

# Projekt instrumentarija za tehničku videoendoskopiju

Ivica Zovko

## Ključne riječi

tehničkae  
videoendoskopije,  
instrumentarij,  
istraživački projekt,  
krš,  
hidrogeološke  
karakteristike

## Key words

technical videoendoscopy,  
instrumentation,  
research project,  
karst,  
hydrogeological  
properties

## Mots clés

vidéoendoscopie technique,  
instrumentation,  
projet de recherches,  
karst,  
propriétés  
hydrogéologiques

## Ключевые слова

## Schlüsselworte

technische  
Videoendoskopie,  
Instrumentar,  
Untersuchungsprojekt,  
Kras,  
hydrogeologische  
Kennzeichen

I. Zovko

Stručni rad

## Projekt instrumentarija za tehničku videoendoskopiju

Opisan je istraživački program koji se ostvaruje u okviru Projekta instrumentarija za tehničku videoendoskopiju. Upozorava se na prikladnost i učinkovitost prikazanog instrumentarija za istraživanje hidrogeoloških karakteristika u kršu koja su potrebna radi ocjene stanja hidroenergetskih postrojenja. Od brojnih primjera izdvojena su dva i detaljnije opisana: jedan na motrenju zračnog raspora između rotora i statora u generatoru strojarnice HE Rama i druge na motrenju HE Mostar.

I. Zovko

Professional paper

## Instrumentation project for technical videoendoscopy

The research program realized in the scope of the Instrumentation project for technical videoendoscopy is described. An emphasis is placed on the adequacy and efficiency of these instruments in the study of hydrogeological properties in karst, where they are needed to estimate condition of hydropower plants. Out of numerous examples, two are selected and described in more detail: one for monitoring the air space between the stator and rotor of the generator in the machine hall of the Rama Hydropower Plant, and the other for monitoring activities at the Mostar Hydropower Plant.

I. Zovko

Ouvrage professionnel

## Projet d'instrumentation pour la vidéoendoscopie technique

Le programme de recherches réalisé dans le cadre du projet d'instrumentation pour la vidéoendoscopie technique est décrit. L'accent est mis sur la pertinence et l'efficacité de cette instrumentation pour les études des propriétés hydrogéologiques dans le karst, où cette instrumentation est utilisée pour analyser l'état des usines hydrauliques. Parmi un grand nombre d'exemples, deux sont sélectionnés et décrits en détail: l'un pour étudier l'espace entre stator et rotor de l'alternateur dans la salle des machines de l'Usine hydraulique de Rama, et l'autre pour étudier les activités à la Centrale hydraulique de Mostar.

Отраслевая работа

I. Zovko

Fachbericht

## Entwurf des Instrumentars für technische Videoendoskopie

Beschrieben ist ein Untersuchungsprogramm das im Rahmen des Projekts des Instrumentars für technische Videoendoskopie realisiert wird. Es wird auf die Angemessenheit und Leistungsfähigkeit des dargestellten Instrumentars für die Untersuchung der hydrogeologischen Kennzeichen im Kras hingewiesen, die für die Beurteilung des Zustands der Hydroenergieanlagen notwendig sind. Von vielen Beispielen entnahm man und beschrieb detailliert zwei: eines davon ist die Beobachtung der Luftspalte zwischen Rotor und Stator im Generator des Maschinenhauses des WKw Rama und das zweite die Beobachtung des WKw Mostar.

