

DAM REMOVAL SEDIMENTATION EVALUATION. CASE STUDY – VADENI DAM

Dr. Ing. George Cătălin TILEA ¹

Ing. Cătălin POPESCU ²

Abstract: The purpose of this article is to evaluate the sedimentation process into Vadeni dam reservoir. The potential drawdown of the Vadeni dam reservoir located on the Jiu river is being evaluated. The sedimentation evaluation was conducted. This included an analysis of sediment budgets for major tributaries, and determination of requirements for channel modification and dredging. Recommendations for future dam removal sedimentation evaluations are presented. Also, the sedimentation phenomenon in observation data of dam monitoring is discussed.

Keywords: sedimentation, dam, hydroelectric power plant, reservoir, dredging.

1. INTRODUCERE

Acumularea Vădeni este prima acumulare hidroenergetică dată în exploatare pe râul Jiu, aval de defileul Bumbești-Livezeni. Acumularea Vădeni este amplasată pe râul Jiu pe sectorul cuprins între podul Turcinești, în amonte și podul CF Tismana –Tg. Jiu, în aval. Ea a fost dată în funcțiune în anul 1989.

Acumularea Vadeni cuprinde următoarele obiective:

- a) lacul de acumulare
- b) barajul deversor
- c) centrala propriu-zisă
- d) regularizarea aval ce debrușează în acumularea Tg. Jiu.

De la darea în funcțiune până în prezent acumularea a suferit modificări importante în ceea ce privește volumul pe apă disponibil.

Astfel acumularea Vădeni de la darea în funcțiune în anul 1989 și până în anul 2004 s-a colmatat în proporție de cca.80 % cu 3.395 mil. mc cu un ritm mediu de colmatare de 6.63 %. Repartizarea depunerilor în lungul lacului de acumulare este în general neuniformă.

¹S.C.Hidroelectrica S.A. – Sucursala Hidrocentrale Tg-Jiu

² S.C.Hidroelectrica S.A.

Deoarece materialul solid, granular aflat în albia unui râu are o granulozitate neuniformă, transportul particulelor se face simultan atât prin târâre (depus în mare parte la coada lacului în zonele cu ostroave și provine din aluviuni la precipitații abundente și viituri), rostogolire, salturi mici cât și în suspensie (cel care provine din materiale fine, datorat mișcării browniene și curenților existenți pe cursul de apă și depus de o parte și de alta a șenalului).

2. CARACTERISTICI CONSTRUCTIVE ALE ACUMULĂRII

Lacul de acumulare este delimitat de frontul de retenție (compus din baraj deversor și centrală) și digurile de contur de pe cele două maluri. Lacul are o lungime de aproximativ 3 Km. Barajul deversor este situat în stânga centralei. Frontul de retenție se închide în versantul drept, printr-un baraj de pământ. Pe malul stâng al acumulării se află digul longitudinal care traversează albia minoră în imediata apropiere a nodului și urmărește în continuare malul stâng al râului Jiu. Este construit din balast etanșat cu pereu din beton monolit și etanșare în profunzime dinspre paramentul amonte. Infiltrațiile prin dig sunt colectate de un contracanal și conduse în râul Jiu. Pantele taluzelor sunt 1:2.5 spre lac și 1:2 în exterior (taluz înierbat).

Cota proiectată a digului mal stâng este de 223.10 mdMN aval și 226.10mdMN amonte, ținând cont de remuul din coada lacului. În prezent, digul mal stang, datorită colmatării lacului, a fost prelungit spre amonte până în apropierea podului de șosea Turcinești și a fost supraînălțat pentru a asigura protecția orașului Tg. Jiu la tranzitarea debitelor de viitură prin acumulare.

Racordul cu lacul din aval, lacul de acumulare Tg. Jiu, se face prin regularizarea aval Vădeni. Aceasta realizează coborârea albiei minore cu 5.50m, în dreptul centralei și asigură tranzitarea în aval atât a debitului uzinat, cât și a viiturilor.

