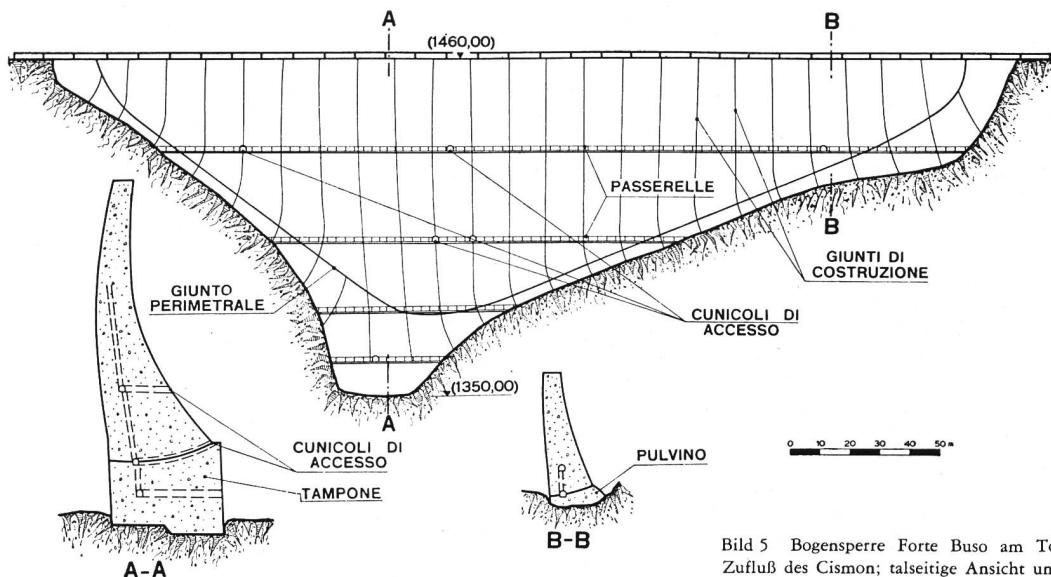


Bild 5 Bogensperre Forte Buso am Torrente Travignolo, einem Zufluß des Cismon; talseitige Ansicht und Schnitte

#### 6. Serbatoi Montani per Irrigazione ed Elettricità (SMIRREL), S.p.A., Venezia

Bei der Weiterfahrt wurde das Südtirol gestreift, worauf am Travignolo, einem Zufluß der Etsch, die Bogensperre bei Forte Buso besichtigt wurde. Ihr Modell, welches ISMES geprüft hat, war bemerkenswert wegen der Asymmetrie der doppelt gekrümmten Gewichtsbogensperre, im besonderen wegen des verstärkten Fundamentkörpers unter ihrer rechten Flanke (Bild 5). Die Sperre steht auf permischem Quarzsandstein. Sie hat über dem Fundament eine Höhe von 110 m bei einer Kronenlänge von 321 m, einer Kronensehne von 254 m und einem Volumen von 260 000 Kubikmeter. Sie ist unterteilt in 22 vertikale Segmente von rund 12,50 m Breite. Als Bindemittel diente Eisenpozzuolan-Zement von 240 kg je  $m^3$  Beton. Der Speicherinhalt von 32 Mio  $m^3$  wird zusätzlich durch Pumpen gefüllt. Er liegt zwischen 1458 und 1380 Meter über Meer. Das Wasser wird durch einen Tunnel mit einer Länge von 11 200 m der Zentrale Caorie im Vanoi-Tal zugeführt, wo ein Gefälle von 551 m bis 473 m in drei horizontalachsigen Peltonturbinen genutzt wird, welche eine Leistung von 39 000 kW bieten. Die Hochwasserdienstlastung für 380  $m^3/s$  erfolgt durch einen Tunnel

am rechten Ufer. Der Bau entstand nach den Plänen von Dott. Ing. Alessandro Vecellio in den Jahren 1950 bis 1952 durch die Unternehmung Dott. Ing. G. Torno & C., S.p.A., Mailand. Gegen Abend wurde das Gebiet der Brenta erreicht, wo in San Martino di Castrozzo, im Hotel Dolomiti, SMIRREL, als Eigentümerin der zuvor besichtigen Anlage, die Reisegesellschaft empfing und bewirtete.

#### 7. Società Elettrica Selt-Valdarno (SESV), Venezia

Die Anlage Val Noana der Società Elettrica Selt-Valdarno, Venedig, nutzt das Gefälle im oberen Einzugsgebiet des Cismon-Flusses. Dieser wird unterhalb San Martino di Castrozzo auf 1037 Meter über Meer gefaßt und gelangt durch Kanäle und Stollen in einer Länge von 12 710 m, unter Einbezug von drei Zuflüssen, zum Staubecken Val Noana. Es faßt zwischen 1015 m und 955 Meter über Meer 9 Mio  $m^3$ . Den Talabschluß bildet eine Kuppelbogensperre mit einer Höhe von 126 m über Fundamentsohle, einer Kronenlänge von 143 m und einer Sehnenlänge von 122 m. Sie steht auf triassischem Kalk- und Dolomitmofels (Bild 6). Ihr Volumen mißt 164 000  $m^3$  und sie be-

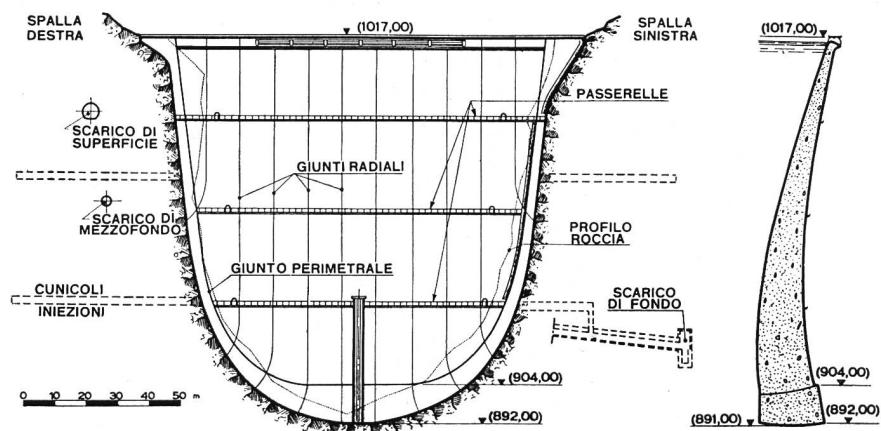


Bild 6  
Bogensperre Val Noana am Torrente Noana im oberen Einzugsgebiet des Cismon; talseitige Ansicht und Querschnitte

steht aus 11 vertikalen Segmenten von rund 11 m Breite. Durch ein Netz von Bohrlöchern von 21 200 m wurde der Fels durch 3700 Tonnen Zement gedichtet. Ein Tunnel mit einem Durchmesser von 3,00 m bei einer Länge von 5600 m und eine Druckleitung mit einem Durchmesser von 1,90 m bei einer Länge von 483 m leitet das Wasser zur unterirdischen Zentrale San Pancrazio. Das Nettogefälle von 438 m bis 418 m wird durch eine vertikalachsige Francis-Riva-Turbine mit einer installierten Generatorleistung von 60 000 kW genutzt. Die Wasserrückgabe in den Cismon-Fluß liegt auf 565 Meter über Meer. Nach dem Projekt von Dott. Ing. Franco Guli erfolgte der Bau der Sperre Noana in den Jahren 1957 und 1958 durch die Unternehmung FAROSURA, Mailand. Wegen der prekären Zufahrtsstraße konnten nur wenige Mitreisende die Sperre im Val Noana besichtigen.

Die gleiche Gesellschaft besitzt auch die Anlage Corlo, welche die zweite Stufe am unteren Cismon-Fluß nutzt. Ihr Speicherbecken faßt 45 Mio m<sup>3</sup> zwischen 268 und 237 Meter über Meer. Das Becken wird durch eine Bogenmauer in doppelter Krümmung, mit einer Höhe von 71 m über der Fundamentsohle, einer Kronenlänge von 89 m und einem Volumen von 25 000 m<sup>3</sup> gebildet. Die Bogenmauer steht auf Dolomit-Kalkfels; sie ist symmetrisch mit wachsendem Krümmungsradius (Bild 7). Die drei Entlastungsorgane können in verschiedenen Höhen bis zu 1250 m<sup>3</sup>/s ableiten. Das Wasser gelangt durch einen Stollen mit 3,80 m Durchmesser und einer Länge von 3100 m sowie einer Druckleitung in Eisenbeton mit 3,40 m Durchmesser und einer Länge von 37 Meter in die Zentrale Cavilla, wo ein Bruttogefälle von

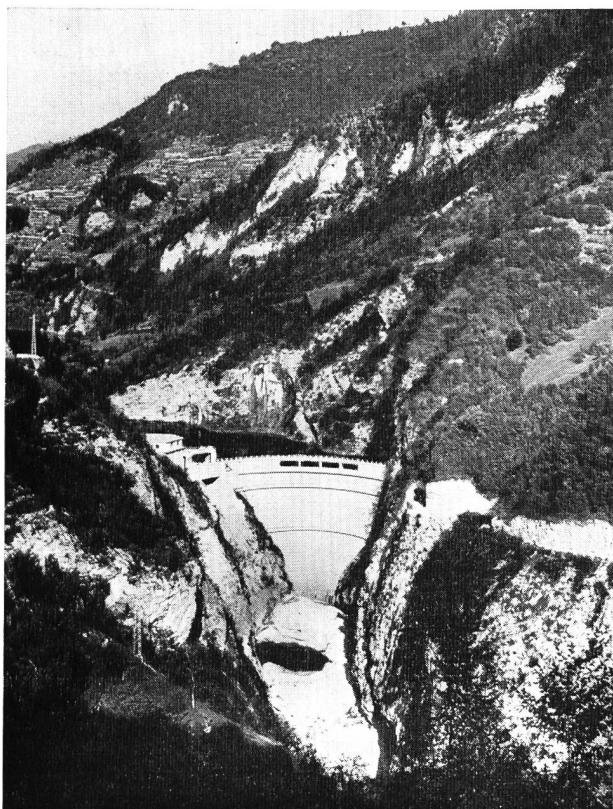


Bild 7 Bogensperre Corlo am Torrente Cismon

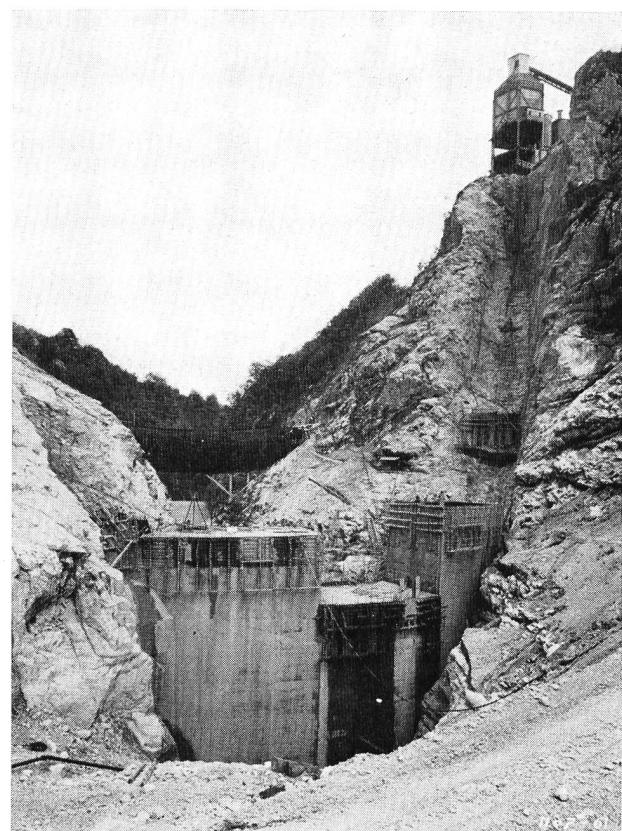


Bild 8 Bogensperre Mis am gleichnamigen Wildbach, einem rechten Zufluß des Cordevole

82 m in zwei Gruppen von vertikalachsigen Francis-Bell-Turbinen genutzt wird. Die installierte Leistung der beiden Generatoren ist 35 000 kW. Ein Unterwassertunnel mit einer Länge von 300 m führt zur Brenta. Der Bau erfolgte in den Jahren 1950 bis 1954 nach den Plänen von Dott. Ing. Luigi Manfredini, durch die Unternehmung Pietro Cidonio. In der Birreria Pedavena wurde von Dott. Ing. h. c. Giuseppe Torno den Talsperrenbesuchern ein Essen geboten, das wegen seiner Qualität und der herrschenden Stimmung in bester Erinnerung bleibt.

#### 8. Società Adriatica di Elettricità (SADE), Venezia

Als Abschluß der Werkbesuche wurde noch das Gebiet der SADE aufgesucht. Die Società Adriatica di Elettricità, Venedig, wurde 1905 gebildet. Sie versorgt Nordost-Italien, einschließlich der Städte Triest, Venedig, Padua, Bologna und Verona mit elektrischer Energie. Im Bereich ihres Netzes leben 7 Millionen Einwohner, welche einen Jahreskonsum von 8 Mrd kWh haben, wovon 4,4 Mrd kWh aus eigenen Werken geboten werden. SADE verfügt über installierte Leistungen in hydroelektrischen Werken von 485 000 kW, wovon sich 160 000 kW in Bau befinden. Ihr Netz mißt für die Spannung 220 kV 575 km, 130 kV 1700 km, 50 kV 2700 km. Auch arbeitet sie im Verbund mit anderen Netzen in Italien. Außerdem ist ihr Netz über Linz-Pelos mit Österreich durch eine Leitung für 220 kV sowie über Opicina-Divaccia mit Jugoslawien über eine Leitung für 130 kV verbunden.

Von ihrer Wasserkraftanlage Cordevole—Mittlerer Piave<sup>4</sup> konnte die Baustelle Mis besichtigt werden. Die Bogenstütze Mis wird asymmetrisch sein, eine Höhe von 91 m, eine Kronenlänge von 140 m und ein Volumen von 60 000 m<sup>3</sup> haben. Bei einem Stauziel auf 427 Meter über Meer wird der nutzbare Bekkeninhalt 3,9 Mio m<sup>3</sup> betragen. Außer dem natürlichen Zufluß wird ihm das Unterwasser der Zentrale Stanga zugeleitet. Die Entnahme erfolgt durch einen Tunnel mit polizentrischem Querschnitt von 3,80 m Durchmesser und einer Länge von 7104 m. Der Materialtransport für den Sperrenbau erfolgt mit einem Blondin mit Kesseln für 4 m<sup>3</sup>, respektive in der linken Flanke mit einem Derrick für Lasten bis 2,6 Tonnen. Die Bauarbeiten sind der Unternehmung Dott. Ing. G. Torno & C., S.p.A., Mailand, übertragen.

Soweit die Reisenden den freien Morgen in Cortina d'Ampezzo nicht zur Restaurierung oder zur Fahrt nach dem Belvedere oder einem anderen Seilbahnziel benutzten, konnten sie von Ingenieur Carlo Semenza einen authentischen Bericht über die Entwicklung des Projektes der Bogenmauer Vaiont der Anlage Piave—Boite—Maè—Vaiont der S.A.D.E. anhören. Diese Werkgruppe nutzt den mittleren Piave, wozu fünf Staubecken und vier Zentralen erstellt werden.<sup>4</sup> Vaiont bildet das zentrale Glied in dieser Kette. Zu ihr gehört

<sup>4</sup> Ausführliche, illustrierte Beschreibung siehe auch W.E.W. 1955 S. 188/197.

auch die Sperrmauer Pieve di Cadore, welche als erstes Modell bei ISMES geprüft wurde, wobei als Ergebnis dieser Untersuchung an Stelle einer Gewichtsmauer eine Bogenstütze zur Ausführung kam. Das von ihr gebildete Becken faßt 6,4 Mio m<sup>3</sup>. Die imposante Schlucht im Kalkfels vor der Mündung des Vaiont in den Piave wird durch die Bogenstütze Vaiont von doppelter Wölbung mit einer Höhe von 262 m, einer Kronenlänge von nur 190 m, einer Kronensehne von 169 m und einer Kubatur von 353 000 m<sup>3</sup> abgeriegelt (Bilder 9 und 10). In zwei Modellen, im Maßstab 1:35, wurde die Sperrmauer bei ISMES geprüft, wobei das letztere bei wesentlicher Volumensparnis eine bessere Lastverteilung aufwies. Es ergaben sich Druckspannungen bis 65 kg/cm<sup>2</sup>. Das Stauziel liegt auf 722 Meter über Meer, und das Becken faßt 15,0 Mio m<sup>3</sup>. Dieser Wasserspiegel liegt etwa um 40 m höher als der Betriebsspiegel der früher erstellten Werke der Gruppe. Um das Becken unter mancherlei Betriebsbedingungen füllen zu können, wurde außer dem natürlichen Zufluß des Vaiont noch derjenige des Maè und des oberen Boite, vom rechten Ufer des Piave, zugeführt. Das Gefälle zwischen dem Becken von Vaiont und Pieve di Cadore wird in der Zentrale Colomber genutzt, wo eine horizontalalige Francis Turbine Typ Franco Tosi mit einer installierten Leistung von 9000 kW und einer Jahresproduktion von 10 Mio kWh eingebaut ist. Ihr Abwasser wird unter Gegendruck von zirka 92 m, minimal

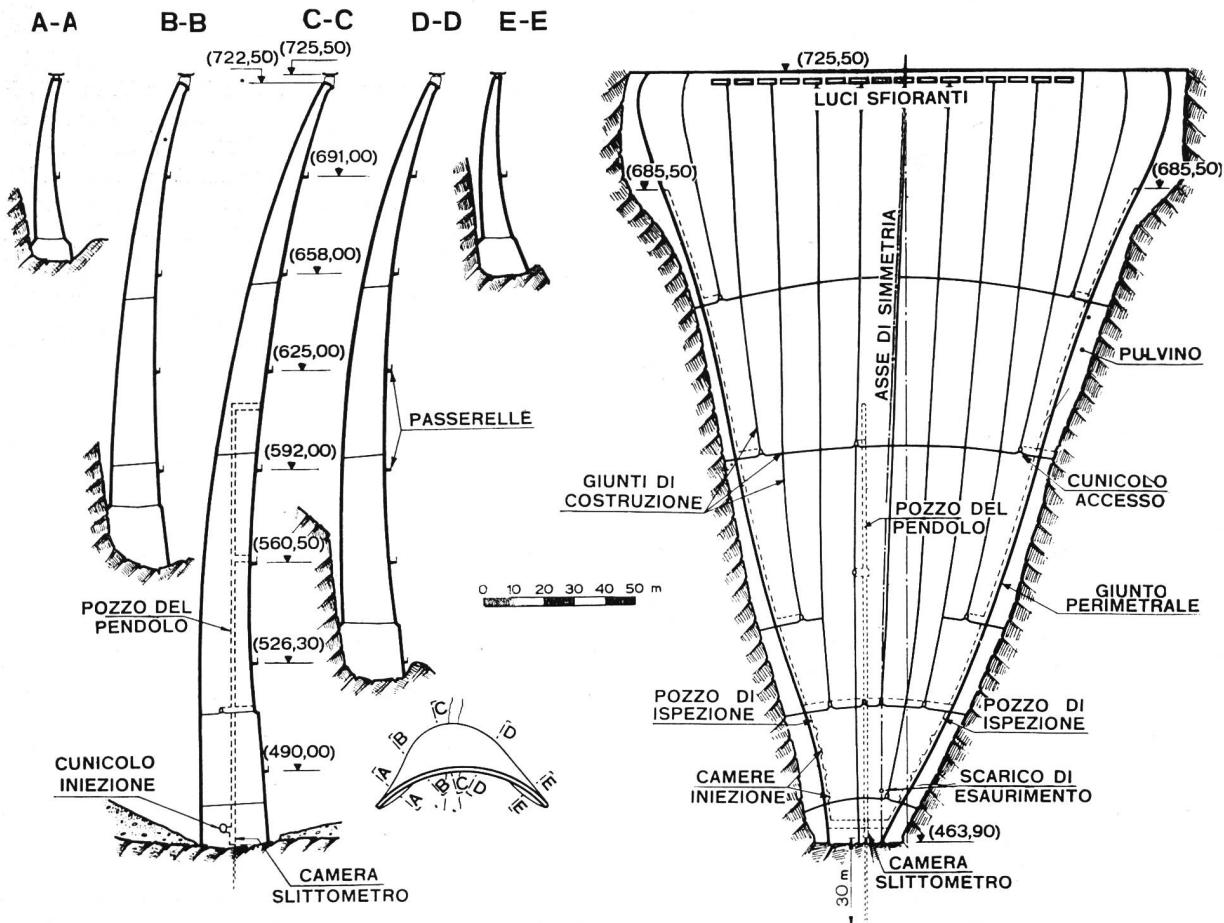


Bild 9 Bogenstütze Vaiont an einem linken Zufluß des mittleren Piave; talseitige Ansicht und Querschnitte

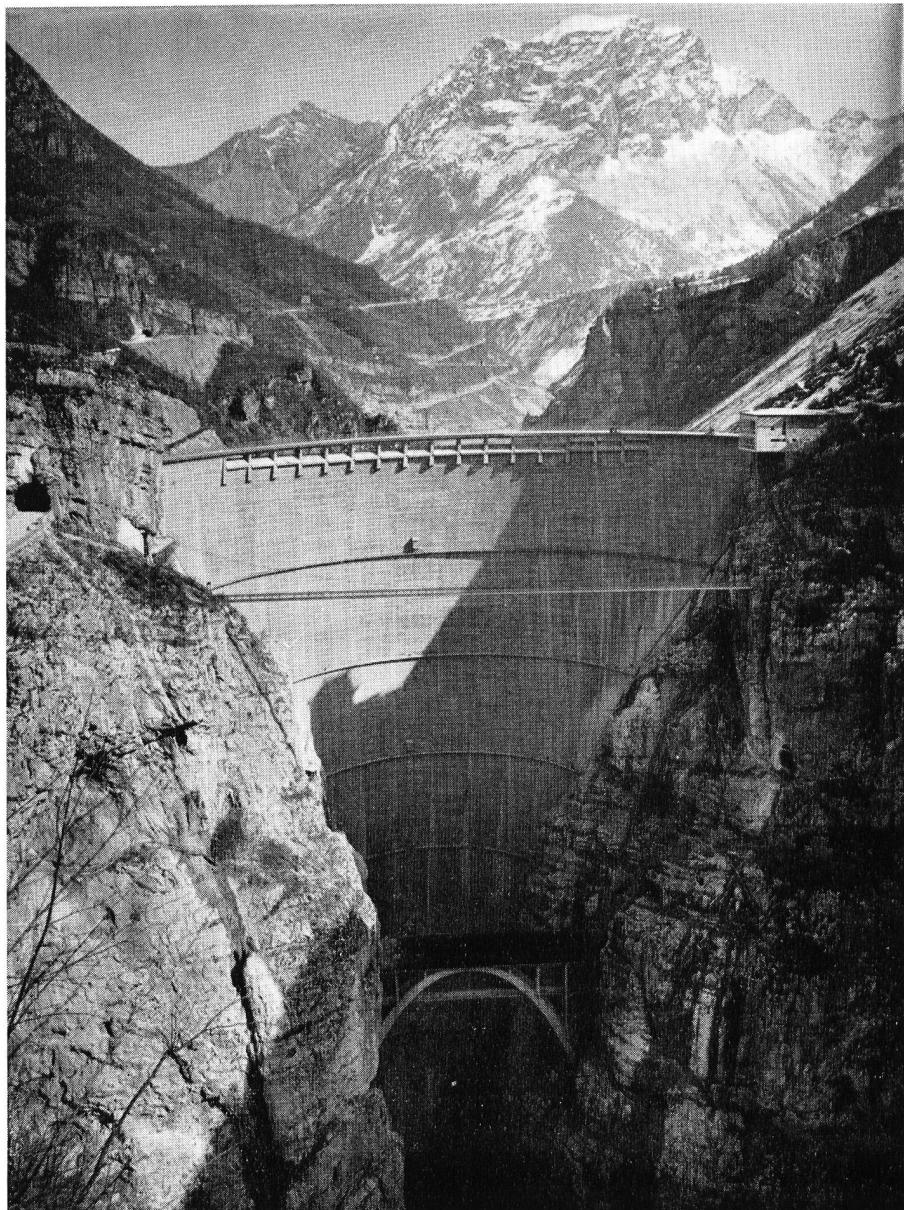


Bild 10  
Talseitige Ansicht der 261,6 m hohen Bogensperre Vajont, zurzeit die höchste Bogenstaumauer der Welt

42 m, in den Zuleitungstunnel der Zentrale Soverzene abgegeben. Das Nettogefälle schwankt zwischen 60 und 15 m. Bei Gefälle unter 15 m wird die Turbine durch einen Bypass umgangen. Entsprechend den außergewöhnlichen Ausmaßen der Vajontsperrre sollen die Beobachtungen derselben besonders umfassend sein, wozu außer einem verfeinerten Vermessungsnetz auch über 300 Meßorgane im Mauerkörper angebracht sind. Die bodenmechanischen Untersuchungen ergaben ein Abfallen des Elastizitätsmoduls des Felsens, vom Fundament der Sohle zu demjenigen der Krone, was teils durch Injektionen ausgeglichen werden kann. Vor der Vollbelastung der Sperrre müssen nun im Fundament ihrer rechten Flanke noch Felsanker eingebracht werden. Nach Plänen von Dott. Ing. Carlo Semenza, Prof. Ing. Guido Oberti, Dott. Ing. Mario Pancini, Prof. Ing. Dino Tonini und Prof. Ing. Egidio Indri erfolgte der Bau in den Jahren 1956 bis 1960 durch die Unternehmung Dott. Ing. G. Torno & C., S.p.A., Mailand.