Autor: **Ivica Zovko**, građ. teh., J. P. Elektroprivreda, Mostar, BiH

## 1 Uvod

Za potrebe projektiranja, izgradnje te u gospodarenju velikim hidrotehničkim i geotehničkim građevinama s nadzemnim i podzemnim umjetnim jezerima na sljevu rijeke Neretve, a poglavito u servisiranju njihove sigurnosne problematike, koncem minulog stoljeća obavljena su mnoga složena istraživanja i motrenja na samim građevinama i u njihovu okolišu. Ove su aktivnosti intenzivirane tijekom realizacije projekta "Srednja Neretva", uključivanjem tada najsuvremenijih metoda i instrumentarija u poslove istraživanja na podlogama i građevinama hidroenergetske infrastrukture. Ubrzo se pokazala potreba za instrumentarijem, prilagođenim za uporabu na području krša. Stoga, na temelju iskustva stečenog u primjeni i servisiranju postojećeg instrumentarija, sredinom 80-tih počinju aktivnosti na inoviranju postojećeg, ali i osmišljavanju novog, u prvom redu hidrogeološkog instrumentarija prilagođenog uporabi na našem kršu.

Uvođenje suvremenih metoda i instrumentarija u gospodarenju i zaštiti vode na ovome području, poticano je i realizacijom mnogih znanstvenoistraživačkih projekata, poglavito onih međunarodnog značaja (*Vodno bogatstvo i hidrologija krša* i *Vodoprivredna problematika krša*).

Nažalost, u minulom je ratnom kaosu ovaj životni prostor poprilično opustošen, između ostalog zapuštene su, oštećene ili razorene mnoge građevine hidroenergetske infrastrukture, a uništena je i prijeratna iznimno kvalitetna istraživačka infrastruktura. U oskudici, bez odgovarajućeg instrumentarija i s mnogo improvizacije, još u tijeku rata počela su istraživanja novonastalog stanja na podvodnim, podzemnim ili nadzemnim dijelovima hidroenergetskih postrojenja. Uočavajući potrebu za upotrebom specijalnih alata u takvim istraživanjima, osobito kod vizualnih pregleda u zatvorenim i općenito teško dostupnim mjestima, koncem rata rađa se ideja o projektu instrumentarija za tehničku videoendoskopiju. Sredinom 90-tih, nakon uočavanja realnih potreba i analize izvedivosti projekta, s obzirom na ograničene lokalne resurse, samoinicijativno se upuštam u aktivnosti na realizaciji projekta instrumentarija za tehničku videoendoskopiju kao i njegovoj primjeni za poslove vizualnih pregleda na objektima lokalne hidroenergetske infrastrukture.

Ovaj je članak napisan radi upoznavanja stručne javnosti s dosadašnjim iskustvom u primjeni ove suvremene metode za vizualne preglede, u prvome redu u poslovima servisiranja sigurnosne problematike građevina i postrojena hidroenergetske infrastrukture.

## 2 Projekt „Srednja Neretva“

Naziv tehnička videoendoskopija uzet je kao općenit pojam za tehniku izvođenja vizualnih pregleda unutar građevina i konstrukcija, uz uporabu specijalnog optič-

ko-elektroničkog instrumentarija. Iako u nastajanju reaktivan, ovaj projekt s vremenom postaje proaktivan. Naime, svaki je novi eksperiment obavljen uz inovacije na instrumentariju i tehnologiji za njegovu uporabu, ali i u interpretaciji rezultata vizualnih pregleda, obavljenih na nevidljivim mjestima s mikrodimenzijama i mezodimenzijama u prostoru i vremenu. U dizajniranju instrumentarija, osim uzimanja u obzir za kvalitetnim registriranjem kadrova i preciznim određivanjem položaja videokamere u prostoru i detalja u njezinu vidokrugu, posebna je pozornost posvećena pronalaženju najpovoljnijih rješenja za njegovu uporabu i u najsloženijim terenskim uvjetima. Ovaj je kriterij i najkompleksniji pa se stoga, zbog realne mogućnosti za gubitkom instrumentarija, najčešće izbjegavaju instrumentalna mjerenja u bušotinama. Međutim, stalni i gotovo eksplozivni razvoj digitalnih tehnologija uz minijaturizaciju hardverskih alata danas pružaju neslućene mogućnosti u kreiranju učinkovitog te u primjeni jednostavnog instrumentarija. Suvremena tehnologija tako omogućava realizaciju sve kvalitetnijeg i u primjeni malo zahtjevnog instrumentarija, pa obavljanje terenskih istraživanja, uz primjenu sofisticiranog instrumentarija, općenito postaje rutinskim poslom. To potiče na iskorake i u širenju područja primjene i povećanju učinkovitosti projekta. U ovoj eksperimentalno-istraživačkoj fazi njegove realizacije osmišljeno je i realizirano na desetine modela videoendoskopskog i bušotinskog instrumentarija s minijaturnim videoendoskopskim sondama i minijaturnim kamerama, crno-bijelim ili u boji, različite razlučivosti i osjetljivosti s nekoliko modela upravljačkih i kontrolnih uređaja prilagođenih konkretnim ciljevima i uvjetima istraživanja. Ove aktivnosti, koje iziskuju poprilično tehničkog znanja, vještina i mnogo upornosti u eksperimentiranju te goleme materijalne resurse, barem za pojedinca, za sada su uglavnom usmjerene na servisiranje problematike tehničke kontrole opće sigurnosti hidrotehničkih i geotehničkih građevina, kojima gospodari J. P. *Elektroprivreda*.



