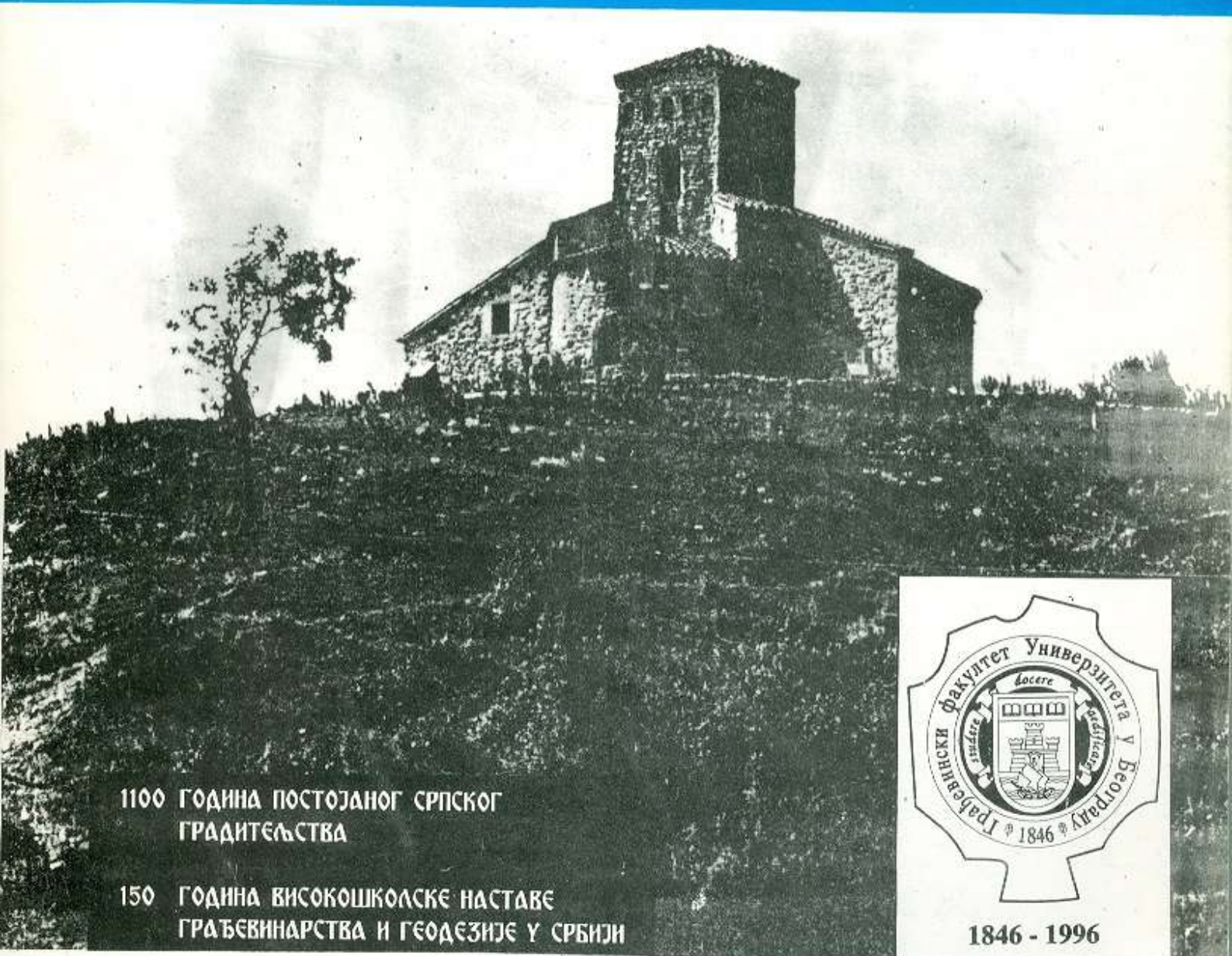


YU ISSN 0350-0519

UDK 626

BROJ 163 - 164
GODINA 28
SEPTEMBAR -
- DECEMBAR
1996 / 5 - 6

vodoprivreda



1100 GODINA POSTOJANOG SRPSKOG
GRADITELSTVA

150 GODINA VISOKOŠKOLSKE NASTAVE
GRAĐEVINARSTVA I GEODEZIJE U SRBIJI



1846 - 1996

0350-0519, 28, (1996) 163 - 164, p. 257 - 390

JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ODVODNJAVANJE I NAVODNJAVANJE

SADRŽAJ

RAD JUBILARNOG KARAKTERA
Dr Branislav ĐORĐEVIĆ i Tina MILANOVIĆ: Uz jubileje srpskog graditeljstva 259

NAUČNI PREGLEDNI RADOVI

Dr Branislav ĐORĐEVIĆ: Razvoj vodoprivrede u Srbiji i uticaj na razvoj društva 265
Dr Milan STOJŠIĆ i saradnici: Stanje i projekcija razvoja navodnjavanja u Srbiji 281
Dr Stevan PROHASKA: Hidrološke karakteristike vodnih tokova od značaja za njihovo uređenje i zaštitu od poplava. IV deo. – Velike vode na hidrološki neužucenim slivovima 293

ORIGINALNI NAUČNI RAD

Dr Mirko POPOVIĆ i Dragica VULIĆ: Analiza koncentrisanih izvora zagađenja voda u Republici Srbiji 301
Dr Gligorije PEROVIĆ: Teorija podudarnosti u određivanju deformacija i pomeranja tačaka brana geodetskim metodama 321
Dušan ŽIVKOVIĆ: Vododrživost dijafragme 327
Omilj MARKOVIĆ i saradnici: Upravljanje bezbednošću visokih brana 335
Dr Božidar BATINIĆ i Tina MILANOVIĆ: Hidraulička analiza šahtnih preliva 347

PREGLEDNI RADOVI

Mr Slobodan FURUNDŽIĆ: Uporedni prikaz pet šahtnih preliva 353
Dr Miodrag BOŽINOVIĆ: O karakteristikama velikih voda i talasa od vetra koje su od značaja za zaštitu od poplava i uređenje reka 357
Predrag SRNA: Katastar sistema i objekata za zaštitu od poplava u okviru vodoprivrednog informacionog sistema Srbije 377

STRUČNI RADOVI

Dušan VUČIĆEVIĆ: Zakonsko regulisanje problematike erozije i bujica 385
Zaključci sa simpozijuma: „Zaštita voda '96“ 390

CONTENTS

ANNIVERSARY CHARACTER PAPER

Branislav ĐORĐEVIĆ and Tina MILANOVIĆ: ANNIVERSARY OF CIVIL ENGINEERING IN SERBIA 259

SCIENTIFIC REVIEWS

Branislav ĐORĐEVIĆ: WATER RESOURCES DEVELOPEMENT IN SERBIA 265
Milan STOJŠIĆ and al: 281
Stevan PROHASKA: HYDROLOGICAL CHARACTERISTIK OF WATER COURSES IMPORTANT FOR THEIR REGULATION AND FLOOD CONTROL. PART IV - FLOOD FLOWS ON HYDROLOGICAL UNSTUDIED CATCHMENTS 293

SCIENTIFIC TEMATIC REVIEWS

Mirko POPOVIĆ and Dragica VULIĆ: ANALYSIS OF CONCENTRATED SOURCES OF WATER POLLUTION IN THE REPUBLIC OF SERBIA 301
Gligorije PEROVIĆ: CONGRUENCE THEORY FOR DETERMINING DEFORMATION AND DISPLACEMENTS OF POINTS OF DAMS BY MEANS OF GEODETICAL METHODS 321
Dušan ŽIVKOVIĆ: BARRAGE WATERTIGHTNES 327
Omilj MARKOVIĆ and al: MANAGEMENT OF DAM SAFETY IN SERBIA 335
Božidar BATINIĆ and Tina MILANOVIĆ: HYDRAULIC ANALYSES OF SHAFT SPILLWAY 347

REVIEWS

Slobodan FURUNDŽIĆ: COMPORATIVE REVIEW OF FIVE SHAFT SPILLWAYS 353
Miodrag BOŽINOVIĆ: CHARACTERISTICS OF FLOOD WAVES AND WIND INDUCED WATER WAVES SIGNIFICANT FOR FLOOD CONTROL AND RIVER REGULATION 357
Predrag SRNA: CADASTRE OF FLOOD PROTECTION STRUCTURES AND SYSTEMS WITHIN THE WATER RESOURCES INFORMATION SYSTEM OF SERBIA 377

PROFESSIONAL PAPERS

Dušan VUČIĆEVIĆ: LEGISLATION OF EROSION AND TORRENT CONTROL ACTIVITIES 385
CONCLUSION OF SYMPOSIUM „WATER PROTECTION '96“ 390

VODOPRIVREDA

GOD. 28

Godina 1996.