Ein Schmuckstück dieser Anlage ist die Zentrale Soverzene «Achille Gaggia». Der Architekt hat die Freiluftschaltanlagen symmetrisch zur Zufahrt nach der Kaverne angebracht und mit Gärten umgeben. In der Vorhalle ist der Lageplan der Werkgruppe in Mosaik dargestellt. Der Maschinensaal wird von einer Schale überdeckt, auf der in symbolischer Darstellung aus azurnem Himmel Pferdegespanne springen, die den Menschen Energie spenden. Diese Zentrale kam 1950 in Betrieb. Das verfügbare Nettogefälle beträgt 284 bis 225 m. Die vier vertikalachsigen Francis-turbinen verfügen in den Generatoren über eine installierte Leistung von 220 000 kW und erzeugen 783 Mio kWh je Jahr. In getrennter Kaverne sind vier Gruppen von je drei Monophasentransformatoren aufgestellt. Sie beliefern das 150-kV-, respektive 220-kV-Netz. Durch einen Tunnel mit einer Länge von 715 m erfolgt die Rückgabe des Betriebswassers auf 386 m über Meer durch einen Kanal nach dem Santa-Croce-See.

Einen gesellschaftlichen Höhepunkt erlebten die Kongreßteilnehmer zum Schluß ihrer Reise als Gäste der SADE in der gediegenen Villa Condulmar bei einem geselligen Abendessen, dem eine ausgelassene Stimmung auf der Fahrt nach Venedig folgte. Am Ufer des Adriatischen Meeres, dort wo die Gewässer der Alpen ihr letztes Gefälle verausgabt haben, war das technische Programm einer Reise erfüllt, das vielen fremden Fachleuten Einblick in Planung und Technik ihrer ita-

lienischen Kollegen geboten hat. Nur wenige nahmen die Gelegenheit wahr, noch die Kulturschätze der Dogenstadt zu genießen und ihre Reise alsdann in Rom zu beenden.

#### Bilder

- |            |   |
|------------|---|
| 1, 7       | Photos Soc. El. Selt-Valdarno   |
| 2          | Photo G. Chiolini, Pavia  |
| 3, 5, 6, 9 | aus «Grandi Dige Italiane, Roma 1961», herausgegeben vom Ministerio dei Lavori Pubblici |
| 8, 10      | Photos Ferruzzi, Venezia  |

## C3 Studienreise Mittelitalien—Sardinien

vom 2. bis 9. Juli 1961 (Routenskizze siehe Seiten 14/15)  
dipl. Ing. Otto Frey-Baer, Brugg

DK 627.81 (45) : 910

Bei der Abreise von Rom am frühen Sonntagmorgen des 2. Juli 1961 glaubte mancher, nun endlich der großen Hitze von Rom entronnen zu sein. Die Versprechungen des Programmes ließen gleich von Anfang an eine hoffnungsreiche Stimmung aufkommen, wobei niemand ahnte, daß die Reiseanstrengungen und die keineswegs nachlassende Hitze einige Teilnehmer zum vorzeitigen Abbruch der Reise zwingen würden. Zu diesem bedauerlichen Ergebnis trugen das etwas überladene Programm, die ununterbrochenen langen Carfahrten und die verschiedene Wünsche offen lassende Organisation durch die Reisebegleitung bei.

### 1. REISETAG

Am ersten Reisetag wurde von Rom aus Italien durchquert bis an die adriatische Küste. Die auf drei Cars verteilte Reisegesellschaft blieb den ganzen Tag beieinander, verteilte sich aber abends auf die drei Städte Teramo, Ascoli und Giulianova. Die Besichtigungen galten ausschließlich einigen Kraftwerken der Società Terni<sup>1</sup>. Diese große privatwirtschaftliche Industriegesellschaft betreibt Stahl- und Chemiewerke, für welche sie die Energie selbst in eigenen hydraulischen Kraftwerken erzeugt. Ein Teil dieser Energie gelangt aber auch in die öffentliche Versorgung.

<sup>1</sup> Siehe auch WEW 1951 S. 157/164 und 1952 S. 42/49.

### Kavernenzentrale Cotilia

Kurz nach Rieti wurde die am linken Ufer des Flusses Velino gelegene Zentrale Cotilia erreicht. Bild 1 vermittelt einen Gesamtüberblick der Anlage. Der gewölbte Düker aus Eisenbeton im Vordergrund überspannt den Velino und führt das einige Kilometer oberhalb gefaßte Restwasser des Velino zur Zentrale. Die Hochspannungsschaltanlage wurde auf einem künstlich angeschütteten Hügel angeordnet, wobei von einem unschönen Einbiß in den Berghang nicht zurückgeschreckt wurde. Dieser Hügel birgt die Maschinenzentrale, welche im Offenen erstellt und anschließend mit mindestens 15 m Erd- und Aushubmaterial überdeckt worden ist. Der sehr schöne und repräsentativ gestaltete Eingang befindet sich am linksseitigen Fuße des künstlichen Hügels.

An den Nebenflüssen Turano und Salto wurden zwei durch einen 9 km langen Stollen verbundene Speicher von zusammen 420 Mio m<sup>3</sup> Inhalt mit praktisch gleichem Stauziel geschaffen. Der 11,8 km lange Druckstollen von 4,0 m Durchmesser leitet das Betriebswasser zum Wasserschloß, von wo zwei Eisenbeton-Druckleitungen zur Zentrale führen. Zur Füllung der großen Speicher wird Wasser von einer hochgelegenen Fassung am Velino durch einen 19 km langen Freispiegelstollen in den Druckstollen eingeleitet. Ferner kann das in zwei unteren Fassungen dem Velino entnommene Restwasser der Zentrale zugeleitet und durch Pumpen in die Speicher gefördert werden.

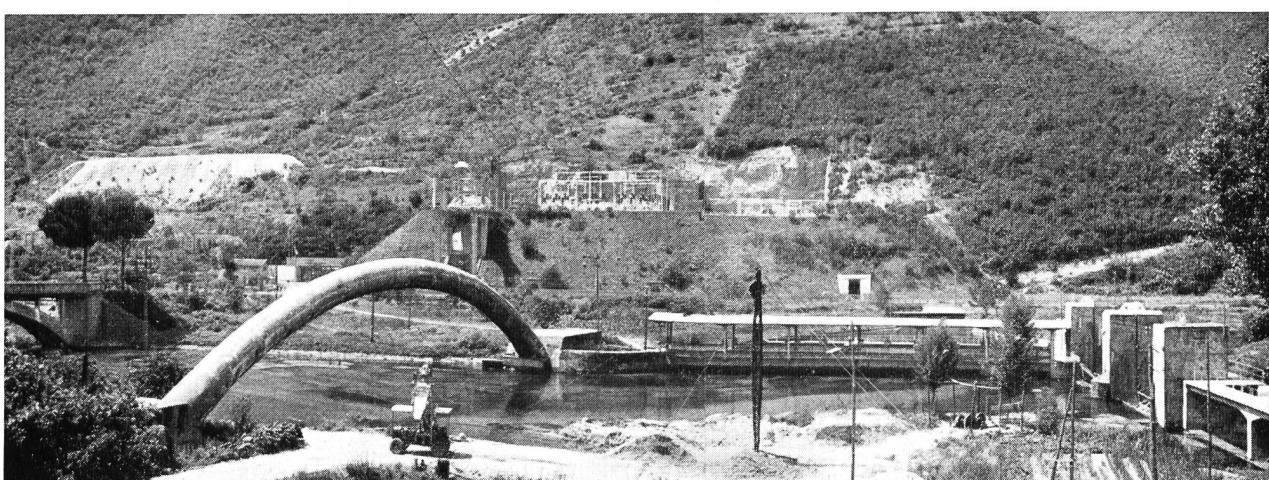


Bild 1 Zentrale Cotilia, im Vordergrund Düker über den Velino-Fluß und Wasserfassung, im Hintergrund Freiluft-Schaltanlage auf künstlich geschüttetem Hügel, in welchem sich die Kavernenzentrale befindet

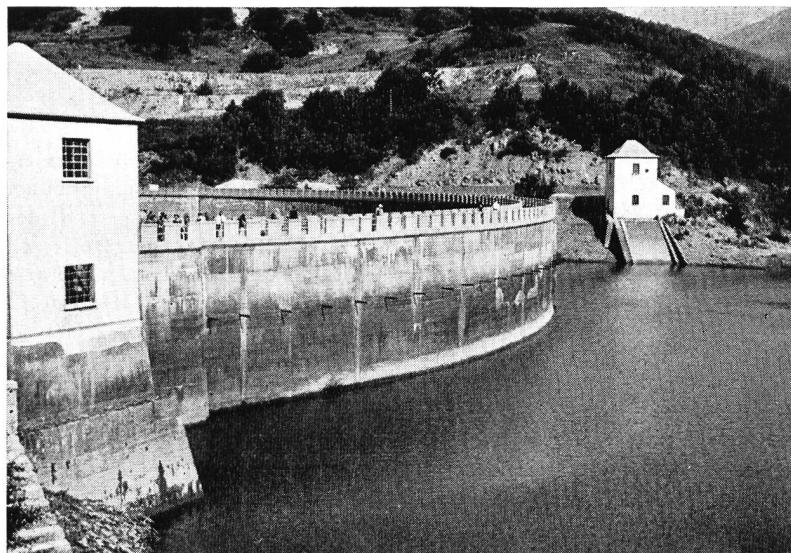


Bild 2 Bogenstaumauer Provvidenza, Wasserveite

In der Maschinenkaverne sind vier Maschinengruppen installiert. In zwei gleichen horizontalachsigen Gruppen von je 31 MW wird das Gefälle aus den Speicherseen ausgenützt. Der Durchfluß beider Gruppen beträgt 50 m<sup>3</sup>/s beim Gefälle von 90 bis 148 m. Die Generatoren dieser Gruppen dienen auch als Motoren für die direkt gekuppelten Pumpen, die je nach dem Gefälle von 120 bis 152 m eine Kapazität von 17,5 bis 13,3 m<sup>3</sup>/s aufweisen. Ferner ist eine vertikalachsige Gruppe mit einer Kaplan-turbine von 3,25 MW Leistung in der Zentrale installiert, mit welcher das in der 31 m höher gelegenen Fassung entnommene Restwasser verarbeitet wird (10 m<sup>3</sup>/s). Die vierte Gruppe mit nur 8,45 m Gefälle (Fassung siehe Bild 1) für 30 m<sup>3</sup>/s ist ebenfalls mit vertikaler Achse angeordnet (Kaplan-turbine) und weist eine Leistung von 3,125 MW auf.

Die total installierte Leistung aller vier Gruppen beträgt 68,375 MW. Der Innenausbau wurde sehr einfach und zweckmäßig gestaltet, wie wir es im allgemeinen von unseren schweizerischen Anlagen gewohnt sind.

#### *Staumauer Provvidenza*

Über den Capanelle-Paß (1283 m) am nördlichen Fuße des Gran Sasso d'Italia wird die Kraftwerkgruppe am Flusse Vomano erreicht<sup>1</sup>, welche aus drei Stufen mit Zuleitungen aus anderen Flußgebieten besteht. Durch die 51 m hohe Bogenstaumauer Provvidenza wird der Vomano aufgestaut. Das so gebildete Becken weist einen Nutzinhalt von 1,69 Mio m<sup>3</sup> auf und dient für den Ausgleich des Betriebswassers zwischen der obersten und der mittleren Kraftwerkstufe und zur Fassung der Zuflüsse des Zwischengebietes. Die in den Jahren 1941—1943 und 1946—1947 erbaute Mauer mit einer Betonkubatur von 71 000 m<sup>3</sup> weist eine einfache Bogenform auf. Wie die Bilder 2 und 3 zeigen, wurde auf ein gutes Aussehen der Betonoberfläche kein großer Wert gelegt; beispielsweise ragen die Drähte, mit welchen seinerzeit die Schalung gehalten wurde, noch heute aus dem Beton. Offenbar wurde auch der Behandlung der horizontalen Arbeitsfugen keine besondere Beachtung geschenkt, weshalb anfänglich auf der Luftseite an vielen Stellen Sickerwasser austrat, was heute noch an den Kalkausscheidungen sichtbar ist. In konstruk-

tiver Hinsicht ist die in der Mauermitte angeordnete Hochwasserentlastung als freier Überfall sehr schön gelöst worden.

Für den Besuch der Kavernenzentrale Provvidenza reichte leider die Zeit nicht aus. Dagegen konnte die Hochspannungs-Schaltanlage beim Eingang zur Zentrale besichtigt werden, da sie sich in unmittelbarer Nähe der Staumauer befindet. Die Transformatoren, 15/230 kVA, sind in der Kaverne installiert, von wo die Energie durch Ölkabel zur Freiluft-Schaltanlage ge-

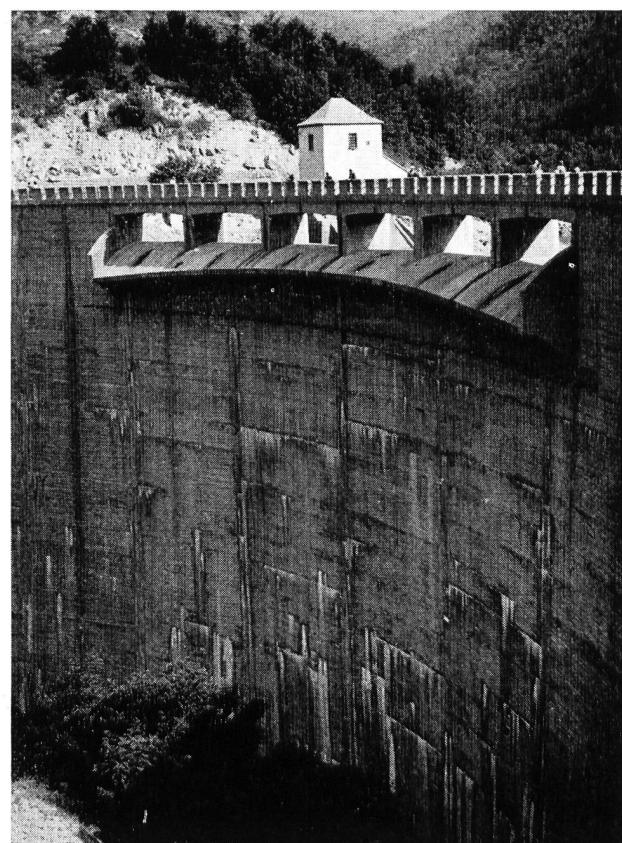


Bild 3 Bogenstaumauer Provvidenza, Luftseite mit Hochwasser-Überfall

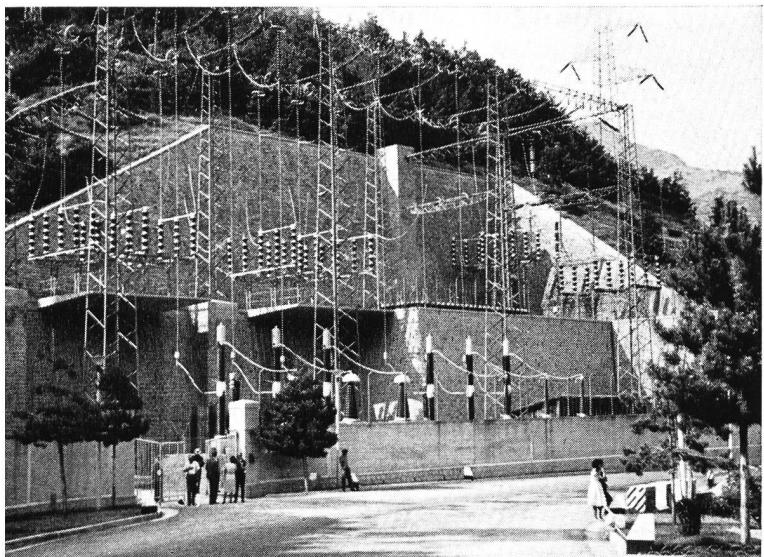


Bild 4 Kavernenzentrale Provvidenza, Eingang mit Freiluft-Schaltanlage

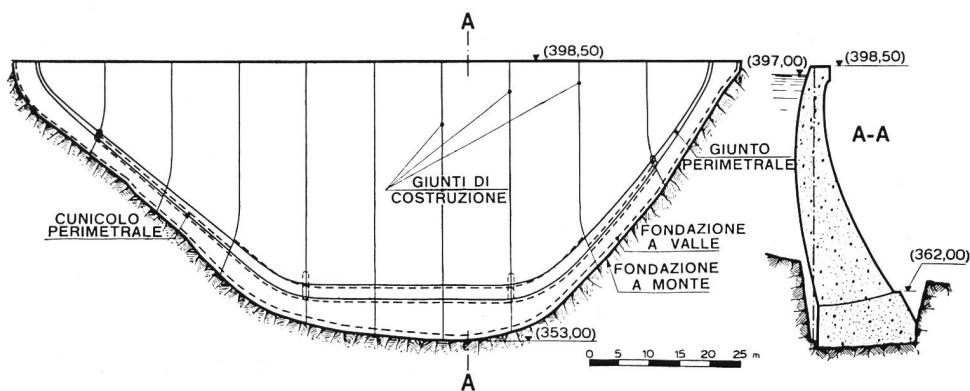
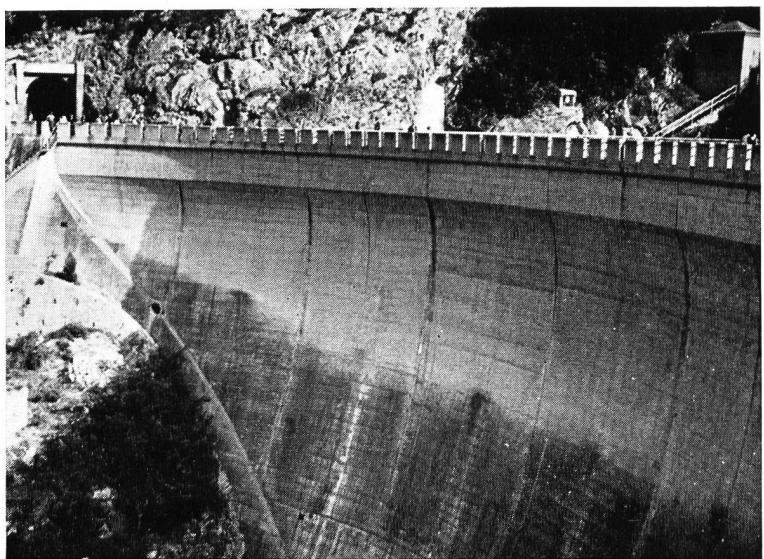


Bild 5 Bogenstaumauer Piaganini, Hauptschnitt

Bild 6 Bogenstaumauer Piaganini, luftseitige Ansicht



langt. Den Abtransport der Totalleistung von 155 MW besorgen zwei Hochspannungsleitungen von 220 kV (Bild 4).

#### Staumauer Piaganini

Die stark gewölbte, im Querschnitt auf die Wassersseite weit überhängende Bogenmauer Piaganini bildet das Ausgleichsbecken zwischen der mittleren und der untersten Kraftwerkstufe (Bild 5). Sie wurde in den Jahren 1952—1954 erstellt und weist sowohl in ihrer Form als auch in der Ausführung eine bedeutend bessere Lösung auf. Die Betonkubatur der Mauer beträgt 26 000 m<sup>3</sup>, der Speicher-Nutzinhalt 0,55 Mio m<sup>3</sup>.

Hier begegneten wir auf unserer Reise erstmals einer Bogenmauerkonstruktion mit einer Längsfuge zwischen dem Fundamentbeton und dem aufgehenden Mauerteil. Bei allen neueren Bogenmauern haben wir diese von Mauerende zu Mauerende dem Fundament folgende Fugenlinie gesehen, meistens symmetrisch und einer geometrischen Form folgend und deutlich gezeigt durch die Verbreiterung des Fundamentes (Bild 6). Es scheint, daß sich diese Konstruktion bisher gut bewährt hat und deshalb immer wieder angewendet wird.

Durch die Anordnung der Grundfuge werden die vertikalen Zugspannungen auf der Wassersseite am Fuße der Konsole eliminiert, weshalb dem Konstrukteur vermehrte Freiheit in der Wahl der Mauerform gegeben wird. Dagegen geht aber die Einspannung der Tragkonsole im Fels verloren, was mit ein Grund sein dürfte, weshalb in der Schweiz bisher auf die Ausbildung der Grundfuge verzichtet worden ist.

#### Kavernenzentrale Montorio

Den Abschluß des Tages bildete der Besuch der Kavernenzentrale Montorio, der untersten Anlage der Kraftwerkgruppe am Vomano. Das Betriebswasser gelangt aus dem Becken Piaganini durch einen 13,85 km langen Druckstollen ( $\varnothing$  4,4 m, Durchfluß 55 m<sup>3</sup>/s) zum Wasserschloß und von da durch einen gepanzerten Vertikalschacht zu den Turbinen. Der Unterwasser-Freispiegelstollen weist mit etwa 5 km eine beträchtliche Länge auf.

Durch einen 900 m langen, 8 % Gefälle aufweisenden Zugangstunnel erreichten wir bequem in unseren drei Cars die Maschinenhalle, wo es allerdings beim Kehren der Vehikel ein kleines Gedränge gab. Der erste Blick in die Maschinenhalle, in welcher 120 MW installiert sind, zeigt recht eindrücklich die Bestrebungen der Società Terni nach einfacher Zweckmäßigkeit, ohne dabei aber am Notwendigen zu sparen. Der eiförmige Querschnitt der Kaverne weist Minimalabmessungen auf (Bild 7), und es wurde auch auf eine Zwischendecke als Maschinensaalboden und auf eine Wandverkleidung zwischen den Kranbahnsäulen verzichtet. Der

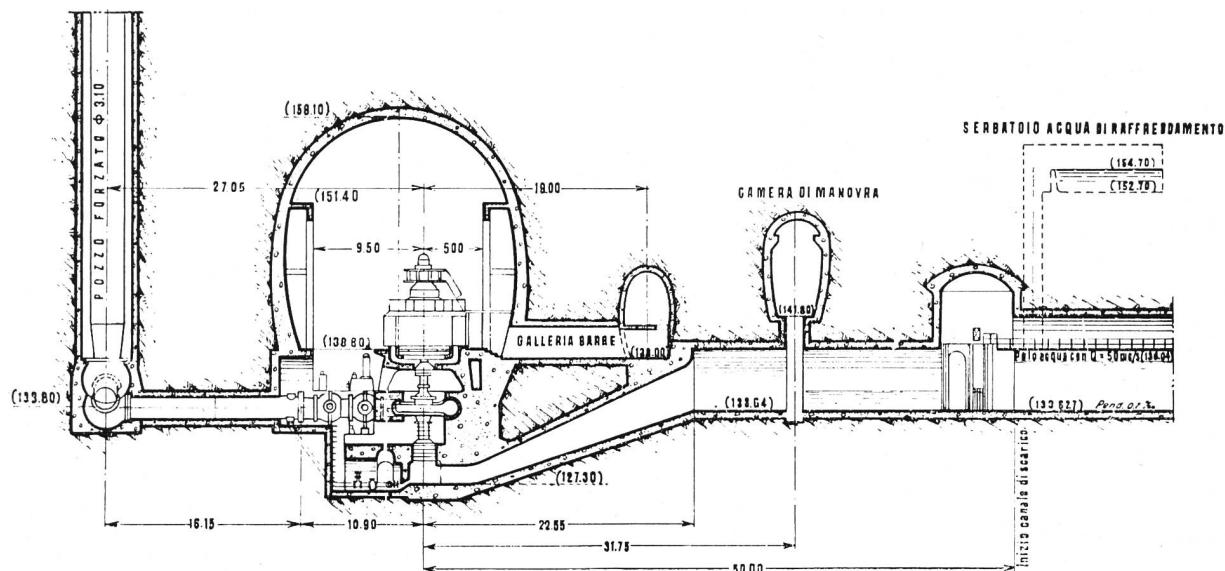


Bild 7 Kavernenzentrale Montorio, Querschnitt

eigentliche Maschinensaalboden ist nur im Bereich des Montageplatzes beim Eingang vorhanden. Entlang den Maschinengruppen führt auf dieser Kote eine Laufsteg-Konsole (Bild 8).

Die drei vertikalachsigen Gruppen mit Francis-Turbinen für ein mittleres Gefälle von 257,7 m weisen

eine Leistung von je 38,5 MW auf. Zwei kleine Hilfsgruppen (Peltonturbinen) mit je 2,5 MW Leistung dienen dem Eigenbedarf. In einer separaten Kaverne sind die drei Transformatoren von je 46 000 kVA untergebracht. Der Transport der Energie zur Freiluftstation erfolgt mittels Ölkabeln 220 kV durch einen vertikalen Schacht von 242 m Höhe. Die Überwindung einer so großen Höhendifferenz mit Ölkabeln dieser Leistung dürfte hier erstmals zur Ausführung gelangt sein.