Slika 1. Dio realiziranog instrumentarija za tehničku videoendoskopiju



Slika 2. Obavljanje TV snimanja u jednoj istražnoj geološkoj bušotini

Na slici 1. prikazan je dio realiziranog instrumentarija s uređajima za upravljanje vitlom, kontrolu i registriranje videoinformacija i vodotijesnim sondama promjera od 28 do 72 mm s ugrađenim videokamerama, crno-bijelim (CCIR) ili u boji (PAL), razlučivosti od 380 do 600 TV redaka. Na slici 2. prikazan je instrumentarij za TV karotažu (snimanje u bušotini) istražnih geoloških bušotina u vapnenačkim stijenama na visokom dinarskom kršu.

### 3 Rezultati iz dosadašnje primjene projekta

U ovoj eksperimentalnoj fazi realizacije projekta obavljeno je na stotine pokusnih motrenja stanja i pojava u građevinama i podlogama hidroenergetske, prometne, vodoprivredne i gospodarske infrastrukture, kao i na nekoliko građevina kulturne baštine. Za svaki od obavljenih pokusa može se kazati da su, prvi put, izravno vizualizirane pojave i procesi u nevidljivom podzemlju i/ili pod vodom, koji su posljedicom interakcije umjetnih građevina i prirodne podloge. Iako se pri projektiranju, izgradnji i eksploataciji hidrotehničkih, geotehničkih građevina i umjetnih jezera provode mnoga kompleksna istraživanja i na podlogama i na građevinama, neugodne pa i opasne akcidente ili čak havarije nemoguće je sasvim isključiti. Sadašnje kaotično stanje u ovom području, kao posljedica ratnih razaranja, procesa tranzicije, oskudice u kadrovima izobraženim za dijagnostičke poslove i poglavito nedostatne državne regulative i legislative, doista vapi za takvim projektima. Stoga se upućivanje na potrebu za brzim i učinkovitim pregledima ovih složenih građevina i njihova okoliša, barem po rezultatima iz dosadašnjih videoendoskopskih pretraga obavljenih na različitim građevinama i s različitim ciljevima, temelji na činjenici:

*Primjena metoda videoendoskopije omogućuje pravodobno otkrivanje te nadziranje opasnih stanja i procesa, uobičajeno nevidljivih za druge načine istraživanja i što je, na koncu, i osnovni uvjet za njihovo kvalitetno saniranje.*

Ovdje su izdvojena dva primjera s kratkim opisom rezultata videoendoskopskih inspekcija obavljenih na građevinama hidroenergetske infrastrukture kojima gospodari J. P. Elektroprivreda.

