

A stylized illustration of green leaves and solar panels. The leaves are on the left, and the solar panels are on the right, both rendered in a light green color. The background is a gradient of green and yellow.

ees

energija

| ekonomija | ekologija

ees

A stylized illustration of three wind turbines. They are rendered in a light green color and are positioned in the lower right corner of the image. The background is a gradient of green and yellow.

ENERGETIKA 2021

energija

| ekonomija | ekologija



MONOGRAFIJA
ENERGETIKA 2021
U SUSRET ZELENOM OPORAVKU

ZBORNİK RADOVA CONFERENCE PROCEEDINGS

22 - 25. jun 2021.
Hotel Palisad, Zlatibor

SAVEZ ENERGETIČARA
Prof. dr Nikola Rajaković
Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu
Bulevar kralja Aleksandra 73
11120 Beograd
Srbija
info@savezenergeticara.org

www.savezenergeticara.org

energija



| ekonomija | ekologija

Energija / Ekonomija / Ekologija

Monografija savetovanja

ENERGETIKA 2021 - U SUSRET ZELENOM OPORAVKU

Zbornik radova

Radovi su recenzirani uz tehničku obradu. Nijedan deo ove publikacije ne može biti reprodukovan, presnimavan ili prenošen bez prethodne saglasnosti Izdavača.

Izdavač: Savez energetičara
Bulevar kralja Aleksandra 73, 11020 Beograd
E-mail: info@savezenergeticara.org
www.savezenergeticara.org

Glavni i odgovorni urednik: Prof. dr Nikola Rajaković

Priprema i tehnička obrada: BBN Congress Management d.o.o.

Produkcija: BBN Congress Management d.o.o.

Tiraž: 150

Godina izdavanja: 2021.

CIP - Katalogizacija u publikaciji - Narodna biblioteka Srbije, Beograd

621.31(082)(0.034.2)

502.131.1:620.9(082)(0.034.2)

338.4:621.31(082)(0.034.2)

САБЕТОВАЊЕ Енергетика (2021 ; Златибор)

U susret zelenom oporavku [Elektronski izvor] : monografija : zbornik radova = Conference proceedings / [Savetovanje] Energetika 2021, 22 - 25. jun 2021. Zlatibor ; [glavni i odgovorni urednik Nikola Rajaković]. - Beograd : Savez energetičara, 2021 (Beograd : BBN Congress Management). - 1 elektronski optički disk (DVD) : ilustr. ; 12 cm. - (Energija, ekonomija, ekologija)

Sistemske zahteve: Nisu navedeni. - Nasl. sa naslovne strane dokumenta. - Stv. nasl. u kolofonu: Monografija savetovanja Energetika 2021 - U susret zelenom oporavku. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 150. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-86199-03-4

a) Електроенергетика - Зборници b) Енергетска политика - Зборници c) Енергетски извори - Одрживи развој - Зборници

COBISS.SR-ID 41228553

ORGANIZACIONO – PROGRAMSKO – NAUČNI ODBOR

Kopredsednici organizaciono-programsko-naučnog odbora:

Prof. dr Milun Babić, Predsednik Skupštine Saveza energetičara
Prof. dr Nikola Rajaković, Predsednik Saveza energetičara

Sekretarijat organizaciono-programsko-naučnog odbora:

dr Ilija Batas-Bijelić, naučni saradnik, v.d. Generalni sekretar Saveza energetičara
Prof. dr Dušan Gordić, v.d. Glavni i odgovorni urednik časopisa "Energija"
Sandra Alagić, Portparol ODS EPS Distribucija Beograd
Marko Popović, Direktor BBN Congress Management

Članovi:

Dr Matthias Jochem, Mitsubishi Hitachi Power System Europe GmbH, Germany
Dr Jean Rizzon, Mitsubishi Hitachi Power System Europe GmbH
Dr Patrick Weckes, Mitsubishi Hitachi Power System Europe GmbH
Prof. dr Jovica V. Milanović, The University of Manchester, Manchester Christian Kissling
Dejan Popović, Predsednik Agencije za energetiku Republike Srbije
Prof. dr Adriana Sida Manea, Politehnica-University of Timisoara, Romania
dr Ivan Souček, Prague Institute of Chemical Technology, Czech Republic
Prof. dr Miloš Banjac, pomoćnik ministra u Ministarstvu Rudarstva i energetike Republike Srbije
Prof. dr Branko Kovačević, predsednik Nadzornog odbora JP Elektroprivreda Srbije
Prof. dr Miloš Nedeljković, Mašinski fakultet u Beogradu
Prof. dr Aleksandar Gajić, Mašinski fakultet u Beogradu
Prof. dr Damir Đaković, Fakultet tehničkih nauka u Novim Sadu
prof. dr Zlate Veličković, Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu
Mirko Petković, Rafinerija ulja Modriča a.d. Modriča, Republika Srpska, BiH
Mladen Simović, direktor Energoprojekt ENTEL
Prof. dr Valentino Stojkovski, Faculty of Mechanical Engineering u Skopju, Republika
Severna Makedonija
Prof. dr Zoran Markov, Faculty of Mechanical Engineering u Skopju, Republika Severna
Makedonija
Ass. mr Marija Lazarevikj, Faculty of Mechanical Engineering u Skopju, Republika
Severna Makedonija
Prof. dr Vlatko Cingoski, Goce Delcev University of Šdr Goce Vasilievski, Rudarski institut, u
Skopju, Republika Severna Makedonija
Prof. dr Atanasko Tuneski, Faculty of Mechanical Engineering u Skopju, Republika
Severna Makedonija
dr Aleksandar Levkoski, ELEM Macedonian Power Plants u Skopju, Republika
Severna Makedonija
doc. dr Vladimir Rajs, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu
Prof. dr Neven Dujčić, Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu
Prof. dr Mirko Komatina, Mašinski fakultet u Beogradu
Prof. dr Željko Đurišić, Elektrotehnički fakultet u Beogradu
Slobodan Babić, Poslovno udruženje Elektromašingradnja, Beograd
prof. dr Mirjana Laković, Mašinski fakultet u Nišu
Prof. dr Milan Petrović, Mašinski fakultet u Beogradu
Prof. dr Dejan Ivezić, Rudarsko-geološki fakultet u Beogradu
Prof. Daniela Marasova, CSc. Technical university of Kosice Faculty of Mining, Ecology,
Czech Republic
Prof. dr Беляков Алексей Васильевич, Российская Федерация
Mr Milenko Nikolić, direktor Instituta Mihailo Pupin - Automatika, Beograd
Olga Stavskaya, Lead Engineer JSC «ZiO-COTES», Russian Federation
Prof. dr Danijela Milošević, dekan Fakulteta tehničkih nauka u Čačku
Prof. dr Milo Tomašević, dekan Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu
Prof. dr Radivoje Mitrović, dekan Mašinskog fakulteta u Beogradu
Prof. dr Dobrica Milovanović, dekan Fakulteta inženjerskih nauka u Kragujevcu
Prof. dr Ozren Očić, Savez energetičara
dr Miodrag Arsić, IMS Beograd
Prof. dr Željko Despotović, Institut Mihailo Pupin Beograd
Prof. dr Zoran Rajić, Poljoprivredni fakultet Beograd
Prof. dr Silvana Ilić, Fakultet za menadžment Zaječar
Jovica Budimir, izvršni direktor JP Srbijagas
Prof. dr Pavlović Vladimir, Rudarsko-geološki fakultet
dr Radoslav Raković, "Energoprojekt Entel" a.d. Beograd
prof. dr Martin Čalasan, Elektrotehnički fakultet Podgorica
Prof. dr Nenad Đajić, Akademija inženjerskih nauka Srbije
Prof. dr Petar Đukić, Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu
Ljubo Mačić, specijalni savetnik Ekonomskog instituta iz Beograda

HIBRIDNI BESPREKIDNI SISTEM NAPAJANJA ZA NAVODNJAVANJE POVRTARSKIH KULTURA NA PARCELI "GRABOVAC" – Obrenovac

HYBRID UNINTERRUPTED POWER SYSTEM FOR IRRIGATION OF VEGETABLE CROPS ON THE AGRICULTURAL PLOT "GRABOVAC" - Obrenovac..... 13

Željko V. DESPOTOVIĆ, Ilija STEVANOVIĆ

INTEGRISANI SISTEM ZA MONITORING I UPRAVLJANJE DATA CENTRA NAPAJANOG IZ OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

