

AMENAJARILE HIDROELECTRICE DE LA REȘIȚA*)

de D. GHERMANI
Inginer

BARAJUL DIN VĂLIUG

Barajul-rezervor Văliug executat în 1907-1909 este construcția cea mai importantă din amenajările hidroelectrice dela Reșița.

Isloric.

După cum s'a menționat și în prima parte a prezentei expunerii, debitul natural al canalului principal, care alimentează uzina hidraulică de la Reșița, scade foarte mult în unele anotimpuri (toamna și iarna). De aceea la început, pentru a se asigura funcționarea normală a centralei hidroelectrice, a trebuit să se recurgă la mașini de abur de ajutor. Cum această soluție antrena cheltueli relativ mari, s'a hotărât în urmă a se regulariza debitul pârâului Berzava prin rezervoare artificiale.

În 1903 inginerul șef Ottmar Marcselényi, delegat pentru studiul barajelor în străinătate, a întocmit proiectul unui baraj de 52 m. înălțime, constituind un rezervor de cca. 1,2 milioane mc. capacitate.

În 1904, în urma avizului favorabil al profesorului universitar Dr. Otto Intze din Aachen, invitat la fața locului pentru a studia chestiunea și proiectele împreună cu profesorul universitar Desideriu Nagy și alți consilieri tehnici, s'a procedat la începerea lucrărilor.

Între timp însă s'a emis părerea că, pentru o parte din forță, s'ar putea utiliza gazele cuptoarelor. Lucrările pregătitoare pentru baraj, al cărui cost se urcase la $\frac{1}{2}$ milion coroane aur, au fost întrerupte și s'a trecut la proiectarea unei uzini pentru utilizarea gazelor. Totuși la terminarea studiilor în acest sens, s'a arătat că aportul forței motrice de care se

*) Urmare la articolul publicat în Buletin, anul XXXX No. 3 din Martie 1926.

putea dispune pe această cale era insuficient pentru a asigura exploatarea stabilimentelor metalurgice. Această constatare precum și scumpirea cărbunelui din Reșița și dificultățile mereu crescânde ale problemei muncitorești au pus din nou pe tapet chestiunea de a se completa în orice caz uzina hidroelectrică*).

Astfel la 1907, s'a hotărât definitiv construirea unui baraj de regularizare, cu o înălțime însă mai mică ca în primul proiect.

Studiul la fața locului a arătat că se putea obține o capacitate de ca. 1 milion de mc. prin bararea văii în pădurea Clanțu Sârbu, în jos de Comuna Văliug și mai sus de locul barajului început.

Pentru alegerea definitivă a amplasamentului și dimensiilor s'a cerut avizul Ing. Rucic Gheorghe și al prof. universitar Holz din Aachen, urmașul lui Intze, iar cu întocmirea proiectului și conducerea lucrărilor a fost însărcinat profesorul universitar Czakó Adolf.

Amplasamentul și datele principale ale lucrării. Barajul a fost plasat la ca. 200 m. în amonte de gura canalului principal adică la 3.4 km. în jos de Văliug. Basinul tributar al rezervorului este de 76.9 kmp.

Pe locul ales în albia Berzave s'a proiectat barajul propriu zis („zidul mare“) cu o înălțime numai de 27 m.

Deși, față de primul proiect, înălțimea aceasta este mult mai redusă, s'a necesitat construirea și a unui dig de complectare („zid șea“) pe coama mai joasă (cu 8-12 m. sub coronamentul barajului) depe spinarea muntelui ce formează basinul.

Suprafața apei la nivelul coronamentului deversorului are o întindere de 12.06 hectare, lungimea lacului este 1.95 km. și capacitatea lui de 1.2 milioane mc.

Planul de situație al zidurilor și secțiunea lor longitudinală se vede din fig. 42.

Barajul s'a construit într'un-loc unde valea este mai strâmtă și unde s'a putut asigura o fundație sănătoasă de gneis (fig. No. 53).

În ceea ce privește digul de complectare, la partea mai joasă a spinării s'a putut deasemenea asigura o bază favorabilă, dar în partea ei mai înaltă, aflată deasupra tunelului, (vezi mai departe), gneisul întâlnit era amestecat cu ardesie și a trebuit cu multe greutate să se meargă în adâncime, fără totuși a se ameliora cu mult condițiile.

*) Rolul pe care îl au astăzi în exploatările Reșiței diferitele mijloace de producțiune a energiei a fost arătat în prima parte a acestei expuneri.

Zidurile s'au construit cu profil triunghiular, din piatră brută cu mortar de ciment și var.

Barajul propriu zis.

Înălțimea de 27 m. a barajului cuprinde și partea scoborâtă în fundul albiei stâncoase.

Grosimea zidului este, în adâncime, de 18.0 m. Dimensiunile și secțiunile zidului se văd pe planșa No. 43.

Lărgimea coronamentului este de 3.0 m., lungimea lui de 90.46 m. iar cota + 505.50 m. deasupra nivelului mării.

Paramentul amonte este drept cu un fruct de 1 : 20. Paramentul aval jos este în linie dreaptă înclinată : 3 (înălțime) pe 1.85 (bază) până la cota + 497.346 m. de la care în sus se continuă în arc de cerc, de o rază $R = 13.63$ m, racordat tangent cu fața verticală, de 1.0 m. înălțime, a coronamentului.

În amonte, la partea inferioară a zidului (20 m. sub cota coronamentului) și alipit de el, s'a construit o banchetă de apărare (după sistemul german) mică, de 1 m. lărgime, cu un talus de 1 : 1.5.

La dimensionarea zidului s'au folosit teoriile cunoscute și s'a ținut seamă de toate cerințele de rezistență. Iată normele avute în vedere la calcul :

S'a întrebuițat piatră brută de gneis de mare rezistență, ale cărei probe au dat următoarele rezultate.