## 2. REISETAG

### Bogenstaumauer Talvacchia

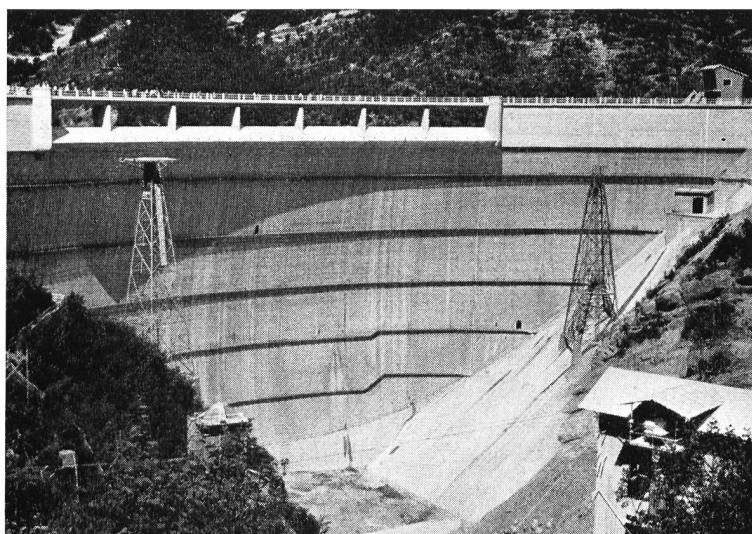
Von Ascoli aus wird in kurzer Fahrt die auf 500 m ü. M. gelegene Staumauer Talvacchia erreicht, welche den Castellano-Bach kurz vor dessen Vereinigung mit dem Flusse Tronto aufstaut. Die Mauer wurde 1960 fertiggestellt und weist folgende Hauptdaten auf:

Stauziel	507	m ü. M.
Senkziel	464,5	m ü. M.
Einzugsgebiet	464,5	km <sup>2</sup>
Nutzinhalt des Speichers	14	Mio m <sup>3</sup>
Maximale Höhe	77,2	m
Kronenlänge	225,85	m
Kronenbreite	4,65	m
Maximale Breite am Fuße	15	m
Betonvolumen	95 000	m <sup>3</sup>
Baujahre	1957—1960.	

Aus den Abbildungen 9 bis 11 geht hervor, daß die Mauer kuppelartig geformt ist und auf der Luftseite einen starken Überhang aufweist. Die horizontalen Bögen sind nach einer kubischen Parabel geformt. Die Grundfuge ist so gewählt, daß sich bezüglich des Mittelschnittes eine symmetrische Form der Talsperre ergab. Ganz besondere Aufmerksamkeit mußte der Hochwasserentlastung geschenkt werden, da in diesem Gebiet außerordentlich hohe spezifische Abflüsse zu erwarten sind. Der zentrale Mauerüberfall mit 94 m Länge kann 750 m<sup>3</sup>/s bei einem Überstau von 2,5 m abführen. Ein seitlich angeordnetes Entlastungsbauwerk mit vier automatisch gesteuerten Klappen und einem Ablauftunnel kann weitere 900 m<sup>3</sup>/s ableiten (Bilder

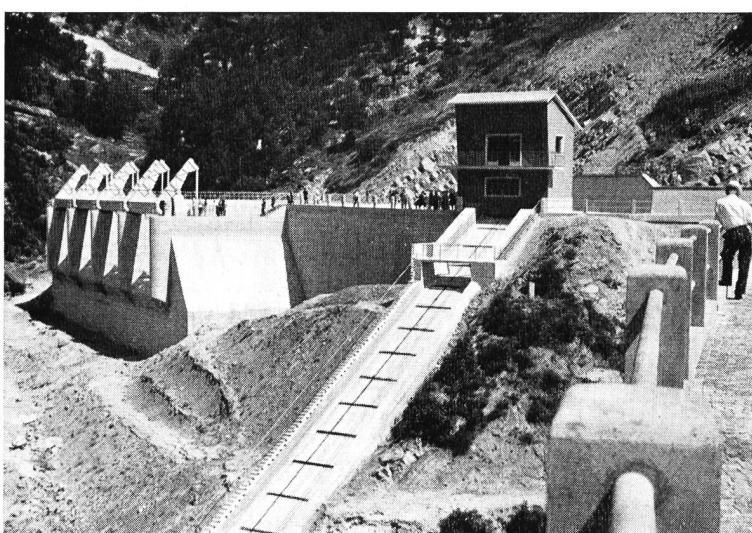


Bild 8 Kavernenzentrale Montorio; im Hintergrund der Zugangstunnel



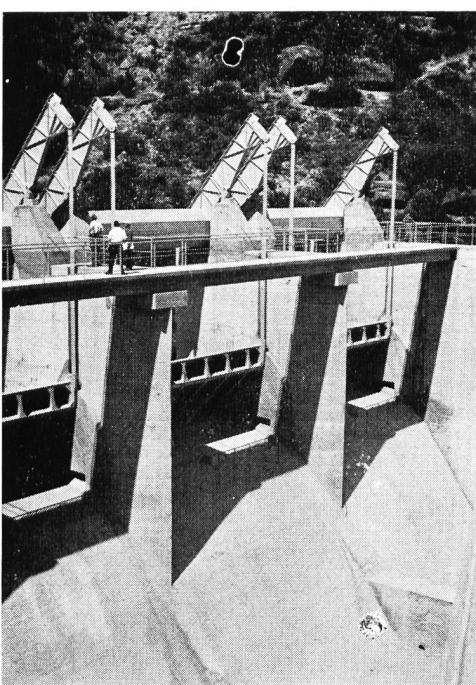
BOGENMAUER TALVACCHIA

◀ Bild 9 Gesamtüberblick von der Luftseite



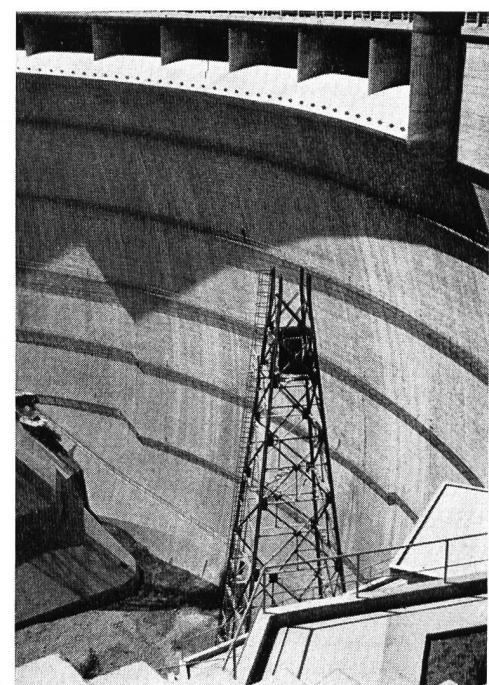
▲ Bild 10 Wasserseite

◀ Bild 11 Seitliche Hochwasserentlastung, im Vordergrund Schrägbahn der Rechenreinigungsmaschine



◀ Bild 12  
Automatische Klappen der  
Hochwasserentlastung

Bild 13  
Luftseite mit Hochwasser-  
Überfall ▶



12 und 13). Ferner können durch den Grundablaß 150 m<sup>3</sup>/s und durch einen in mittlerer Höhe angeordneten Durchlaß 38 m<sup>3</sup>/s in das Unterwasser geschickt werden. Zusammen ergibt dies 1838 m<sup>3</sup>/s oder pro km<sup>2</sup> rund 4 m<sup>3</sup>/s. Bei einem Einzugsgebiet von 465 km<sup>2</sup> stellt dieser zu erwartende extreme spezifische Abfluß einen sehr hohen Wert dar.

#### Assisi

Der Nachmittag des zweiten Tages war ganz der Besichtigung von Assisi gewidmet. Nach der konzentriert gebotenen technischen Kost war es eine wohltuende Abwechslung, die alten Kirchen und Kunstschatze unter kundiger Führung zu betrachten und sich damit in eine ganz andere Welt versetzt zu fühlen. Persönlich haben mir die Wandmalereien und die wunderbaren Glasfenster der Franziskus-Kirche (Bild 14) den größten Eindruck hinterlassen.

#### 3. REISETAG

##### Talsperre Corbara

Mit der Talsperre Corbara der Società Idroelettrica Tevere soll der Tiber kurz unterhalb der Einmündung des Flusses Paglia aufgestaut werden. Der dadurch gebildete Stausee wird bis in die Gegend von Todi reichen und einen Inhalt von 207 Mio m<sup>3</sup> aufweisen. Die Ausnützung des durch den Aufstau gewonnenen Gefälles erfolgt in der Kavernenzentrale Baschi. Das Betriebswasser (200 m<sup>3</sup>/s) gelangt durch einen 4,5 km langen Stollen von 7,5 m Durchmesser zur Zentrale, in welcher eine Leistung von 125 MW installiert wird. Die Jahresproduktion erreicht im Mitteljahr 220 GWh.

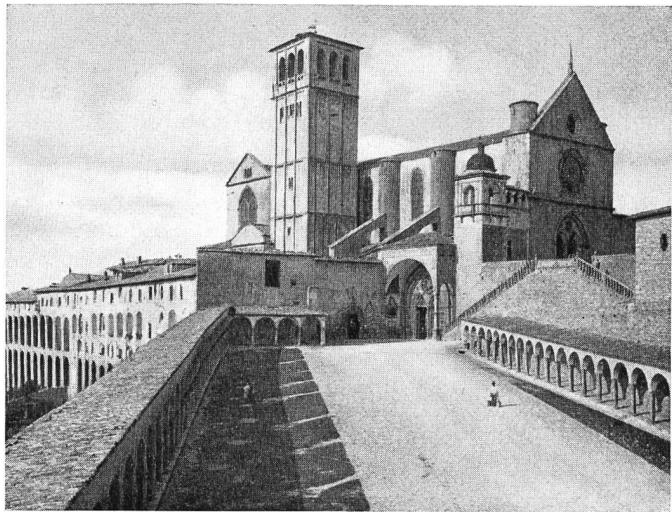
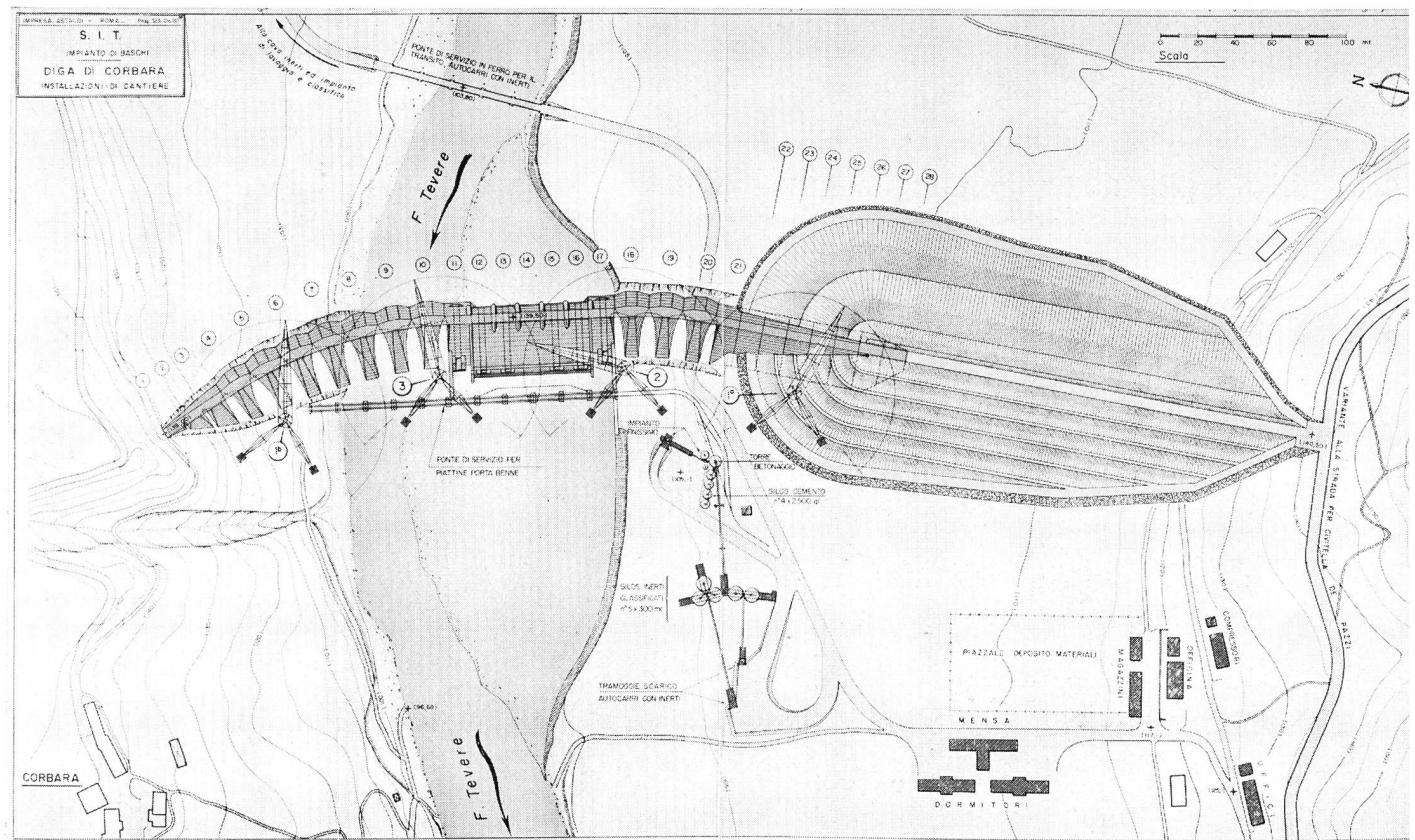


Bild 14 Kirchen S. Francesco in Assisi

Die Bauarbeiten für die Staumauer wurden im November 1959 vergeben, die Fertigstellung ist im Laufe des Jahres 1962 zu erwarten. Anlässlich der Besichtigung waren die Bauarbeiten in ein interessantes Stadium gelangt.

Wie aus dem Lageplan Bild 15 hervorgeht, setzt sich die Sperre aus mehreren Typen zusammen: der rechtsseitige Teil ist eine betonierte Gewichtsmauer, an welche linksseitig ein Erddamm mit Dichtungskern anschließt. Die Betonmauer besteht zur Hauptsache aus

Bild 15 Talsperre Corbara, Lageplan



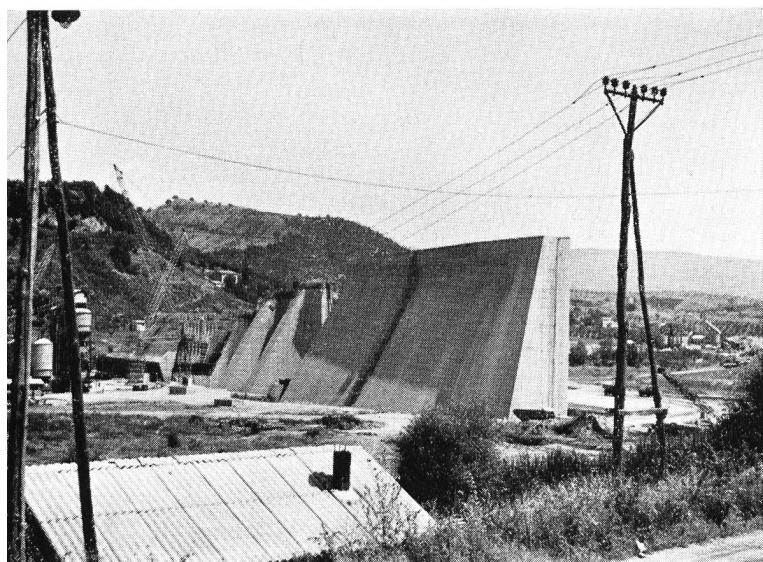


Bild 16 Talsperre Corbara, luftseitige Ansicht, Betonmauer des Übergangsteiles von der aufgelösten Betonsperre zum Erddamm

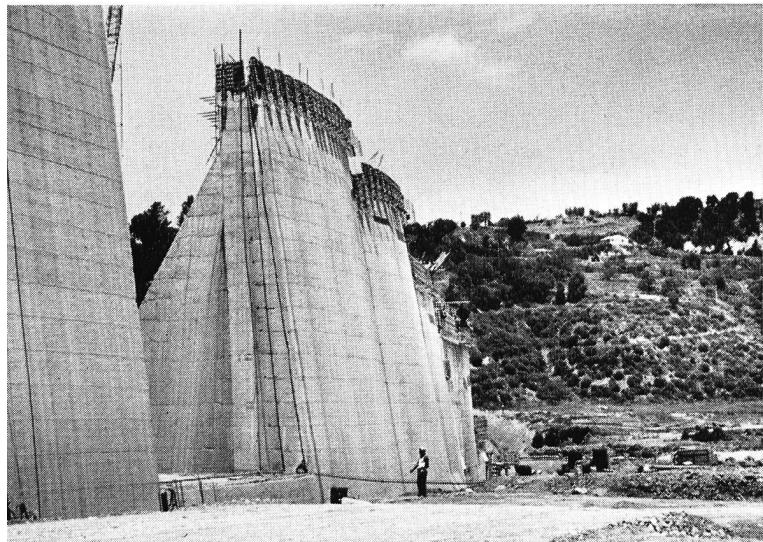


Bild 17 Talsperre Corbara, wasserseitige Ansicht der Staumauer-Pfeiler

einer Pfeilermauer, welche im Flussbereich durch einen massiven Mauerabschnitt mit der Hochwasserentlastung unterbrochen wird. Die Talsperre besteht somit aus den folgenden drei Mauertypen: Pfeilerstaumauer, massive Gewichtsmauer und Erddamm mit Dichtungskern (Bilder 16 bis 19). Die Länge des betonierten Abschnittes beträgt 416 m, für welche 260 000 m<sup>3</sup> Beton benötigt werden. Der Erddamm hat eine Länge von 225 m und sein Inhalt beträgt 520 000 m<sup>3</sup>. Die maximale Höhe ergibt sich im aufgelösten Teil zu 42,0 m.

Die Wahl der etwas gesucht anmutenden Kombination von verschiedenen Mauertypen wurde vermutlich durch zwei Umstände maßgebend beeinflusst. Einmal war nur im Gewichtsmauerabschnitt gesunder Fels anstehend, während auf der linken Talseite der Fundationsfels abfällt und mit Flysch und Erdmaterial überdeckt ist. Sodann war die Frage der Wirtschaftlichkeit der Kraftnutzung eng mit den Kosten des sehr langen Talsperrenbauwerkes (641 m) verknüpft. Man könnte sich auch fragen, warum nicht ein durchgehender Damm gewählt worden ist. Da jedoch die topographischen Bedingungen für die seitliche Anordnung der Hochwasserentlastung nicht günstig sind, fiel diese sicherlich ebenfalls studierte Möglichkeit außer Betracht. Die zur Ausführung gelangende Lösung wird die wirtschaftlichste sein und stellt auch technisch eine einwandfreie Konstruktion dar.

Die Hochwasserentlastung besteht aus einem 91 m breiten Überfallbauwerk, in welchem auch die Grundablässe angeordnet sind. Durch fünf mit 6 m hohen Klappen verschlossene Überfallöffnungen können 1100 m<sup>3</sup>/s abgeführt werden. Die 6 Grundablässe leiten bei Vollstau 1300 m<sup>3</sup>/s ab, womit also die totale Kapazität der Hochwasserentlastung 2400 m<sup>3</sup>/s beträgt. Bei einem Einzugsgebiet an der Sperrstelle von 6075 km<sup>2</sup> wird hier mit einem maximalen spezifischen Abfluß von etwa 0,4 m<sup>3</sup>/s pro km<sup>2</sup> gerechnet, was eher als klein erscheinen mag.

Die Betonzuschlagsstoffe und das Damm-Material werden aus den Flussablagerungen im Oberwasser gewonnen. Der Unternehmer hat eine Betonaufbereitung mit einer Tagesleistung von 1200 m<sup>3</sup> Beton erstellt. Das Einbringen des Betons erfolgt mit vier der in Italien

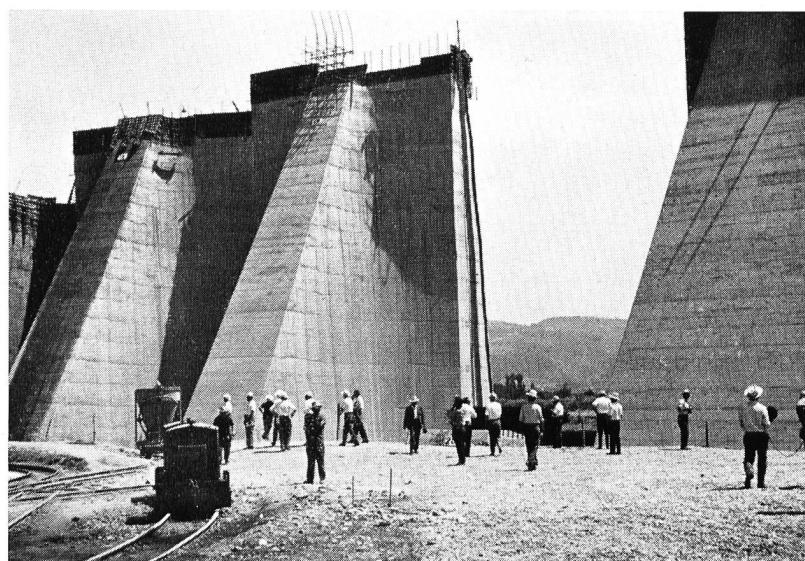


Bild 18  
Talsperre Corbara, luftseitige  
Ansicht der Staumauer-Pfeiler



Bild 19 Talsperre Corbara, Erddamm-Verdichtung

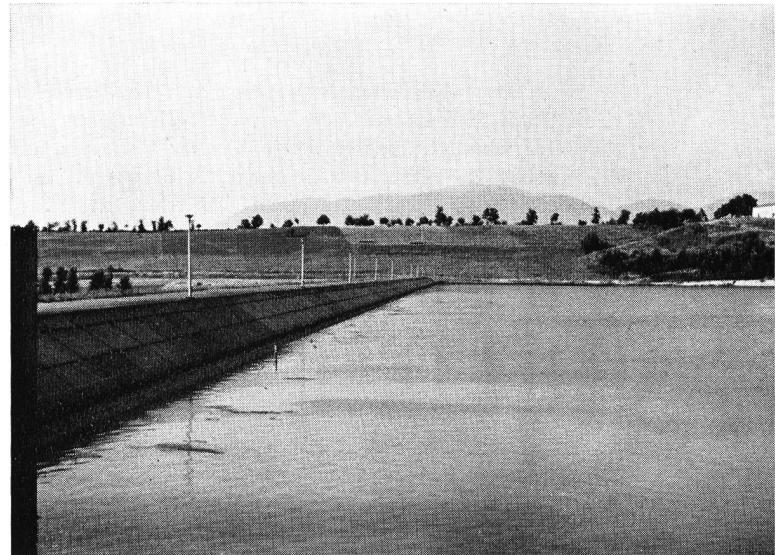


Bild 20 Erddamm Aja des Kraftwerkes Narni



sehr beliebten großen Derricks. Die Ausführung des Damms bietet keine Besonderheiten. Der aus natürlichem Lehm erstellte Dichtungskern ist geneigt und am Fusse durch ein Betondiaphragma bis auf den Fels verlängert. Die Schalungs- und Betonierarbeiten sowie die Dammverdichtung hinterließen einen sehr günstigen Eindruck.

#### Kraftwerk Narni

Nach dem Mittagessen hatten wir das Vergnügen, die Marmora-Wasserfälle zu besichtigen, welche speziell für uns an einem Werktag für 10 Minuten «in Betrieb» gesetzt wurden. Diese wirklich prächtigen natürlichen Fälle wurden durch die Ableitung des Wassers in das Kraftwerkssystem der Società Terni trockengelegt. Es wurde jedoch darauf Bedacht genommen, daß das Naturschauspiel den Touristen wenigstens an Sonntagen gezeigt werden kann!

In der Kraftwerkstufe Narni der Società Terni wird das Gefälle des Flusses Nera unmittelbar unterhalb der Stadt Terni ausgenützt. Von der Fassung gelangt das Betriebswasser ( $180 \text{ m}^3/\text{s}$ ) durch einen etwa 8 km langen Kanal in den Stausee Aja in einem Seitental der Nera. Dieser Stausee mit einem Nutzinhalt von 2,2 Mio  $\text{m}^3$  wurde durch die Errichtung eines 16,5 m hohen und 500 m langen Erddamms gebildet (Bild 20). Von diesem als Ausgleichsbecken dienenden Zwischenspeicher erreicht das Betriebswasser durch einen etwa 2,6 km langen Druckstollen von 8,2 m Durchmesser die beiden Kaplan-turbinen in der Kavernenzentrale Narni (Bild 21). Bei einem Gefälle von 27,8 m leisten die beiden Maschinengruppen zusammen 45 MW.

Bild 21 Eingang zur Kavernenzentrale Narni

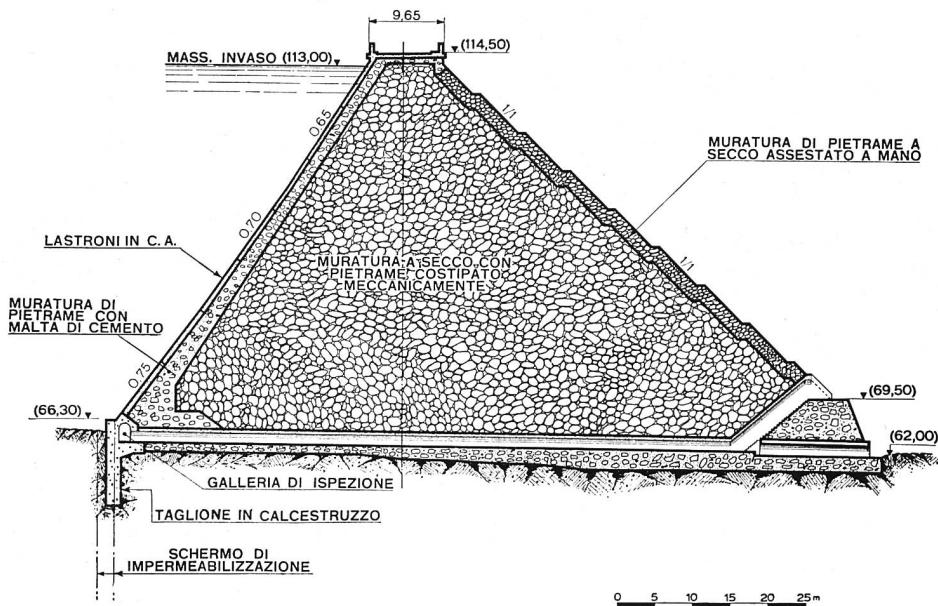


Bild 22  
Steindamm Cuga, Querschnitt

#### 4. REISETAG

Nach der nächtlichen Überfahrt von Civitavecchia nach Olbia nahmen wir den zweiten Teil unserer Studienreise, nämlich die Besichtigung von Talsperren auf der Insel Sardinien, in Angriff. Es standen uns dort für die Fahrten wiederum drei Cars zur Verfügung.