Parametrii caracteristici ai lacului de acumulare:

- Nivel talveg	213.33 mdM
- Nivelul prizei	211.50 mdM
- Nivelul crestei deversorului	211.00 mdM
- Nivelul coronamentului	223.50 mdM
- Nivelul coronamentului digului	223.00 mdM
- Nivelul minim de exploatare	219.00 mdM
- Nivelul normal de retenție	221.00 mdM
- Nivelul maxim extraordinar	221.00 mdM
- Volumul global	2.76 mil. mc.
- Volumul util	0.71 mil. mc.

Barajul frontal este de tip stăvilar cu prag lat cu patru deschideri echipate cu stavile segment de 10.00 x 10.00 m.

Stavilele din deschiderile I (adiacenta centralei) și II sunt dotate cu clapetă (h = 2.30m, l = 7.20m).

Lungimea frontului de barare	52.00 m
Lățimea la bază	43.50 m
Lungimea frontului deversant	40.00 m
Cota talvegului la baraj	209.40 mdM
Cota coronamentului	223.50 mdM

Soluția constructivă a barajului este cu pile independente și culee pe malul stâng. Culeea face legătura cu digul mal stâng al acumulării. Pilele au grosimea de 3.50m. Legătura dintre baraj și centrala este făcută printr-o pila comună.

Coronamentul barajului, având cota 223.50 mdMN, este amenajat să fie circulabil.

Podul de șosea are lățimea de 10.30 m, două fire de circulație și are prevăzute două trotuare de 1.15 m, protejate cu balustrade. Peste pod trece șoseaua de centură Turnu Severin-Petroșani.

Priza de apă este amplasată pe malul stâng și este necesară în situația când turbina EOS din centrală nu este în funcțiune și trebuie tranzitat în aval debitul de servitute (debitul prizei CET Rovinari).

Uzina hidroelectrică (centrala) este de tip baraj amplasată în frontul de retenție pe malul drept al râului Jiu. Echipamentul este alcătuit din 2 turbine Kaplan 6 – 15 m, cu generatoare aferente HVS 426/66-30 ce uzinează un debit de 2 x 45 mc/s, la o cădere netă cuprinsă între 15.20 – 15.90 m și 1 turbină EOS-900 cu generatorul aferent GA-63, ce uzinează un debit de 5 mc/s. Centrala are ca părți distincte *zona prizei și zona agregatelor*.

Zona prizei.

Priza centralei este amplasată în continuarea barajului pe o lungime de 33.40 m și cuprinde cele 3 circuite hidraulice (EOS + 2 turbine Kaplan). Priza centralei se limitează aval cu zidul de presiune amonte și amonte cu limita amonte a centralei.

Cota inferioară este cota radierului la nivelul rocii de fundare, iar cota superioară este cota coronamentului 223.50 mdMN.

Pentru buna funcționare a centralei priza este prevăzută cu obiecte de închidere a circuitului hidraulic (grătar rar, des, batardou, vană rapidă), manevrate de macaraua capră de 12.5 tf, L=5.0 m. Curățirea gratarelor se face cu un graifer plan acționat de macaraua capră. Pentru depozitarea batardourilor centralei, în amonte de blocul de montaj s-a prevăzut o platformă la cota coronamentului.

Turbina EOS este prevăzută tot cu un graifer fix, des, vertical, de aceeași lățime ca și grătarul de la turbina Kaplan, dar cu înălțime diferită.

Zona agregatelor

Zona agregatelor este zona de centrală în care sunt amplasate cele două turbine Kaplan și EOS-ul.

În total frontul de retenție este de 33.40 m, iar pe direcția amonte-aval distanța este de 22.30 m.