Proba	Suprafața de compresiune cmp.	Volumul cmc.	Greutatea kgr.	Greutatea specifică	Forța de rupere in tone	Rezistența la strivire kgr/cmp.
I. 1	36.0	215	585	2.7	48.166	1338
2	36.2	217	589		56.434	1559
3	36.5	220	594		61.682	1690
II. 1	36.6	220	586	$\frac{5275}{1948}$	47.016	1285
2	36.0	214	580		40.258	1119
3	36.1	214	577		45.690	1276
III. 1	36.1	217	592		60.675	1681
2	35.9	215	587		61.682	1718
3	36.1	216	585		66.211	1834

Total 1948 5275

Zidăria s'a construit cu mortar de ciment Portland și var. La început s'a amestecat o parte de ciment (de Oravița) cu o parte var gras și 4 părți nisip, iar mai târziu proporția a fost schimbată în: 1 ciment, $\frac{1}{3}$ var gras și 4 nisip.

Pentru greutatea specifică a mortarului (uscăt) s'a luat 1,8. Zidăria de piatră brută fiind compusă în general din $\frac{2}{3}$ piatră și $\frac{1}{3}$ mortar, greutatea unui mc. de zidărie rezulta astfel:

$$\begin{array}{rcl} \frac{2}{3} \text{ mc. piatră} & \times & 2700 \text{ kgr.} = 1.800 \text{ kgr.} \\ \frac{1}{3} \text{ mc. mortar} & \times & 1800 \text{ kgr.} = \underline{600 \text{ kgr.}} \\ \text{Greutatea unui mc.} & = & 2.400 \text{ kgr.} \end{array}$$

La calcul s'a luat în modiu 2300, pentru siguranță.

Având în vedere rezistența pietrei (1500 kgr/cmp.) și dosajul mortarului (în această privință s'au făcut aprox. 650 încercări de laborator), efortul maxim admisibil a fost fixat la 12 kgr/cmp.

Bancheta de apărare a zidului dinspre apă, din cauza dimensiunilor ei prea mici, n'a fost luată în considerație la calculul de rezistență.

Nu s'a ținut seamă nici de subpresiunea apei prin eventuale crăpături orizontale, deoarece pe paramentul amonte s'a aplicat o patură impermeabilă, care exclude pericolul infiltrațiilor.

Deasemenea s'a neglijat presiunea gheței, în vedere că una din condițiile de întreținere a barajului urma să fie spargerea gheței lângă zid.

Studiul static și de rezistență reiese în toate amănunțele din planșa No. 43, unde eforturile maxime normale, calculate în secțiunile orizontale No. I-IX ale zidului, sunt aranjate într'un tablou, atât pentru cazul rezervorului gol cât și plin.

În ambele aceste cazuri, linia de presiune rămâne în treimea mijlocie, nefiind astfel tensiuni.

Efortul de compresiune în paramentul aval nu trece peste 6.2 kgr/cmp. cel maxim fiind de 8.58 kgr/cmp.

Zidul cu dimensiunile date prezintă, așa dar, un coeficient de siguranță destul de mare, fără a mai ține seamă și de forma în arc a barajului. Această formă (raza 120 m) da evident un plus de rezistență, atât contra răsturnării și alunecării horizontale, cât și contra deformărilor produse de variațiile de temperatură. Grație formei în arc, crăpăturile eventuale în sens vertical au tendințe, prin presiunea apei sau la urcarea temperaturii, de a se închide.

Deși trecerea apei în cantități mai mici nu prezintă inconvenient contribuind din contra la accelerarea legării materia-

lului, s'a dat o deosebită grijă impermeabilității zidului, spre a se evita infiltrațiunile mai mari, cari au de efect disolvarea varului nelegat și spălarea lui.

În acest scop, pe de o parte s'a aplicat paramentului amonte o tencuială sau șapă de mortar de ciment Portland gras 1:1, ferită și ca de o pătură protectoare de beton armat, iar pe de altă parte s'a dispus în zid, aproape de acelaș parament, o rețea deasă de drenuri, pentru a aduna și îndepărta infiltrațiile eventuale. Această rețea se compune din țevi verticale, de 60 mm. diam. și țevi colectoare smălțuite de 120 mm diam.

Alături de zid pe paramentul amonte se proiectase la început o banchetă mai mare, al cărei talus cu panta 1:2 ar fi întâlnit paramentul la 12 m. sub coronament. În urma măsurii însă, hotărâtă ulterior, de a se aplica stratul protector de beton armat, lărgimea banchetei s'a putut reduce foarte mult și înălțimea ei (după cum am menționat) mai sus la 20 m. sub coronament, trece puțin numai deasupra cotei de 482.80 a ciubucului de susținere al numitului strat.

Șiturile cu cari este prevăzut coronamentul barajului de ambele părți și consolele de susținere precum și stâlpii parapetului dinspre aval sunt de beton. De partea apei s'a așezat un parapet simplu de fier. Coronamentul are o mică panta transversală spre partea apei, cota la muchia mai ridicată fiind + 505.50 m.

Digul de completare.

S'a construit (planșa 41 și 46) o linie de dig care urmărește spinarea muntelui, constând dintr'o parte în arc cu o raza de 80 m. și o parte dreaptă, în continuare. Lungimea coronamentului (+ 505.50 m) este de 110.12 m. iar înălțimea maximă de 12.0 m.

Lărgimea de coronament a zidului este numai de 1.5 m., suficientă contra izbirei valurilor și contra presiunii eventuale a gheței.

Paramentul dinspre apă are un fruct de 20:1 iar cel neudat are în partea inferioară o înclinare de 3.0 m. (înălțime) pe 1.837 m. (bază). Această înclinare se continuă în sus până la cota + 501.50 m. de unde se schimbă în 4 pe 1 până la coronament.

Celelalte dimensiuni sunt identice ca la barajul propriu zis cu singura diferență că, fața dinspre apă este prevăzută pentru impermeabilitate cu o șapă netedă de 3—4 cm. grosime, fără strat protector de beton armat.

Studiul static și de stabilitate al zidului este rezumat în fig. 45 (cota de coronament + 502.50 este după un vechi

proect, cea justă fiind ± 505.50 m. ca în figura 43). Linia de presiune rămâne și aci în treimea mijlocie. Efortul maxim este de 4 kgr. pe cmp.

Coronamentul zidului și eșiturile lui sunt făcute și aci din beton. Marginea dinspre apă este prevăzută cu un parapet de fier.

Luarea apei din rezervor..