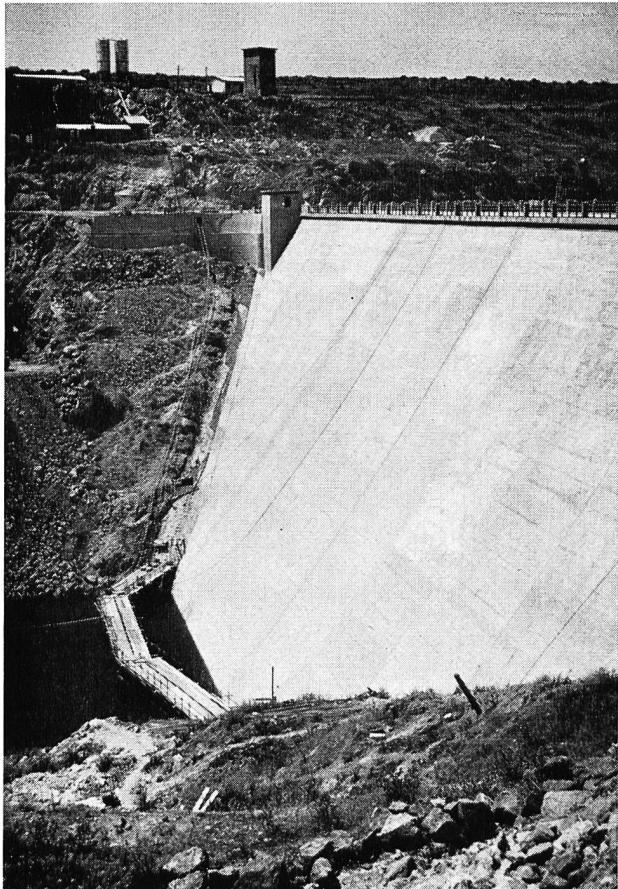


Bild 23 Steindamm Cuga, wasserseitige Ansicht

#### Steindamm Cuga

Von Olbia über Mores, Bonnanaro, Thiesi und Ittiri erreichten wir unser Besichtigungsobjekt, den Stausee Cuga, welcher nur etwa 20 km von Sassari entfernt ist. Dieser Speicher ist ein Teil des Irrigationswerkes zur Bewässerung eines etwa 10 km breiten Landstreifens zwischen Alghero und Porto Torres (10 000 Hektaren). In der langen und sehr heißen Trockenzeit des Sommers werden für die Bewässerung dieses Landstreifens 70 Mio m<sup>3</sup> Wasser benötigt. Hier sollen der Stausee Cuga 30 Mio m<sup>3</sup> und ein weiterer Stausee am Temo 40 Mio m<sup>3</sup> liefern. Die beiden Speicher sind durch einen Kanal miteinander verbunden.

Im Gegensatz zu den in den USA oft ausgeführten geschütteten Steinwällen haben wir es beim Cuga-Damm mit einem in dünnen Lagen eingebrachten und mit Großrüttlern verfestigten Steindamm zu tun. Die alte italienische Methode, bei welcher die Steine von Hand gesetzt wurden, mußte offenbar der Rationalisierung weichen. Im vorliegenden Fall eines Trockensteindamms handelt es sich also um ein Zwischending zwischen geschüttetem und gesetztem Steindamm. Die maschinell eingebrachten Steinlagen des Sperrenkörpers hatten vor der Verdichtung eine Stärke von etwa 80 cm, nach der Verdichtung durch Großrüttler noch etwa 60 cm. Eine Wasserzugabe war dabei nicht notwendig.

Im Zeitpunkt der Besichtigung war die Sperre eben fertiggestellt. Sie weist eine maximale Höhe von 54,5 m und eine Kronenlänge von etwa 220 m auf. Das Dammvolumen beträgt 250 000 m<sup>3</sup>, der Speicherinhalt 30 Mio m<sup>3</sup>, was ein sehr günstiges Verhältnis von Sperren- zu Nutzinhalt von 1 : 120 ergibt. Die wasserseitige Neigung beträgt in den drei etwa gleich hohen Abschnitten von oben nach unten 1 : 0,65, 1 : 0,70 und 1 : 0,75. An der Luftseite wurden 8 horizontale Bermen angeordnet, und die Neigung zwischen den Bermen ist 1 : 1. Die Breite des Sperrenkörpers erreicht damit an der Basis etwa 103 m (Bild 22).

Die Dichtung besteht aus einer auf der wasserseitigen Oberfläche aufgelegten armierten Betonplatte,



Bild 24 Steindamm Cuga,  
luftseitige Ansicht

deren Stärke von oben nach unten von 30 cm auf 50 cm zunimmt (Bild 23). Die Betonplatte ruht auf einer in Zementmörtel gemauerten Schicht von 1,8 m Stärke an der Krone und 2,8 m Stärke am Fuße. Durch diese Konstruktion ist dafür gesorgt, daß bei der Belastung durch den Wasserdruk gleichmäßige Deformationen auftreten, so daß die Dichtungsplatte keine unzulässigen Biegespannungen erhält. An der Luftseite wurden die Steine auf eine gewisse Tiefe gesetzt, und die Oberfläche ist als Trockenmauerwerk ausgebildet (Bild 24). Leider hat man die Steinfugen auf den Bermen mit Mörtel ausgegossen, welche nun infolge der Setzungen stark gerissen sind.

Vor und während des Baues wurde eine größere Anzahl von Versuchen ausgeführt. Aus drei Vorproben des Gesteinsaufbaues von 9 bis 45 m<sup>3</sup> Inhalt ergaben sich Porenvolumen des Mauerkörpers von 33 bis 38 % bei Steingrößen von 10 bis 90 cm. Auf Grund der Ergebnisse der Vorversuche beschränkte man sich für die Ausführung auf die Korngröße von 10 bis 50 cm, womit man das Porenvolume auf etwa 30 % senken konnte. Das spezifische Gewicht des Gesteins wurde zu 2,4 t/m<sup>3</sup> und das Raumgewicht des eingebauten Gesteins zu 1,73 t/m<sup>3</sup> bestimmt. Groß-Scherversuche im Felde ergaben einen Kohäsionskoeffizienten «c» von 1,32 t/m<sup>2</sup> und einen Winkel der inneren Reibung von 48°. Mit diesen Werten und für den ungünstigsten Gleitkreis ist ein rechnerischer Sicherheitsfaktor von 1,13 vorhanden. Diese Berechnungsart liefert allerdings für den Steindamm zu ungünstige Resultate. Nach der üblichen Bezeichnungsmethode für Steindämme, nämlich die Untersuchung des Abschiebens auf die Unterlage bei einem Reibungswinkel von nur 17° (gemäß italienischer Talsperrenverordnung) ergibt sich ein Sicherheitskoeffizient von 1,6.

Der Cuga-Damm war zweifellos die interessanteste aller besichtigten Konstruktionen. Ob sie sich bewährt, muß der erste Aufstau im gegenwärtigen Winter und der Betrieb in den nächsten Jahren zeigen.

## 5. REISETAG

Nach den Anstrengungen der ersten Reisetage fand es der Berichterstatter angezeigt, am Nachmittag und Abend des Vortages eine Ruhepause einzuschalten und für einmal allen touristischen und gesellschaftlichen Einladungen zu entsagen. Deshalb konnte der 5. Reisetag erfrischt und ausgeruht angetreten werden. Vorerst galt es nun, Sardinien von Norden nach Süden an einem Tage zu durchfahren und verschiedenes zu besichtigen.

### Bogenstaumauer Gusana

Über Macomer, Bivio Oniferi und Gavoi wurde die Sperrstelle am Taloro-Fluß erreicht. Es handelt sich hierbei um den Speicher des obersten Kraftwerkes am Taloro der *Società Idroelettrica del Taloro*. Die Staumauer war anlässlich der Besichtigung soeben fertiggestellt worden, der erste Aufstau erfolgt diesen Winter.

Das ausgeprägte Charakteristikum dieser Staumauer ist die stark umsymmetrische Form, indem auf der linken Talseite ein steiler Hang und auf der rechten Seite eine relativ nur schwach geneigte Talflanke als Widerlager dienen. Mit der Formgebung der schon früher beschriebenen Grundfuge wurde versucht, der Symmetrie nahezukommen, was allerdings nicht restlos gelang. Es ergab sich somit am rechten Mauerende ein längeres schlankes Widerlagerstück, welches knapp unter Kronenhöhe durch einen ausgeprägten Wulst auf der Luftseite verstärkt worden ist (Bilder 25 und 26). Im übrigen weist die Mauer einen starken Überhang auf der Luftseite auf, welcher im Maximum 11,0 m erreicht. Die Mauer hat folgende charakteristische Daten:

Maximale Höhe	86	m
Kronenlänge	370	m
Stärke an der Krone	3,0	m
Stärke am Fuß	15,3	m
Fugendistanz	12,3	m
Freibord	1,35	m
Speicher-Nutzinhalt	52,5	Mio m <sup>3</sup>
Betonvolumen	168 000	m <sup>3</sup>
Felsaushub	197 000	m <sup>3</sup>

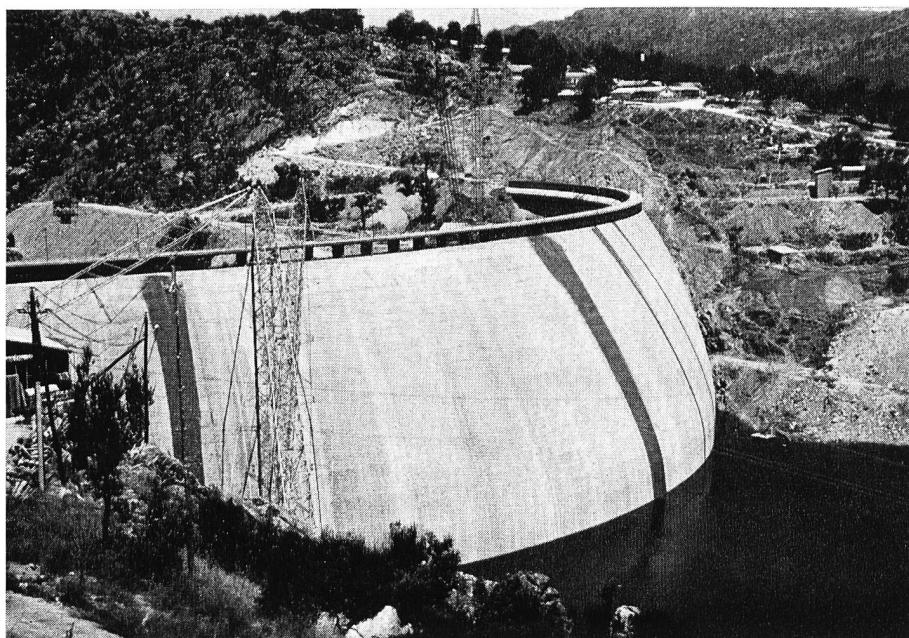


Bild 25  
Bogenstaumauer Gusana,  
wasserseitige Ansicht

Auf der wasser- und luftseitigen Oberfläche wurde ein Armierungsnetz von 40 cm Maschenweite aus Rund-eisen von 16 und 26 mm Durchmesser im Beton eingelegt. Der Zweck dieser Maßnahme ist nicht ganz klar, da allfällige Schalenrisse damit sicher nicht vermieden werden.

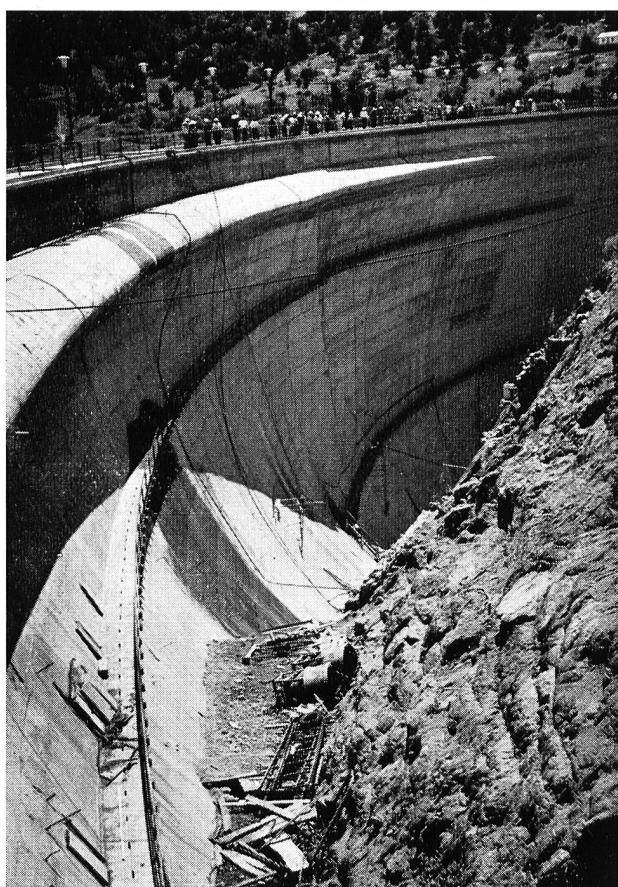


Bild 26 Bogenstaumauer Gusana, luftseitige Ansicht des rechtsseitigen Widerlagers mit Verstärkungswulst der Mauerkrone

Im Mittelstück der Staumauerkrone ist ein natürlicher Überfall von 90,9 m Länge angeordnet, über welchen 142 m<sup>3</sup>/s abgeführt werden können. Den Hauptteil der Hochwasserentlastung bildet jedoch der seitliche Auslaß, dessen Schwelle 6,0 m unter dem Stauziel liegt. Dessen drei Öffnungen sind mit Radialschützen von 6,2 × 10,0 m Größe verschlossen (Bilder 27 und 28). Die Kapazität des Seitenauslasses beträgt 1160 m<sup>3</sup>/s, beide Entlastungsorgane zusammen leisten somit etwa 1300 m<sup>3</sup>/s. Bei einem Einzugsgebiet von 252 km<sup>2</sup> ergibt sich damit eine spezifische Leistung von etwa 5 m<sup>3</sup>/s pro km<sup>2</sup>.

#### Gewölbereihensperre S. Chiara (Tirso-Sperre)

Das Gefälle des Taloro wird vom Stauziel des Gusana-Speichers auf Kote 642,50 m ü. M. über drei Kraftwerkstufen bis auf die Kote 107,0 m ü. M. hinunter ausgenützt. Die unterste Zentrale dieser Reihe befindet sich unmittelbar oberhalb des Zusammenflusses der Flüsse Taloro und Tirso, und sie gibt das Betriebswasser direkt in den Tirso-Speicher.

Die Einweihung der Tirso-Sperre fand am 28. April 1924 statt. Deren Konstruktion fand damals große Beachtung, ist die aufgelöste Konstruktion doch bis 70 m hoch, und das Speichervolumen erreicht bei Vollstau 400 Mio m<sup>3</sup>. 16 000 Arbeiter waren notwendig, um das Werk unter sehr ungünstigen Bedingungen zu vollbringen (Malariagebiet). Die Talsperre hat die an sie gestellten Anforderungen in den 37 Jahren ihres Bestehens gut erfüllt und erhält nun durch den Ausbau des Taloro erhöhte Bedeutung. Da in der technischen Literatur ausführliche Beschreibungen gefunden werden können, darf hier auf eine eingehendere Berichterstattung verzichtet werden.

#### 6. REISETAG

Die Reise durch den Norden Sardiniens ließ eine tiefe und etwas bedrückende Erinnerung zurück. Das unter der sommerlichen Bruthitze ausgetrocknete hügelige und gebirgige Land ist nicht für eine intensive Be-

bauung geeignet, und die Olivenbäume stehen windzerzaust etwas verlassen in der Landschaft. Städte und Dörfer machen einen verschlafenen Eindruck, so, als ob sich die Bewohner in das Schicksal eines armen und harten Lebens ergeben hätten. Geduldig schneiden sie mit gebeugtem Rücken und der Sichel in der Hand das Brotgetreide auf ihren steinigen Feldern und lassen die schütteren Bündel vom Esel heimtragen.

Diese Bild ändert sich langsam, je weiter südlich man auf dieser Insel kommt. Nur ein Fünftel der Insel ist flaches Land, und der größte Teil davon befindet sich im Süden. Durch die große Ebene von Campidano erreicht man das von geschäftigem Leben pulsierende Zentrum des Südens, die Hafenstadt Cagliari. Hier sind alle Voraussetzungen zu einer Entwicklung günstig, wenn der Mangel an Wasser behoben wird. Im Mittel erreichen die auf die Wintermonate konzentrierten Niederschläge nur 400 bis 500 mm, in trockenen Jahren sogar nur 250 mm. Schon vor Jahrzehnten ist deshalb der Gedanke geboren worden, Rückhaltebecken im nahegelegenen Einzugsgebiet des Flumendosa, dem größten Flusse Sardiniens mit einem Einzugsgebiet von 2000 km<sup>2</sup>, zu beschaffen, aus welchen der Ebene von Campidano im Sommer Wasser zugeleitet werden kann. Im Jahre 1946 rief die italienische Regierung die «Ente Autonomo del Flumendosa» ins Leben, und mit der Gründung der «Cassa per il Mezzogiorno» wurden auch die Geldmittel zur Verfügung gestellt, um an das Entwicklungsprojekt herangehen zu können. Dieses umfaßt eine größere Anzahl von Speicherseen, Wasserüberleitungen zwischen den Speichern, zwei Kraftwerke, Hauptkanal in der Campidano-Ebene mit Verteilnetz und Trinkwasserleitung nach Cagliari mit Aufbereitungsanlage. Die Kosten für den Gesamtausbau Flumendosa werden auf etwa 26 Mrd. Lire (etwa 180 Mio Schweizer Franken) geschätzt.

Durch das Entwicklungsprojekt sollen 100 000 Hektaren Land durch die Bewässerung einer intensiven Bewirtschaftung erschlossen werden. Die folgende Tabelle vermag das dabei erwartete Resultat am eindrücklichsten wiederzugeben:

	Gegenwart	Zukunft
Zahl der Landarbeiter	11 300	32 000
Arbeitstage pro Jahr	2 400 000	7 000 000
Mittlere Verkaufsproduktion pro Hektare	57 000 Lire	290 000 Lire
Gewinn pro Hektare	20 000 Lire	100 000 Lire

Bis heute wurden die beiden Speicher Flumendosa mit 260 Mio m<sup>3</sup> und Mulargia mit 310 Mio m<sup>3</sup> Inhalt und der Verbindungsstollen fertiggestellt. Von der doppelsträngigen Trinkwasserleitung nach Cagliari steht ein Strang ebenfalls schon in Betrieb. Gegenwärtig sind die beiden Kraftwerke Uvini und S. Miali sowie die Irrigationskanäle für die Bewässerung von etwa 9000 Hektaren im Bau. In einer weiteren Etappe sollen noch vier Speicher mit einer Kapazität von zusammen 315 Mio m<sup>3</sup> und die restlichen Wasserverteilkanäle gebaut werden. Gleichzeitig mit diesen Arbeiten wird eine Landreform, welche 200 000 Hektaren erfaßt, durchgeführt. Neue Höfe, Siedlungen, Volks- und Landwirtschaftsschulen müssen gebaut werden. Auch an die Gründung von landwirtschaftlichen Genossenschaften und die Errichtung von Reparaturwerkstätten für Landwirtschaftsmaschinen wurde gedacht. Hoffen wir, daß

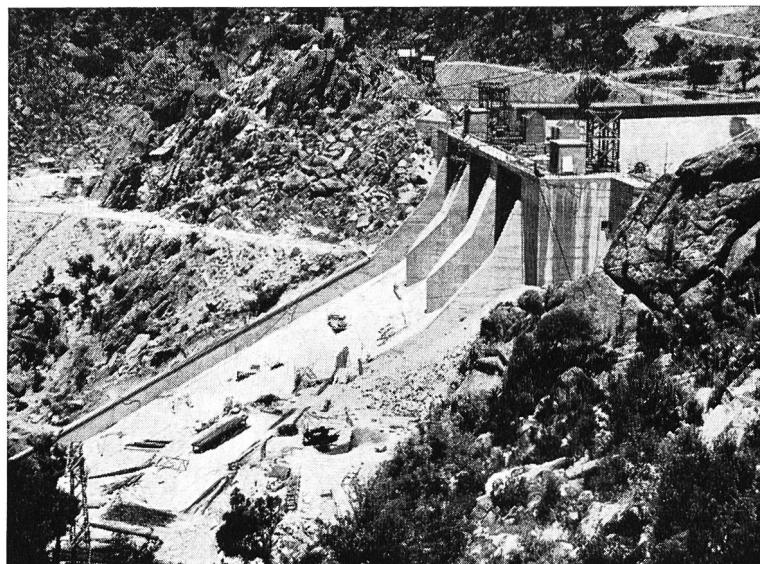


Bild 27 Bogenstaumauer Gusana, seitliche Hochwasserentlastung mit Ablauferinne

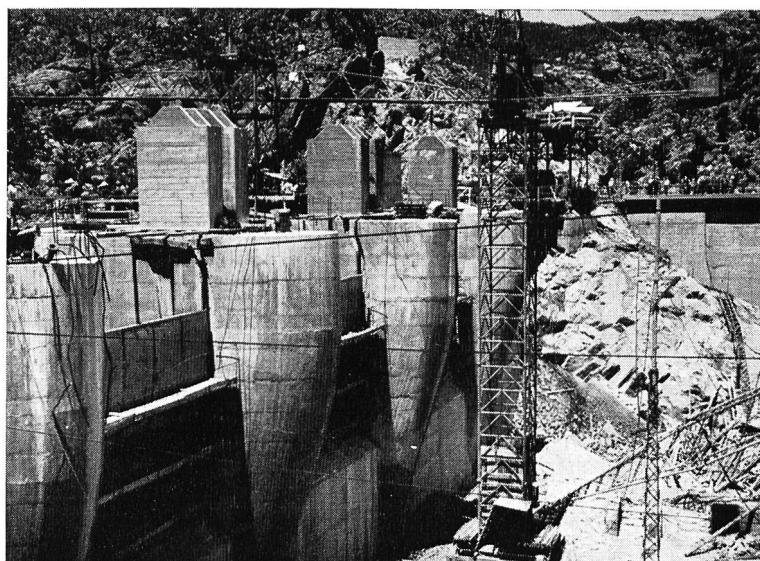


Bild 28 Bogenstaumauer Gusana, seitliche Hochwasserentlastung von der Wasserseite

dieses große und nützliche Gemeinschaftswerk dem Süden von Sardinien zum Segen gereiche, und daß es einen Ansporn bilde für ähnliche Projekte.

An unserem letzten Tag in Sardinien hatten wir Gelegenheit, die Staumauer Nuraghe Arrubiu, welche den Flumendosa-Speicher bildet, zu besuchen (Bild 29). Es ist dies eine Bogenmauer von 120 m Höhe und 253 m Kronenlänge. Am Fuße weist die Mauer eine maximale Stärke von 30 m auf. Für die Fundation war ein Felsausbruch von 105 000 m<sup>3</sup> erforderlich; der Mauerkörper benötigte 330 000 m<sup>3</sup> Beton mit einer Zement-Puzzolan-Dosierung von 250 kg/m<sup>3</sup>. Die Hochwasserentlastung ist für 4500 m<sup>3</sup>/s dimensioniert, bei einem Einzugsgebiet von 761 km<sup>2</sup> somit für einen spezifischen Abfluß von etwa 6 m<sup>3</sup>/s pro km<sup>2</sup>.



Eild 29  
Eogenstaumauer Nuraghe Arrubiu  
(Flumendosa)

## 7. REISETAG

Nach einer 14stündigen ruhigen Überfahrt von Cagliari landeten wir morgens 7 Uhr in Civitavecchia. Per Bahn ging es nun via Rom nach Neapel, wobei verschiedene Teilnehmer programmgemäß, oder andere spontan, infolge Übermüdung unsere Reisegruppe in Rom verließen.

### *Thermisches Kraftwerk Napoli-Levante*

Die technischen Besichtigungen fanden ihren Abschluß mit dem Besuch in einer thermischen Zentrale der *Società Meridionale di Elettricità*. Diese Gesellschaft besitzt im Hafen von Napoli-Levante zwei Zentralen, von denen die ältere schon mehrere Jahre in Betrieb steht. Unser Besuch galt der neueren, größeren Anlage, deren erste Gruppe vor kurzem in Betrieb kam. Die zweite Gruppe befand sich in Montage.