3. CONSIDERAȚII ASUPRA STĂRII ACTUALE A COLMATĂRII ACUMULĂRII

Dinamica volumelor de apă disponibile în acumulare a fost urmărită pe perioada de la darea în funcțiune (anul 1989) și până în anul 2004 prin ridicări periodice de profile transversale topobatimetrice. Volumele brute și utile au variat astfel:

Anii	Proiect	1992	1996	1998	2004
Volum brut (mil. mc.)	4.53	4.26	2.26	1.45	0.87
Volum util (mil. mc.)	1.89	1.74	1.32	1.23	0.853

Pe baza acestor ridicări s-au calculat curbele de capacitate ale acumulării (Fig.1). În prezent, gradul de colmatare al acumulării este de aproximativ 90%. La Vădeni, colmatarea cea mai puternică s-a produs în coada lacului.

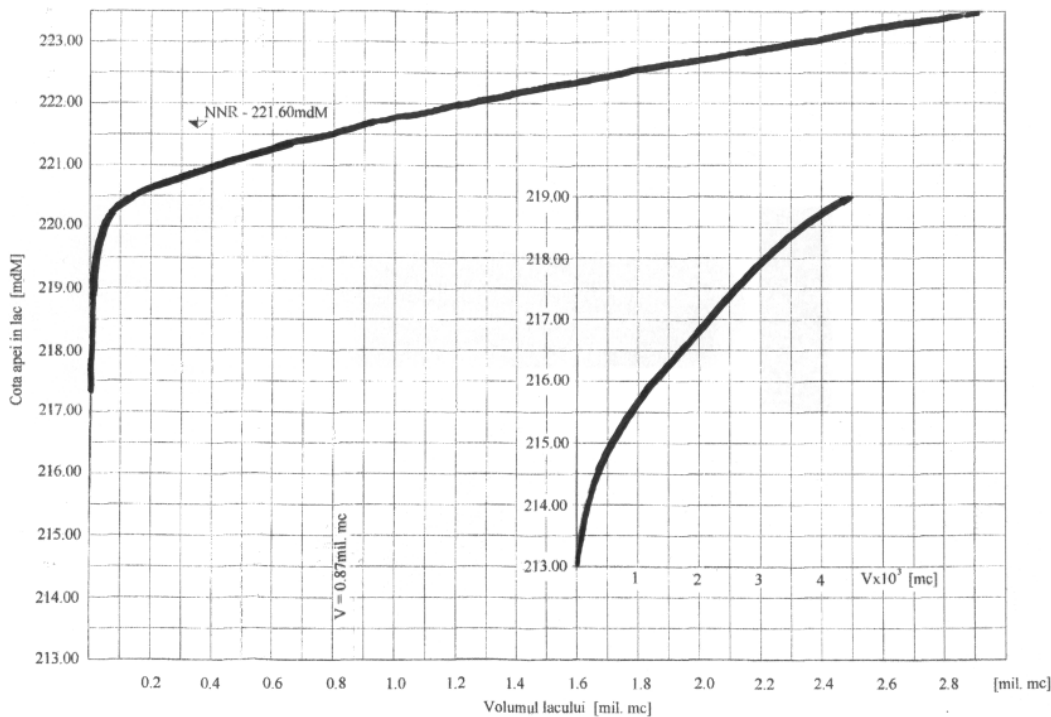


Fig. 1 Curba de capacitate a lacului de acumulare Vădeni – la nivelul anului 2004

De la darea în funcțiune și până în anul 2004, acumularea Vădeni s-a colmatat cu 3.395 mil. mc. (cca.80 %) cu un ritm mediu de colmatare de 0.28 mil. mc/an.

Colmatarea a fost mai mare în perioada 1998-1999 ajungând la 0.6 mil. mc/an.

Această intensificare a fost determinată de abandonarea și din lipsa de fonduri, a lucrărilor de pe Valea Sadului, care a dus la creșterea valorii debitului de solid transportat de viiturile înregistrate în această perioadă.