Pentru luarea apei înmagazinată și pentru golirea rezervorului servește instalația vizibilă pe planșa No. 48. Două țevi de câte 60 cm. diam. din tablă de fier forjat, prevăzute cu robinete-vane, au fost așezate într'un tunel, construit independent de ziduri. Panta tunelului este de 1.5% iar secțiunea lui, de 2.0 m. lărgime și 2.4 m. înălțime, are jos o formă dreptunghiulară, închisă sus cu un semicerc. Pereții sunt din beton, tencuiți în interior și sclivisiți.

Tunelul străpunge muntele sub digul de complectare, parte prin gneis tare și parte prin ardezie, având o lungime de ca. 52 m.

De partea intrării el se termină printr'o zidărie de obturație de 3,7 grosime, construită cu mare îngrijire, iar la gura lui (planșa 48) sunt două grătare din șine vechi. Dincolo de acest zid secțiunea tunelului este mult mai mare și într'o porțiune lărgită sunt așezate robinetele-vane.

La eșirea tunelului s'a construit o căsuță, în care sunt montate robinetele-vane exterioare (pentru închiderea țevilor fig. 49), manevrate prin transmisie cu roți dințate.

Capetele țevilor sunt puțin aplecate în jos pentru ca apa, care iese cu mare viteză, să-și amortizeze forța vie pe o perna de apă.

La alegerea diametrului de 0,600 m. a țevilor, s'a avut în vedere ca una singură să poată debita 2 mc. pe secundă, cu o sarcină de 5 m. (cecece corespunde cu o viteză $u = 7.78$ m/sec.). Cealaltă țeava s'a așezat în zidărie ca rezervă, pentru siguranță. Luarea apei și golirea se poate efectua astfel la nevoie prin două conducte. Sarcina maximă (când rezervorul este plin) fiind de 22.6 m., rezultă pentru fiecare din țevi un debit: $Q = 4.95$ mc./sec. ($u = 17.33$ m/sec.), adică un debit total maxim de ca. 10.0 mc/sec.

Evacuarea apei moarte.,

Gurile țevilor pentru luarea apei fiind cu ca. 5 m. mai sus ca fundul văei, rămâne lângă zid un volum de apă moartă

de ca. 30.000 mc., care, pentru o eventuală examinare a fundului, necesitând golirea completă a rezervorului, ar trebui evacuată.

O măsură în acest sens a fost hotărâtă abia la sfârșitul lucrării, utilizându-se pentru aceasta țeava de fontă de 1.5 cm., diam. așezată prin fundația barajului cu scopul de a da scurgere apelor de precipitație și infiltrațiilor ce se adunau în timpul lucrării. Această țeavă, în loc de a fi înfundată la terminare, s'a menținut în stare de funcțiune, fiind îndoită sus pentru a se împiedica intrarea materiilor solide și prevăzută cu un robinet-vană. Aparatul a fost așezat într'un mic turn (fig. 43 și 61), construit în legătură cu barajul pe partea amonte și ridicat deasupra nivelului apei moarte. Manevrarea robinetului se face de sus printr'un drug de fier (atunci când nivelul apei este suficient de scoborât) iar gura țevei este apărută de un grătar.

Deversorul.

Pentru evacuarea apelor supraabundente s'a construit un deversor, deosebit de ziduri pe coastă, la aripa amonte a digului. Pragul deversorului este cu 1 m, mai jos de cornamentul barajului, adică la + 504.50 m.

Canalul de evacuare al deversorului la început străbate stâncă, fiind în beton; ceva mai departe el se continuă ca apeduct de beton armat, cu o secțiune trapezoidală deschisă, fiind așezat în argilă, purtat însă de o construcție de lemn, care reazemă pe piloni fundați în stâncă la 9 m. echidistanță. În modul acesta funcționarea normală a deversorului este asigurată chiar în caz când s'ar spăla cumva argila de sub construcția de beton armat.

La capătul canalului de evacuare, apa spălând cu timpul straturile de pământ depe coastă, aceasta a trebuit pusă la adăpost de efectele apei, în scurgerea ei spre Bêrzava, în care scop s'a executat două trepte cu pernă de apă.

Digul-deversor are 37.0 m. lungime și 1.7 m. înălțime. Radierul în locul căderii este de beton și se strâmtează la început în formă de pâlnie, cu 2.5% iar pe o porțiune mai scurtă cu 9%, reducându-și astfel lărgimea la 4.0 m, pentru a se lega cu canalul de evacuare în beton armat. Acesta, în o lungime de 52 m, are 4 m. lărgime la bază și 1.5 m. înălțime, pereții lui laterali fiind înclinați cu 5:1. Panta canalului este de 3,5%.

Pentru calculul deversorului nu s'a considerat suficientă estimăția veche aproximativă de 20 mc./sec. a debitului maxim

al Bêrzavei, ci s'a făcut o evaluare indirectă. pe baza suprafeței bazinului tributar și a precipitațiilor maxime pe kmp.

Suprafața bazinului în chestiune de 76.9 kmp. fiind constituită din ardezie cristalizată și mai ales din gneis și ținând seamă de desagregarea rocei precum și de pădurile ce o acoperă, a fost privită ca *semipermeabilă*; cantitatea maximă de apă colectată pe 1 km. a fost estimată la 0.8 mc. și astfel s'a ajuns la un debit maxim de $76.9 \times 0.8 = 61.5$ mc/sec.

Formula deversorului cu vână liberă și cu pragul rotunjit (coeficient de debit $m = 0.51$) dă pentru o lungime 37 m. și o grosime de pânză $H = 1$ m.

$$Q = mL \times H \sqrt{2gH} = 0.51 \times 37 \times 1 \times 4.43 = 83.6 \text{ mc.}$$

Capacitatea de debitare a canalului de evacuare al deversorului reese din următoarele date:

Secțiunea	6.45 mp.
Perimetrul	7.00 m.
Raza hidr.	0.92 m.
Panta	0.035
	<u>C = 75</u>

$$U = 75 \sqrt{0.92 \times 0.035} = 13.43 \text{ m.}$$

$$Q = 13,43 \times 6,45 = 86.72 \text{ mc.}$$

capacitate care acoperă suficient debitul maxim, luat în vedere. S'a crezut că acest debit, adăugat și cu cei 10.0 mc/sec. care se pot scurge prin țevile de luarea apei, nu putea fi întrecut la cea mai extraordinară rupere de nori. Și totuși nu o odată această cifră a fost depășită de marile inundații, cari au produs revărsarea apei peste ambele ziduri. Astfel în 1910 (54 mm. precipitări în 24 ore) zidurile au deversat cu 24 cm. timp de 6 ore peste coronament, iar în 1912 (60 mm. precipitări în 24 ore) cu 20 cm, fără însă ca să se producă stricăciuni la ziduri.