Das Brennmaterial (wahlweise Kohle oder Rohöl) wird direkt von den Schiffen in die Speicher transportiert, wobei die Schiffe in der eigens hierzu erstellten Hafenanlage längs dem Kraftwerk anlegen können. Mit der Erstellung des neuen Hafens wurde ein Landstreifen von etwa 60 m Breite gewonnen, auf welchem das Kraftwerk errichtet wurde. Im obersten Stock des hohen Maschinenhauses sind die Turbo-Generatorgruppen installiert. Die Turbine weist eine Leistung von 150 MW auf bei folgenden Dampfdaten: 170 atü und 538 °C. Die Drehzahl beträgt 3000 Touren pro Minute. Der Generator ist für maximal 170 000 kVA ausgelegt gemäß nachstehender Tabelle:

H <sub>2</sub> -Druck (Kühlung)	0,35 kg/cm <sup>2</sup>	1,05 kg/cm <sup>2</sup>	2,1 kg/cm <sup>2</sup>
kVA	136 000	156 400	170 000
kW	122 400	140 760	153 000

Zu Kühlzwecken werden dem Meer 6 m<sup>3</sup> Wasser pro Sekunde entnommen, wobei auf die Entsalzung verzichtet wird. Um die Entwicklung von Algen im Lei-

tungssystem zu vermeiden, wird dem Wasser Chlor beigegeben. Zum Schutze gegen die Aggressivität des Wassers wurden diese Leitungen aus einer Kupfer-Zink-Legierung hergestellt.

### *Ausklang*

Der letzte Reisetag, ein Sonntag, war frei. Der größere Teil der Reiseteilnehmer benützte die gebotene Gelegenheit, an zwei vom organisierenden Reisebüro arrangierten Rundfahrten teilzunehmen. Der Rest der Gruppe zog es vor, Neapel oder die nahe gelegenen Ausgrabungen von Herkulanum auf eigene Faust zu besichtigen. Am Abend kehrten dann alle Teilnehmer der Studienreisen Nr. 3 und 4 gemeinsam in einem Extrazug von Neapel nach Rom zurück.

Zum Schlusse verbleibt mir noch die angenehme Pflicht, den Bauherrschaften, deren Werke besichtigt werden konnten, und den ausführenden Unternehmern für den überaus freundlichen Empfang, für die Führung auf den Baustellen und die herzliche Gastfreundschaft den besten Dank abzustatten. Dabei war es keine leichte Sache, die unter der enormen Hitze leidende und von den langen Carfahrten ermüdete Reisegesellschaft jeweils in die Lage zu versetzen, den Erklärungen und Führungen mit vollem Interesse folgen zu können. Man darf sagen, daß dies aber überall gelungen ist, sei es durch die Asteilung von bunten, breitrandigen Strohhüten, durch eine Ruhepause unter einem Schattendach bei Tranksame oder durch den Empfang mit einer Schar Trachtenmädchen. Diese in so natürlicher Weise dargebrachte Gastfreundschaft hat wesentlich zum guten Erfolg der Studienreise beigetragen.

### **Bilder**

1/4, 6, 8/13, 16/21, 23/29 Photos O. Frey-Baer  
5, 22 aus «Grandi Dighe Italiane, Roma 1961», herausgegeben vom Ministerio dei Lavori Pubblici

## C4 Studienreise Abruzzen—Kalabrien—Sizilien

vom 1. bis 9. Juli 1961 (Routenskizze siehe Seiten 14/15)

dipl. Ing. Gian Andri Töndury, Zürich/Wettingen

DK 627.81 (45) : 910

Diese Studienreise war mit etwa 250 Damen und Herren aus 20 Ländern die begehrteste; die Franzosen stellten mit 112 Teilnehmern das weitaus stärkste Kontingent. Aus der Schweiz nahmen 7 Herren und eine Dame daran teil.

Am frühen Samstagnachmittag, 1. Juli 1961, verließ ein Extrazug Rom, um in gemächlicher siebenstündiger Fahrt über Tivoli in das gebirgige Gebiet der Abruzzen zu gelangen und durch abwechslungsreiche Szenerie über Avezzano—Sulmona abends nach dem besonders im Winter stark frequentierten, nun herrlich frischen Kurort Roccaraso zu gelangen (225 km); diese auf 1230 m Höhe gelegene Ortschaft, deren Hotels militärischen Kommandoposten dienten, wurde in Feldzügen des Zweiten Weltkrieges ganz zerstört und mußte wieder vollständig neu erstellt werden.

Der Sonntag galt bei prächtigem Wetter einer etwa 150 km langen Autocar-Rundfahrt zum Besuch verschiedener Wasserkraftanlagen im Einzugsgebiet des Sangro, eines in den Abruzzen entspringenden und südlich Pescara in das Adriatische Meer mündenden Flusses. Zu Beginn dieser schönen und eindrucksreichen Fahrt wurde wenig nördlich von Roccaraso auf einem kurzen Abstecher das Bergstädtchen Pescocostanzo besucht, eine typische Siedlung der Abruzzen, wo zur Gottesdienstzeit ein flüchtiger Blick in die reich ausgestattete Kirche S. Maria del Colle ermöglicht wurde; dann konnte man auch kleine Mädchen in den farbenreichen Trachten der Gegend (Bild 1) an ihrer emsigen Arbeit in einer Klöppelschule sehen. Nach kurzer Fahrt erreichten wir in nördlicher Richtung einen Paß, nach welchem wir durch das Tal des Aventino, einem Seitenfluß des Sangro, flußabwärts zum Stausee Aventino gelangten.

### Kraftwerk S. Angelo an den Flüssen Sangro und Aventino

Bei dieser die Wasserkräfte von Sangro und Aventino nutzenden Anlage handelt es sich um das bedeutendste der drei von der *Azienda Comunale Elettricità ed Acque Roma (A.C.E.A.)* am Sangro erstellten Kraftwerke. Das gesamte Einzugsgebiet umfaßt 1142 km<sup>2</sup>, wovon 863 km<sup>2</sup> auf den Sangro, 232 km<sup>2</sup> auf den Aventino und 47 km<sup>2</sup> auf den dem Stausee Aventino zugeführten Verde-Fluß entfallen. Das auf zwei Hauptflüsse basierende System besteht aus den zwei Speicherseen Sangro/Bomba mit 64 Mio m<sup>3</sup> nutzbarem Stauinhalt und Aventino/Casoli mit 20 Mio m<sup>3</sup>, beide mit gleichem Stauziel auf Kote 255,0 Meter ü. M., also kommunizierende Becken, von denen die Nutzwassermengen durch die einzelnen Druckstollen von 9180 m ( $\phi$  3,30 m) bzw. 4180 m Länge ( $\phi$  2,60 m) und durch den anschließenden gemeinsamen Druckstollen ( $\phi$  4,0 m) von etwa 4 km Länge zum Wasserschloß und durch die 450 m lange, offen verlegte Druckleitung ( $\phi$  2,70 m) zur Zentrale S. Angelo gelangen, unweit des Zusammenflusses von Sangro und Aventino. In der für maximal 43,6 m<sup>3</sup>/s dimensionierten Zentrale sind zwei Maschinengruppen mit Francis-Turbinen installiert, die bei einer maximalen Nettofallhöhe von 156,5 m eine Leistung von 30 600 kW erzeugen, mit einer mittleren Jahresarbeit von 210 Mio kWh.

Der vorerst besichtigte Stausee Aventino wird durch die 54 m hohe Pfeilerkopfmauer Casoli geschaffen, die auf Kronenhöhe 193 m lang ist und ein Betonvolumen von 82 000 m<sup>3</sup> erforderte (Bilder 2 und 3); der Fundamentaushub von Talsperre und Entlastungsbauwerk betrug 150 000 m<sup>3</sup>. Die zehn Hohl-



Bild 1  
Trachtengruppe im Bergstädtchen Pescocostanzo in den Abruzzen



Bild 2  
Talseitige Ansicht der  
Pfeilerkopfmauer Casoli

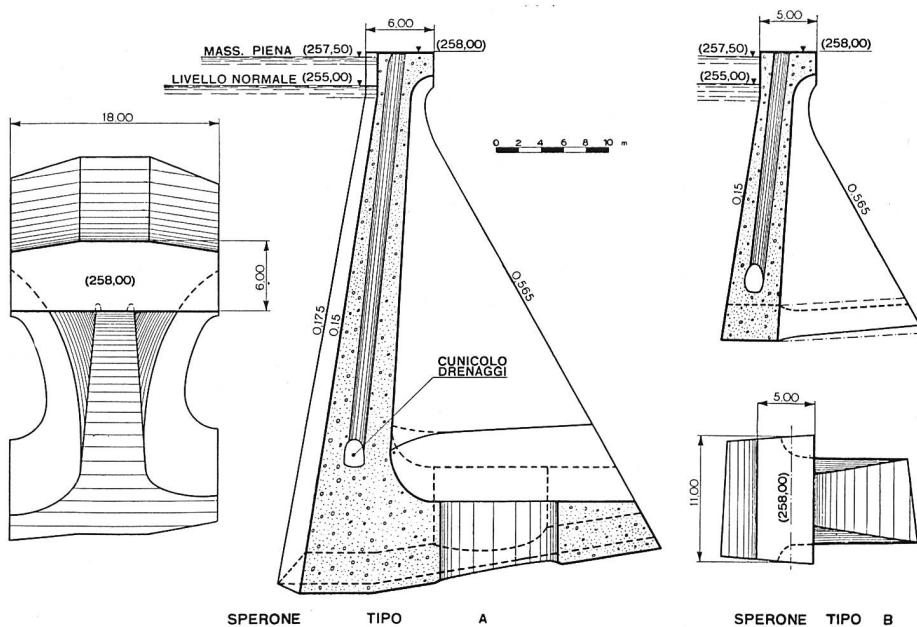


Bild 3 Pfeilerkopfmauer Casoli am Flusse Aventino, einem Zufluß zum Sangro; verschiedene Schnitte



Bild 4  
Maschinenhaus S. Angelo  
des Wasserkraftsystems Sangro-  
Aventino; vor der Zentrale die sechs  
großen Autocars der Studienreise 4



Bild 5

Erdamm und Stausee Bomba am Sangro, einem in den Abruzzen entspringenden und in die Adria mündenden Fluß

körper-Elemente, an massiven Widerlagerpartien angelassen, sind in den Zonen geringerer Höhe massiver als in den hohen Mauerpartien, die von drei schlanken Elementen gebildet werden; diese Staumauer wurde auf einer Formation geschichteter Kalke und mehr oder weniger verwitterter Mergel mit lehmigen Einschlüssen fundiert, wobei die Talsperre mit 10 m langen Rund-eisen ( $\phi$  30 mm) im Untergrund verankert werden mußte. Für den Beton wurden 250 kg/m<sup>3</sup> Portlandzement verwendet. Die am linken Widerlager untergebrachten Hochwasser-Entlastungsorgane — Grundablaß und Überlaufbauwerk — können 650 m<sup>3</sup>/s abführen. Die Talsperre wurde 1955—1958 errichtet; Projektverfasser: Prof. Ing. F. Arredi, Bauleiter: Dott. ing. M. Pediconi, Bauunternehmung: P. Cidonio.

Nach Besichtigung der Talsperre Casoli begaben wir uns talwärts zum Besuch der architektonisch originell und sehr gefällig gestalteten Zentrale S. Angelo (Bild 4); auf dem etwas weniger heißen Schattenplatz hinter der Zentrale war zum Mittagessen gedeckt, wo die große Reisegesellschaft Gast der A.C.E.A. war.

Von hier begann die Carrückfahrt dem größeren Fluß Sangro flussaufwärts folgend, vorläufig bis zum

viel größeren Stausee Sangro, welcher durch den 1960 fertig erstellten, 59,8 m hohen und 681 m langen Erddamm geschaffen wurde (Bilder 5 und 6); der Damminhalt beträgt 3,8 Mio m<sup>3</sup>, der Aushub etwa 1 Mio m<sup>3</sup>. Es handelt sich um einen Erddamm mit nahezu zentralem Dichtungskern, der einen Durchlässigkeitskoeffizienten von  $10^{-9}$  cm/s aufweist. Die größte Dammfußbreite erreicht 302 m, die Krone ist 9 m breit. Das ganze Damm-Material, einschließlich Lehm für die Kernkonstruktion und das Injektionsgut für das dichtende Diaphragma, wurden am Sangrofluß gewonnen. Zwei in der linken Felsflanke errichtete Entlastungsorgane — Grundablaß und weniger tief gelegene Entlastungsorgane — sowie zwei kreisförmige Überlauf-Kelche ( $\phi$  25 m) erlauben eine Hochwassерentlastung von 2000 m<sup>3</sup>/s, wobei die beiden Überlaufkelche allein bei einem Überstau von 2,5 m 1250 m<sup>3</sup>/s abzuführen erlauben. Die Talsperre ist zum Teil auf der linken Flanke auf einem Massiv erratischer Kalke und Mergel gegründet, zum großen Teil — namentlich in der Talsohle — auf Lehmlinsen, während die rechte Talflanke an der Oberfläche durch Bergsturzmaterial gebildet wird. Der Staudamm wurde in der Periode

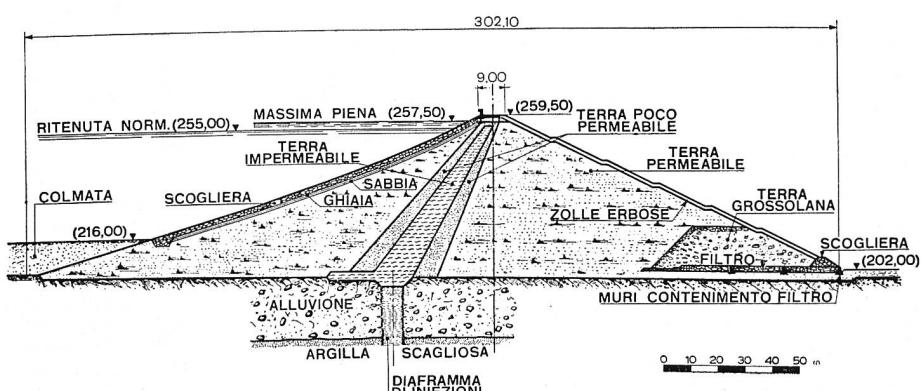


Bild 6  
Querschnitt durch den Staudamm  
Bomba am Sangro



Bild 7  
Ein typisches Städtchen  
in den Abruzzen

1958/60 gebaut; Projektverfasser: Dott. ing. G. Wetter, Bauleiter: Dott. ing. M. Pediconi, Bauunternehmung: Ing. D. Costanzi.

Nach einem wohltuenden längeren Aufenthalt mit kühlenden Getränken bei der Aussichtsterrasse der Talsperre, auf der die italienische rot—weiß—grüne Trikolore stolz flatterte, folgte in den Abendstunden eine besonders stimmungsvolle, lange Rückfahrt: vorerst dem langen Stausee Sangro entlang auf neu erstellter Straße, an eigenwillig auf Hügeln und Felsköpfen kühn errichteten Dörfern und Städtchen vorbei (Bild 7), durch enge Täler mit sorgfältiger Bebauung und über Pässe hinweg nach Castel di Sangro und Roccaraso. Hier waren wir zum Nachtessen im Grande Albergo wiederum Gäste der A.C.E.A.

Der ganze Montag, 3. Juli, — die Abfahrt erfolgte schon 7 Uhr morgens — wurde für die 470 km lange Bahnfahrt von Roccaraso bis Pàola in Kalabrien, mit anschließender 42 km langer Carfahrt nach Cosenza, in Anspruch genommen. Unser Extrazug kroch streckenweise, bei Dampftraktion, ausgedehnten Talflanken entlang, durch fruchtbare Täler und über Höhenzüge stets in südöstlicher oder südlicher Richtung bis Capua am Volturno, wo wir eine der großen Nord—Süd-Bahnlinien erreichten und von da an, bei elektrischer Traktion, rascher weiterkamen; Neapel wurde auf der östlichen Seite des Vesuvs umgangen, und bald erreichten wir den prächtigen Golf von Salerno, wo sich die Stadt Salerno grellweiß an den Hängen über der tiefblauen Mittelmeerbucht aufbaut. Nun folgte eine eindrucksvolle abendliche Fahrt, bald dem Meer entlang — unweit der griechischen Tempelruinen von Paestum vorbei — bald hinter Höhenzügen und in rascher Fahrt durch lange Tunnels nach Süden. Auffällig war der sehr starke Gegenverkehr auf dieser Bahnlinie. Kurz nach Sonnenuntergang erreichten wir Pàola, wo etliche Cars bereitstanden, um uns in steiler und aussichtsreicher Fahrt langsam über den 980 m hohen Passo di Crocetta in das Tal des Crati-Flusses und spät nach der Stadt Cosenza zu bringen, wo wir in verschiedenen Hotels untergebracht waren. Diese am bekannten

Busento gelegene Stadt verzeichnet wohl einen rapiden Aufschwung mit vielen neuen Gebäuden — aber Welch häßliche, ungemütliche Stadt — und der Busento, zurzeit ein unrühmliches schmutziges Rinnsal!

Der Dienstag, 4. Juli, galt einer ganztägigen Auto- carfahrt in das Sila-Gebiet, um einige Anlagen der Società Meridionale di Elettricità (S.M.E.) zu besichtigen. Die Rundfahrt von Cosenza umfaßte rund 150 km auf engen Straßen in außerordentlich stark coupiertem Gelände. Von Cosenza in südlicher und östlicher Richtung fahrend, gelangten wir an den ganz im Grünen gelegenen großen Stausee Arvo am Arvo- fluß, mitten in einem an die Schweiz oder an den hohen Norden erinnernden Föhrenwald; hier in der Bergfrische am See liegt auch ein kleiner Sommerkurort. Überhaupt war man allgemein überrascht, in dieser südlichen, gebirgigen Mittelmeer-Zone so viel Wald, Weiden und Wiesen anzutreffen, stellt man sich doch Kalabrien üblicherweise ganz anders vor! Ein weiter Umweg nach NO, nach NW und wieder nach NO brachte uns zum Stausee Cecita.



Bild 8 Entzückende Kindergruppe im Bahnhof des Abruzzen- kurortes Roccaraso

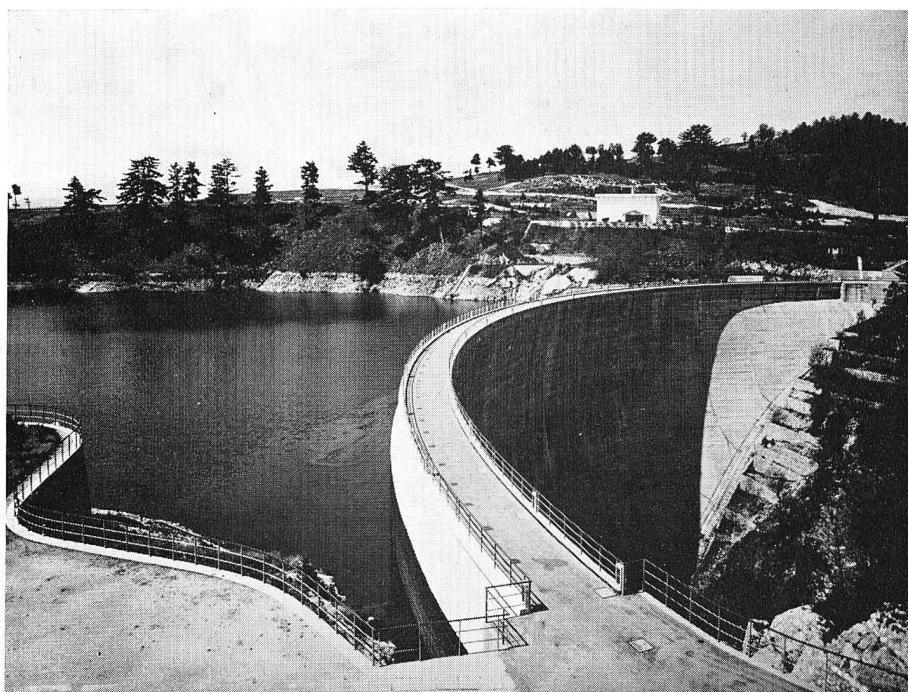


Bild 9  
Bogengewicht-Sperre Cecita  
am Mucone-Fluß in Kalabrien

#### Kraftwerkgruppe Cecita-Mucone der S.M.E.

Diese Wasserkraftanlage am Mucone, einem rechten Nebenfluß des Crati, besteht aus zwei Kraftwerkstufen, welche die im Stausee Cecita gespeicherten Wassermengen nutzt. Kernobjekt dieser Anlagen ist das durch die 55 m hohe Bogengewichtsmauer Cecita (Bilder 9 bis 11) geschaffene Speicherbecken von 107 Mio  $m^3$  Nutzhalt, entsprechend einem Energieinhalt von 226 Mio kWh; die maximale Staukote liegt bei 1142,25 m ü. M. Diese doppelt gekrümmte Talsperre ist auf Kronenhöhe 166 m lang, an der Basis 19 m breit und erforderte eine Betonkubatur von rund 60 000  $m^3$ ; für die Betonherstellung wurden 275 kg/m<sup>3</sup> Puzzolan-

zement mit niedriger Abbindewärme unter Beigabe von «Darex Aea» verwendet. Die Talsperre ruht auf einer symmetrischen Fundamentfuge, die Fundation erfolgte auf einer Übergangszone Granit-Quarzdiorit. Für die Abdichtung der Sperrstelle waren umfangreiche Injektionen erforderlich; die bis 50 m tiefen Injektionsbohrungen erreichten insgesamt etwa 30 000 m! Der Hochwasser-Überlauf und zwei Entlastungsstollen auf verschiedener Höhe erlauben die Abführung von 500  $m^3/s$ , oder — bezogen auf das 154,5 km<sup>2</sup> umfassende Einzugsgebiet — eine spezifische Hochwasserentlastung von 3,2  $m^3/s \text{ km}^2$ . Das Ablaufregime des Mucone ist sehr unregelmäßig; es variiert zwischen einer Sommerwasser-

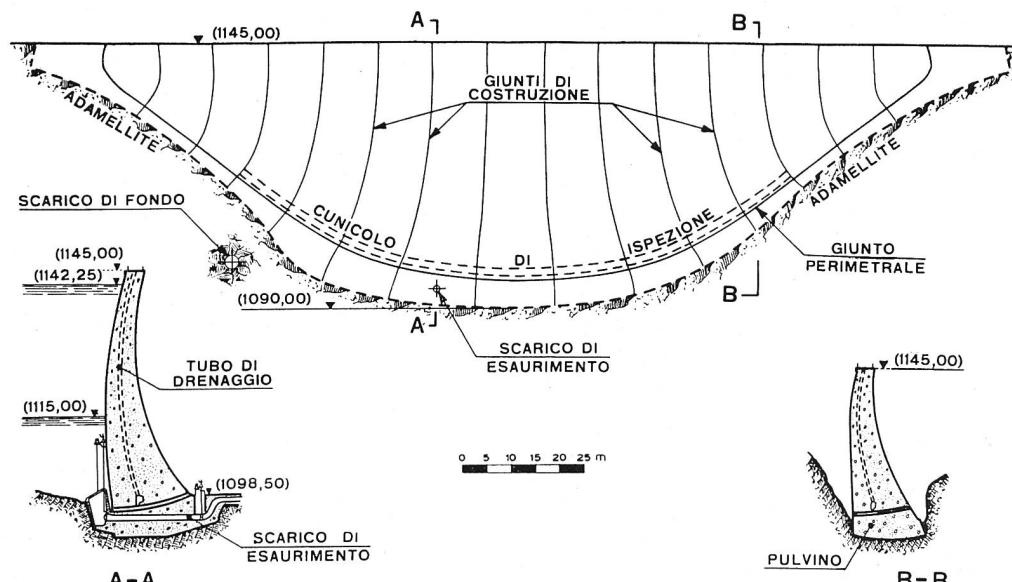


Bild 10 Bogengewicht-Sperre Cecita; bergseitige Ansicht und Schnitte

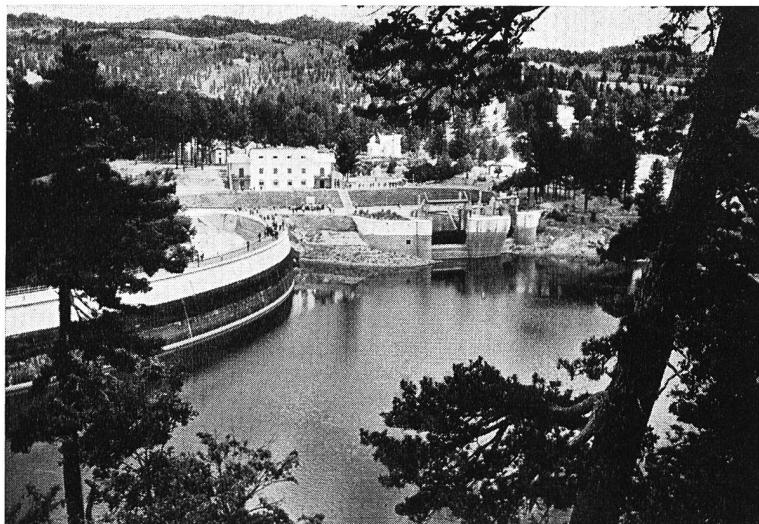


Bild 11

Ausblick auf Stausee und Staumauer Cecita.  
Diese bewaldete Gegend im sogenannten Sila-Gebiet  
Kalabriens erinnert stark an schweizerische  
Landschaften

menge, die unter  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  fallen kann bis zu Hochwassern von  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ . Das großdimensionierte Staubecken erlaubt daher eine weitgehende Regulierung der Abflüsse. Die Talsperre wurde 1950/51 errichtet. Projektverfasser waren Prof. Ing. C. Drioli, Dott. ing. M. Cuocolo und Dott. ing. C. Tedeschi; Bauleiter: Dott. ing. A. Lavatelli, Dott. ing. L. Sala, Dott. ing. P. Caprioglio, Dott. ing. M. d'Anna und Dott. ing. A. d'Orazio; Bauunternehmung: Ing. Lodigiani, S. p. A.