BR. 163 - 164

(1996/5-6)

UDK 626

YU ISSN 0350 - 0519

IZDAVAČ:

JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA
ODVODNJAVANJE I NAVODNJAVANJE
Beograd, Kneza Miloša 9

Ovaj broj je finansijski podržan od strane Ministarstva za nauku i tehnologiju Srbije i Saveznog ministarstva za razvoj, nauku i životnu sredinu

REDAKCIJSKI KOLEGIJUM

(sa oblastima koje se pokrivaju):

Đorđević dr Branislav – Vodoprivredni sistemi i Hidroenergetika; predsednik Redakcionog kolegijuma
Avakumović dr Dimitrije – Hidromelioracioni sistemi
Batinić dr Božidar – Hidraulika
Bogdanović dr Slavko – Vodno pravo
Bruk dr Stevan – Opšta hidrotehnika
Ignjatović dr Lazar – Komunalna hidrotehnika
Jovanović dr Miodrag – Regulacija reka
Josipović dr Jovan – Hidrogeologija
Likić Budislav – Hidrotehnički objekti
Muškatirović dr Dragutin – Plovidbena infrastruktura
Petrović dr Petar – Brane i građevine
Petković dr Slobodan – Erozijska
Plamenac dr Nikola – Odvodnjavanje
Popović dr Mirko – Kvalitet vode
Potkonjak dr Svetlana – Ekonomika vodoprivrede
Radić dr Zoran – Hidrologija
Radinović dr Đura – Meteorologija
Rudić dr Dragan – Održavanje melioracionih sistema
Stojšić dr Milan – Navodnjavanje
Tutundžić dr Vera – Ribarstvo
Živaljević dr Ratomir – Hidrometeorološki informacioni sistemi

IZDAVAČKI SAVET

Bajić mr Vladimir
Božinović dr Miodrag
Bošnjak dr Đuro
Varga Arpad
Dragović Dušan
Dutina Nikola
Đukić Miljan
Ilić Živka
Kovačević dr Dejan
Milenković dr Slobodan
Milojević dr Miloje
Pantelić Petar
Stamenković mr Ljubiša

Slika na naslovnoj strani korica:
Petrova crkva kod Novog Pazara
(uz članak jubilarnog karaktera)

UPRAVLJANJE BEZBEDNOŠĆU VISOKIH BRANA U SRBIJI

Omilj MARKOVIĆ¹, Života NIKOLIĆ¹, Branislav ĐORĐEVIĆ², Dragana NINKOVIĆ¹, Tina MILANOVIĆ²

¹Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd

²Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu

REZIME

Osnovni preduslov za implementaciju ocene bezbednosti visokih brana (**OBVB**) na teritoriji neke države je precizno definisanje neprekidnog procesa praćenja njihovog ponašanja, uvođenje informatike u ovaj proces i mobilisanje svih učesnika u njemu. Pojam "proces" podrazumeva sve aktivnosti, počev od izrade projekta osmatranja, preko njegove realizacije, obrade podataka, prezentacije rezultata, njihove analize i interpretacije, do ocene stanja osmatranja brana i njihove bezbednosti. Pojam "informatika" obuhvata Baze Podataka (**BP**), Baze Znanja (**BZ**) i Generatore Zaključaka (**GZ**), koje treba oformiti za svaku visoku branu, pri čemu ih treba međusobno povezati za celu teritoriju Države. Pojam "učesnik" obuhvata: (1) Korisnike brana i njihove asocijacije; (2) Specijalizovane organizacije za osmatranje, obradu i prezentaciju rezultata osmatranja, njihovu analizu i interpretaciju, kao i ocenu stanja osmatranja i bezbednosti visokih brana; (3) Izvršne organe Države, nadležne za bezbednost brana i (4) Kompetentne institucije za stručnu kontrolu rezultata osmatranja, koju vrše za račun Države.

U radu je prikazan specifičan i originalan način prevazilaženja određenih teškoća, koje se odnose na konkretne uslove vezane za stanje u oblasti bezbednosti brana, koji ovu materiju svrstavaju u tzv. "fuzzy" problematiku, za čije rešavanje nije pronađen adekvatan uzor ni u domaćoj, ni u međunarodnoj literaturi. U tom kontekstu je uveden uslovan naziv "Operatori Ekspertnog Sistema" (**OES**), koji obuhvata: (1) Rizike rušenja brana, odnosno ugrožavanja bezbednosti nizvodnih područja; (2) Podelu ugroženosti na posrednu i neposrednu i njihove međusobne veze; (3) Parametre, indekse i

stepene posredne ugroženosti; (4) Intenzitete, indekse, stepene i pouzdanost ocene neposredne ugroženosti.

Vrednovanje posredne ugroženosti i faktora pouzdanosti ocene neposredne ugroženosti je rešeno prostim zbrajanjem realnih indeksa, bez formalnog ulaženje u materiju ekspertnih sistema.

Baza znanja za ocenu neposredne ugroženosti ovog ekspertnog sistema je kreirana korišćenjem tripleta (trija) objekat - atribut - vrednost, pri čemu je kao atribut uzeto "prekoračenje" unapred određenih pragova vrednosti rezultata osmatranja, koji predstavljaju objekte, a vrednosti atributa prekoračenje su definisane kao "sumnja", "upozorenje" i "opasnost", uz dopunski uslov uvažavanja dejstva ekstremnih spoljnih uticaja samo za vrednost "upozorenje".

U narednoj fazi razvoja ovog ekspertnog sistema planira se izrada korisničkih verzija relacionih baza podataka za svaku visoku branu i njihovo ažuriranje od strane korisnika. Nakon povezivanja računara svih učesnika u procesu upravljanja bezbednošću visokih brana, biće omogućeno upravljanje bezbednošću visokih brana u realnom vremenu, što danas nije moguće, već se sa ocenom bezbednosti kasni više od godinu dana.

Ključne reči: visoke brane, bezbednost, osmatranje, ekspertni sistem

1. UVOD

Akumulacije iza visokih brana predstavljaju velike izvore potencijalne energije, čije naglo oslobađanje u slučaju da se brana sruši, predstavlja izvor rušilačke kinetičke

energije koja uništava nizvodno područje u zoni prostiranja poplavnog talasa. Stoga je bezbednost visokih brana značajna komponenta nacionalne bezbednosti i kao takva obavezuje društvenu zajednicu da o njoj vodi računa. U Srbiji je za bezbednost ovih objekata zaduženo Republičko ministarstvo građevina. Praćenje stanja osmatranja i bezbednosti visokih brana regulisano je odgovarajućim zakonskim aktima, čija globalna sadržina pokriva u dovoljnoj meri ovu problematiku, ali nije detaljno razrađena u vidu tehničke regulative koja jasno definiše ovu materiju i omogućuje efikasno i pouzdano sprovođenje postojećih zakonskih odredbi. Nije čak ni postojala jasna definicija pojma bezbednost. Polazeći od materijalnih istina iz prethodnog stava, u Institutu "Jaroslav Černi" je 1993. god. započeta inicijativa da se materija vezana za bezbednost visokih brana sistematizuje i unapredi tako da se ubuduće omogućiti pouzdano ocenjivanje bezbednosti visokih brana u Srbiji. U 1995. god. je Ministarstvo za nauku i tehnologiju Srbije finansiralo izradu inovacionog razvojnog istraživačkog projekta "**Razvoj ekspertnog sistema za ocenu bezbednosti visokih brana**", čiji osnovni postulati se prikazuju u narednom tekstu.

2. KONCEPCIJA EKSPERTNOG SISTEMA

Koncepcija razvoja Studije: "**Ekspertni sistem za ocenu bezbednosti visokih brana**" (ES-OBVB) proističe iz stava njenih autora da ovu materiju treba unapređivati na bazi postojeće prakse, koja je u suštini dobra ali nije dovoljno metodološki definisana i razrađena. Pri tom je ocenjeno da se radikalne promene, odnosno preslikavanje iskustava visoko razvijenih zemalja u ovoj oblasti, kao što je na primer Japan, ne smeju neselektivno primeniti u nas, jer samo mogu da izazovu pometnju i da pogoršaju već jako loše stanje. Argument za ovakav stav je da naši inženjerski potencijali imaju dovoljno visok nivo i da su u stanju da postojeće pasivno znanje u ovoj oblasti pretvore u aktivno. Pored toga, stav obrađivača ove Studije je bio da je postupnost prerastanja postojeće prakse u jedan unapred definisan neprekidan proces praćenja ponašanja visokih brana i ocenjivanja njihove bezbednosti, ekonomski najprijvatljivije rešenje. Iskristalisan je stav da još u prvoj fazi razvoja treba uvesti savremenu metodologiju ocene bezbednosti visokih brana (OBVB), zasnovanu na primeni kompjutera, i da je u narednim fazama primene treba razvijati i unapređivati.