#### Primjer 1.

Motrenje zračnog rasporeda između rotora i statora u jednom od generatora u strojarnici HE Rama obavljeno je minijaturnom videoendoskopskom sondom promjera 32 mm. Bez ikakvih drugih intervencija na sklopu generatora, osim isključenja s mreže, u ovom je eksperimentu provjeren položaj izolatorskih pločica ispod potpornih klinova među polovima rotora. Rezultati ovog eksperimenta obrađeni su na računaru i priređeni kao videouradak na DVD mediju.

U ovom je slučaju uklonjena sumnja u nepravilan položaj svih 128 izolacijskih pločica (slika 3.) između polova rotora, čime je otklonjena potreba za vađenjem rotora iz generatora, barem iz ovog razloga. Usput su registrirana i manja oštećenja u strukturi materijala vidljiva na površini statora (slika 4.), vjerojatno nastala zbog lokalnog pregrijavanja, kao i onečišćenje površine statora uz donje izvode mješavinom grafitne prašine i ulja (slika 5.).



Slika 3. Pogled na jedan od klinova s izolatorskim pločicama među polovima rotorskih paketa



Slika 4. Lokalno oštećenje strukture materijala pločicama među polovima rotor-skih paketa i statorskoga paketa nastalo pregrijavanjem



Slika 5. Naslage ulja i grafitne prašine na površini statora uz donje izvode



Primjer 2.

Radi obnove sustava za kontrolu opće sigurnosti hidroenergetske Građevine HE Mostar, od početka 2002. godine obavljaju se eksperimentalna videoendoskopska motrenja u starim i novim piezometarskim i hidrogeološkim istražnim bušotinama u lijevom boku brane i priobalju. U ovim je eksperimentima priskrbljena go-

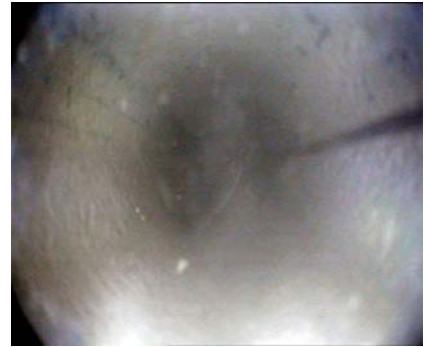
lema količina digitalnih videoinformacija (nekoliko TB), prvi put vizualno uočenih u piezometrima. Njihovom kreativnom i sofisticiranom obradom na računaru, dobiveni su tehnički podatci iznimne preciznosti, na temelju kojih je dopunjena hidrogeološka, geološka pa i geotehnička interpretacija istraživanog prostora. Ovo je pridonijelo značajnom revidiranju rezultata prijašnjih istraživanja u ovom području. Kadrovi na slikama 6. do 11.



Slika 6.



Slika 7.



Slika 8.



Slika 9.



Slika 10.



Slika 11.

Slika 6. Pogled iz bušotine na nizvodni kontakt

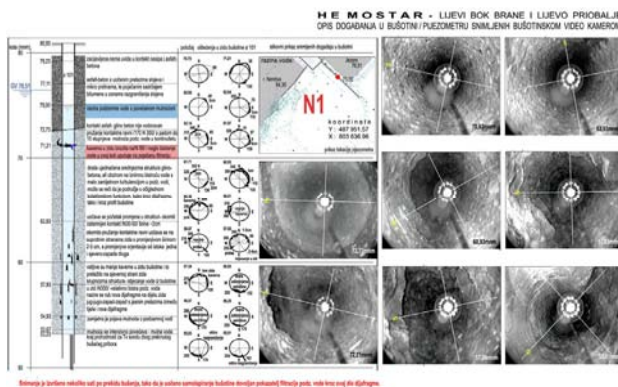
Slika 7. Dotok vode iz kvartara u piezometar zida dijafragme i sloja ugljena nekoliko metara iznad razine podvodne vode