Vom Stausee Cecita gelangt das Nutzwasser durch einen 14 km langen Druckstollen ( $\phi 3,00 \text{ m}$ ) und eine im Bergmassiv einbetonierte 900 m lange Druckrohrleitung ( $\phi 2,50/2,00 \text{ m}$ ) zur Kavernenzentrale Acri, in der zwei horizontalachsige Maschinengruppen mit Pelonturbinen maximal  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  auf einer Fallhöhe von 600 m nutzen. Die Leistung beträgt 110 000 kW. In separater Kaverne sind zwei dreiphasige Transformatoren untergebracht, während die Schaltanlage für 150 kV und 220 kV im Freien steht.

Das Nutzwasser der Zentrale Acri und Abflüsse des Zwischeneinzugsgebietes gelangen durch einen 10 km langen Druckstollen ( $\phi 3,30 \text{ m}$ ) und eine offen verlegte 1150 m lange Druckleitung ( $\phi 2,95/3,30 \text{ m}$ ) zur Zentrale Luzzi, in der zwei vertikalachsige Maschinengruppen mit Francisturbinen installiert sind. Die  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  Nutzwasser erzeugen über eine Fallhöhe von 290 m eine Leistung von 55 000 kW. An diese Zentrale schließt sich eine Freiluftschanlage von 220 kV an.

Die mittlere Jahreserzeugung der zweistufigen Kraftwerkgruppe beträgt 340 Mio kWh, wobei die Anlagen für eine mittlere Benützungsdauer von 2000 Jahresstunden, also sehr hoch, ausgebaut sind. Die ganze Werkgruppe wurde 1950/55 verwirklicht.

Die elektrische Energie wird in das Verteilnetz Süditaliens gespiesen und ist auch dazu bestimmt, die Hebung des Lebensniveaus der Bevölkerung und die Industrialisierung des Landes zu fördern.

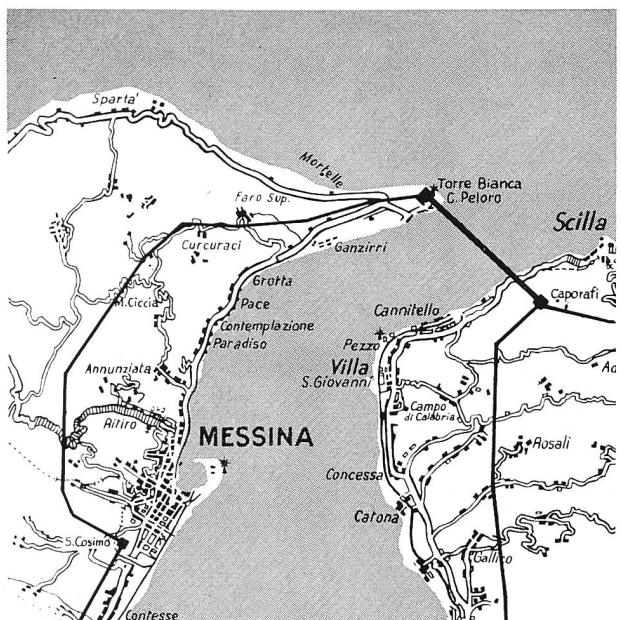
Unser eingehender Besuch galt lediglich der Talsperre Cecita, wo aber auch ausgezeichnete technisch-wirtschaftliche Erläuterungen über die Kraftwerkgruppe Mucone und die ebenfalls der S.M.E. gehörende Kraftwerkgruppe Sila gegeben wurden. Im Anschluß daran offerierte die Società Meridionale di Elettricità ein ausgezeichnetes Essen mit exquisiten Weinen.

Nach der Rückfahrt von Cosenza über den im dichten Nebel verhüllten Passo di Crocetta nach Pàola, bestiegen wir wieder unseren Spezialzug, der uns in vielen Stunden rascher Fahrt bis nach dem 200 km entfernten Reggio/Calabria, fast an der Südspitze des italienischen Festlandes, führte — vorerst dem Meer entlang bei prächtiger Abend- und Sonnenuntergangsbeleuchtung. Um Mitternacht brachte uns die bequeme große Fähre in halbstündiger Fahrt über die hier nur 10 km breite Meerenge nach Messina auf der Insel Sizilien, wo wir erst gegen 1 Uhr morgens unsere Unterkünfte in guten Hotels (z. B. neues Jolly-Hotel, am Meer gelegen) beziehen konnten.

Bei prächtigem Wetter wurde man am 5. Juli schon sehr früh durch den nahen Hafenbetrieb geweckt, so daß vor der offiziellen Abfahrt noch ein kurzer individueller Besuch einiger schöner, für Sizilien typischer Bauten möglich war, und zwar die entzückende kleine im 12. und 13. Jahrhundert erbaute Normannenkirche S. S. Annunziata dei Catalani und der prächtige, zur Normannenzeit gebaute und nach dem furchtbaren Erdbeben von 1908 nach dem alten Vorbild und unter Verwendung der alten Bau- und Schmuckelemente neu errichtete Dom mit alten Mosaiken aus dem 13. Jahrhundert.

#### *Elektrische Überspannung der Meerenge von Messina*

Nach einer kurzen Carfahrt von Messina der üppig-fruchtbaren Küste entlang nach Norden, vorbei an vielen Villen, die im herrlichsten Farbenschmuck von Bougainvilleas und Oleander prangten, gelangten wir zum Kap Pelora an der Nordostspitze Siziliens. Hier besichtigten wir den auf sizilianischem Boden errichteten, 224 m hohen Mast für die kühne Überquerung der Meerenge von Messina (Bilder 12 bis 16). Die hohen Maste auf Sizilien und unweit Scilla auf Kalabrien ermöglichen die Überwindung der Meerenge mit einer Spannweite von 3653 m, wobei der maximale Durchhang von 134 m gegenüber dem sizilianischen Mast und von 289 m gegenüber dem am Berghang errichteten kalabrischen Mast auf dem Meer eine minimale Durchfahrtshöhe von 70 m erlaubt. Diese Leitung verbindet die aus den alten Sagen bekannten Orte Scilla und Charybdis! Über diese bemerkenswerte Querung der



## HOCHSPANNUNGSLEITUNG ÜBER DIE MEERENGE VON MESSINA

Bild 12 (oben) Lageplan der Meerenge mit Tracé der elektrischen Hochspannungsleitung 150/220 kV, welche das Meer zwischen Skylla und Charybdis überquert

Bild 13 (rechts) Der 224 m hohe Hauptmast auf Kap Peloro an der Nordostspitze Siziliens

Bild 14 (unten) Unterste Partie der 1114 Stufen zählenden Steigleiter am Gittermast

A black and white photograph of a tall lattice transmission tower. The tower is very tall, reaching approximately 224 meters. It is situated on a rocky cliff or peninsula. The sky behind it is filled with dramatic, dark clouds. The tower's structure is a complex network of metal beams forming a lattice pattern.

Bild 15 (unten rechts) Blick in die filigranartige Fachwerkkonstruktion des hohen Gittermastes

A black and white photograph showing the lower section of a tall lattice transmission tower. A spiral staircase is attached to the side of the tower, leading upwards. Several workers are visible on the stairs, providing a sense of scale to the massive structure. In the foreground, a group of people stands on a platform or pier, looking up at the tower. The background shows a body of water under a clear sky.

A black and white photograph focusing on the upper portion of a tall lattice transmission tower. The image captures the complex and delicate filigree-like structure of the tower's framework. The perspective is from below, looking up towards the top of the tower, which is partially obscured by the intricate web of beams.

57

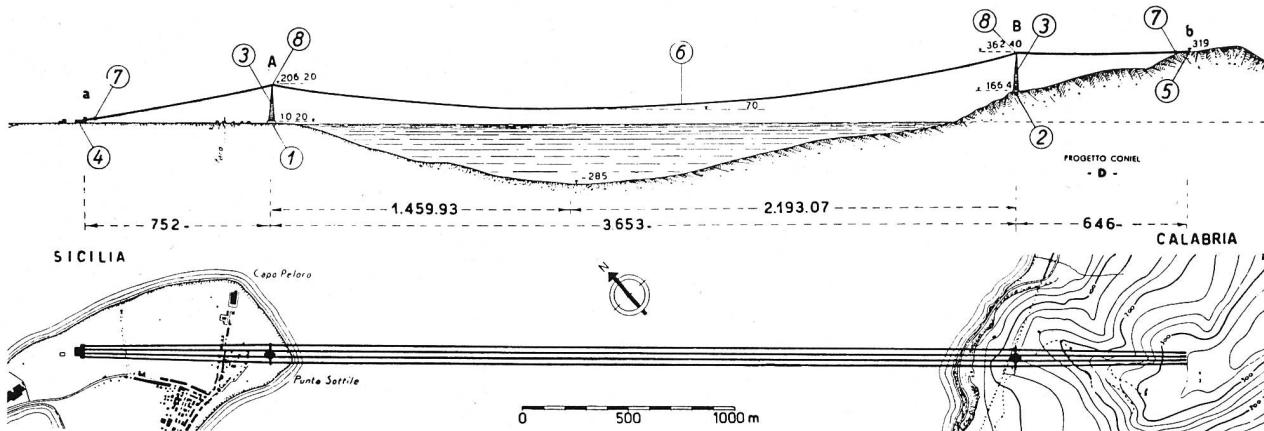


Bild 16 Querprofil und Lageplan der Überquerung der Meerenge von Messina

- |                                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1 Fundament auf Sizilien          | 5 Verankerung kalabrische Seite |
| 2 Fundament auf Kalabrien         | 6 Hochspannungsleiter           |
| 3 Maste                           | 7 a, b Spannvorrichtung         |
| 4 Verankerung sizilianische Seite | 8 A, B Aufhängevorrichtung      |

Meerenge mit einer Hochspannungsleitung von vorläufig 150 kV mit Ausbaumöglichkeit für 220 kV, deren Planung schon auf das Jahr 1921 zurückgeht, viele Probleme aufwarf und deren Inbetriebnahme am 27. Dezember 1955 erfolgen konnte, haben wir in dieser Zeitschrift schon ausführlich berichtet<sup>1</sup>.

Der sizilianische Mast ist auf einer 230 m mächtigen Sandschicht und durch vier 18 m tiefe Betonblöcke fundiert; die Abspaltung und Verankerung erfolgt in einer 630 m vom Mast entfernten Konstruktion. Die filigranartige Fachwerkkonstruktion des hohen Gittermastes, der eine Steigleiter von 1114 Stufen enthält, zeugt von der konstruktiven Kunst der Erbauer. Projektiert wurde diese Anlage von der Compagnia Nazionale Imprese Elettriche (CONIEL). Von der Fundamentterrasse des Mastes aus hatte man einen interessanten Einblick in die Gittermastkonstruktion und einen schönen Ausblick auf das grünblaue Mittelmeer und die vielen kleinen Fischerboote mit ihren langen Masten und Längsbalken für den Schwertfischfang.

Ein kurzer Gang durch die sehr ärmliche Ortschaft am Kap Peloro, die von Kindern wimmelte, brachte uns zur Verankerungskonstruktion, wo uns im Freien von der Società Generale Elettrica della Sicilia, der Besitzerin der Hochspannungsleitung, ein mundender Imbiß und Trunk kredenzt wurden.

Hierauf folgte eine rasende, 60 km lange Fahrt dem Meer entlang und fast ununterbrochen durch enge Ortschaften und Städtchen über Messina nach dem Cap S. Andrea und von hier in prachtvoller Landschaft auf steiler, kurvenreicher Straße nach dem 250 m hoch gelegenen, weltbekannten Städtchen Taormina, der alten Siedlung Tauromenium, die etwa 400 v. Chr. von den Sikelern gegründet wurde. Die Einfahrt in Taormina erfolgte während eines Gewitters bei leichtem Regenschauer. Die große Reisegesellschaft mußte für die zwei hier vorgesehenen Nächte wieder auf etliche, voneinander ziemlich entfernt liegende Hotels verteilt werden; der Berichterstatter hatte das Glück, im wohl-

aussichtsreichsten dieser Hotels zu wohnen, im Excelsior Palace.

Nach dem Mittagessen bot sich die Gelegenheit, das Städtchen individuell zu besichtigen, und ich wanderte unverzüglich zu dem mir schon aus den Jahren 1928 und 1937 bekannten, in unvergleichlicher Lage gelegenen Teatro Greco, die große Sehenswürdigkeit Taorminas; es ist hellenischen Ursprungs, gehört aber in seiner endgültigen Gestalt ganz einer römischen Restauration des 2. Jahrhunderts n. Chr. an. Der Zuschauerraum ist halbkreisförmig in den Felsen eingebaut und nur an den beiden Seiten durch Backsteinbauten ergänzt. Die Aussicht auf den rauchenden, 3260 m hohen Ätna, der im Winter und Frühjahr bis weit hinunter verschneit ist, auf die sich meerwärts erstreckenden schwarzen Lavaströme verschiedener Ausbrüche, auf die von Städten gesäumte fruchtbare Küste und das blaugrüne Mittelmeer ist wirklich einmalig und unvergeßlich (Bild 18). Jetzt, zur Sommerzeit, ist der den Ätna krönende Schnee geschmolzen und das Bild daher nicht so kontrastreich und eindrucksvoll wie im Frühling.



Bild 17 Kulinarische Pracht für das exquisite Bankett im San Domenico Palace in Taormina

<sup>1</sup> siehe WEW 1955 S. 39/44



Bild 18

Das berühmte Griechische Theater in Taormina.

Prachtvoller Blick auf die östliche Meeresküste Siziliens und den 3273 m hohen Ätna, der zur Zeit des Besuches eine verstärkte vulkanische Tätigkeit zeigte, die besonders auf der nächtlichen Fahrt von Catania nach Taormina ungewohnte Eindrücke vermittelte

Der Abend brachte in gesellschaftlicher und kulinarischer Hinsicht wohl den Höhepunkt dieser Studienreise, waren wir doch im prachtvollen Hotel San Domenico-Palace, einem ehemaligen Dominikanerkloster, Gäste der *Società Generale Elettrica della Sicilia* zu einem wirklich exquisiten Mahl. Die Rolle des offiziellen Dankens seitens der Gäste fiel hier auf den sympathischen Inder Mr. R. S. Gill, der dies in sehr feiner und gediegener Art tat.

Der nächste Tag — Donnerstag, 6. Juli — war wohl auch wegen der ungewöhnlichen Hitze, der stärkste der ganzen Reise, eine 290 km lange Autocar-Fahrt über z. T. enge und staubige Straßen in das Innere Siziliens und rund um den Ätna zur Besichtigung zweier sehr interessanter Talsperren; im Car stieg die Hitze während Stunden bis auf 40 °C. Nach kurzer Küstenfahrt zweigten wir nach Überquerung des Alcantara-Flusses in westlicher Richtung ab, um über Randazzo-Cesarò-Troina die Talsperre und den Stausee Ancipa zu erreichen. Dabei querten wir auf langen Strecken schwarze Lavamassen des Ätna, die einen fruchtbaren

Boden ergeben, so daß die Vegetationsgrenze zwischen den bebauten Lavahängen und dem sterilen Boden außerhalb dieses Bereiches schroff und besonders auffällig ist. Die durchfahrene Öde des Innern Siziliens machte zu dieser heißen Sommerzeit den Eindruck trostloser gelbgebrannter Steppe, und nur sehr spärlich sind vereinzelte Ortschaften auf hohen Bergkuppen zu sehen, wie befestigte Piratennester. Das noch zu erntende Getreide wird z. T. auf unabsehbar weiten Strecken in primitivster Art mit der Sichel geschnitten — welch trostloses Unterfangen in dieser Öde und Weite! Und mitten in diesem Gebiet hatte einer der Cars eine Panne, die auch alle andern ziemlich stark versäumte.

#### Kraftwerkgruppe an den Flüssen Troina, Salso und Simeto der Ente Siciliana di Elettricità (E. S. E.)

Die Kraftwerkgruppe (Lageplanskizze siehe Bild 19) soll nach Vollausbau sechs Kraftwerkstufen umfassen, deren Leistung und Arbeit aus der beigegebenen Tabelle ersichtlich sind.

#### Kraftwerkgruppe Troina—Salso—Simeto

Kraftwerk	genutzter Fluß (F) oder Wildbach (T)	max. Fallhöhe (brutto) m	Installierte Leistung MW = 1000 kW	Mittlere Jahresarbeit GWh = 1 Mio kWh	Inbetrieb- nahme
Troina/Selvaggi	T. Troina	417	33,8	91,5	im Bau
Grottafumata	Troina + F. Salso	212	18,8	47,4	
Contrasto	Troina + Salso + Simeto	116	25,0	108,6	
Paternò	F. Simeto	65	14,4	67,0	
Barca	F. Simeto	35	6,3	24,0	
Regalbuto	F. Salso	39	4,7	14,0	
<b>zusammen:</b>			<b>103,0</b>	<b>352,5</b>	

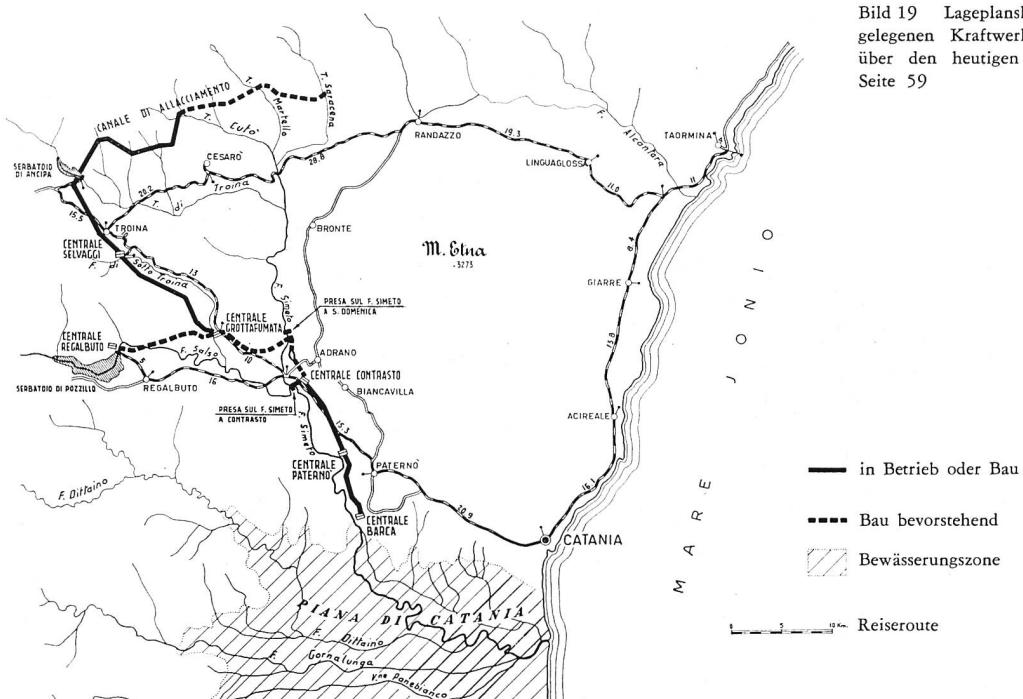


Bild 19 Lageplanskizze der westlich des Ätna gelegenen Kraftwerkgruppe Troina-Salso-Simeto; über den heutigen Baufortschritt siehe Tabelle Seite 59

Kernobjekte dieser Wasserkraftnutzung sind die großen Staueseen Ancipa mit 27,8 Mio m<sup>3</sup> Nutzhinhalt und Pozzillo mit 141 Mio m<sup>3</sup>; daß dieses hier gespeicherte Wasser für Bewässerung und Kraftnutzung Gold wert ist, leuchtet ohne weiteres ein. Die für diese Staueseen erforderlichen großen Talsperren boten neben den üblichen Problemen des Talsperrenbaues noch besonders heikle Fundationsprobleme wegen der unmittelbaren Nähe des stets in mehr oder weniger starker Eruption befindlichen Ätnas.

Zur Schaffung des nördlichen der beiden Staueseen wurde die 111,5 m hohe und 253 m lange Pfeilerkopfkopfmauer Ancipa mit Stauziel auf Kote 949,5 m ü. M., bestehend aus 9 Hohlkörperelementen System

Marcello, gebaut<sup>2</sup>; es handelt sich hier um die höchste Talsperre dieser Bauart (Bilder 20 bis 24). Die Anwendung dieser Bauweise soll gegenüber einer Gewichtstaumauer eine Kostenersparnis von 30 % ermöglicht haben. Der Fundamentaushub erreichte 231 000 m<sup>3</sup>, die Betonkubatur der Talsperre ergab 318 000 m<sup>3</sup>. Die Betonzuschlagstoffe aus kristallinem Kalk wurden 2 km von der Sperrstelle entfernt gebrochen und in fünf Kornkomponenten geschieden; verwendet wurde durchwegs Puzzolanzement bei einer Dosierung von 300 kg/m<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> siehe auch Artikel von Dott. ing. C. Marcello «Dighe a gravità alleggerite» in WEW 1956 S. 206/212 (Sonderheft «Talsperren/Barrages/Dighe»)



Bild 20 In der im Sommer ausgebrannten steppenartigen Landschaft im Innern Siziliens; in Bildmitte die große Talsperre Ancipa

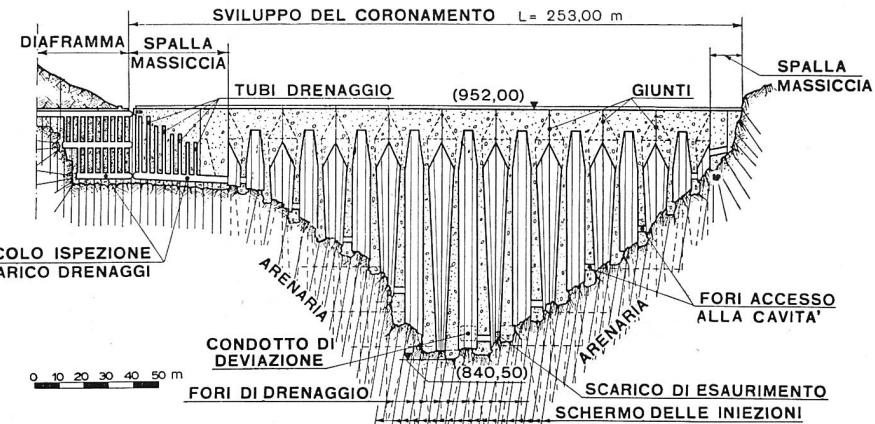


Bild 21 Längsschnitt der Pfeilerkopfmauer Ancipa (diga a gravità alleggerita) am Torrente Troina; mit 111,5 m Höhe handelt es sich um die höchste Talsperre dieser Bauart

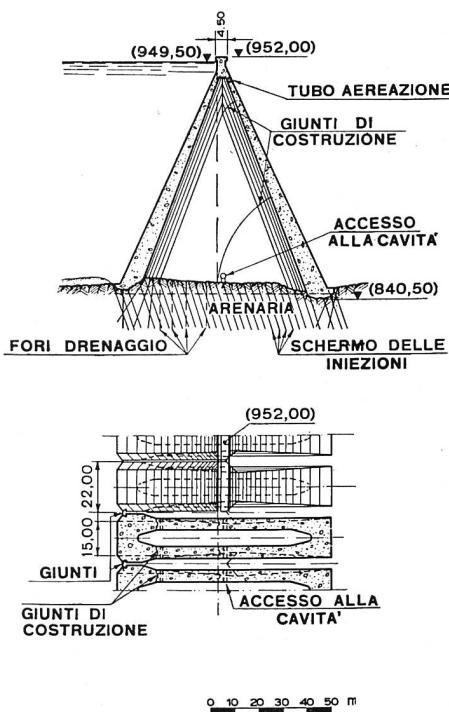
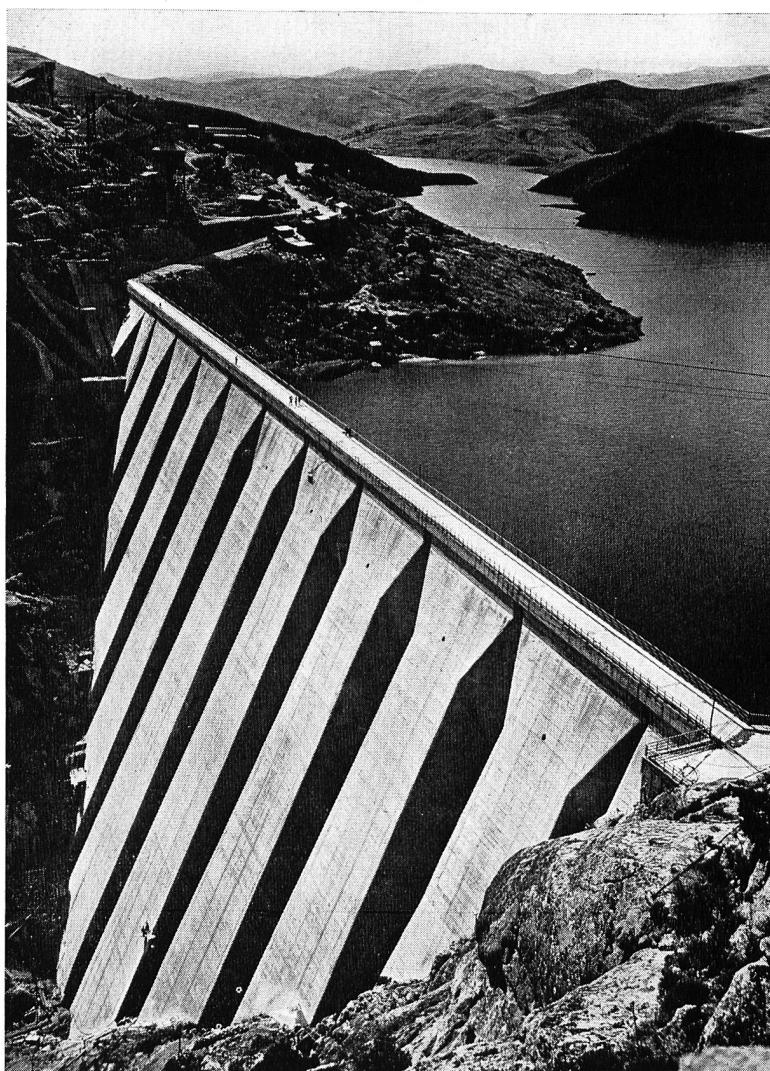


Bild 22 Typenquerschnitt und Horizontalschnitt durch die Pfeilerkopfmauer Ancipa

in den unteren und 240 kg/m<sup>3</sup> in den oberen Staumauerpartien. Die Fundierung erfolgte in einer Kalkformation mit Einschlüssen von Mergeln in auf der rechten Talflanke oberflächlich zerrütteter Zone, die durch weitreichende Einbindung in den gesunden Felsen überwunden werden mußte; ein umfangreiches Injektionsdiaphragma bis zu einer maximalen Tiefe von 100 m sorgt für die Abdichtung der Sperrstelle. Die verschiedenen Hochwasser-Entlastungsorgane (Überlaufbauwerk an der linken Talflanke, Entlastungsorgan in mittlerer Höhe der Talsperre und Grundablaß) erlauben insgesamt 840 m<sup>3</sup>/s abzuführen, bei einem natürlichen Einzugsgebiet der Talsperre von nur 51 km<sup>2</sup>. Zur Füllung des Stauteichs sind allerdings Bachzuleitungen mit einem Einzugsgebiet von 121 km<sup>2</sup> erforderlich.