INTEGRATED SYSTEM FOR MONITORING AND MANAGEMENT OF THE DATA CENTER POWERED BY RENEWABLE ENERGY SOURCES..... 22

Ivan VUJOVIĆ, Darko ŠOŠIĆ, Željko ĐURIŠIĆ

IDEJNO REŠENJE REGIONALNOG DATA CENTRA KOD BEOGRADA NAPAJANOG IZ OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

CONCEPTUAL SOLUTION OF THE REGIONAL DATA CENTER NEAR BELGRADE THAT IS POWERED FROM RENEWABLE ENERGY SOURCES 29

Ivan VUJOVIĆ, Željko ĐURIŠIĆ

KOMPARATIVNA ANALIZA TEHNIČKIH, EKONOMSKIH I EKOLOŠKIH POKAZATELJA RAZLIČITIH MODELA PROZJUMERA SA FOTONAPONSKIM PANELIMA NA PRIMERU ZGRADE TEHNIČKIH FAKULTETA U BEOGRADU

COMPARATIVE ANALYSIS OF TECHNICAL, ECONOMIC AND ECOLOGY INDICATORS FOR DIFFERENT MODELS OF PHOTOVOLTAIC PROSUMERS – A CASE STUDY FOR TECHNICAL FACULTIES BUILDING IN BELGRADE 37

Bojana ŠKRBIĆ, Željko ĐURIŠIĆ

IZAZOVI U IZBORU INSTALIRANOG PROTOKA KOD PROTOČNE MHEC

CHALLENGES IN THE SELECTION OF INSTALLED DISCHARGE OF SMALL RUN-OFF RIVER HYDROPOWER PLANT 44

Valentino STOJKOVSKI, Zoran MARKOV, Zvonimir KOSTIKJ

ASSESSMENT OF THE POTENTIAL FOR INCREASING THE RENEWABLE ENERGY SHARE INTO DISTRICT HEATING SYSTEM BY INTEGRATION OF DECENTRALIZED SOLAR ASSISTED HEATING SYSTEMS 50

Igor SHESHO, Risto FILKOSKI, Done TASHEVSKI, Monika ULER-ZEFIK

OPTIMALNO DIMENZIONISANJE MIKROMREŽE SA OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE U SRBIJI

OPTIMAL SIZING OF MICROGRID WITH RENEWABLE ENERGY SOURCES IN SERBIA 56

Vladimir ANTONIJEVIĆ, Lazar MLAĐENOVIĆ, Goran DOBRIĆ, Mileta ŽARKOVIĆ

ANALIZA EKONOMSKE OPRAVDANOSTI INVESTIRANJA U SOLARNU ELEKTRANU SA VERTIKALNO POSTAVLJENIM BIFACIJALNIM FOTONAPONSKIM MODULIMA U PERSPEKTIVNIM USLOVIMA SLOBODNOG TRŽIŠTA

ANALYSIS OF ECONOMIC JUSTIFICATION OF INVESTING IN A SOLAR POWER PLANT WITH VERTICALLY PLACED BIFACIAL PHOTOVOLTAIC MODULES IN PERSPECTIVE LIBERALIZED MARKET CONDITIONS 63

Đorđe LAZOVIĆ, Kristina DŽODIĆ, Željko ĐURIŠIĆ

TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA PROIZVODNJE VODONIKA IZ BIODIZELA I NJEGOVE UPOTREBE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE U GORIVNIM ČELIJAMA ZA POGON ELEKTRIČNIH VOZILA

TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF HYDROGEN PRODUCTION FROM BIODIESEL AND ITS USE FOR ELECTRICITY PRODUCTION IN FUEL CELLS FOR ELECTRIC VEHICLES..... 71

Iva BATIC, Željko ĐURIŠIĆ, Miroljub BABIĆ

POBOLJŠANJE PREDIKCIJE PROIZVODNJE VETROELEKTRANA U JUŽNOM BANATU KOMBINOVANJEM POJEDINAČNIH PROGNOZA POMOĆU MODELA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

IMPROVING THE PREDICTION OF WIND POWER PLANT PRODUCTION IN SOUTH BANAT BY COMBINING INDIVIDUAL FORECASTS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODELS 78