Slika 8. Detekcija sufozije u piezometru nekoliko metara ispod razine vode

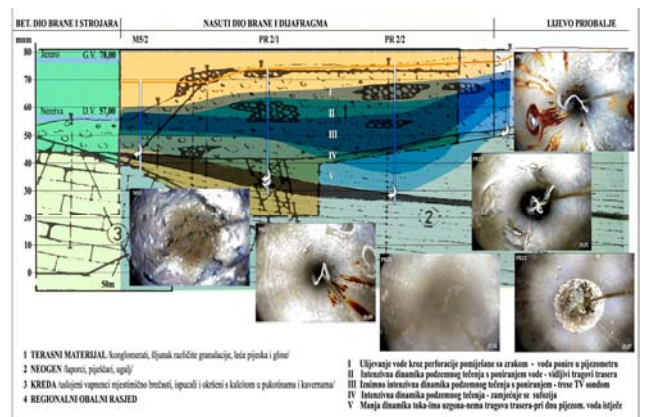
Slika 9. Turbulentno tečenje u piezometru nekoliko metara ispod razine vode

Slika 10. Detekcija istjecanja vode iz piezometra

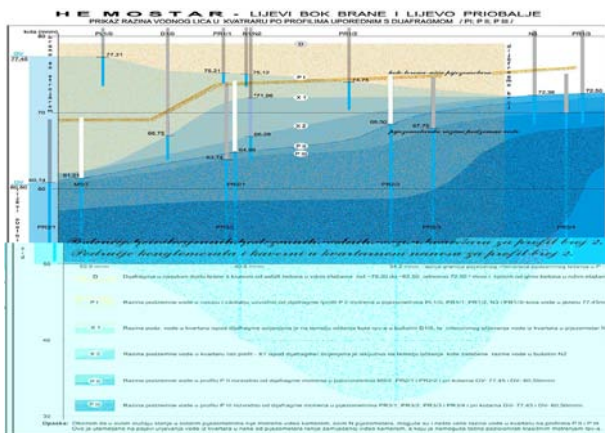
Slika 11. Pješčani talog na dnu piezometra



Slika 12. Hidrogeološka interpretacija bušotine u dijafragmi nasutog dijela brane na temelju računalno obradenih informacija priskrbljenih bušotinskom videokamerom



Slika 13. Hidrogeološka interpretacija jednog inženjersko-geološkog profila na temelju računalno obradenih informacija snimljenih u bušotinama i piezometrima bušotinskom videokamerom



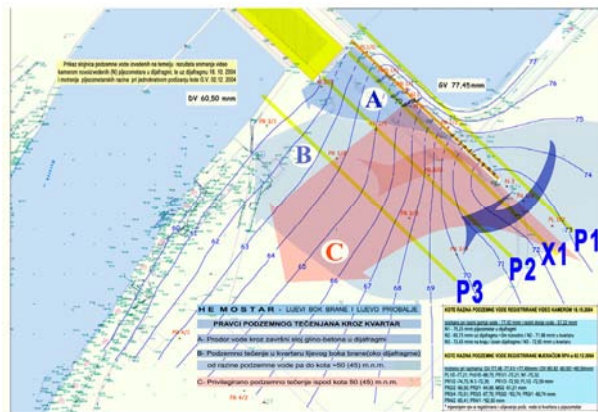
Slika 14. Prikaz razina i dinamike podzemne vode u kvartarnim i neogenim sedimentima u boku brane na temelju vizualnih informacija dobivenih bušotinskom videokamerom

snimljeni su u bušotinama i piezometrima te iskorišteni za izradu priloga prikazanih na slikama 12. do 15. Primjenom metode tehničke videoendoskopije obavljeno je kvalitativno istraživanje hidrodinamike podzemnog tečenja u piezometarskim bušotinama, koje su rađene kroz kvartarne i neogene sedimente, poprilično destruirane gibanjem podzemne vode.

Rezultati dosadašnje primjene metode videoendoskopije bušotina na ovoj građevini prezentirani su u nekoliko elaborata, stručnih radova, a na nekoliko desetina CD-a, odnosno DVD-a priređeni su videouradci obavljenih pretraga.