Cum în canalul de evacuare al deversorului, adâncimea sporită a apei a fost de 2.20 m, corespunzând unei secțiuni de 9.76 m. unui perimetru de 8.48 m. și deci unei raze hidr. de 1.152, rezultă în același mod ca mai sus.

$$u = 15.03 \text{ m/sec.}$$

$$Q = 145.7 \text{ mc/sec.}$$

pentru apa maximă scursă pe canal.

În ceea ce privește deversarea peste diguri, admițând, po-

trivrit lărgimei de coronament de 1.5 m. un coeficient la debit de numai 0.306, obținem pentru $L = 110.12$ m. și $H = 0.20$ m.

$$Q = 0.306 \times 110.12 \times 0.2 \sqrt{19.62 \times 0.2} = 13.3 \text{ mc.}$$

În fine, peste barajul propriu zis al cărui coronament are 3.00 m. lărgime și o lungime de 90.46 m. a putut trece la $H = 0.20$ m. un debit de

$$Q = 0.3 \times 90.46 \times 0.20 \sqrt{19.62 \times 0.20} = 10.7 \text{ mc/sec.}$$

Adunând aceste cifre la care se mai adaugă și cei 10 mc/sec. ce s'au putut scurge prin țevile de luarea apei, găsim că debitul maxim de apă scursa trebuie să fi fost de ca. 180 mc/sec. ceea ce întrece cu mult prevederile proiectului. La Reșița, în timpul menționatei inundațiuni, pârâul Bêrzava s'a revărsat, producând pagube mari. Bine înțeles prezența barajului-rezervor, prin înmagazinarea unei părți a apelor pâna la umplerea lui completă, a contribuit la atenuarea pericolului.

Ca informațiuni dăm în anexă diagrama precipitațiilor în anul excepțional de ploios 1915 în patru posturi meteorologice din regiunea Reșiței.

Contra efectelor apelor mari s'au luat pentru viitor următoarele măsuri. Stratul de argilă, care acoperă canalul de beton armat al deversorului, a fost învelit cu plăci protectoare de beton armat. Pe întreaga lungime a digului între stâlpii parapetului de fier s'a așezat o îmbrăcaminte din plăci de beton armat de 0.32 m. înălțime și 0.07 m. grosime, ca să asigure zidaria contra izbirei valurilor și revărsării. Barajul propriu zis totuși a fost lăsat neschimbat, urmând ca și în viitor la apele extraordinare să funcționeze în mod vremelnic ca deversor.

EXECUTIA LUCRĂRILOR

Modalitatea. Toate lucrările de construcție au fost executate de Soc. C. F. în regie. afară de zidaria propriu zisă care a fost dată în întreprindere firmei Ioan Lenarduzzi. Astfel Societatea a executat escavațiile pentru fundații, mișcările de pământ și stâncă, lucrările dela tunelul-apeduct, luarea de apa, deversor, instalația pentru avacuarea „apei moarte” și cantonul barajului, procurarea materialelor de construcție și mașinelor.

Lucrări pregătitoare și trasarea. Lucrările pregătitoare, recunoașterile și cercetarea terenului s'au început în Septembrie 1907.

După ce amplasamentul barajului și fundul văii au fost curățate fără greutate de stratul superficial subțire de pământ, s' a început excavarea stâncei pentru legătura cu coastele la baza barajului cum arată și fig. No. 53 ; s' a întâlnit gneis rezistent, însă pentru fundarea digului găsirea unui teren sănătos a cerut mai mult timp.

Între timp s' au construit barăci pentru lucrători și s' au preparat ariile pentru lucrări, s' a procurat pe loc o mare cantitate de nisip și piatră, s' a transportat ciment și var.

În Martie 1908 s' a terminat și tunelul de deviere a apei, ocolind amplasamentul lucrării.

În amonte și aval de fundațiunea barajului, locul s' a închis, prin batardouri de beton deacurmezisul văei.

Infiltrațiile și precipitațiile adunate în sus de acest loc au fost conduse prin conducta menționată de fontă de 15 cm. diam, care străbate baza barajului, și astfel fundația a fost ferită de apă iar trasările s' au putut face cu mai mare exactitate.

Liniile de bază pentru fixarea amplasamentului barajului au fost reparate prin puncte, la cote foarte diferite, din cauza configurației terenului.

Barajul are o formă de revoluțiune, născută prin mișcarea unei secțiuni transversale variabile cu înălțimea, în jurul unui ax vertical. Această formă trebuia păstrată cu multă corectitudine, deoarece o abatere cât de mică ar fi fost ușor vizibilă.

Cu ajutorul tangentei și punctului de contact s' a determinat secțiunea orizontală la diferite înălțimi a suprafeței cilindrice de o rază de 120 m. care trece prin marginea inferioară a barajului (fața amonte). Fața de tangenta, fixată prin două repere planimetrice și de nivelment, s' au determinat și celelalte puncte ale secțiunii prin metoda ordonatelor sau coardelor.

Antrepriza pentru zidărie. În Martie 1908 firma Leonarduzzi a fost însărcinată cu construcția zidurilor pe prețul de 10 40 coroane aur metrul cub, fiindu-i puse la dispoziție la locul lucrării toate materialele (piatră, nisip, var stins, ciment, explozibile, lemnăria rotundă și cioplită, fer, șină, sârmă, cue, traverse, conducte pentru apă, robinete, furtune și cea mai mare parte a sculelor, în fine conductele electrice montate, motoarele, curentul electric și apa).

Zidarii erau italieni, fiind plătiți cu z'ua.

Lucrarea de zidărie a durat ca. 9 luni, terminarea complectă făcându-se în 11 luni.