Prvi korak u razvoju ekspertnog sistema za ocenu bezbednosti visokih brana (ES-OBVB) bio je utvrđivanje postojećeg stanja osmatranja i bezbednosti visokih brana, definisanje osnovnih pojmova vezanih za OBVB i definisanje ciljeva.

3. POČETNO STANJE U DOMENU OBVB

Analizom raspoloživih informacija argumentovano je utvrđeno da postojeća praksa osmatranja i održavanja visokih brana ima sledeće osnovne nedostatke:

1. Nije postojala jasna definicija ocene bezbednosti visokih brana.
2. Zakonska regulativa je bila uopštena, bez oslonca na prateću tehničku regulativu i bez kaznenih odredbi za nepridržavanje.
3. Više od 50% visokih brana u Srbiji se nije osmatralo, sa trendom pada ovog procenta od 1991. do 1994. god.
4. Za brane na teritoriji pokrajina nisu postojale nikakve informacije o osmatranju.
5. Praćenje stanja osmatranja i bezbednosti visokih brana je bilo kampanjsko i neujednačeno i nije se zasnivalo na jasno definisanom kontinualnom procesu i standardizovanim metodološkim uputstvima.
6. Nije postojao definitivni registar visokih brana u Srbiji, prema kriterijumima Međunarodnog komiteta za visoke brane; definitivni broj visokih brana u Srbiji će verovatno biti utvrđen u toku 1996. g.
7. Sadržaj i metodologija izrade tehničke dokumentacije potrebne za ocenu bezbednosti brana razlikovali su se od brane do brane a za stare brane tehnička dokumentacija nije ni postojala.
8. Za brane koje su se osmatrale, pratio se samo manji deo rizika rušenja, odnosno ugrožavanja bezbednosti.
9. Stručna i zakonska kontrola rezultata osmatranja i održavanja nije bila blagovremena i kasnila je od jedne do dve godine u odnosu na poslednji ciklus osmatranja.
10. Za manje od 20% brana se moglo pouzdano oceniti da nema indicija o ugrožavanju njihove bezbednosti u pogledu statičke i filtracione stabilnosti tela i delimično temelja brane.

Prvih pet nedostataka se mogu eliminisati isključivo merama prinude, nadležnog organa državne uprave, zasnovanim na zakonom propisanim sankcijama, što nije bio glavni predmet razmatranja Studije.

Ostalih pet nedostataka se mogu eliminisati definisanjem jasnog trajnog procesa praćenja ponašanja brana, zasnovanog na standardizovanim metodološkim uputstvima, što je bio osnovni predmet razmatranja Studije ES-OBVB i ovog rada.

4. PROCES UPRAVLJANJA BEZBEDNOŠĆU VISOKIH BRANA

U sklopu definisanja procesa upravljanja bezbednošću visokih brana treba definisati osnovne kategorije vezane za ovaj proces, kao što su: učesnici u ovom procesu, tehnička dokumentacija neophodna za njegovo sprovođenje, faze njegove primene i zakonska regulativa za njegovo sprovođenje.

4.1. Učesnici u procesu upravljanja bezbednošću visokih brana

Učesnici u ovom procesu su, prema važećoj zakonskoj regulativi, koja je prihvaćena i u Studiji OBVB, pre svega korisnici visokih brana, odnosno regionalne ili na drugi način oformljene asocijacije korisnika, zatim specijalizovane organizacije, kvalifikovane za analizu rezultata osmatranja i njihovo tumačenje, izvršilac stručne kontrole celokupne tehničke dokumentacije o osmatranju brana, i na kraju, nadležni organ državne uprave, kao koordinator ovog procesa i institucija zadužena za realizaciju zakonskih odredbi.

Korisnici brana su dužni da organizuju službu osmatranja i održavanja, da redovno vrše sva osmatranja predviđena projektom, da održavaju opremu za osmatranje, da angažuju kompetentnu specijalizovanu organizaciju za analizu i tumačenje rezultata osmatranja, da ažuriraju baze podataka o svojim objektima i rezultatima njihovog osmatranja i izrade izveštaje posle svakog ciklusa osmatranja, da ocene ponašanje brane, da obaveste nadležni organ uprave o svim ekscenim situacijama, da sprovedu sve propisane bezbednosne i interventne mere, da proveravaju i održavaju sistem za uzbunjivanje nizvodnih područja i da u slučaju neposredne opasnosti od rušenja brane o tome obaveste nizvodno područje.

Specijalizovane organizacije za analizu i tumačenje rezultata osmatranja su dužne da ocene bezbednost brana, da ažuriraju baze podataka o stanju osmatranja i bezbednosti brana i da propišu interventne i bezbednosne mere po svim rizicima i parametrima za koje se utvrdi njihova potreba.

Stručna kontrola rezultata osmatranja, kao poslednja stručna karika u lancu praćenja ponašanja visokih brana je dužna da proveri i oceni svu tehničku dokumentaciju o osmatranju, od projekta osmatranja, preko dosijea brana i drugih neophodnih dokumenta propisanih zakonom, do izveštaja o rezultatima osmatranja, uključujući i ocenu ugroženosti bezbednosti, po svakom riziku rušenja i da o tome obavesti nadležni organ uprave.

Organ državne uprave, zadužen za bezbednost brana je dužan da koordinira i usmerava sve aktivnosti u okviru procesa praćenja ponašanja visokih brana, i da kontroliše sprovođenje propisanih zakonskih mera, kao i

* Periodični izveštaji se rade posle svake serije kontrolnih osmatranja

interventnih i bezbednosnih mera, čiji cilj je održavanje maksimalne bezbednosti visokih brana.

4.2. Tehnička dokumentacija neophodna za OBVB

Tehnička dokumentacija o osmatranju i održavanju visokih brana mora biti metodološki standardizovana da bi se svaka brana mogla jednoznačno predstavljati, osmatrati i održavati u stanju maksimalne bezbednosti. Ova dokumentacija obuhvata: Projekat osmatranja, Kriterijume za ocenu ponašanja u pogonu, Uputstva za ocenu kritičnih stanja i preduzimanje odgovarajućih interventnih i bezbednosnih mera, Dosije brane, Periodične izveštaje o rezultatima osmatranja, Analizu i tumačenje rezultata osmatranja, Kriterijume za ocenu bezbednosti visokih brana. U okviru Studije OBVB izrađena su metodološka uputstva za izradu svakog od navedenih dokumenata [9]. Ističe se da je za sve brane argumentovano utvrđeno nepostojanje najvećeg broja navedenih dokumenata. Za brane koje su relativno redovno osmatrane postoje samo projekti osmatranja, dosije i izveštaji o osmatranju.

4.3. Aktivnosti vezane za proces upravljanja bezbednošću visokih brana

Na osnovu prethodnog izlaganja, postojeće prakse i svetskih iskustava, aktivnosti u okviru procesa upravljanja bezbednošću visokih brana su definisane po sledećem hronološkom redosledu:

1. *Izrada tehničke dokumentacije za osmatranje visokih brana, prema sadržaju iz t. 4.2.;*
2. *Ugrađivanje uređaja za instrumentalno osmatranje visokih brana;*
3. *Realizacija osmatranja prema Projektu osmatranja;*
4. *Obrada i prezentacija rezultata osmatranja (Izveštaj o osmatranju);*
5. *Analiza i tumačenje rezultata osmatranja;*
6. *Ocena bezbednosti visokih brana;*
7. *Tehnička kontrola rezultata osmatranja, i*
8. *Inspekcijski pregledi visokih brana, čija vanredna potreba se utvrđuje tehničkom kontrolom, odnosno čija redovnost se propisuje zakonskim ili podzakonskim aktom.*

4.4. Faze primene procesa OBVB

Proces OBVB se mora primenjivati u svim fazama života visoke brane, po sledećem:

1. *Faza projektovanja visoke brane;*
2. *Faza izgradnje visoke brane;*
3. *Faza prvog punjenja akumulacije, i*
4. *Faza eksploatacije.*

4.5. Zakonska regulativa

U cilju primene procesa **OBVB** potrebno je da Država donese odgovarajući konzistentan zakonski akt, koji mora da obuhvati sledeće stavke:

1. Jasna definicija svrhe procesa **OBVB** i njegove procedure, koja obuhvata sve prethodno navedene faze i aktivnosti
2. Jasna definicija svih učesnika koji učestvuju u ovom procesu, njihove nadležnosti, međusobne odnose i detaljne obaveze svakog od njih;
3. Tehničku regulativu za podršku procesu u kojoj će biti propisani sadržaj i metodologija izrade svakog dokumenta neophodnog za nesmetano odvijanje procesa, i
4. Jasne i stroge kaznene odredbe za kršenje zakonske regulative.