Diese Talsperre wurde 1949/53 errichtet; Projektverfasser: Dott. ing. C. Marcello, Bauleiter: Dott. ing. C. Scribano, Bauunternehmung: Impresa Ing. Lodigiani S. p. A.

Bild 23 Talsperre und Stausee Ancipa nordwestlich des Ätna auf der Insel Sizilien



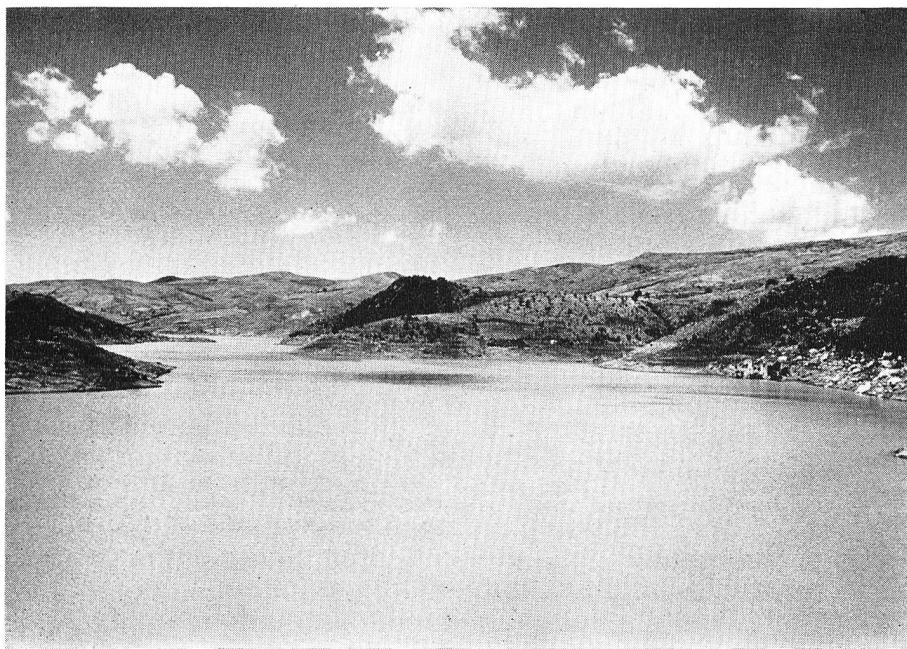


Bild 24 Stausee Ancipa in der sizilianischen Landschaft

Vom Stausee Ancipa gelangt das Nutzwasser — max.  $9 \text{ m}^3/\text{s}$  — durch einen etwa 7,3 km langen Druckstollen ( $\varnothing 2,60 \text{ m}$ ) und 2200 m langer, offen verlegter Druckleitung ( $\varnothing 1,80/1,50 \text{ m}$ ) zur Zentrale Troina / Selvaggi, in der nach Vollausbau fünf Maschinengruppen mit Pelton-Turbinen installiert sind. Über eine Brutto-Fallhöhe von maximal 417 m werden vorläufig 33 000 kW, nach Vollausbau 50 000 kW erzeugt, mit einer mittleren Arbeitskapazität von 91,5 Mio kWh nach Vollausbau. Die Kraftnutzung erfolgt noch in vier weiteren Stufen bis zur Zentrale Barca nördlich der fruchtbaren Ebene von Catania.

Nach Besichtigung der Talsperre Ancipa fuhren wir in südlicher Richtung zu Tale, worauf wir bei

schon sehr vorgerückter Stunde in der Zentrale Troina / Selvaggi von der Ente Siciliana di Elettricità zu einem ausgezeichneten Mittagessen eingeladen waren. Der nächste Besuch galt der interessanten Talsperre Pozzillo, die wir von der Zentrale Troina aus nach 54 km langer Fahrt in das Tal des Salso-Flusses erreichten, wobei wir etliche originelle Städtchen passierten.

Zur Schaffung des 141 Mio  $\text{m}^3$  Nutzwasser fassenden Stausees am Salso wurde die 59 m hohe, auf Kronenhöhe 403 m lange Talsperre Pozzillo gebaut (Bilder 26 bis 30); es handelt sich um eine außergewöhnliche Konstruktion von losen Magerbeton-Blöcken von im Mittel  $3,0 \times 4,0 \times 4,0 \text{ m}$  mit durch Rundkies gefüllten Fugen und einer wasserseitigen Dichtung

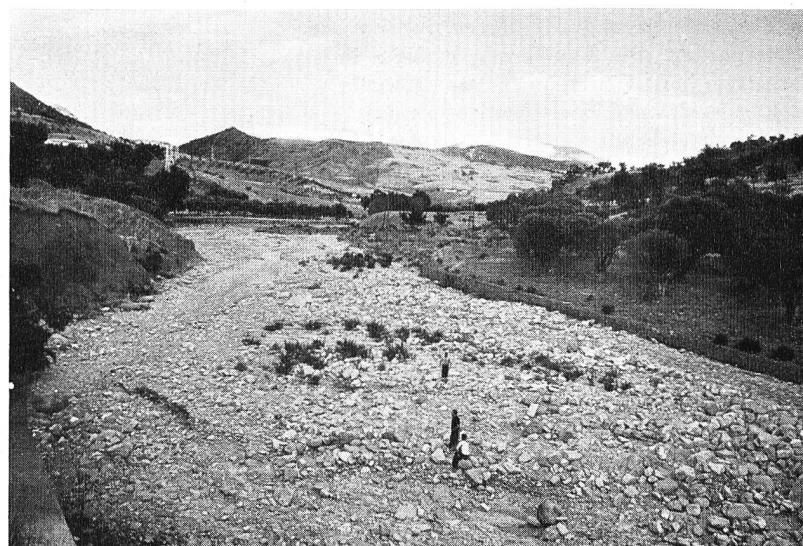


Bild 25  
So sehen im Sommer in Sizilien auch ungenützte Fluss- und Bachläufe aus

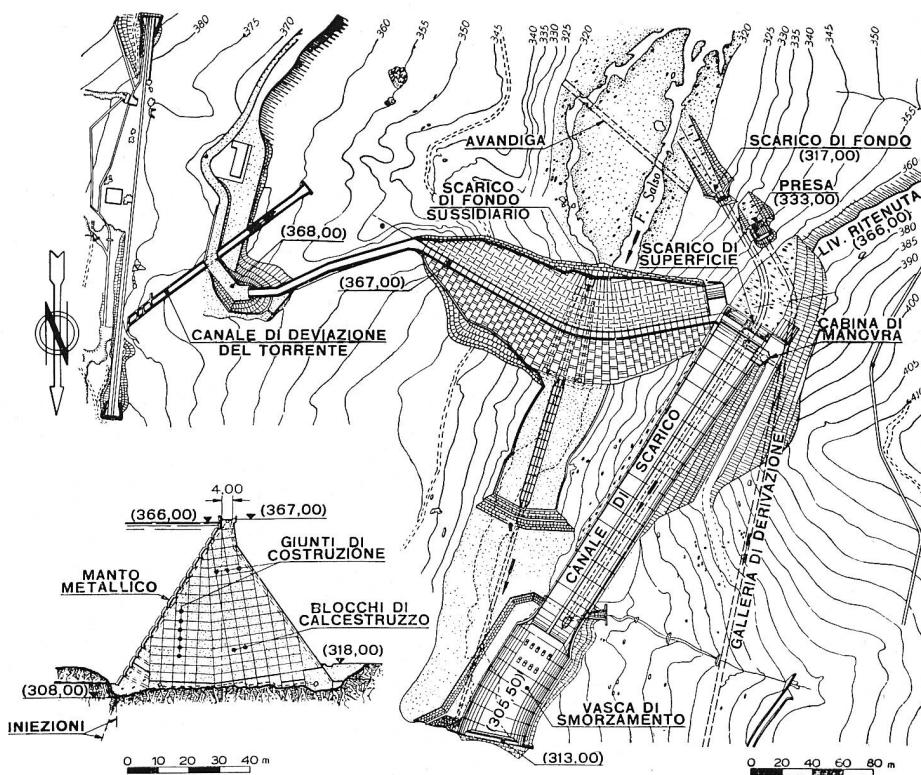
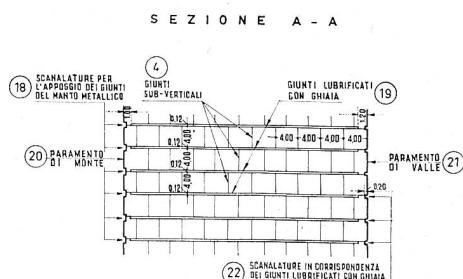


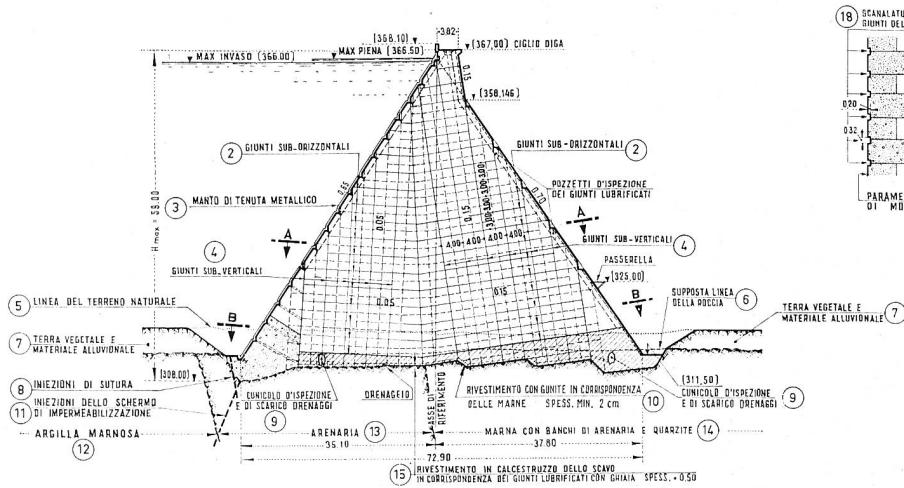
Bild 26 (oben) Lageplan und Querschnitt der Talsperre Pozzillo am Salsore Fluss westlich des Ätna. Man beachte besonders das riesige Bauwerk für die Hochwasserentlastung

Bild 27 (unten) Querschnitt durch die aus losen Magerbetonblöcken konstruierte Talsperre Pozzillo mit wasserseitiger Dichtung durch an Ort geschweißte Eisenblechtafeln

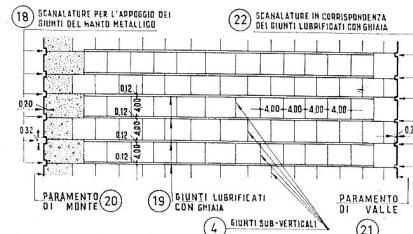
Bild 28 (rechts) Talsperre Pozzillo; Details dieser ungewöhnlichen Blockkonstruktion



SEZIONE TRASVERSALE TIPO



SEZIONE B - B



m 0 5 10 15 20 25 30

16) CALCESTRUZZO CON 150 KG DI CEMENTO POZZOLANICO PER m<sup>3</sup> DI IMPASTO 17) CALCESTRUZZO CON 200 KG DI CEMENTO FERICO-POZZOLANICO PER m<sup>3</sup> DI IMPASTO 18) CALCESTRUZZO CON 300 KG DI CEMENTO FERICO-POZZOLANICO PER m<sup>3</sup> DI IMPASTO



Bild 29

Talsperre Pozzillo und der damit geschaffene große Speichersee von 141 Mio m<sup>3</sup>, der neben der Wasserkraftnutzung vor allem für die Bewässerung der fruchtbaren Ebene von Catania große Bedeutung hat. Im Vordergrund Schützenkonstruktion und Beginn des Überlaufbauwerkes

mit 6 mm starken, an Ort geschweißten Eisenblechtafeln ARMCO (Bild 30). Diese Bauart wurde wegen der sehr prekären Fundationsverhältnisse und im Hinblick auf die hier sehr häufigen Erdbeben gewählt zur Gewährung einer flexiblen, sich den Setzungen und Bodenbewegungen anpassenden Talabsperrung. Der Untergrund besteht aus tertiären Lehmformationen mit abwechselnden Schichten von Quarziten und Mergeln. Die gesamte Talsperrenkubatur umfaßt 262 000 m<sup>3</sup>, und es waren auch hier zur Abdichtung umfangreiche Injektionen erforderlich. Die Zuschlagsstoffe für die Betonblöcke wurden in einer 20 km entfernten Basaltgrube gewonnen und in drei Komponenten unterteilt; für den Magerbeton wurden 150 kg/m<sup>3</sup> Eisen-Puzzolan-

Zement verwendet. Die tägliche Betonproduktion erreichte im Mittel 1500 m<sup>3</sup>. Das Einzugsgebiet der Talsperre umfaßt 577 km<sup>2</sup>, so daß sehr leistungsfähige Hochwasserentlastungsbauten erforderlich waren. Durch den Grundablaß und über das außergewöhnlich große und lange Überlauf-Bauwerk können insgesamt 1700 m<sup>3</sup>/s abgeführt werden. Die Talsperre wurde 1956/58 errichtet; Projektverfasser: Dott. ing. C. Marcello, Bauleiter Dott. ing. C. Scribano, Bauunternehmungen: Umberto Girola und Italstrade S. p. A.

Vom Stausee Pozzillo gelangt das Nutzwasser durch einen Druckstollen und eine Druckleitung zur Zentrale Grottafumata, gleichzeitig Maschinenhaus der zweiten Stufe des Nutzwassers aus dem Stausee Ancipa.

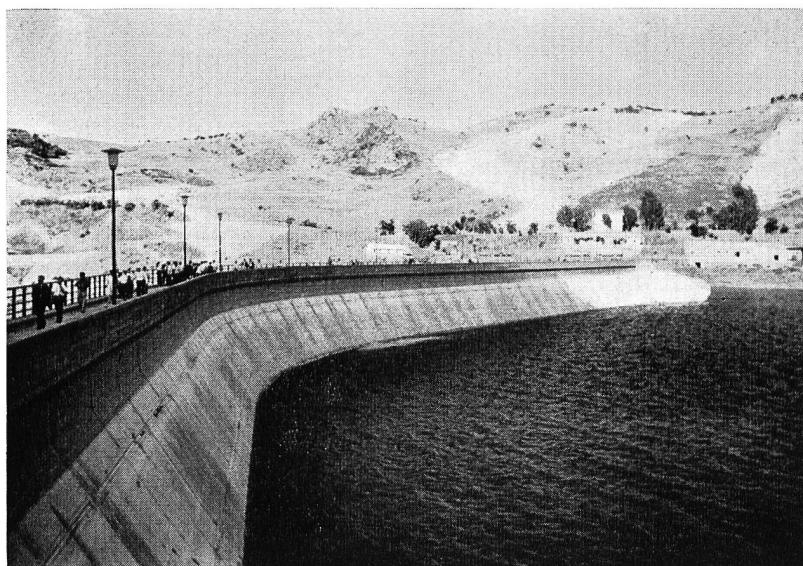


Bild 30  
Wasserseite der Talsperre Pozzillo mit den abdichtenden Eisenblechtafeln

Die anschließende, im Bau stehende Stufe mit der Zentrale Contrasto ist gefolgt von den beiden Kraftwerkstufen Paternò und Barca.

In diesem ganzen Kraftwerksystem können nach Vollausbau rund 350 Mio kWh erzeugt werden. Die gesamte Elektrizitäts-Erzeugung Siziliens erreichte 1960 1370 Mio kWh, wovon nur 185 Mio kWh oder 13,5 % auf hydraulische und 1185 Mio kWh oder 86,5 % auf thermische Erzeugung entfallen. Das oben beschriebene Kraftwerk-System ist somit in der Lage, einen bedeutenden Anteil der Wasserkraft-Elektrizität der Insel zu leisten.

Die wohl segensreichste Auswirkung der in den Stauseen Ancipa und Pozzillo regulierten Abflüsse und gespeicherten, bedeutenden Wassermengen besteht in der an die unterste Kraftwerkstufe von Barca anschließenden Bewässerung der weiten Ebene von Catania, einer Zone von 30 000 ha, durch die Bewässerung zu außerordentlicher Fruchtbarkeit gebracht; hier gedeihen vor allem die weltberühmten Paternò-Orangen.

Das Kraftwerk- und Bewässerungssystem gehört zu den bedeutendsten Anlagen der «Cassa del Mezzogiorno» und der «Ente per la Riforma Agraria in Sicilia». Das gesamte Programm der «Cassa del Mezzogiorno» sieht die Schaffung eines gesamten Stauraumes von 2,5 Mrd m<sup>3</sup> zur Bewässerung von 280 000 ha vor; davon sind bereits 7 Stauseen mit einem gesamten Speichervolumen von 896 Mio m<sup>3</sup> realisiert, und im Bau stehen weitere 7 Talsperren zur Schaffung eines Speichervolumens von 579 Mio m<sup>3</sup>.

Die abendliche Rückfahrt in der Dämmerung durch die reichen Orangen-Kulturen bis zur stark in Entwicklung begriffenen Stadt Catania und zu nächtlicher Zeit am Fuße des feurige Lava speienden Ätna entlang nach Taormina, beschloß diesen eindrucksvollen Tag.

Am 7. Juli morgens folgte die 280 km lange Bahnfahrt mit unserer Sonderkomposition von Taormina Giardini — der am Meer gelegenen Bahnstation von Taormina — über Messina und nach kurzem Tunnel der landschaftlich außerordentlich schönen Nordküste Siziliens folgend über Cefalù nach Palermo, der heute etwa 500 000 Einwohner zählenden Hauptstadt der autonom verwalteten Insel Sizilien.

Wir erreichten am frühen Nachmittag die in der prächtigen, fruchtbaren «Conca d'oro» am Fuße des 600 m hohen Monte Pellegrino gelegene Stadt Palermo. Die Kunst und Geschichte Siziliens und seiner Hauptstadt wurden von großen, voneinander sehr verschiedenen, sich ablösenden Kulturen geformt; denken wir nur an die Griechen und Karthager, an die Römer, Araber, Normannen u. a., wodurch ein besonders vielfältiges und wertvolles Kulturgut geschaffen wurde. Mein Besuch galt vorerst der Piazza Pretoria und dem schönen skulpturengekrönten florentinischen Brunnen aus dem 16. Jahrhundert, der 1140 gegründeten Normannenkirche S. Maria dell'Ammiraglio (sog. «Martorana»), der im 12. Jahrhundert ganz in arabischem Stil gebauten Kirche S. Cataldo mit der byzantinischen Kuppel, dem von mannigfachen Kunststilen geformten Dom (Bild 31) mit den Grabmälern verschiedener Hohenstauffürsten, darunter Kaiser Friederich II., zu



Bild 31 Teilansicht des verschieden Stilepochen repräsentierenden Doms von Palermo

der im Normannenpalast 1130 bis 1140 in arabischem Stil gebauten Capella Palatina mit ihren großartigen Mosaiken (Bild 32), wohl eine der schönsten und wertvollsten Palastkapellen der Welt — eine Synthese morgenländischer und abendländischer Kunst. Schließlich galt mein Besuch der entzückenden kleinen Kirche S. Giovanni degli Eremiti, 1132 im Auftrag des Normannenkönigs Roger II von arabischen Architekten konstruiert, mit rosaroten Kuppeln und einem kleinen reizvollen Säulenhof in gotischem Stil mit Palmen, Orangenbäumen und Kakteen (Bild 33).

Am Abend waren die Reiseteilnehmer im üppigen subtropischen Park der Villa Giulia für ein exquisites kaltes Buffet Gäste der autonomen Regierung Siziliens, vertreten durch ihren Vizepräsidenten On. Romano Battaglia; hier oblag es dem Berichterstatter, im kleinen Kreise den Dank der Gäste zu überbringen, zur sichtlichen Freude der Gastgeber in italienischer Sprache.

Am 8. Juli sah das offizielle Programm der Studienreise einen Besuch der südlich von Palermo gelegenen Talsperren von Scanzano und Guadalamai sowie der Zentrale Guadalamai vor.

Die Wasserkraftanlage Guadalamai gehört zum Produktionssystem der Società Generale Elettrica della Sicilia (S.G.E.S.), die seit dem Zweiten Weltkrieg und besonders in den letzten 10 Jahren auf eine außerordentliche Entwicklung zurückblicken kann; betrug die Elektrizitätserzeugung in der Periode 1940/45 etwa



Bild 32 Blick in die großartige, in arabischem Stil erstellte Capella Palatina mit außerordentlich wertvollen Mosaiken und origineller Stalaktitendecke; es handelt sich um die Hofkapelle, welche die Normannenkönige im 12. Jahrhundert in ihrem Stadtschloß von Palermo erbauen ließen

250 Mio kWh, so ist sie 1960 auf rd. 1,5 Mrd kWh angestiegen. In Sizilien bestehen nur geringe Möglichkeiten der Wasserkraftnutzung, insbesondere der Schaffung von Speicheranlagen oder dann nur mit prohibitiven Kosten. Man hat viele Möglichkeiten studiert, darunter sogar die Nutzung von geeigneten Speichern gepumptem Meerwasser.

Etwa 40 km südlich der Stadt Palermo wurde in den Jahren 1958/60 am Oberlauf des Flusses Belice unter Benützung des bereits bestehenden Speichersees Piana dei Greci zwischen diesem und dem Guadalamifluß das Kraftwerk Guadalamami gebaut, in welchem 80 000 kW installiert sind, und zwar zwei Turbinen-Pumpenaggregate von je 30 MW und eine Turbinengruppe von 20 MW. Das Gefälle variiert zwischen 181,1 und 160,9 m, die max. Nutzwassermenge beträgt 65 m<sup>3</sup>/s. Diese Zentrale hat die Funktion der Übernahme des Spitzenbedarfs der großen Stadt Palermo und der Frequenzregulierung des Versorgungsnetzes der Società Generale Elettrica della Sicilia. Unterhalb der Zentrale wurde durch den Bau von zwei Erddämmen mit zentralem Dichtungskern ein Tagesausgleichsweiher von rd. 1 Mio m<sup>3</sup> geschaffen (Bild 34), der vor allem den Pumpbetrieb von der Zentrale Guadalamami zum Stausee Piana dei Greci dient, der einen nutzbaren Speicherinhalt von 24,6 Mio m<sup>3</sup> hat. Dieser Speichersee dient auch der Bewässerung der fruchtbaren «Conca d'oro», der Bucht von Palermo und des «Agro Bagherese». Die beiden Erddämmme für den Ausgleichsweiher Guadalamami haben folgende charakteristische Ausmaße:

	bergseitiger Erddamm	talseitiger Erddamm
Größte Höhe über Boden	16,0 m	27,5 m
Größte Höhe über Fundament	21,0 m	34,4 m
Länge auf Kronenhöhe	150 m	460 m
Dammkubatur, total	100 000 m <sup>3</sup>	700 000 m <sup>3</sup>
Kubatur des Dichtungskerns	21 000 m <sup>3</sup>	130 000 m <sup>3</sup>

Der Untergrund besteht aus mehr oder weniger sandhaltigen Lehmschichten.

Projektverfasser der Anlagen: Direzione delle Costruzioni Idrauliche e Civili della S. G. E. S., Bauleitung: Dott. ing. G. Argiroffi, Bauunternehmung: Compagnia Siciliana Appalti e Costruzioni.