Fundații. Fundația la dig a început la 8 Mai, iar la baraj la 14 Mai. Fundamentul de stâncă s' a curățat cu grijă, părțile desagregate au fost îndepărtate și fundul spălat.

Contra infiltrațiilor în fundații și radieră, s'au astupat crăpăturile și găurile cu mortar subțire de ciment, acoperindu-se apoi cu un strat de 2-3 cm. grosime de mortar de ciment 1:3 (ca. 450 kgr. ciment în 1 mc.)

Pe fața neregulată (favorabilă contra alunecărilor) a stâncei s'a așezat, cu trepte ușor înclinate, o bază de beton de 1 m. grosime, având rolul de a repartiza egal presiunea pe fundație.

Amestecul întrebuițat a fost: 1 ciment, 2 nisip, 2 1/2 piatră spartă (ca: 400 kgr. ciment de mc. beton.)

Zidăria. Zidurile s'au construit din piatră brută în straturi de 0.9 — 1.2 m. înălțime, terminate în spre versanții vaei, astfel că stratul de bază depe coastă a rezultat în trepte.

Zidurile s'au acoperit în exterior cu straturi mai regulate.

Piatra a fost extrasă din 3 cariere de gneis din apropierea barajului, fiind aleasă, sănătoasă și fără crăpături. Cele mai grele bucăți puteau fi purtate de 2—3 oameni, iar cele mai mici erau de ca. 12. kgr.

S'a căutat ca fiecare piatră să fie îngropată în mortar, cu interspații totuși nu prea mari, potrivit-se în acest scop forma prin cioplire.

După caetul de sarcini 1 mc. zidărie nu trebuia să conțină mai mult ca 1/3 mc. mortar și de fapt mortarul a ocupat o treime (5500 m. c.) din volumul zidului.

Suprafața straturilor pe cari se zidea, se spăla prin curent de apă (fig. 47) ca să fie curată și umedă. Zidirea se executa neregulat, pentru ca pietrele să se lege în toate sensurile.

Straturile s'au așezat în plan înclinat, aproape perpendicular pe linia de presiune a zidului. Aceasta implică dificultatea de a menține zidăria tot timpul la un nivel mai înalt în partea aval.

Zidirea unui strat nou se începea numai după ce mortarul stratului anterior făcuse priză, astfel ca loviturile să nu poată prejudicia legătura materialului.

Mortarul (ciment sau trass). Compoziția mortarului, preparat (ca și betonul) prin betoniere sistem „Sonthofen“ era: 1 parte ciment, 1/3-1 parte var gras, 3-4 părți nisip.

Cum la baraje se întrebuițează uneori și *trass*, a fost discuțiune asupra oportunității întrebuițării acestui material la lucrarea de față.

Se știe că *trassul**) este o rocă silicioasă de origină vulcanică, care se găsește în zăcăminte într'unele regiuni ale

*) Gén'e civil 10 Apr. 1926 (Pentru zidurile de cheiuri compoziția betonului este: 600 litri pietriș, 525 litri nisip, 20.) kgr. sau 143 litri ciment și 60 kgr. sau 60 litri *trass*. Acest ames'ec cu adaus de apă dă 1 mc. beton).

Germaniei (în împrejurimile oraşului Andernach, aproape de Colonia) şi în Italia. Sarea din apa de mare sau apă dulce cu sare în soluţie, poate ataca betonul, deoarece cimentul conţine o oarecare cantitate de var, care în apă sărată se dizolvă şi se elimină; porozitatea şi formarea de sulfo-aluminate de calce care rezultă pot provoca fisurarea zidurilor muiate. Or, trassul fixează varul liber din ciment prin silicia combinabilă ce conţine şi da un silicat de calce, care ia fiinţă în timpul întăririi betonului şi rămâne stabil. De aceea lucrările de beton cu var-trass au rezistat apei de mare timp de secole.

Deşi se formase părerea că şi pentru baraje amestecul var-trass procură cel mai convenabil mortar (fiind mai consistent şi asigurând impermeabilitatea graţie silicatelor de calce indisolubile) şi în general mai eficient, s'a dat preferinţă cimentului, deoarece Soc. C. F. de Stat posedă o fabrică proprie de ciment Portland.

Avantajul mortarului de trass de a se lega mai lent, rămânând mai mult timp în stare plastică, astfel că mişcarea ulterioară a materialului să nu producă crăpături, s'a socotit că se poate răscumpăra la zidăria cu mortar de ciment prin o execuţie mai înceată şi de fapt lucrurile s'au aranjat astfel ca zidăria proaspătă în straturi de 1.20-1.50 m. să stea câteva (3-4) zile nemişcată, pentru a se întări şi numai după aceea se începe cu stratul următor.

De ex. la barajul Marklissa (lângă Brűx în Cehoslovacia) probele de ciment Silezian cu 3 părţi nisip au arătat peste 7 zile o rezistenţă de 20 kgr pe cm². ceea ce cu trassul se obţine abia peste 7 săptămâni.

La variaţiile de temperatură de altfel zidăria cu mortar de ciment nu se comportă mai rău ca aceea cu trass. În timpul ernei se observă pe paramentul amonte crăpături foarte fine, cari în timpul verii se închid, nefiind vizibile. Pe paramentul aval iarna se văd pete umede, care în timpul verii dispar.

Inconvenientul ce se reproşa mortarului de ciment de a libera var, s'a socotit că se poate înlătura prin o zidire îngrijită, compactă, prin aplicarea unei şape şi a unui strat protector de beton armat şi prin drenare. Aceasta din urmă ajută şi aerisirea interioară a barajului, accelerând întărirea completă a mortarului, astfel ca, dacă ar exista la început liberarea de var, fenomenul în scurt timp încetează dela sine.

Incercările cimentului. Probele de ciment au fost încercate la laboratorul profesorului Czako şi la acela al Facultăţii de Tehnică. La faţa locului s'a examinat numai durata prizei

și permanența de volum a cimentului, furnizat de trei fabrici (Beocin, Nyergesujfalu, Oravița).