5. OSNOVNI PROBLEMI I DEFINICIJE OBVB

Problem ocene bezbednosti visokih brana je složena multidisciplinarna kategorija, koja u sebi sadrži sve potencijalne rizike rušenja brana i hazarde ugrožavanja nizvodnih područja. Pri tom se pod pojmom **rizik** podrazumeva mogućnost ili verovatnoća pojave nepovoljnih posledica, koje se po pravilu mogu izbeći, odnosno sprečiti, a pojam **hazard** podrazumeva nastanak nepovoljnih posledica nesprečenog rizika. Svaki rizik se mora rastaviti na pojave, procese i okolnosti koje uslovljavaju njegov nastanak, posebno za rizike čije postojanje se može pratiti instrumentalnim, odnosno vizuelnim osmatranjem ili kombinovanjem ova dva vida i posebno za rizike čije postojanje se prati na neki drugi način. U tom cilju je potrebno izvršiti obimno pretraživanje velikog broja elementarnih informacija, koje se nalaze u sklopu rezultata osmatranja brana i iz njih izlučiti sve nepovoljne činjenice koje ukazuju na mogućnost rušenja brane, odnosno ugrožavanje nizvodnih područja. Ukoliko se ne zaustavi njihov nepovoljni razvoj, rizik postaje hazard.

Multidisciplinarnost ovog problema se ogleda u činjenici što se u cilju njegovog uspešnog rešavanja moraju angažovati sve inženjerske discipline, pri čemu je potrebno njihovo adekvatno integrisanje.

Zaključak prethodnog stava je da se bezbednost brane može oceniti, odnosno da se bezbednošću može upravljati, pod uslovom da se to radi u okviru kontinualnog procesa praćenja njenog ponašanja putem instrumentalnog i vizuelnog osmatranja, čiji rezultati i njihova tumačenja će biti "on line" pristupačni u odgovarajućem informacionom sistemu koji čine relacije baze podataka. Pojave, procesi i trendovi koje ugrožavaju bezbednost brana moraju se u okviru njihovog održavanja kontinualno otklanjati odgovarajućim inter-

vencijama, čiji cilj je maksimalno moguća bezbednost, odnosno minimalni mogući rizik rušenja i hazarda nizvodnih područja.

Cilj rešavanja problema **OBVB** se definiše kao sintagma: "Ne dozvoliti da se brana sruši, a ako to iz bilo kog razloga nije moguće, blagovremeno obavestiti nizvodno područje o mogućnosti da dođe do udesa zbog rušenja brane, ili neke druge opasnosti vezane za njeno postojanje".

U cilju rešavanja problema upravljanja bezbednošću visokih brana, prvo je trebalo rešiti problem ocene njihove bezbednosti, a zatim definisanjem mera za otklanjanje uzroka ugrožavanja bezbednosti, rešiti problem upravljanja njihovom bezbednošću.

U tom cilju su autori iz Instituta "Jaroslav Černi" objedinili svoje dugogodišnje iskustvo na rešavanju ove problematike sa najnovijim saznanjima iz informatike i veštačke inteligencije i stvorili odgovarajući ekspertni sistem za ocenu bezbednosti visokih brana **ES-OBVB**, čime je omogućeno prevazilaženje nedostataka dosadašnje prakse u ovoj oblasti, navedenih u t. 3. ovog rada. Tako je stvoren pouzdaniji i efikasniji "alat" za rešavanje ovog problema, pristupačan svakom stručnjaku i "inženjeru znanja" da u roku od dva do tri časa, nakon dobijanja rezultata osmatranja valorizuje ugrožavanje bezbednosti brane, pri čemu prolazi kroz obimna pretraživanja kroz koja ga vodi kompjuter, bez mogućnosti izostavljanja ni jedne sekvence pretraživanja, čime postiže onoliko pouzdanost ocene, koliko su potpuni obim i metodologija pretraživanja. **ES-OBVB** pruža mogućnost "konsultacije", pri čemu konsultacija ne predstavlja objašnjenje koje kompjuter daje korisniku, već objašnjenje kojim korisnik obrazlaže svoje parcijalne i globalne ocene.

ES-OBVB se sastoji od baza podataka (**BP**), baza znanja (**BZ**) i jedinstvenog generatora zaključaka (**GZ**), za sve visoke brane u Srbiji.

6. RIZICI RUŠENJA VISOKIH BRANA

Rizici rušenja brana predstavljaju moguće izvore nastanka nepovoljnih pojava, procesa i okolnosti, koje, kada se ne sprečavaju, mogu dovesti do rušenja brane, odnosno ugrožavanja bezbednosti nizvodnih područja. Analizom statističke obrade prijavljenih slučajeva rušenja brana u svetu [2], drugih svetskih iskustava [5] i domaće prakse, definisani su sledeći rizici (**R**), u najopštijem smislu:

- A: Statička i filtraciona stabilnost tela i temelja brane;
- B: Stanje vitalnih uređaja i postrojenja;
- C: Stanje dovodno - odvodnog sistema;
- D: Stabilnost terena u zoni brane i akumulacije;
- E: Način upravljanja akumulacijom;

- F: Bezbednost uzvodnih brana;
 G: Nedostaci u projektovanju i izgradnji;
 H: Usaglašenost projektnih kriterijuma sa savremenom praksom, i
 I: Stanje sistema za uzbunjivanje nizvodnih područja.

Prvih osam rizika (A do H) su neposredno rizici rušenja brana, a posredno i rizici ugrožavanja bezbednosti, kako brane i pripadajućih objekata, tako i nizvodnih područja. Rizik I se isključivo odnosi na ugrožavanje nizvodnih područja. Svih devet rizika su u krajnjem efektu rizici ugrožavanja nizvodnih područja, odnosno kratko **rizici** čije sprečavanje predstavlja osnovni cilj problema **OBVB**. Njihov nastanak se mora sprečiti a njihov razvoj zaustaviti da bi brana bila bezbedna, što je osnovni cilj **OBVB**.

Ne ulazeći u definicije pojmova, mehanizme ugrožavanja bezbednosti i međusobne veze između pojedinih rizika i druge aspekte ove materije, što je detaljno izneto u poglavlju D Studije [1], ističe se da je u okviru **OBVB** potrebno pretražiti sve parametre i sve aspekte navedenih rizika, što u dosadašnjoj praksi nije bio slučaj, već je ponašanje brana, u pogonu ocenjivano isključivo preko analize rezultata osmatranja rizika A, i to isključivo kroz instrumentalno osmatranje. Analizom svakog od navedenih rizika i svih rizika zajedno, dolazi se do opšteg zaključka da svi oni predstavljaju jasno definisan skup.

7. KARAKTER PROBLEMA OBVB

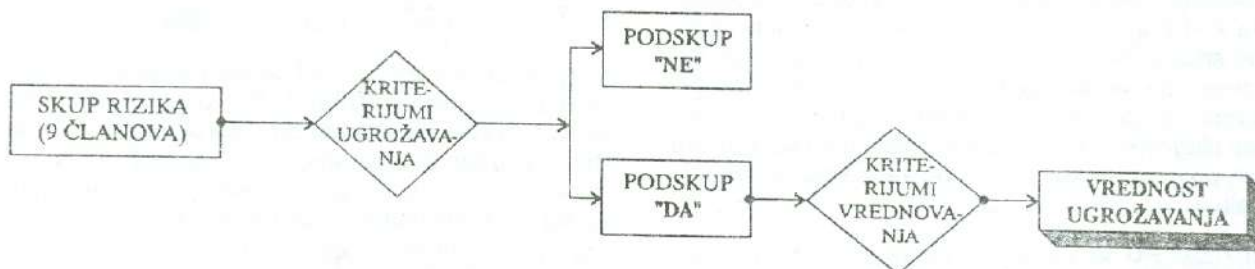
Opšti princip rešavanja problema **OBVB** je naizgled vrlo jednostavan: za svaki rizik treba, na osnovu rezultata osmatranja, pretraživanjem utvrditi da li postoji ili ne postoji ugrožavanje. Zatim treba utvrditi uzroke ugrožavanja i na kraju treba valorizovati stepene ugrožavanja za svaki rizik i za sve rizike zajedno. Na Sl. 1 je data opšta šema rešavanja problema na napred opisan način. Skup informacija o rezultatima osmatranja za svaki od devet rizika treba propustiti kroz kriterijume ugrožavanja i razdvojiti skup na dva podskupa: **DA** i **NE**. Podskup **DA**, koji sadrži rizike koji ugrožavaju bezbednost treba propustiti kroz kriterijume za valorizaciju

(utvrđivanje stepena ugroženosti), nakon čega treba odrediti globalnu ugroženost bezbednosti.