Milica KOPRIVICA, Željko ĐURIŠIĆ

ANALIZA GREŠKE U PROGNOZI PROIZVODNJE VETROELEKTRANA U BANATU

ERROR ANALYSIS OF WIND POWER PLANTS PRODUCTION FORECAST IN BANAT 86

Milica KOPRIVICA, Željko ĐURIŠIĆ

IZRAČUNAVANJE KAPACITETA SKLADIŠTA ENERGIJE POTREBNOG ZA OSTRVSKI RAD MIKROMREŽE

CALCULATION OF THE NEEDED STORAGE CAPACITY IN THE ISLAND MICROGRID 93

Vladan RISTIĆ, Nikola RAJAKOVIĆ, Dragana VUJANOVIĆ

LABORATORIJSKA POSTAVKA SA MINIJATURNOM HORIZONTALNOM VETROTURBINOM I SINHRONIM GENERATOROM SA PERMANENTNIM MAGNETIMA

LABORATORY SETUP WITH A MINIATURE HORIZONTAL-AXIS WIND TURBINE AND PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR 101

Saša ŠTATKIĆ, Jovan VUKAŠINOVIĆ, Nebojša ARSIĆ, Žarko MILKIĆ, Aleksandar ČUKARIĆ

MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA OTPADNE DRVNE I POLJOPRIVREDNE BIOMASE U SRBIJI U KOGENERACIONIM POSTROJENJIMA

POSSIBILITIES OF USING WASTE WOOD AND AGRICULTURAL BIOMASS IN SERBIA IN COGENERATION PLANTS..... 108

Srećko ĆURČIĆ

ANALIZA ZAHTEVA ZA KORIŠĆENJE OTPADNE DRVNE I BILJNE BIOMASE U SRBIJI U ENERGETSKE SVRHE

ANALYSIS OF REQUIREMENTS FOR THE USE OF WASTE WOOD AND PLANT BIOMASS IN SERBIA FOR ENERGY PURPOSES 113

Srećko ĆURČIĆ, Milan VESKOVIĆ, Momčilo VUJIĆIĆ

NEKI ASPEKTI RADA VE U EES SRBIJE

VARIOUS ASPECTS OF OPERATION OF WIND FARMS IN SERBIAN TRANSMISSION NETWORK 118

Đorđe GOLUBOVIĆ, Jovan JOVIĆ

ODREĐIVANJE OPTIMALNOG NAGIBNOG UGLA FOTONAPONSKIH PANELA UZ UVAŽAVANJE EFEKTA SENKI U FOTONAPONSKIM SISTEMIMA

DETERMINING THE OPTIMAL TILT ANGLE OF PHOTOVOLTIC PANELS CONSIDERING THE SHADING EFFECT IN PHOTOVOLTIC SYSTEMS 124

Nikola KRSTIĆ, Dardan KLIMENTA, Dragan TASIĆ, Dragana RADOSAVLJEVIĆ

DA LI JE PRAVO VREME ZA IZGRADNJU VELIKE SOLARNE ELEKTRANE U SRBIJI

IS IT THE RIGHT TIME FOR BUILDING A LARGE SOLAR POWER PLANT IN SERBIA 133

Nikola RAJAKOVIĆ

KONVENCIONALNA ENERGETIKA I NJENO SUOČAVANJE SA ENERGETSKOM TRANZICIJOM; POVEZIVANJE ELEKTROENERGETSKOG SEKTORA SA SEKTORIMA GREJANJA, TRANSPORTA I INDUSTRIJE; MULTISEKTORSKI ZADACI U OBLASTI UNAPREĐENJA ŽIVOTNE SREDINE NA PUTU REPUBLIKE SRBIJE PREMA EU

ANALIZA POTENCIJALA ZA UVOĐENJE SISTEMA PAMETNIH MREŽA NA PODRUČJU BIH

ANALYSIS OF THE POTENTIAL FOR THE INTRODUCTION OF SMART GRID SYSTEMS IN BIH..... 144

Jasmina IMAMOVIĆ, Sanda MIDŽIĆ KURTAGIĆ, Esmā MANIĆ

PAMETNA I SOCIJALNO ODGOVORNA ENERGETSKA TRANZICIJA U REGIONIMA SA INTENZIVNOM EKSPLOATACIJOM UGLJA

SMART AND SOCIALLY RESPONSIBLE ENERGY TRANSITION IN COAL INTENSIVE REGIONS 149

Jasmina MANDIĆ LUKIĆ, Đorđina MILOVANOVIĆ, Maja STIPIĆ, Sanja PETROVIĆ BEĆIROVIĆ, Radoslav RAKOVIĆ, Brankica POPOVIĆ ZDRAVKOVIĆ, Miodrag ŽIVOTIĆ