De altfel debitul de solid în secțiunea Vădeni a crescut din 1972 până în 1999 de la 10.7 kg/s la 23.1 kg/s în timp ce debitul lichid a crescut mai puțin (de la 25.1 mc/s la 26.5mc/s).

În această perioadă turbiditatea apei pe râul Jiu s-a dublat (de la 425 g/mc în anul 1970 la 849 g/mc în anul 1999).

Volumul util al lacului de acumulare Vădeni a scăzut cu 1.04 mil. mc față de valoarea din proiect și cu 0.89 mil. mc în perioada 1992-2004, astfel ca centrala hidroelectrică poate funcționa doar 2-3 ore pe zi, pe baza volumului util din lac.

S-a constatat, din observații, ca în prezent în lac au fost transportați mulți bușteni care s-au înfipt în depunerile de sedimente. Aceștia micșorează capacitatea de transport a albiei și creează riscul blocării descărcătorilor de ape mari de la barajul deversor.

În figurile următoare (Fig.2, Fig.3, Fig.4, Fig.5, Fig. 6 și Fig.7) se poate vedea gradul mare de colmatare al acestei acumulări.



Fig.2–Zona pod și vedere dig mal stâng
(cu lacul gol)



Fig.3–Zona pod și vedere dig mal stâng
(cu lacul gol)



Fig.4–Zona pod și vedere dig mal drept
(cu lacul gol)



Fig.5–Zona amonte baraj și vedere dig
mal drept (cu lacul gol)



Fig.6–Zona amonte baraj
(cu lacul gol)



Fig.7–Vedere coada lacului și dig mal
stâng

4. CALCULE HIDRAULICE PRIVIND TRANZITAREA DEBITELOR MAXIME PRIN ACUMULARE ÎN CONDIȚIILE COLMATĂRII

În situația actuală de colmatare a acumularii Vădeni s-au calculat curbele suprafeței oglinzii (Fig. 8) apei pentru diverse debite maxime pe râul Jiu în situația de exploatare a lacului de acumulare cu menținerea la baraj a nivelului normal de retenție 221.60 mdMN.

Calculul suprafețelor libere ale apei (calcul de remuu) pentru diferite debite maxime și diverse scenarii de dragaj s-a făcut cu un program de calcul (realizat în limbajul C++) bazat pe integrarea ecuațiilor curgerii neuniforme în albie deschise [1].

Curbele suprafeței libere de curgere s-au calculat cu coeficienți de rugozitate diferiți în secțiune (albie minoră și albie majoră) și de la un sector la altul (lac, râu) [2], [3]. Astfel, pentru lac și albia minoră a râului Jiu s-a luat în calcul valoarea de $n=0.025-0.035$, iar pentru albia majoră s-a luat în considerație valoarea de $n=0.067$. Coeficientul de rugozitate „ n ” este cel din relația lui Manning.