Prikazana opšta šema rešavanja problema **OBVB** je primenjiva jedino u slučaju kada su svi izvori informacija jasan i potpun skup, obrazovan na osnovu unapred propisanih pravila, zasnovanih na objektivnoj funkciji problema.

Međutim, stvarno stanje u ovoj oblasti u Srbiji, po mišljenju autora i u većini zemalja, nije ni približno toliko idealno da se skup informacija o rezultatima osmatranja brana može smatrati idealnim [1, Pogl. A i B]. Realna situacija jasno pokazuje da je skup ovih informacija pre svega nepotpun i da se nikada neće moći da usavrši do te mere da postane idealan skup informacija. To znači da prilikom pretraživanja informacija u cilju njihovog propuštanja kroz kriterijume ugrožavanja sa Sl. 1., nije moguće pronaći sve podatke potrebne za definitivno i potpuno rešavanje problema **OBVB**. Sa druge strane, veliki broj podataka rezultata osmatranja nije pouzdan i dovoljno kvalitetan za automatsko korišćenje u procesu rešavanja problema **OBVB**. Pored toga, veliki problem je pouzdanost ocene koji podaci i koja njihova količina su objektivno potrebni za zadovoljavajuće rešavanje ovog problema. Ovaj poslednji nedostatak se može objektivno prevazići rigoroznom kontrolom, preispitivanjem i revizijom sadržaja pretraživanja i konačnim izdavanjem standardizovane tehničke regulative, koju će svi korisnici brana zakonskim putem biti primorani da primenju kao metodološki standard. Ocenjuje se da u doglednom vremenu neće biti objektivno moguće da se nedostaci vezani za vrstu, količinu i kvalitet potrebnih podataka prevaziđu, kako u pogledu brzine, tako i u pogledu potpunosti. Autori smatraju da će oni uvek biti prisutni u izvesnoj meri.

Iz prethodnih razmatranja se može izvesti zaključak da će skup informacija potrebnih za rešavanje problema **OBVB** biti uvek nepotpun i neizvesan do određene mere. Shodno najnovijim naučnim definicijama takvi skupovi informacija se nazivaju **Fazi (Fuzzy)** skupovi [7, 8]. Posledično i problem koji se rešava kada skupovi imaju **fazi** karakter postaju **fazi** problemi. U narednoj tački ovog rada je prikazan originalan način za prevaziženje ovakvih nedostataka.



Sl. 1 - Opšta šema metodologije rešavanja problema **OBVB**

8. OPERATORI PROBLEMA OBVB

U narednom tekstu izložiće se inovacija koja je nastala u procesu rešavanja problema **OBVB**, koja se odnosi na metodologiju valorizovanja ugrožavanja bezbednosti u najopštijem smislu. Uzor za ovo nije postojao ni u domaćoj, ni u stranoj literaturi, već predstavlja originalni doprinos rešavanju ove problematike.

TABLICA PU

PARA-METRI	RIZICI POSREDNOG UGROŽAVANJA BEZBEDNOSTI BRANE								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
P01	Ipu(A,P1)	Ipu(B,P1)	Ipu(C,P1)	Ipu(D,P1)	Ipu(E,P1)	Ipu(F,P1)	0	0	Ipu(I,P1)
P02	Ipu(A,P2)	Ipu(B,P2)	Ipu(C,P2)	Ipu(D,P2)	Ipu(E,P2)	Ipu(F,P2)	0	0	Ipu(I,P2)
P03	Ipu(A,P3)	Ipu(B,P3)	Ipu(C,P3)	Ipu(D,P3)	Ipu(E,P3)	Ipu(F,P3)	0	0	Ipu(I,P3)
P04	Ipu(A,P4)	Ipu(B,P4)	Ipu(C,P4)	Ipu(D,P4)	Ipu(E,P4)	Ipu(F,P4)	0	0	Ipu(I,P4)
P05	Ipu(A,P5)	Ipu(B,P5)	Ipu(C,P5)	Ipu(D,P5)	Ipu(E,P5)	Ipu(F,P5)	0	0	Ipu(I,P5)
P06	Ipu(A,P6)	Ipu(B,P6)	Ipu(C,P7)	Ipu(D,P6)	Ipu(E,P6)	Ipu(F,P6)	0	0	Ipu(I,P6)
P07	Ipu(A,P7)	Ipu(B,P7)	Ipu(C,P7)	Ipu(D,P7)	Ipu(E,P7)	Ipu(F,P7)	Ipu(G,P7)	Ipu(H,P7)	Ipu(I,P7)
P08	Ipu(A,P8)	Ipu(B,P8)	Ipu(C,P8)	Ipu(D,P8)	Ipu(E,P8)	Ipu(F,P8)	0	0	Ipu(I,P8)
P09	Ipu(A,P9)	Ipu(B,P9)	Ipu(C,P9)	Ipu(D,P9)	Ipu(E,P9)	Ipu(F,P9)	0	0	Ipu(I,P9)
P10	Ipu(A,P10)	Ipu(B,P10)	Ipu(C,P10)	Ipu(D,P10)	Ipu(E,P10)	Ipu(F,P10)	0	0	Ipu(I,P10)

U tom cilju uvedena je prvo podela ugrožavanja bezbednosti na tzv. "**posredno**" i "**neposredno**" ugrožavanje (**PU** i **NU**).

8.1 Posredna ugroženost (PU)

Posredna ugroženost je formulisana kao nedostatak ili loš kvalitet informacija na osnovu kojih se može pouzdano oceniti stanje brane, pri čemu se informacije odnose na tehničku dokumentaciju i opremu za instrumentalno osmatranje. **PU** u suštini predstavlja stanje osmatranja brane i odraz pažnje, odnosno nemara korisnika u odnosu na branu. **PU** predstavlja osnovni pokazatelj za preduzimanje tzv. "**interventnih mera**", koje se moraju sprovesti da bi se otklonili uzroci posrednog ugrožavanja bezbednosti.

PU smanjuje stepen pouzdanosti ocene neposredne ugroženosti, kako po određenom riziku od **A** do **I**, tako i u integralu. Realno je trenutno posredna ugroženost velika kod svih brana u Srbiji i očekuje se njeno postupno smanjenje u narednom periodu. Postojanje **PU** ne znači da je bezbednost brane i neposredno ugrožena, ali zbog nedostatka informacija nije moguće doneti blagovremenu i pouzdanu ocenu o bezbednosti brane, po riziku za koji postoji posredna ugroženost i u globalu.

Valorizacija **PU** se vrši preko parametara (**P**) za svaki rizik (**R**) preko indeksa (I_{pu}) i stepena posredne ugroženosti S_{pu} .

Svaki rizik od **A** do **I** treba pretražiti po parametrima:

- P01: Da li postoji tehnički dokument na osnovu koga se osmatra brana (projekat osmatranja) (DA/NE);
 P02: Da li je ovaj dokument (projekat osmatranja) kvalitetan (DA/NE);
 P03: Da li su izvršena osmatranja potpuna u odnosu na projekat osmatranja (DA/NE);

P04: Da li se osmatranje vrši prema projektu (DA/NE);

P05: Da li postoje kriterijumi za ocenu ponašanja brane (DA/NE);

P06: Da li je stanje uređaja za osmatranje po rizicima **A** do **D** zadovoljavajuće; da li je stanje obaveštavanja po rizicima **E**, **F** i **I** zadovoljavajuće; da li postoji mogućnost valorizacije rizika **G** i **H** (DA/NE)

P07: Da li je korisnik izradio periodični izveštaj o rezultatima osmatranja (DA/NE);

P08: Da li je periodični izveštaj kvalitetan (DA/NE);

P09: Da li je izvršena analiza i tumačenje rezultata osmatranja (DA/NE);

P10: Da li je kvalitet analiza i tumačenja dobar (DA/NE).

Rizici **G** i **H** treba da se proveravaju samo po parametru **P07** (osenečena polja), jer za ova dva rizika po definiciji svi ostali indeksi posredne ugroženosti I_{pu} imaju vrednost nula. Ukupan broj I_{pu} (**R**, **P**) iznosi: $10 \times 9 - 18 = 72$.

Odgovorom na pitanje **P01** do **P10** za svaki rizik od **A** do **I** popunjava se **Tablica PU**, u kojoj svako polje predstavlja "**indeks posredne ugroženosti**" po određenom riziku **R** i parametru **P**, $I_{pu}(R,P)$, čija pojedinačna vrednost može, u zavisnosti od utvrđenog stanja, da bude jednaka nuli (dobro stanje), ili da iznosi $100/72 = 1.39$ (loše stanje). Zbir svih vrednosti I_{pu} predstavlja "**stepen posredne ugroženosti**", čija vrednost iznosi:

$$S_{pu} = \sum_{R=A}^{R=I} \sum_{P=1}^{P=10} I_{pu}(R, P)$$

Ako se za svaki I_{pu} usvoji ista težina, vrednosti S_{pu} se, izraženo u %, nalaze u intervalu: $0 \leq S_{pu} \leq 100$.