PRIMENA PRIRODNOG GASA ZA GREJANJE (PRIMER OBJEKATA NA DELU TERITORIJE GRADA I.SARAJEVO)

APPLICATION OF NATURAL GAS FOR HEATING (ON EXAMPLE OF OBJECTS WITHIN PARTS OF THE CITY OF E.SARAJEVO)..... 156

Tanja KORDIĆ, Srđan VUKČEVIĆ, Sladoje GAVRO

MOGUĆNOST KORIŠĆENJA TOPLOTNIH PUMPI SA OTPADNOM TOPLOTOM IZ POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA KAO TOPLOTNIM IZVOROM

POSSIBILITIES FOR UTILIZATION OF WASTE HEAT FROM WASTEWATER TREATMENT PLANTS BY HEAT PUMPS 162

Dejan IVEZIĆ, Marija ŽIVKOVIĆ, Boban PAVLOVIĆ, Aleksandar MADŽAREVIĆ

REKONSTRUKCIJA TRANSFORMATORSKE STANICE 35/10KV U SPOLJAŠNJE RAZVODNO POSTROJENJE 20 KV

RECONSTRUCTION OF SUBSTATION 35/10KV IN AN EXTERNAL 20 KV DISTRIBUTION PLANT 167

Srbislav SARIĆ, Biljana SARIĆ

ODRŽIVI RAZVOJ ENERGETIKE SA ASPEKTA SMANJENJA UTICAJA NA KLIMATSKE PROMENE, NA PUTU REPUBLIKE SRBIJE PREMA EVROPSKOJ UNJI

SUSTAINABLE ENERGY DEVELOPMENT FROM THE ASPECT OF REDUCING THE IMPACT ON CLIMATE CHANGE, ON THE ROAD OF THE REPUBLIC OF SERBIA TOWARDS THE EUROPEAN UNION..... 172

Dragana BARJAKTAREVIĆ, Željko MARKOVIĆ, Aca MARKOVIĆ

MULTIKRITERIJUMSKE METODE I KRITERIJUMI ZA SELEKCIJU OIE PROJEKATA: KRATKI PRIKAZ

MULTICRITERIA DECISION-MAKING METHODS AND CRITERIA FOR SELECTION OF RENEWABLE ENERGY PROJECTS: A BRIEF OVERVIEW 180

Bojan STOJČETOVIĆ, Milan MIŠIĆ, Živče ŠARKOČEVIĆ

MULTISEKTORSKI PRISTUP U TANZICIJI PREMA NISKOUGLJIČNOM RAZVOJU I CILJEVIMA ZELENOG AKCIJSKOG PLAN EU – ISKUSTVA U REPUBLICI HRVATSKOJ

MULTISECTORAL APPROACH IN TRANSITION TO LOW - CARBON DEVELOPMENT AND GOALS OF THE EU GREEN ACTION PLAN - EXPERIENCES IN THE REPUBLIC OF

CROATIA 187

Vladimir JELAVIĆ, Valentina DELIJA RUŽIĆ

MOGUĆNOST PRIMENE ADSORBENATA NA BAZI KOTLOVSKOG PEPELA ZA UKLANJANJE ANTIBIOTIKA IZ OTPADNIH VODA

POSSIBILITY OF APPLICATION OF ADSORBENTS BASED ON BOILER ASH FOR REMOVAL OF ANTIBIOTICS FROM WASTEWATER 193

Zlate VELIČKOVIĆ, Zoran BAJIĆ, Ljubomir GIGOVIĆ, Radovan KARKALIĆ, Maja ĐOLIĆ, Milica KARANAC, Aleksandar MARINKOVIĆ