S'au examinat aproximativ 300 probe de ciment și 326 de mortar; rezultatele au fost în mediu următoarele:

Locul de origină	Rezistența la compresiune după 28 zile kgr./cmp.	Rezistența la tensiune după 7 zile kgr./cmp.	Rezistența la tensiune după 28 zile kgr./cmp.	Observații
Oravița	207.2	13.7	18.7	Metoda normală cu nisipul Bêrzavei a dat 25% mai puțin.
Nyergesujfalu	210	14.4	19.2	
Beocin	355.7	22.1	31.1	

Din acest tablou se vede că cimentul Beocin a fost cel mai bun.

Încercările și prepararea mortarului, etc. La încercările mortarului s'a întebuițat nisip de Bêrzava, var alb și ciment Oravița. S'au făcut cuburi de probă în mai mare cantitate cu două dosaje 1:1:4 și 1:1/2:3. Mortarul 1:1:4 peste 4 săptămâni a arătat în mediu 16.5 kgr./cmp. rezistența la compresiune, după 3 luni 18.5 kgr./cmp., iar după un an 25.2 kgr./cmp. Mortarul 1:1/2:3 a arătat după 4 săptămâni o rezistență medie de 29.3 kgr./cmp, după 3 luni 31.2 kgr./cmp, după un an 37.5 kgr./cmp.

Nisipul era prins prin diguri construite în albia Bêrzavei, însă calitatea lui n'a fost așa de bună din cauza impurităților (mică, cărbuni de lemn și 5% nămo).

Mortarul se făcea gros, amestecat cu puțină apă, fiind strict oprit de a se mai adăuga apă înainte de întrebuițare.

Barajul, situat la partea de Sîd a pădurei Cîanțu Sârbu, în timpul verei a fost expus temperaturii mari de + 30° C; suprafețele bătute de soare s'au încălzit chiar până la + 40° C. Aceasta a dictat stropirea zidului terminat și acoperirea lui cu pânză.

Paramentele. Ambele paramente au primit un strat rezistent de piatră mai regulată; la cel din aval suprafața s'a făcut brută, iar la cel din amonte mai egală spre a se putea tencui mai bine. Pietrele erau prelucrate la locurile de descărcare iar pe zid să făceau numai ultimele potriviri. Înălțimea straturilor varia între 60 și 25 cm, fiind interzis a lucra sub limita minimă (care la diguri era de 15 cm).

Moaloanele, se așezau unul lângă altul cu rosturi horizontale nu mai largi de 20 mm. și rosturi verticale nu mai largi de 15 mm.

Pietrele erau puse în mult mortar, așezarea lor cu pană fiind oprită. La unele straturi, după două pietre mai scurte (de maximum 45 mm) urma o piatră de legătură mai lungă cu 25 cm. mai înăuntru.

Deoarece prelucrarea moaloanelor a mers încet și a costat mult, s'a trecut în urmă la zidăria în mozaic sau cu rosturi incerte care este și ea destul de rezistentă și impermeabilă, dacă pietrele sunt bine așezate.

În modul acesta s'a executat la baraj, aproape întregul parament amonte iar paramentul aval în o înălțime de 10 m.

Pietrele aveau formă de pentagon și uneori hexagon. Rosturile horizontale și verticale erau înlocuite prin rosturi înclinate, cele culcate având o înclinare de maximum 20° față de orizontală, celelalte de maximum 20° față de planul vertical.

Înălțimea pietrelor era de ca. 20 cm. cu un minim de 10 cm.

Drenuri. În timpul zidirii barajului la 1. 2 m. depărtare de paramentul amonte s'au așezat tuburi verticale de 6 cm. (vezi planșa No. 64) înconjurate de piatră spartă, constituind drenuri cari conduc infiltrațiile în tuburi colectoare smălțuite de 12cm. diam. În timpul lucrării se lasă apă prin aceste tuburi spre a se controla dacă nu erau înfundate și pentru curățirea lor.

Durata lucrării de zidărie și măsuri la reluarea zidirii. Durata lucrării s'a împărțit în două campanii. În vederea gerului lucrările de zidărie au fost oprite la 27 Octombrie, la care dată digul era complet gata și coronamentul lui acoperit cu beton, iar barajul zidit până la 14 m. înălțime.

S'a avut grijă ca suprafața neterminată a barajului să fie acoperită cu un strat de pietriș și nisip de 35 cm. înălțime, ferit la rândul lui prin scânduri, legate între ele cu scoabe și încăcate cu pietre.

La 19 Aprilie 1909 s'a reluat lucrul. După descoperire s'a curățit suprafața zidăriei, s'a scos mortarul unde nu era bine legat și s'au îndepărtat pietrele mișcate; suprafața a fost apoi spălată cu un curent de apă și frecată cu perii de sârmă pentru ca mortarul nou să ia contact intim cu suprafața zidăriei vechi, spre o bună legătură.

În același scop s'a întrebuințat mortar mai bun: 1 ciment, $\frac{1}{2}$ var, 3 nisip.

La 6 August 1909 s'a terminat cu lucrul de zidărie propriu zisă.

Coronamente. Coronamentul barajului s'a acoperit cu un strat de beton (1 : 2 : 3) de 10 cm. grosime, împărțit la dis-

tanțe de 3 metri prin rosturi regulate, astupate în urmă cu mortar de ciment 1 : 2.

Eșiturile cari mărginesc coronamentele zidurilor, consolile de susținere la baraj și stâlpii de parapet sunt făcute din beton (1 : 2 : 3).

Măsuri pentru impermeabilitate. Pentru mortărul de impermeabilitate al rosturilor și pereților s'a procurat nisip fin și de greutate specifică mare, parte direct și parte prin cernere.

Înainte de rosturare și de aplicarea tencuei sau șapei, s'au curățat rosturile în o adâncime de 4 cm. pentru ca mortarul să se lege mai bine.

La această operație s'a întrebuițat mortar foarte gras: 1 parte ciment, 2 părți nisip fin. Un mc. de mortar conținea în mediu 600 kgr. ciment. Șapa de impermeabilitate, la baraj, fiind așărată de un strat de beton armat de 8 cm. grosime nu s'a făcut decât de 1 cm. grosime; la diguri, unde acest strat lipsește, tencuiala s'a executat de 3 cm. grosime, cum se procedează de obicei pentru facerea suprafețelor impermeabile.