Ekstremne vrednosti S_{pu} su:

- $\min S_{pu} = 0$, što znači da brana nije posredno ugrožena, i
- $\max S_{pu} = 100$, što znači da je brana maksimalno posredno ugrožena, čime je onemogućena ocena njene neposredne ugroženosti.

Faktor pouzdanosti ocene stepena neposredne ugroženosti se definiše kao:

$$FP_{nu} = 100 - S_{pu}$$

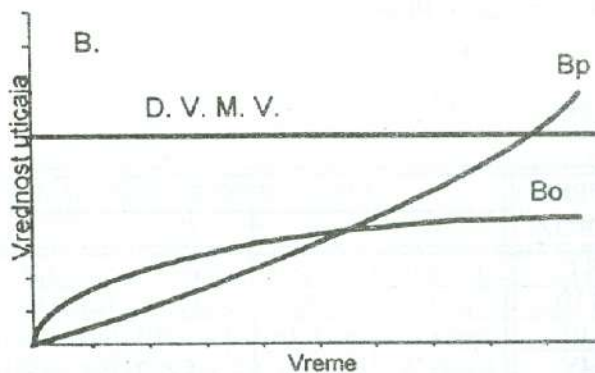
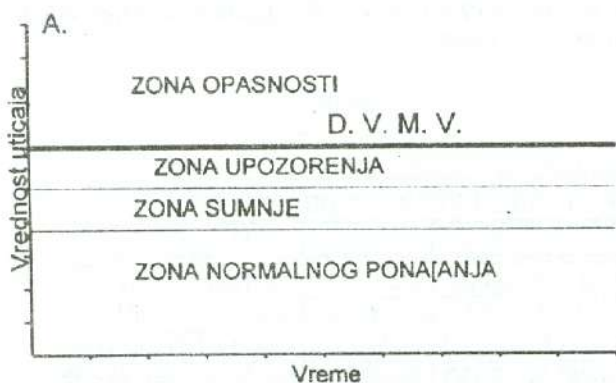
Prethodna metodologija je, korišćenjem paketa ACCESS u WINDOWS okruženju, kompjuterizovana, čime je rešen problem valorizacije posredne ugroženosti. Pored valorizacije S_{pu} , detaljno su definisane interventne mere, koje korisnik brane mora da preduzme, a koje se u suštini svode na eliminaciju negativnih odgovora po parametrima pretraživanja P01 do P10. Ove mere su primenom simbolskog programiranja softverski ugrađene u odgovarajući program. Pored valorizacije S_{pu} i FP_{nu} , prilikom popunjavanja tablice PU je ostavljena mogućnost obrađivaču da komentariše svaku ocenu I_{pu} i da je na taj način verbalno obrazloži.

8.2. Neposredna ugroženost (NU)

Neposredna ugroženost je formulisana preko atributa "prekoračenje", koji se u punoj fomulaciji, kada je reč o instrumentalnom osmatranju, odnosi na prekoračenje tzv. "dopuštenih vrednosti mernih veličina", odnosno, kada je reč o vizuelnom osmatranju, na pojave, procese i okolnosti, koje ukazuju na neposredno ugrožavanje bezbednosti. NU reprezentuje stanje bezbednosti vi-

soke brane i mora se oceniti za sve rizike ugrožavanja bezbednosti od A do I. NU predstavlja osnovni pokazatelj za preduzimanje tzv. "bezbednosnih mera", koje se moraju sprovesti da bi se otklonili uzroci neposrednog ugrožavanja bezbednosti.

Valorizacija NU se vrši određivanjem vrednosti atributa "prekoračenje", za sve rizike ugrožavanja bezbednosti od A do I. Prvo se pretraživanjem rezultata osmatranja za rizike od A do D pronade pojava, proces ili okolnost, odnosno tzv. "objekat", kod koga realno postoji atribut "prekoračenje", a za rizike od E do I samo utvrdi postojanje odgovarajućeg rizika. Rezultati kod kojih ne postoji prekoračenje, odnosno "prekoračenje = 0", ne ugrožavaju bezbednost brane. Vrednosti atributa "prekoračenje" određuju iskusni stručnjaci (eksperti) u oblasti bezbednost brana ili inženjeri znanja, birajući jednu od sledećih unapred ponuđenih opcija: "sumnja", "upozorenje" i "neposredna opasnost". Semantička značenja vrednosti atributa "prekoračenje" odnose se na mogućnost rušenja brane i hazard nizvodnih područja, za prvih osam rizika, odnosno samo na hazard nizvodnih područja, kada se radi o poslednjem riziku. Vrednosti prekoračenja se dodeljuju u skladu sa kriterijumima za ocenu ponašanja dotične brane u pogonu, odnosno preciznije, prema dopuštenim vrednostima mernih veličina i trendovima pojava, procesa i okolnosti, koje se utvrđuju u procesu osmatranja brane (v. Sl. 2). U poglavlju D Studije je data detaljna metodologija utvrđivanja dopuštenih vrednosti mernih veličina za deo rizika A čije postojanje se prati instrumentalnim osmatranjem, utvrđena su globalna merila za valorizaciju rizika D a za ostale rizike samo globalna merila za utvrđivanje vrednosti atributa "prekoračenje". Ovo stoga što se jedino za ova dva rizika trenutno ocenjuje ugroženost bezbednosti. Za ostale rizike će se detaljna metodologija utvrđivanja postojanja "prekoračenja" i ocena njihovih vrednosti definisati u narednom periodu, na osnovu praktično stečenih iskustava.



Sl. 2. - Kriterijumi vrednovanja atributa "prekoračenje": A.- Preko dopuštenih vrednosti mernih veličina (D.V.M.V.); B.- Preko trenda razvoja: Bp: Progresivan (nepovoljan) trend; Bo: Očekivan (povoljan) trend.

Razvijena su tzv. proizvodna pravila za slučaj da "prekoračenje" postoji, odnosno da je njegova vrednost $\neq 0$. Ova pravila su definisana stepenima neposredne ugroženosti po svakom riziku, koji su svrstani po opadajućem redosledu na sledeći način:

- Stepen I: Ovaj, najviši stepen kvalifikuje vrednost prekoračenja = "neposredna opasnost" (v. Sl. 2.);
- Stepen II: kvalifikuje vrednost prekoračenja = "upozorenje", uz dodatni uslov da do rušenja brane može doći bez ekstremnih spoljnih uticaja, kao što su zemljotresi i izuzetno velike vode (v. Sl. 2.);
- Stepen III: kvalifikuje vrednost prekoračenja = "upozorenje", uz dodatni uslov da do rušenja brane može da dođe isključivo u slučaju dejstva ekstremnih spoljnih uticaja (v. Sl. 2.);
- Stepen IV: Ovaj, najniži stepen kvalifikuje vrednost prekoračenja = "sumnja", kao rano otkrivanje "upozorenja", bez realne i pouzdane ocene ugroženosti (v. Sl. 2.);
- Stepen 0: Ovaj stepen znači da pretraživanjem nije utvrđeno "prekoračenje", odnosno da je njegova vrednost jednaka nuli.

Utvrđivanjem realnih stepena ugroženosti po svakom riziku formira se Tablica NU. Svako polje ove tablice predstavlja "indeks neposredne ugroženosti" I_{nu} po određenom riziku R i stepenu S , $I_{nu}(R, S)$, čija pojedinačna vrednost može, u zavisnosti od utvrđenog stanja, da bude jednaka nuli (dobro stanje), ili da iznosi $100/36=2.78$ (jedno od loših stanja SI do SIV). Zbir svih vrednosti I_{nu} predstavlja "stepen neposredne ugroženosti", čija vrednost iznosi:

$$S_{nu} = \sum_{R=A}^{R=I} \sum_{S=I}^{S=IV} I_{nu}(R, S)$$

Ukupan broj $I_{nu}(R, P)$ je $4 \times 9 = 36$.

Prilikom unošenja vrednosti I_{nu} u tablicu, treba se pridržavati sledećih pravila:

- Indeksi neposredne ugroženosti za rizike od A do D se utvrđuju primenom proizvodnih pravila, pretraživanjem raspoloživih podataka o rezultatima osmatranja, utvrđivanjem postojanja atributa "prekoračenje" i njegovim vrednovanjem za svaku pojavu koja se prati osmatranjem.
- Indeksi neposredne ugroženosti za rizike od E do I se utvrđuju davanjem odgovora na pitanje da li postoji, ili ne postoji odgovarajući rizik.
- Indeksi neposredne ugroženosti za rizike od E do I su definisani maksimalnim utvrđenim stepenom za bilo koji rizik od A do D.
- Stepen ugroženosti I do III, po svim rizicima od A do I, automatski uslovljava postojanje svih nižih stepena ugroženosti po tom riziku.