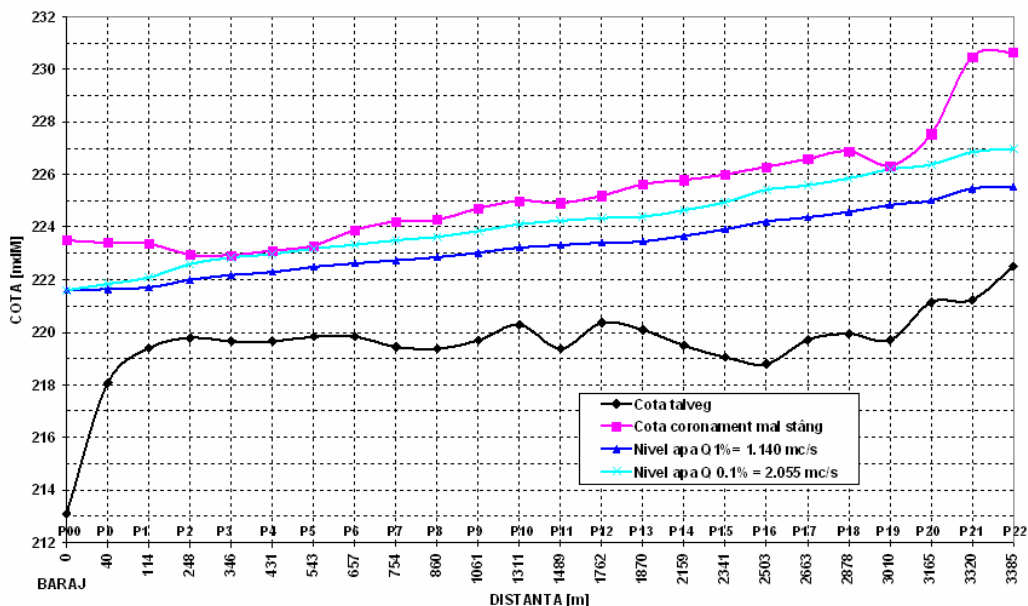


Fig. 8 Niveluri maxime la tranzitarea debitelor de calcul și verificare (tranzitarea debitelor doar prin albia râului Jiu)

5. SOLUȚII POSIBILE DE DECOLMATARE

În literatura de specialitate [4] și [5] se recomandă mai multe metode de decolmatare a lacurilor de acumulare, fiecare lac de acumulare fiind un caz special ce trebuie tratat individual.

5.1 SPĂLAREA HIDRAULICĂ ÎN TIMPUL VIITURILOR

Operația de spălare a aluviunilor din lacul Vădeni prin deschiderea stavelor de la baraj ar produce colmatarea lacului de acumulare Tg-Jiu. După șenalizare, volumul util al lacului Vădeni ar crește cu numai 40-50 mii mc, deci nu ar permite nici un fel de acumulare în lac și nici atenuarea undelor de viitură.

Șenalizarea este o rezolvare pe termen scurt, parțială, care necesită aplicarea continuă, având în vedere ritmul de colmatare crescut din ultimii 15 ani. Totuși, procedeul merită atenție, ținând cont de faptul că mai aproape toate exploatarea miniere din amonte au fost închise pe parcursul ultimilor ani (și ritmul de creștere a gradului de colmatare a scăzut simțitor).

5.2. TRANSPORTUL ALUVIUNILOR CU MIJLOACE AUTO

Acest tip de transport presupune mai multe variante de lucru:

1) se coboară nivelul apei din lac, se așteaptă uscarea aluviunilor până când este posibilă încărcarea acestora în mijloacele de transport auto folosind excavatoare, greifere sau benzi transportoare.

2) se evacuează din lac prin dragare într-un spațiu amenajat pe malul lacului, se așteaptă uscarea materialului, apoi se încarcă în mijloacele auto.

3) se evacuează aluviunile din lac prin dragare direct în mijloacele de transport auto.

În cazurile 1) și 2) timpul de uscare este destul de lung și este necesar și un spațiu suficient de mare pe malul lacului. În cazul 3) umiditatea apei rămâne ridicată lucru ce împiedică oarecum transportul auto; totodată o altă problemă este crearea de drumuri de acces în diferite zone ale lacului.

5.3 TRANSPORTUL ALUVIUNILOR CU BENZI TRANSPORTOARE

În acest caz variantele de lucru sunt la fel ca în cazul transportului auto, diferă doar mijlocul de transport. Pentru a putea fi transportate pe bandă aluviunile trebuie să aibe o anumită umiditate și consistență, astfel încât cazul transportului direct din lac nu este posibil. O problema o constituie și protejarea benzilor transportoare în zonele care nu sunt în perimetrul sau sub supravegherea Sucursalei Hidrocentrale Târgu Jiu.