Șapa a fost ferită de crăpare și ținută umedă încontinuu. Ea a fost întinsă și pe baza de stâncă (sau beton). După două săptămâni s'a executat și stratul protector de beton armat.

Șapa dinspre apă și stratul protector de beton armat s'au făcut după terminarea completă a zidăriei, când a încetat și tasarea.

Stratul în chestiune, începând jos dela ciubucul făcut la + 482,2 în scop de a-i asigura un reazăm, se întinde în sus până la muchia inferioară a coronamentului. Acest strat este compus din fășii de 12 m. întindere, despărțite prin rosturi verticale, pentru a rezista, fără a crăpa, la mișcările la cari zidul este expus prin presiunea apei și schimbările de temperatură.

În timpul lucrului s'au înzidit, la intervale de 1 m. cârlige de fier lat de 30/7/230 mm; îndoit în unghi drept, eșite cu 5 cm. afară din tencuială la cari s'au fixat fiarele de rezistență de 5 mm diam. așezate la intervale de 20-30 cm.

La întâlnirea zidului cu stâncă, fiarele s'au aplicat pe aceasta (fig. 47) și astfel stratul protector de beton s'a întins atât pe fundament cât și pe coaste. Pentru a obține o legătură bună cu stâncă, suprafața acesteia a fost curățată bine pe o întindere de 1 m. lățime.

Existând temerea ca, din cauza disolvării varului liber, șapa să nu devie cumva poroasă, s'a considerat oportun a se face cât mai impermeabil și stratul de beton armat, prin adaus de trass în mortar.

Proporția de amestec a betonului pentru stratul protector s'a stabilit pe baza experiențelor de rezistență. Un mc. de beton conținea în mediu 250 kgr. ciment și 80 kgr. trass. Acesta era de fabricație Turda și numai cu puțin mai puțin decât cimentul Beocin. La beton s'a întrebuițat pietriș rotund (pentru înlesnirea tencuierii) de 5-30 mm, extras din albia Bêrzavei. Betonul se făcea destul de umed iar baterea se executa cu maiuri de lemn.

După decofrarea stratului protector rosturile au fost astupate pe jumătate cu argilă fină și restul cu mortar de ciment.

La baraj, dela ciubucul cu \pm 482.8 m. în jos s'a suprimat armătura, betonul fiind legat cu stratul de piatră al ciubucului, iar jos sprijinit pe fundamentul de beton sau chiar pe stâncă (fig. No. 47).

Bancheta și terminarea zidului. Cu acest strat protector se împreună, de partea apei, bancheta, compusă din argila bătută de 0, 8 m. grosime medie, pământ și anrocamente, având un taluz de 1:1,5. Această banchetă se ridică cu puțin deasupra ciubucului.

La 4 Septembrie s'a terminat complet zidul și astfel întreprinderea a luat sfârșit.

Cantități și organizarea șantierului. Barajul conține 13.126 mc. de zidărie iar digul 2464 mc. (ambele la un loc 15690 mc.)

Întrebuițarea maximă de material pe zi a fost de 20 tone ciment, 7 mc. var, 50 mc. nisip și ca 170 mc. piatră.

La un mc. de zidărie era nevoie de 1,3—1,4 mc. piatră brută nelucrată, așezată rar.

Procentul de mortar întrebuițat la zidăria de piatră brută a variat între 35.6—39.1%.

Numărul maxim de oameni a fost de 202, din cari 44 zidari, 138 salahori și 5 conductori. Un zidar lucra maximum 3—3,5 mc. pe zi.

Birourile, atelierile, depozitele de ciment și gropile cu var se găseau pe partea aval și pentru transportarea cimentului și varului pe zid a servit o mică rampă

Pe partea amonte se aflau carierile, locurile de descărcarea nisipului, de spălat pietrele, betoniera, ascensorul și rampa. Pe fața amonte a zidului s'a construit, treptat cu înălțarea lui, o schelă solidă de 3 m. lățime, pentru ca zidul să fie cât mai mult ferit de lovituri.

La început, transportarea materialelor pe zi s'a făcut prin roabe, însă mai târziu s'au întrebuițat instalațiunile de ridicare. Una era rampa menționată, așezată pe coasta stângă, cu mecanismul montat sus, cealaltă consta într'un ascensor

de materiale montat în o schelă, bine fixată la bază și bine ancorată cu cabluri de sârmă. Troliul și electromotorul se aflau jos. Ascensorul era dimensionat pentru 2750 kgr. și o viteză de ridicare de 0,5 m/sec. (firma Wertheim F. & Co. Budapesta). Pe rampa se transporta mortarul și betonul iar cu ascensorul piatra.

Evacuarea apei moarte. În cele din urmă s'a executat, lucrarea pentru evacuarea apei moarte, instalația pentru luarea apei și deversorul.

Pentru prima lucrare, abaterea cursului Bârzavei în canalul Principal, prin barajul de derivare (sau de priză) construit ceva mai sus în albia pârâului, a fost bine venită, deoarece prin tunel nu se mai scurgea de cât excedentul de apă, pe care canalul nu-l putea primi.

Luarea apei. Așa la terminare s'a procedat la lărgirile necesare în tunel și la așezarea celor două conducte de 60 cm. cu vane, pentru luarea apei. Zidul de obturație menționat mai sus (fig. No. 48) a fost făcut din 3 inele, construite la partea inferioară din beton și mortar de ciment, iar la partea superioară din zidărie boltită în cărămizi „stereo“ și mortar de ciment. Fiecare inel a fost tencuit separat iar tencuiala s'a prelungit și pe stâncă. La capătul de eșire al tunelului s'a construit căsuța menționată pentru robinetele-vane.

Închiderea conductelor a fost executată, la partea eșirei, conform proiectului general prin robinete-vane.

La partea intrării, închiderea fusese proiectată a se face prin stavilă, manevrată cu tijă de pe un pilon, ridicat până la înălțimea coronamentului digului. Deoarece însă construcția zidurilor, din cauza timpului scurt, conform contractului, s'a început imediat, executarea instalațiunii de luarea apei n'a mai fost posibilă la finele lucrării, așa cum fusese proiectată. Aceasta reclama într'adevăr spargerea stâncei în mai mare cantitate fără explozie, din cauza vecinătății digului, ceace ar fi condus la cheltueli mari. S'a renunțat, așa dar, la aceasta soluție și închiderea conductelor în tunel s'a făcut numai prin robinete-vane.