Ako se za svaki utvrđen i na napred opisan način valorizovan indeks neposredne ugroženosti $I_{nu}(R, I)$ usvoji ista težina $100/36 = 2,78$, vrednosti S_{nu} , izražene u %, nalaze se u intervalu $0 \leq S_{nu} \leq 100$. Na taj način se za svaku branu može dobiti numerički pokazatelj njenog stepena neposredne ugroženosti, koji sa faktorom pouzdanosti FP_{nu} predstavlja definitivnu ocenu neposredne ugroženosti. Ekstremne vrednosti S_{nu} su:

- min. $S_{nu} = 0$, što znači da brana nije neposredno ugrožena ni po jednom riziku od A do I;
- max. $S_{nu} = 100$, što znači da je brana u punoj meri neposredno ugrožena po svim rizicima od A do I.

Metodologija valorizovanja S_{nu} je, korišćenjem paketa ACCESS u WINDOWS okruženju, primenom simboličkog programiranja, softverski formulisana, čime je i ovaj problem rešen. Pored valorizacije S_{nu} , u Studiji su detaljno definisane **interventne i bezbednosne mere**, koje korisnik mora da preduzme u cilju eliminacije ugroženosti brane. Primenom simboličkog programiranja ove mere su softverski ugrađene u odgovarajući programski paket.

TABLICA NU

STEPEN UGROŽ.	RIZICI NEPOSREDNOG UGROŽAVANJA BEZBEDNOSTI BRANE (R)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
S I	$I_{nu}(A,I)$	$I_{nu}(B,I)$	$I_{nu}(C,I)$	$I_{nu}(D,I)$	$I_{nu}(E,I)$	$I_{nu}(F,I)$	$I_{nu}(G,I)$	$I_{nu}(H,I)$	$I_{nu}(I,I)$
S II	$I_{nu}(A,II)$	$I_{nu}(B,II)$	$I_{nu}(C,II)$	$I_{nu}(D,II)$	$I_{nu}(E,II)$	$I_{nu}(F,II)$	$I_{nu}(G,II)$	$I_{nu}(H,II)$	$I_{nu}(I,II)$
S III	$I_{nu}(A,III)$	$I_{nu}(B,III)$	$I_{nu}(C,III)$	$I_{nu}(D,III)$	$I_{nu}(E,III)$	$I_{nu}(F,III)$	$I_{nu}(G,III)$	$I_{nu}(H,III)$	$I_{nu}(I,III)$
S IV	$I_{nu}(A,IV)$	$I_{nu}(B,IV)$	$I_{nu}(C,IV)$	$I_{nu}(D,IV)$	$I_{nu}(E,IV)$	$I_{nu}(F,IV)$	$I_{nu}(G,IV)$	$I_{nu}(H,IV)$	$I_{nu}(I,IV)$

Svi programi za valorizaciju S_{pu} i S_{nu} su međusobno relacionalno povezani u okviru softvera **ES OBVB**, koji obuhvata i informacioni sistem za ocenu bezbednosti visokih brana (**IS OBVB**).

Pored valorizacije S_{nu} i FP_{nu} , prilikom popunjavanja tablice NU je ostavljena mogućnost obrađivaču da komentariše svaku ocenu I_{nu} i da je na taj način verbalno obrazloži.

9. INFORMACIONI SISTEM IS OBVB

Informacioni sistem **IS OBVB** služi za neposrednu podršku **ES OBVB** i obuhvata relacionalne baze podataka dva tipa: (1).- Trajne baze podataka o brani, pripadajućim objektima, akumulaciji i slivu, neophodne za **OBVB** i (2).- Sekvencijalne baze podataka o posrednoj i neposrednoj ugroženosti.

Trajne baze podataka su u principu javni dokumenti i ažuriraju se trajno, dok su druge predviđene isključivo za korišćenje od strane nadležnih organa za bezbednost brana u Srbiji i sekvencijalno se ažuriraju sa datumom izrade.

9.1. Trajne baze podataka

Trajne baze podataka obuhvataju sledeće grupe podataka:

1. Opšte podatke o brani i akumulaciji;
2. Podatke o geološkim i geotehničkim karakteristikama pregradnog mesta;
3. Detaljne podatke o brani i pripadajućim objektima;
4. Detaljne podatke o akumulaciji;
5. Podatke o slivu, hidrologiji i karakterističnim proticajima;
6. Podatke o kritičnim vrednostima rezultata instrumentalnog osmatranja brane;
7. Podatke o rezultatima instrumentalnog osmatranja (sa ugrađenim kritičkim vrednostima), i
8. Podatke o rezultatima vizuelnog osmatranja.

Baze sa prve četiri grupe podataka su već oformljene i nalaze se u fazi ažuriranja u okviru stručne kontrole rezultata osmatranja visokih brana, prema metodologiji **OBVB** i inspekcijskih pregleda (aktivnosti 7. i 8. iz tačke 4.3. ovog rada). Prvi krug njihovog ažuriranja će se završiti krajem 1996. Predstoji njihovo definitivno ažuriranje od strane korisnika. U istom roku će se ažurirati i registar visokih brana, kojih prema najnovijim informacijama, dobijenim od Republičkog ministarstva za poljoprivredu, šumarstvo i vodoprivredu ima 71. Do nedavno je javno figurisao broj od 57 visokih brana. Predviđa se revizija sadržaja ovih baza podataka i njihovo definitivno ustrojstvo.

Baze podataka pod br. 5. i 6. treba tek projektovati i nakon toga pristupiti njihovom ažuriranju. Realno je očekivati da će se ovaj posao završiti krajem 1997.

Baza podataka o rezultatima instrumentalnog osmatranja je precizno definisana i ažurira se u Institutu za vodoprivredu "Jaroslav Černi" za brane koje Institut osmatra i za koje je utvrdio kritične vrednosti (cca 10 brana); u toku je njihovo ažuriranje u Energoprojektu za brane koje ova firma osmatra (cca 10 brana); za ostale brane u Srbiji (cca 50 brana) se očekuje da se ovaj proces završi u toku naredne dve do tri godine. Ugrađivanje kritičnih vrednosti (br. 6) u ove baze podataka tek predstoji. Nakon toga treba usavršiti metodologiju **OBVB** tako što će se proces pretraživanja više automatizovati.

Što se tiče baze podataka o vizuelnom osmatranju (r. br. 8.), treba naglasiti da je u tom području situacija najteža: Pre svega, za razliku od instrumentalnog osmatranja, ne postoje praktično nikakva metodološka uputstva za implementaciju ovog, vrlo značajnog vida osmatranja visokih brana. Vizuelno osmatranje brana, koji bi trebalo da se vrši prema unapred utvrđenoj metodologiji, naročito u pogledu saopštavanja rezultata, pati od nedostatka ove metodologije. Izveštaji o vizuelnom osmatranju, ukoliko ih ima, nisu ujednačeni po sadržaju, što jako otežava sistematsko uočavanje eventualne ugroženosti a praktično onemogućuje njenu valorizaciju. Baze podataka o rezultatima vizuelnog osmatranja visokih brana biće moguće projektovati tek nakon implementacije pomenutih metodoloških uputstava.

9.2. Baze podataka o ugrožavanju bezbednosti brana

Baze podataka o ugrožavanju bezbednosti se sastoje od:

1. Baza podataka o stepenu posredne ugroženosti S_{pu} ;
2. Baza podataka o stepenu neposredne ugroženosti S_{nu} i
3. Baza podataka o inspekcijskim pregledima.

Baze podataka o S_{pu} i S_{nu} služe za praćenje ugroženosti brana u vremenu. Prvo ažuriranje ovih baza podataka realizuje se u okviru stručne kontrole rezultata osmatranja koja se vrši u 1996., za svu raspoloživu tehničku dokumentaciju o osmatranju 57 visokih brana, koje su figurisale u Registru iz 1995. god. One se automatski kreiraju u procesu **OBVB** i ostaju u važnosti između prethodne i naredne implementacije ovog procesa, s' tim što se trajno čuvaju u arhivi programskog paketa **OBVB** kao celoviti izveštaji o stanju osmatranja i bezbednosti visokih brana u Srbiji. U okviru istog paketa se nalaze i trenutno postojeće baze podataka iz tačke 9.1. ovog rada.