## LITERATURA

- [1] Zavod za hidrotehniku GF u Sarajevu, *Poslovna zajednica za izučavanje vodoprivredne problematike krša*, 1976.: "Hidrologija i vodno bogatstvo krša", Zbornik jugoslavensko-američkog simpozija, Dubrovnik, 1975.
- [2] *Rezultati i iskustva istraživačkog projekta: "Vodno bogatstvo i hidrologija krša"*, Publikacija, Sarajevo, 1978.
- [3] Ivanković, T.; Jelin, J.; Zovko, I.: *Metode i rezultati ispitivanja vodopropusnosti područja pregradnog profila i zaobalja hidroelektrane Mostar*. Simpozij "Srednja Neretva '81", Mostar, 1981.
- [4] Ivanković, T.; Jelin, J.; Zovko, I.; Antunović, I.: *Hidrološki aspekti problema definiranja uticaja akumulacije HE Mostar na druge potencijalne korisnike resursa područja Bijelo Polje*. Simpozij "Srednja Neretva '81", Mostar, 1981.
- [5] Jelin, J.; Zovko, I.; Žibret, Ž.: *Način prikazivanja hidrološkog stanja područja srednje Neretve kao podloga za praćenje uticaja budućih akumulacija na promjene režima podzemnog tečenja*. Simpozij "Srednja Neretva '81", Mostar, 1981.
- [6] Ivanković, T.; Selimović, M.: *Suvremeni pristup iznalaženju nekih parametara stijenske mase ispitivanjem u bušotinama malog promjera*. Saopštenja sa XII kongresa JDVB, Budva; 1982.



Slika 15. Interpretacija podzemnog tečenja u lijevom boku brane na temelju računalno obrađenih informacija snimljenih u bušotinama i piezometrima bušotinskom videokamerom

## 4 Zaključak

Dosadašnji rezultati primjene ovog projekta nedvojbeno pokazuju važnost video-endoskopskih pregleda u malo poznatim i teško dostupnim mjestima, u prvom redu u podzemlju i pod vodom, ali i u nadzemnim postrojenjima. Pridruživanjem metode tehničke videoendoskopije ostalim tehničkim metodama za preglede i motrenja racionalizira se istraživanje te postiže kvalitetnija interpretacija ukupnih rezultata istraživanja. Stoga se čini razložnom inicijativa za pridruživanjem metoda tehničke videoendoskopije ostalim konvencionalnim, normiranim metodama istraživanja u projektiranju, izgradnji, održavanju i posebice u kontroli opće tehničke sigurnosti inženjerskih građevina.

- [7] Znanstvena konferencija: "Voda i krš", Zbornik radova, Mostar, 1985.
- [8] Tasić, S.: *Geološki uslovi područja izgradnje postrojenja HE Mostar*. Saopštenja sa XIII kongresa JDVB, Mostar, 1986.
- [9] Selimović, M.; Dasović, D.: *Neki aspekti održavanja, zaštite i interpretacije rezultata osmatranja na primjeru hidroelektrane Rama*. Stručna konsultacija, "Unapređenje osmatranja i održavanja građevinskih objekata HE i PAHE". Zbornik radova, Opatija, 1990.
- [10] Zovko, I.: *TV prospekcija piezometarskih bušotina u lijevom boku brane HE Mostar*. "Zbornik 2", Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Mostaru, Mostar, 2002.
- [11] Zovko, I.: *TV karotaž istražnih bušotina u čvorištu vodostana HE Rama*. "Rudarsko-geološki glasnik 5-6", Mostar, 2002.
- [12] Bilopavlović, V.; Zovko, I.: *Istraživanje arhitektonsko-građevinskog kamena uporabom specijalne bušotinske kamere*. "Evropska konferencija o prirodnim građevinskim materijalima i uglju: Nove perspektive". Knjiga sažetaka, Sarajevo, 2004.