5.4 HIDROTRANSPORT

Hidrotransportul, ca metodă de transport a materialelor granulate sau a nămolurilor cu ajutorul curenților de lichid, a apărut pentru prima dată în jurul anului 1850 în California într-o instalație de spălare a nisipurilor aurifere. Până în deceniul al patrulea din secolul trecut hidrotransportul s-a dezvoltat într-un ritm foarte lent. În ultimele decenii au apărut tehnologii care reduc foarte mult costurile operațiilor auxiliare. De asemenea, metodologia de calcul a fost îmbunătățită simțitor [4] și [5].

Acumularea Vădeni îndeplinește condițiile care recomandă această formă de transport, însă o problemă importantă o reprezintă costurile foarte ridicate ale utilajelor de dragaj și pompare.

6. CONCLUZII ȘI PROPUNERI

Dacă se face o comparație a soluțiilor de decolmatare din punct de vedere al costurilor se constată următoarele:

- **spălarea hidraulică este cea mai ieftină**, deoarece ea presupune doar o reducere a producției de energie electrică pe timpul apariției debitelor mari de apă, când exploatarea lacului se face cu niveluri scăzute (centrala nu

funcționează). Estimativ aceste pierderi de energie electrică ar fi de circa 150-200 mii euro pe an.

- **transportul aluviunilor cu mijloace auto este cel mai scump** deoarece el presupune pe lângă costurile de transport auto și contravaloarea energiei electrice pe care ar produce-o centrala Vădeni pe o perioadă de cca 1 an. Aplicarea acestei metode ar implica costuri estimative de de cca 6-8 milioane de euro, ceea ce este neavantajos.
- în cazul utilizării **metodei de decolmatare prin hidrotransport** (utilizarea unei dragi absorbante) combinată cu transportul auto ar duce la costuri estimative în valoare de cca 3-4 milioane euro.

Recomandări:

În cazul acumulării Vădeni, **metoda de decolmatare optimă din punct de vedere tehnic și economic este cea prin hidrotransport combinată cu transportul auto**. Această metodă satisface cel mai bine condițiile specifice acumulării Vădeni.

Metoda de spălare hidraulică, care este cea mai ieftină și cel mai ușor aplicabilă practic, nu poate realiza decat o decolmatare de cca 40-50 mii mc (un volum insuficient pentru realizarea siguranței în exploatare a acumularii). Această cantitate de aluviuni spălate din acumularia Vădeni se vor putea depune în coada lacului Tg-Jiu creând în viitor pericolul de inundare a orașului Tg-Jiu.

Celelalte metode de decolmatare descrise în articol nu pot fi aplicate în cazul acumulării Vădeni ele fiind dezavantajoase din punct de vedere tehnic și economic.

Până la adoptarea unei variante și găsirea fondurilor necesare pentru decolmatare, se recomandă respectarea cu strictețe a ”**Regulamentului de exploatare conjugată a lacurilor de acumulare Vădeni și Tg-Jiu**” De asemenea, se recomandă efectuarea de măsurători topobatimetrice periodice (anual sau în mod obligatoriu la 2 ani) care să arate starea evolutivă lacului de acumulare.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Tilea G.C. Diploma Work Engineer Thesis: "Unsaturated Flow in open channels", Advisor: Prof. Nistreanu Valeriu from "Politehnica" Bucharest University and Prof. Willibald Loiskandl, "Boku", Wien University. June 1997.
- [2] Unsteady Flow in Open Channels, Vol. I-III. Edited by Mahmood, K. and Yevjevich, V. Water Resources Publications, P. O. Box 303, Fort Collins, Colorado 80522, USA.1975.
- [3] Cunge, J. A., Holly, F. M. Jr. and Verwey, A.: Practical Aspects of Computational River Hydraulics, Pitman Advanced Publishing Programme, 1980.
- [4] Baha E. Abulanga: Slurry Systems Handbook, McGraw-Hill Handbooks, Vol. 47, New York, April 2002.
- [5] Heywood N., Slurry Handling and Pipeline Transport – Hydrotransport, BHR Group Ltd, June 2002, ISBN: 978-1855980389