Baze podataka o S_{pu} i S_{nu} služe prvenstveno Ministarstvu građevina Srbije, kao nadležnom organu za bezbednost visokih brana u Republici za praćenje stepena njihove ugroženosti i izdavanje naloga korisnicima u cilju preduzimanja interventnih i bezbednosnih mera i eliminacije uzroka ugrožavanja.

Baza podataka o inspekcijskim pregledima još nije formirana. Njeno formiranje je neophodno, prvenstveno inspekcijskim organima Ministarstva građevina Srbije, za koordinaciju aktivnosti na otklanjanju nedostataka koji ugrožavaju stanje osmatranja i bezbednosti visokih brana.

10. OSTALE BAZE PODATAKA O BRANAMA

U cilju kompletiranja informacionog paketa o branama, u okviru VISS-a je potrebno oformiti sledeće nedostajuće baze podataka:

1. Bazu podataka o korisnicima, sa nazivima, adresama, telefonima, imenima odgovornih lica i drugim opštim podacima;
2. Bazu podataka o organizaciji službe osmatranja i održavanja korisnika, sa odgovornim licima, njihovim kvalifikacijama, raspolaganjem neophodnom tehničkom dokumentacijom o projektovanju, izgradnji i održavanju, evidencijom vrsta i ažurnosti i izvršilaca osmatranja, urednošću vođenja dokumentacije o osmatranju i održavanju, dokumentacijom o projektovanju i građenju itd.;
3. Bazu podataka o uređajima za osmatranje, uključujući i njihovo stanje;
4. Baze podataka o projektnoj i izvedbenoj dokumentaciji;
5. Baze podataka o dokumentaciji o osmatranju i kontroli rezultata osmatranja;
6. Baze podataka o zakonskim dokumentima (tehnički pregled, dozvole, saglasnosti i dr.)

Osim baze podataka pod br. 1., koja je formirana i delimično ažurirana u Institutu "Jaroslav Černi", ne postoji ni jedna od navedenih baza podataka. Njih treba projektovati (utvrditi sadržaj i metodologiju održavanja i čuvanja) i nakon toga pristupiti njihovom ažuriranju.

Autori ocenjuju da nije potrebno obrazloženje potrebe za izradom navedenih baza podataka. Nakon njihovog stvaranja omogućiće se potpuno i pouzdano upravljanje bezbednošću visokih brana u Srbiji, koje će sadržati sve prerogative savremenog upravljačkog sistema.

Implementacija **ES-OBVB**, koja je trenutno raspoloživa, podigla je značajno stepen pouzdanosti praćenja ponašanja visokih brana, kako u pogledu formulisanja metodologije, tako i u pogledu ažurnosti saznanja o njihovoj eventualnoj ugroženosti, čime je učinjen krupan korak

u prevazilaženju neodrživog stanja koje je u ovoj oblasti postojalo samo pre godinu dana.

11. ZAKLJUČCI

Na osnovu prethodno iznete materije, mogu se izvesti sledeći, najvažniji zaključci:

1. Izradom **ES OBVB**, kao jedinstvenog informacionog i ekspertnog sistema u okviru **VISS-a**, omogućeno je počev od 1996. god. sistematsko i pouzdano praćenje ponašanja visokih brana u Srbiji.
2. **ES - OBVB** je otvoren za dopunjavanje, unapređenje i prilagođavanje, kako u informatičkom, tako i u proizvodnom delu.
3. Prvom primenom **ES OBVB** će se stvoriti početna osnova baza podataka o posrednoj i neposrednoj ugroženosti svih brana u Srbiji, na osnovu koje će nadležni organ, zadužen za bezbednost brana biti u stanju da argumentovano i ažurno izdaje konkretne prioritete naloga pojedinim korisnicima u pogledu održavanja bezbednosti na željenom nivou i da promeni dosadašnju kampanjsku praksu stručne kontrole rezultata osmatranja u sistematski proces.
4. Ocenjuje se da će u prvoj fazi primena **ES OBVB**, vreme potrebno za ocenu stanja osmatranja (posredna ugroženost) i stanja bezbednosti (neposredna ugroženost) smanjiti od sadašnjih više od godinu dana, na nekoliko dana od trenutka završetka periodičnog izveštaja o rezultatima poslednjeg ciklusa osmatranja.
5. **ES OBVB** omogućuje da se svi rezultati osmatranja za svaku branu ugrade u odgovarajuću bazu podataka, koja je već potpuno definisana, i da se putem disketa ažurno dostavljaju na analizu, tumačenje, i ocenu ugroženosti, što će još više skratiti vreme, potrebno za ocenu bezbednosti.
6. Konačno, kada se izvrši mrežno povezivanje računara korisnika sa računarima ostalih učesnika u procesu praćenja ponašanja visokih brana u Srbiji, primenom **ES OBVB** će se "on line" moći da oceni stanje bezbednosti svake brane u realnom vremenu.

LITERATURA:

- [1] Marković O., Ž. Nikolić, D. Ninković, S. Đurić: Razvoj ekspertnog sistema za ocenu bezbednosti visokih brana" (9 poglavlja, 305 str., 60 slika i 11 priloga - rukovodilac istraživanja Prof. dr B. Đorđević), Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd, 1995.
- [2] Anonimus, "Dam Failures, Statistical Analysis", ICOLD, Paris, 1995.
- [3] Anonimus, "Lessons from Dam Incidents", ICOLD, Paris, 1974. (Prevod D. Jevtović)

- [4] Anonimus, "Safety Evaluation of Existing Dams", Technical Publ., USBR, Denver, Colorado, 1983.
- [5] Hammon P., D. King, "Expert Systems", John Wiley and Sons, Inc., New York, 1987.
- [6] Đorđević B., "Razvoj sistema za praćenje ponašanja i ocenu bezbednosti visokih brana", YUINFO 95.
- [7] Dubois, D., Prade, H., "Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications", N. Y., London, Toronto, 1980.
- [8] Zimmermann, H. J. "Fuzzysset Theory - and its Applications", Kluwer Publ., Boston, 1988.
- [9] Nikolić Ž., O. Marković, "Uputstva i smernice za unifikaciju tehničke dokumentacije za osmatranje i ocenu stanja osmatranja i bezbednosti visokih brana", Institut "Jaroslav Černi", Beograd, 1996.

MANAGEMENT OF DAM SAFETY IN SERBIA

by

Omilj MARKOVIĆ¹, Života NIKOLIĆ¹, Branislav ĐORĐEVIĆ², Dragana NINKOVIĆ¹, Tina MILANOVIĆ²¹Institute for Water Management "Jaroslav Černi"²Faculty of Civil Engineering in Belgrade

Summary

The basic condition needed for implementation of Dam Safety Evaluation (DSE) on the territory of one State is the defining of a continuous process of monitoring their behavior during operation, involving the information technology in this process and mobilization of all participants to take part in it. The "Process" comprises all activities, starting from the dam observation design, its implementation, data processing and results presentation, analyzing and interpreting the results obtained, terminating with the evaluation of the state of dam observation and its safety. The "Information technology" involves Data Bases (DB), Knowledge Bases (KB) and Inference Engines (IE), whereas each of them has to be made for each large dam and they have to be mutually related for the whole State territory. The "Participant" includes: (1) Dam Owners and their associations; (2) Specialized Companies for dam monitoring, processing and presentation of observation results, their analysis and interpretation, as well as for evaluation of the dam monitoring state and its safety; (3) Executive Authority of the State, in charge for dam safety on its territory, and (4) Competent institution for checking the results of dam monitoring process, engaged by the State.

The paper deals with the specific and genuine way of overcoming specific difficulties related to real conditions of evaluation of dam safety, leading this subject towards the "fuzzy" problems. For solving such problem, no adequate methods were found neither in local, nor in foreign periodicals. The so-called "Expert System

Operators" (ESO) were introduced, involving the following new expressions: (1) Dam Failure Risks, i. e. the Downstream Regions Hazards; (2) Fragmentation of hazard into two categories, "Indirect" and "Direct" one; (3) Parameters, indices and rates of indirect hazard, and (4) Intensities, indices, rates and confidence factor of direct hazard evaluation.

The valorization of indirect hazard and confidence factor of direct hazard evaluation was performed by summation of actually existing indices, without formal application of the expert system theory.

The knowledge base for evaluation of direct hazard was created using the "Object - Attribute - Value" triplets, where the Attribute was defined as "exceeding" the specified values of monitoring results, representing the Objects, and the Attribute values were in advance prescribed as: the "doubt", "warning" and "danger". In cases where the "warning" exists, the additional conditions of extreme external loading were introduced.

In the next stage of this expert system, the development of the "user versions" of data bases, knowledge bases and inference engines is planned for each existing dam. After netting the computers of all participants in the process of dam safety managing in the unique network, the real time managing of dam safety in the State will be enabled.

Key words: large dams, safety, monitoring, expert system

Redigovano 25.9.1996.