Außer der Anlage Guadalamami wurde noch der Staudamm Scanzano besucht, der zusammen mit dem daneben zu errichtenden kleineren Staudamm Rossella den Speichersee Eleuterio von



Bild 33  
Von rosaroten Kuppeln gekrönte  
kleine Moschee und zierlicher  
Säulenhof San Giovanni degli  
Eremiti in Palermo

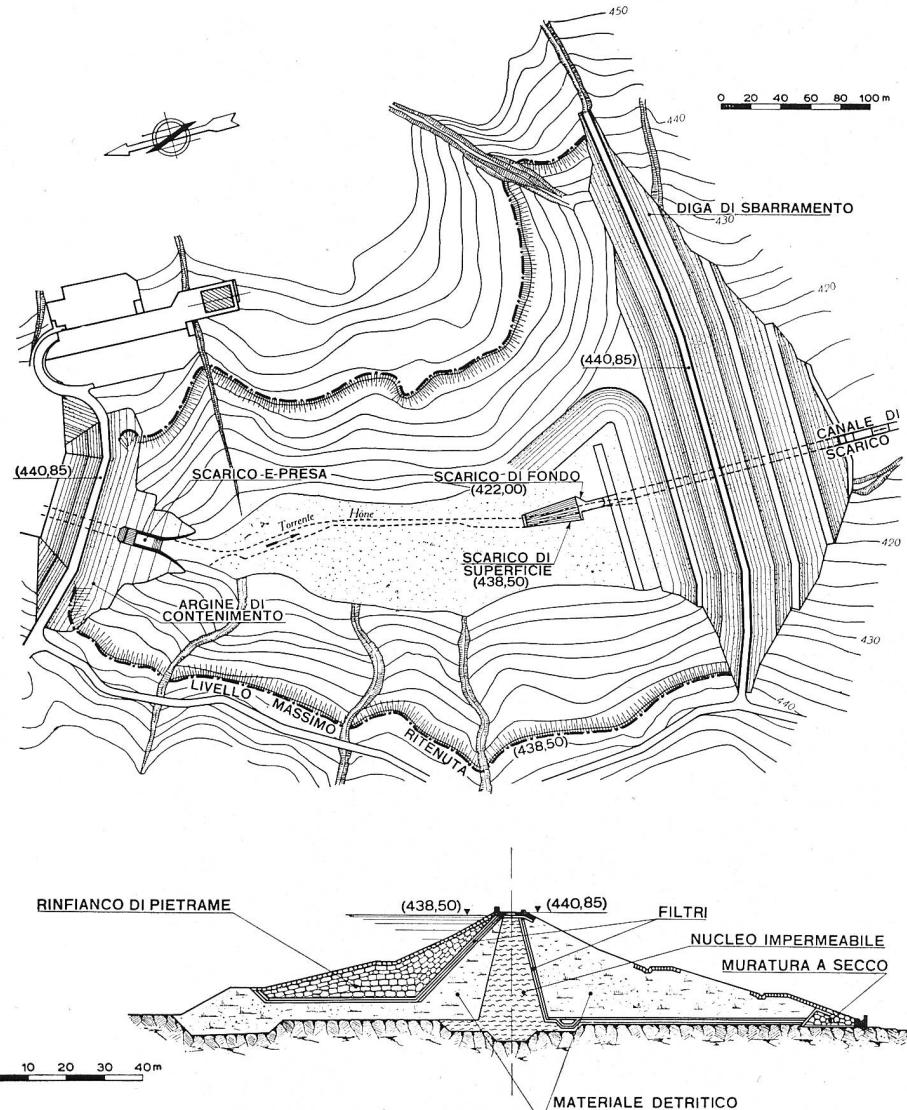


Bild 34 Lageplan des durch 2 Erdämmen geschaffenen Ausgleichsbeckens Guadalami, südöstlich von Palermo, sowie Querschnitt durch den größeren, talseitigen Abschlußdamm

17 Mio m<sup>3</sup> am Eleuterio-Fluß schaffen wird. Der 40 m hohe und auf Kronenhöhe 530 m lange Erddamm erfordert eine Dammkubatur von 1,55 Mio m<sup>3</sup>. Der Erddamm hat einen geneigten Lehmkerne. Dieser Erddamm befand sich zur Zeit des Besuches im Bau und war vor allem für die Unternehmer, die an der Studienreise teilnahmen das interessanteste Objekt, konnten doch die Arbeitsweisen für die Schüttung und die Verdichtung des Lehmkerne und des aus Kalkschutt bestehenden Stützkörpers studiert werden. Der kleinere Erddamm Rossella, der nach dem gleichen System gebaut wird, ist 30 m hoch, 350 m lang und wird eine Dammkubatur von 320 500 m<sup>3</sup> haben. Für die Hochwasserentlastung dieses 26 km<sup>2</sup> umfassenden Einzugsgebietes wurden verschiedene Bauten errichtet, die gesamthaft 700 m<sup>3</sup>/s abführen können!

Der Stausee Eleuterio befindet sich etwa 20 km südlich von Palermo. Das 17 Mio m<sup>3</sup> umfassende Nutzwasser dient in erster Linie der Wasserversorgung der Stadt Palermo, wofür 10 Mio m<sup>3</sup> reserviert sind; die Zuleitung nach Palermo erfolgt durch einen 20 km langen Stollen, dem auch noch Was-

ser der Quellen von Risalaimi zugeleitet werden. Damit gewinnt man weitere 10 Mio m<sup>3</sup>, so daß die Wasserversorgung von Palermo bis zum Jahre 2000 unter Annahme einer dannzumaligen Bevölkerung von 800 000 Einwohner und einem Tagesverbrauch von 300 l/Kopf sichergestellt sein sollte. Die Zuleitung nach Palermo umfaßt auch zwei kleine elektrische Zentralen mit einer Jahresproduktion von 12 Mio kWh. Vom Nutzhinthalte des Stautes Eleuterio werden zudem 4 Mio m<sup>3</sup> für die Bewässerung nahegelegener Zonen verwendet.

Diese Anlagen gehören der Ente Acquedotti Siciliani, die Bauarbeiten werden durch die Compania Siciliana Appalti e Costruzioni S. p. A. ausgeführt.

Sämtliche Talsperren, die wir besuchten, sind mit mannigfachen Meßinstrumenten versehen, um das Verhalten der großen Bauwerke laufend zu überwachen. Es war bedauerlich, daß auf dieser Studienreise — mit Ausnahme des Staudamms Scanzano — durchwegs fertige Talsperren besucht wurden, so daß man den interessanten Bauzustand sonst nirgends beobachten konnte.



Bild 35  
Inneres des mit riesigen Mosaiken ausgeschmückten Doms von Monreale, unweit Palermos; der Eindruck dieses im 13. Jahrhundert erstellten Denkmals normannischer Kunst ist überwältigend



Bild 36  
Arabischer Brunnen im Säulenhof von Monreale

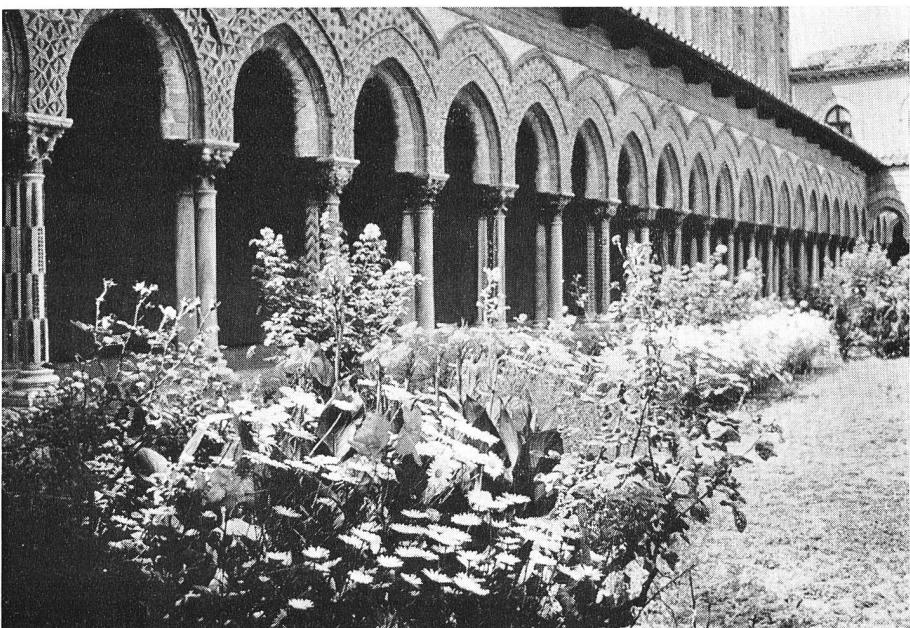


Bild 37  
Im reichgestalteten Kreuzgang des ehemaligen, dem Dom angegliederten Benediktinerklosters von Monreale

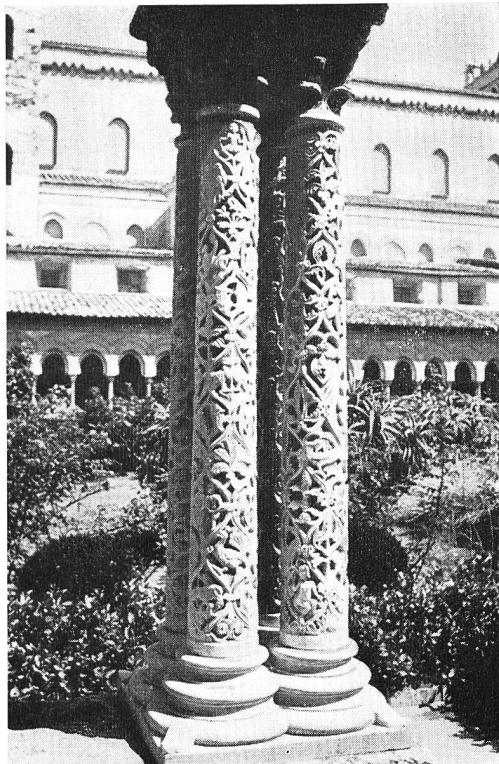


Bild 38 Beispiel einer Säulengruppe der 216 mit außerordentlich reichen und verschiedenartigen Ornamenten versehenen Säulen im Klosterhof von Monreale

Bild 40 Pferd mit kleinem Schirmschutz als Symbol der brütenden Sommerhitze Siziliens

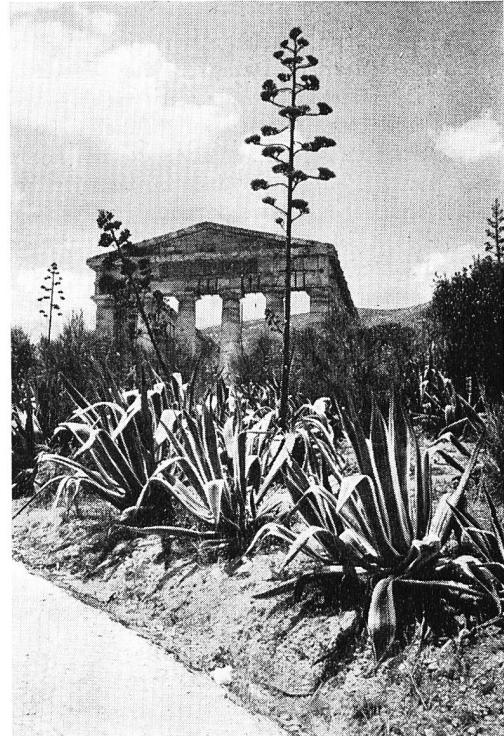
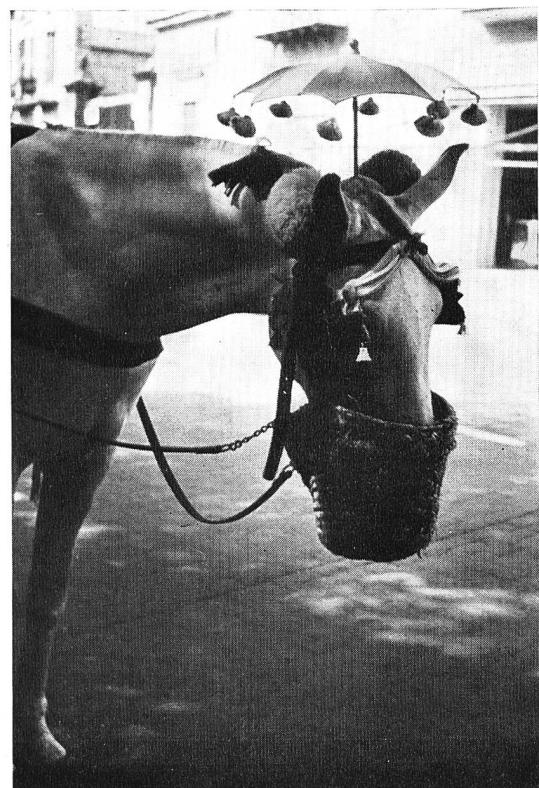


Bild 39 Der in eindrucksvoller Einsamkeit im Innern Siziliens gelegene, 430 v. Chr. erstellte griechische Tempel von Segesta

Die außerordentlichen Kunstwerke Palermos und der näheren oder weiteren prachtvollen Umgebung reizten aber auch zu anderer, individueller Programmgestaltung! Besonders eindrucksvoll, ja überwältigend ist der mächtige, vom Normannenkönig Wilhelm II in normannisch- und sizilianisch-arabischem Stil geschaffene Dom von Monreale, 15 km südwestlich von Palermo auf aussichtsreicher Anhöhe gelegen, das bedeutendste Denkmal der Normannenkunst auf Sizilien, mit den großartigen Mosaiken aus dem 13. Jahrhundert, worunter eine gigantische Abbildung Christi im Chor der Kathedrale (Bild 35); an den mächtigen Dom angebaut ist der Kreuzgang des ehemaligen Benediktinerklosters, der größte und schönste des italienisch-romanischen Stils, mit 216 Säulen verschiedenster Ornamentik (Bilder 36 bis 38).

Eine 65 km lange Autofahrt von Palermo über Monreale und durch das alte, originelle Städtchen Alcamò mit den blaugetünchten Häusern führte durch gebirgige Landschaft an weidenden Schafherden vorbei in die auf 500 m Meereshöhe gelegene kahle Einsamkeit des majestätischen griechischen Tempels von Segesta (Bild 39). Die Ruinen dieses dorischen Baues mit einem Peristyl von 36 Säulen, stammend aus dem Jahre 430 v. Chr., liegen in der ältesten vorgriechischen Kulturlandschaft Siziliens. Inmitten sonnenverbrannter Bergzüge wirkt die Stille dieses Ortes überwältigend, nur unterbrochen durch die fernen belebenden Zurufe der Bauern, die ihre Esel beim Korndreschen anspornen. Die Rückfahrt brachte uns in 25 km langer Fahrt vorerst nach Norden bis Castellammare am gleichnamigen smaragdenen Golf und, nach einem Mittagessen auf aus-

sichtsreicher Terrasse, der schönen Mittelmeerküste folgend zurück nach Palermo.

Gegen Abend schifften wir uns auf einem sehr bequemen modernen Dampfer der Tirrenia ein, und in der Dämmerung — nur allzu rasch — verließen wir wieder die Insel Sizilien in nördlicher Richtung; bald entschwand im Abendlicht auch die markante Silhouette des Monte Pellegrino, und in warmer Sommernacht folgte eine schöne, etwa 12stündige Überfahrt über 170 Seemeilen (315 km) nach dem italienischen Festland. Im frühesten Morgenlicht des Sonntags, 9. Juli, fuhren wir zwischen 4 und 5 Uhr unweit der Insel Capri vorbei und im Lichte der bald südlich des Vesuvs aufgehenden Sonne in den Golf von Neapel ein (Bild 41).

Das Programm der Studienreise sah hier als abschließende technische Besichtigung den Besuch der thermischen Zentrale Napoli Levante (300 000 kWh) der *Società Meridionale di Elettricità* vor<sup>3</sup>, anderseits aber auch verschiedene Ausflüge in die klassische Umgebung von Neapel, die wohl etwa 90 % der Reisenden zu fesseln vermochten; für den Besuch einer thermischen Zentrale war wohl auch die Hitze zu groß!

Eine 150 km lange Carrundfahrt Neapel—Pompeji—Salerno—Amalfi—Sorrent—Neapel führte uns als würdigen Abschluß dieser interessanten und gut organisierten Studienreise durch eine unvergleichlich schöne Landschaft, ermöglichte einen kurzen Besuch der im Jahre 79 n. Chr. vom Aschenregen des Vesuvs zerstörten Stadt Pompeji (Bild 42), eine Fahrt auf kühner enger Straße längs der amalfitanischen Küste mit den vielen reizvollen Küstenorten und auf steilen Felsen gelegenen Piratenstädtchen und nach dem auf einer Felsterrasse gelegenen lieblichen Sorrent. In Amalfi (Bild 43) nahmen wir in einem Hotel in aussichtsreicher Lage das Mittagessen ein.

<sup>3</sup> Siehe auch S. 50.



Bild 41 Einfahrt in den Hafen von Neapel

Abends brachte uns ein langer Extrazug unserer Zugskomposition, erweitert durch diejenige der Studienreise nach Sardinien, von Neapel über 210 km nach Rom zurück, wo wir gegen Mitternacht eintrafen.

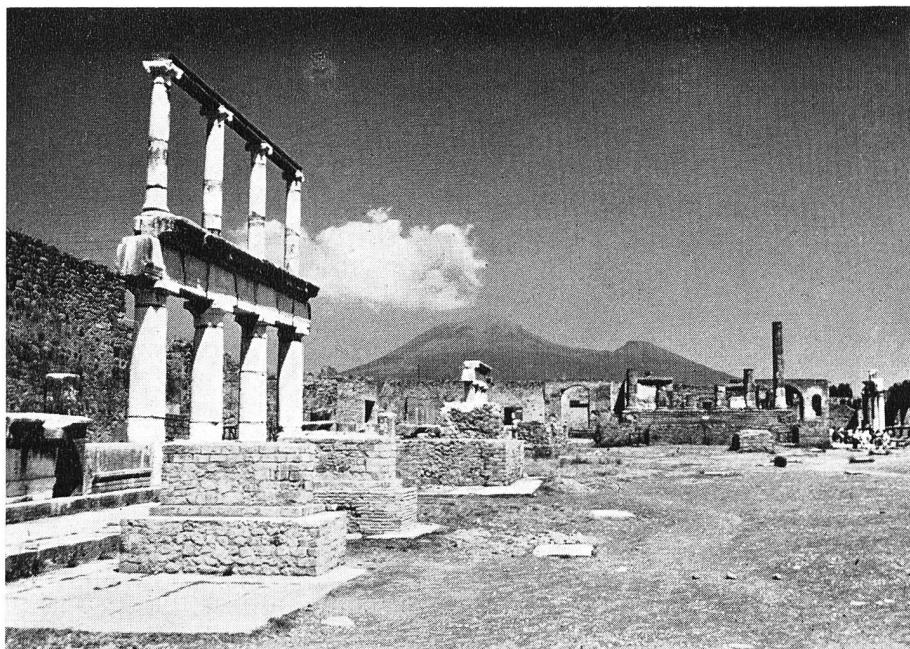


Bild 42  
In den Ruinen der 79 n. Chr. vom Aschenregen zerstörten römischen Stadt Pompeji; im Hintergrund der seit etlichen Jahren nicht mehr tägliche Vesuv

Die neuntägige Studienreise nach Sizilien umfaßte insgesamt folgende Fahrstrecken:

Eisenbahn	1390 km
Autocar	1100 km
Schiff	325 km
total	2815 km

Am 10. Juli 1961 benützte ich für den Heimflug eine Caravelle der Alitalia, welche die 600 km lange Strecke von Rom nach Zürich bei prächtigem Sommerwetter in der unglaublich kurzen Zeit von 1 Stunde 05 Minuten zurücklegte.

Abschließend sei auch hier dem Italienischen Nationalkomitee für große Talsperren für die Organisation

der sehr interessanten Studienreisen und allen im Verlaufe der Berichterstattung einzeln aufgeführten Gastgebern für die sehr großzügige Gastfreundschaft der herzlichste Dank ausgesprochen.

#### Bilder

- 1, 3/5, 7/8, 11, 13/15, 17, 20, 24/25, 30/31,  
 37/43 Photos G. A. Töndury  
 9 Photo SME  
 23 Photo E. S. E.  
 29 Photo ERAS  
 33 Fotocelere, Torino  
 35, 36 Ed. Giovanni Bucaro, Palermo  
 17, 32 aus «Sizilien» von H. M. Schwarz  
 2, 6, 10, 21, 22, 26/28, 34 aus «Grandi Digue Italiane, Roma 1961», herausgegeben vom Ministerio dei Lavori Pubblici

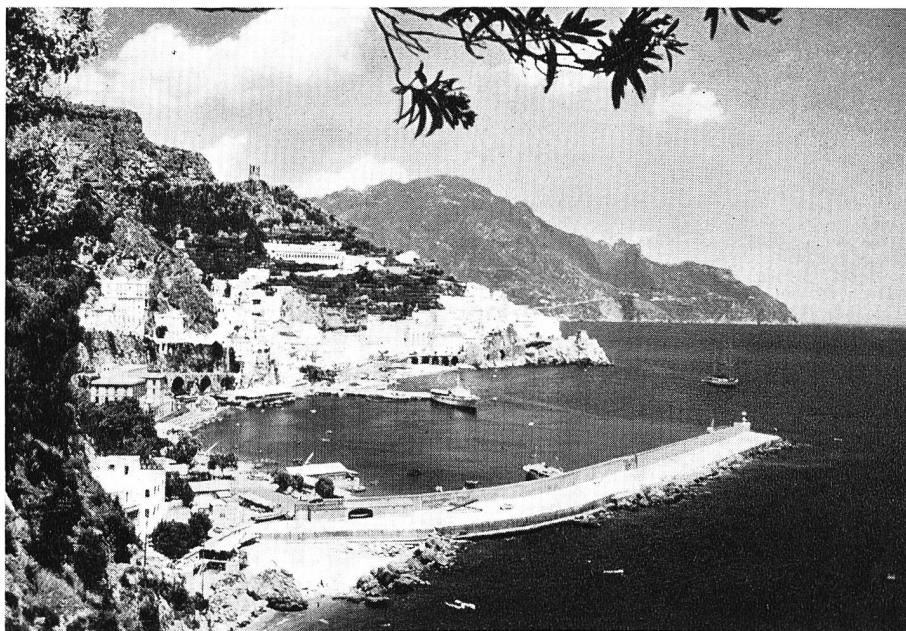


Bild 43 Das am Mittelmeer prächtig gelegene Städtchen Amalfi im Golf von Salerno

## D. Liste des rapports présentés au Septième Congrès des Grands Barrages, Rome 1961

(Titres des rapports dans la langue originale du rapport)

DK 014 : 627.81 : 061.3 (100) : (45) «1961»

#### Question No 24

Rapport Général — A (R. G.-A): Le choix, la préparation et la spécification des agrégats dans le béton pour grands barrages.

Rapporteur général: Prof. Ing. Filippo Arredi, Directeur de l'Institut de Constructions hydrauliques, École Supérieur d'Ingénieurs, Université de Rome; Membre du Comité Italien des Grands Barrages, Président du Sous-Comité Italien du Béton.

(24/R. 2) J. Farran, J. C. Maso, P. Duffaut, M. Dussel et G. Gautier: Importance de la pétrographie des agrégats. Influence de la nature minéralogique des sables fins sur les propriétés des bétons. (France)

(24/R. 4) E. Condolios et A. Michel: Un nouveau procédé de lavage et de triage des sables «Le lavodune». (France)

(24/R. 8) N. Enyez: The Aggregates of The Round Head Buttress Type New Elmali Dam. (Turquie)

(24/R. 12) J. Orth et J. Berrod: De l'utilisation des agrégats disponibles à proximité immédiate d'un chantier de grand barrage. (France)

(24/R. 14) Dr. R. C. Hoon et Shri K. R. Sharma: The Selection, Processing and Specification of Aggregates for Concrete for Large Dams; Effect of Employing Micaceous Sand as Fine Aggregate Fraction on the Properties of Cement Mortar and Concrete. (Indes)

(24/R. 18) T. B. Nicol: Aggregates For Warragamba Dam. (Australie)

(24/R. 20) S. K. Jain et K. M. Maheshwari: Aggregates for the Rihand Dam Concrete. (Indes)

(24/R. 24) A. Pramstig: Manufacturing Concrete Aggregates with a Good Particle Shape. (Suède)

(24/R. 26) D. N. W. Earp: The Specification of Aggregates for Concrete for Large Dams with Particular Reference to the Construction of Dokan Dam in Iraq. (Grande Bretagne)

(24/R. 27) S. Nagata: On the Production of Aggregates for the Sakuma Dam, especially on the Grading Control of Fine Aggregates. (Japon)

(24/R. 28) K. Ukai: Classification and Crushing of Aggregates for Concrete of Arimine Dam and Measurement of Moisture Content of Fine Aggregate by Means of a Neutron Moisture Meter. (Japon)

(24/R. 29) M. Mimura, I. Ueno et H. Hosoya: Production des agrégats pour la construction du barrage d'Oku-Tadami. (Japon)

(24/R. 30) M. Ito: Manufacturing of Aggregates for Construction of Multi-Purpose Dams by the Ministry of Construction. (Japon)

(24/R. 32) D. Doddiah: Selection, Processing and Specifications of Stones and Mortar for the Construction of Surki Mortar Masonry Dams in India. (Indes)

(24/R. 33) E. B. Wilson: Aggregates for British Dams. (Grande Bretagne)

(24/R. 35) O. Frey-Baer: Manufacture and Classification of Aggregates for the Concrete of Zervreila Dam. (Suisse)

(24/R. 39) J. P. Stucky: Le choix, la préparation et la spécification des agrégats dans le béton pour grands barrages. (Suisse)

(24/R. 47) V. Harnaj, P. Wisner et D. Bratosin: Résultats expérimentaux pour le projet des installations et la concentration des mixtures dans la classification hydraulique des sables. (Roumanie)