Deversorul. Paralel cu instalațiunea de luarea apei s'a construit și deversorul. În proiectul general la punctul de plecare al deversorului (fig. No. 41) se arată stâncă, însă aceasta după câțiva metri dispăre, apărând deasupra ei argila, care din ce în ce se îngroașe, atingând la o anumită depărtare o grosime de 12 m.

În scop de a conserva straturile de argilă de pe aceste și de a feri aripa stângă a digurilor, s'a decis a se proceda la acoperirea argilei și la o construcțiune de beton armat.

Argila era așa de tare, încât pentru lucrarea de beton armat n'a fost nevoie de cofraj exterior, iar locul grinzilor a fost scobit în argilă.

La fel s'a procedat și pentru piloții de rezam, pentru cari s'a găurit argila până la stâncă.

Drumuri, poteci, etc. Drumul de care dela locul deversorului, care în timpul lucrării a fost mutat mai în sus, s'a amenajat definitiv lângă canalul de evacuare al deversorului.

Din acest drum se trece peste canalul deversorului la ziduri pe o paserelă de beton armat de 1,5 m. lărgime și 8 m. deschidere.

În urmă s'au aranjat potecile din jurul barajului și s'a terminat și cantonul omului de pază al barajului (fig. 52).

Deformarea zidului și căutarea defectelor. Pentru observarea deformațiunii barajului s'a construit pe ambele coaste câte un soclu de zidarie, unul pentru instrument și altul pentru miră, iar pe zidul însuși s'au stabilit două repere.

Barajul, prin poziția sa, vara este expus unei temperaturi foarte mari, (30-40° C) care scade iarna și până la 25°.

Necunoscându-se modulul de elasticitate al zidăriei, s'a măsurat direct deformarea zidului la prima încărcare completă a rezervorului, cu care ocazie s'a constatat o săgeată de 12.5mm..

Umplerea s'a început spre finele lunii Noiembrie 1909, după terminarea tuturor lucrărilor și curățirea basinului, închizându-se conductele de golire.

Punerea în funcțiune utilă a rezervorului a fost hotărâta abia pentru primăvara următoare, conținutul lui fiind între timp folosit pentru detectarea defectelor. La începutul lunii Februarie, grație precipitărilor mai abundente, rezervorul a reușit să se umple până la 3 m. sub pragul deversorului, fără a se observa vreo defect nici la deversor nici la dig. Sub acest din urmă însă cam la 20 m. a apărut un izvor puternic. La baraj paramentul aval era complet uscat iar din țeava de drenare se scurgea puțină apă.

Pe coasta stângă, la câțiva metri de baraj și cam la mijlocul înălțimei lui, s'a produs un izvor de apă destul de puternic.

La tunel la zidul de închidere nu s'a observat nici o infiltrație.

După ce s'a golit rezervorul s'a procedat la suprimarea izvoarelor, ceea ce a reușit pe deplin, astăzi ele dispărând aproape complet.

Zidurile, după atâta timp dela construcție, nu arata nici o schimbare. Transpirația constatată în primul an a încetat complet, iar prin drenul colector curge astăzi foarte puțin apă.

Deasemenea s'a comportat bine atât stratul protector de

beton armat cât și șapa sau tencuiala de ciment a digului, care deși plină de mici fisuri, ține apa foarte bine.

Cantitățile și prețurile materialelor.

Următoarea listă indică cantitățile materialelor întrebuințate și prețurile lor unitare, în cari se cuprind toate cheltuelile.

Var stins	716 tone a	27 cor. aur.
Ciment portland	2800 " "	59 " "
Trass	29 " "	57 " "
Nisip	6950 mc. "	5 " "
Piatră brută	19500 " "	3.7 " "
Piatră spartă	500 " "	5.0 " "
Piatra de râu	100 " "	3.0 " "

Costul lucrării.

Costul total al lucrării a fost de 680.000 cor. aur în care sumă se cuprind: Onorariul experților, proiectul, construcția, costul tuturor instalațiunilor și al canalului dela baraj pâna la Brazova (7000 cor. aur). Suma plătită pentru lucrările de zidărie se ridică la 17.200 cor. aur.

Costul de mc. capacitate al acestei lucrări resulta de $\frac{680.000}{1.200.000} = 0.566$ cor. aur, concordând cu acela al lucrărilor de dimensiuni comparabile, executate anterior în Franța și Germania, și care în aceeași monedă a fost :

In Franța la Du Ban cu o capacitate de 1.80 milioane mc. de	0.50 lei aur
la Gouffre d'Enfers cu 1.60 " " "	1.00 " "
" Pâ du Riot " 1.30 " " "	1.00 " "
In Germania la Remscheid 1.06 " " "	0.58 " "
" " " la Imbach 1.00 " " "	0.76 " "
" " " Alfeld 1.10 " " "	0.48 " "

Uneori se raportează costul total, nu la capacitate, ci la întreaga cantitate de apă înmagazinată și utilizată într'un an.

Astfel de ex. la barajul din Someșul Rece lângă Cluj, al cărui m. cub de capacitate costă $\frac{74.000.000}{40.000} = 1850$ centime,

1 mc. de apă înmagazinat și utilizat în fiecare an costa de 240 ori mai puțin (7.74 cent), câte sunt și umplerile rezervorului într'un an (când este apă suficientă). La Văliug (bazin de 76.9 km.) dacă ținem seamă că rezervorul se umple anual de 2-3 ori, vedem că lucrările pentru 1 mc. anual de apă revin la 28.3 respectiv 18.0 centime.

Rezultatul pentru exploatare. Grație jocului rezervorului producția anuală a centralei hidroelectrice s'a ridicat cu 3.2 milioane kw. ore.

Colaboratorii. Onoarea înființării barajului revine consilierilor Adaibert Veith și Gustuv Tavi și Șefului Inspector silvic Andre Kuhanyi.

Supravegherea, conducerea și controlul lucrării din partea Societății le-a avut profesorul universitar Adolf Czako, având ca delegat pe Ioan Dieter.