GEOPROSTORNO MODELOVANJE KONCENTRACIJE TEŠKIH METALA U OKOLINI TERMOELEKTRANA

GEOSPATIAL MODELING OF HEAVY METAL CONCENTRATION NEARBY THERMAL PLANT 198

Ljubomir GIGOVIĆ, Siniša DROBNJAK, Nenad GALJAK, Zlate VELIČKOVIĆ

ZNAČAJ MONITORINGA KVALITETA VODE U JEZERIMA HIDROELEKTRANA

THE SIGNIFICANCE OF MONITORING OF WATER QUALITY IN HYDROPOWER LAKES 203

Vladana RAJAKOVIĆ-OGNJANOVIĆ, Tina DAŠIĆ

ELEKTROENERGETSKE MREŽE I TRŽIŠTA U ENERGETICI

REKONFIGURACIJA DISTRIBUTIVNE MREŽE I OTOČNA KOMPENZACIJA UZ PRISUSTVO VETRO GENERATORA

DISTRIBUTION NETWORK RECONFIGURATION AND CAPACITOR SWITCHING IN THE PRESENCE OF WIND GENERATORS..... 207

Branko STOJANOVIĆ, Tomislav RAJIĆ

PRIMENA MONTE KARLO SIMULACIJE PRI PRORAČUNU RIZIKA ULAGANJA U PROJEKAT PRENOSNE MREŽE

APPLICATION OF MONTE CARLO SIMULATION IN THE CALCULATION OF INVESTMENT RISK IN THE TRANSMISSION NETWORK PROJECT..... 215

Biljana TRIVIĆ, Goran DOBRIĆ

ODREĐIVANJE OPTIMALNIH GODINA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA ENERGETSKOG TRANSFORMATORA KORIŠĆENJEM GENETIČKOG ALGORITMA	
DETERMINING THE OPTIMAL YEARS OF PREVENTIVE MAINTENANCE OF A POWER TRANSFORMER USING A GENETIC ALGORITHM	220
Biljana TRIVIĆ, Jelisaveta KRSTIVOJEVIĆ	
ANALIZA VREMENA ISPITIVANJA I GREŠKE OČITAVANJA PAMETNIH BROJILA ELEKTRIČNE ENERGIJE U ZAVISNOSTI OD NJIHOVOG PODEŠENJA	
ANALYSIS OF TEST TIME AND READING ERRORS OF SMART ELECTRICITY METERS DEPENDING ON THEIR SETTING	226
Đorđe DUKANAC	
VERIFIKACIJA MODELA DISTRIBUIRANIH ENERGETSKIH RESURSA ZA PRORAČUNE KRATKIH SPOJEVA MIKROMREŽA	
VERIFICATION OF DISTRIBUTED ENERGY RESOURCE MODELS FOR MICROGRID FAULT CALCULATIONS	233
Luka STREZOSKI, Nikola SIMIĆ, Simiša SIMIĆ	
KOREKCIJA ODREĐIVANJA POLOŽAJA REGULACIONE PREKLOPKE IZ STRUJA I NAPONA PRIMARA I SEKUNDARA PO SNIMLJENIM VREDNOSTIMA POJEDINAČNOG TRANSFORMATORA	
CORRECTION OF DETERMINING THE POSITION OF THE ON LOAD TAP CHANGER FROM THE PRIMARY AND SECONDARY CURRENTS AND VOLTAGES ACCORDING TO THE RECORDED VALUES OF THE INDIVIDUAL TRANSFORMER	239
Siniša SPREMIĆ, Dušan OBRADOVIĆ	
BUDUĆA REVERZIBILNA HIDROELEKTRANA U SRBIJI – NJENA ULOGA U OPTIMIZACIJI RADA PROIZVODNIH KAPACITETA I PRELIMINARNA ANALIZA ISPLATIVOSTI	
FUTURE PUMPED HYDRO ENERGY STORAGE POWER PLANT IN SERBIA - ITS ROLE IN OPTIMIZATION OF PRODUCTION CAPACITIES OPERATION AND PRELIMINARY FEASIBILITY ANALYSIS	244
Vladimir ŠILJKUT, Radoš ČABARKAPA, Miroslav TOMAŠEVIĆ, Danilo KOMATINA	
UTICAJ TRŽIŠNIH CENA ELEKTRIČNE ENERGIJE NA ISPLATIVOST BUDUĆE REVERZIBILNE HIDROELEKTRANE U SRBIJI	
THE IMPACT OF ELECTRICITY MARKET PRICES TO THE FEASIBILITY OF THE FUTURE PUMPED HYDRO ENERGY STORAGE POWER PLANT IN SERBIA	253
Radoš ČABARKAPA, Vladimir ŠILJKUT, Danilo KOMATINA, Miroslav TOMAŠEVIĆ	
REKONFIGURACIJA DISTRIBUTIVNE MREŽE PRIMENOM METODE POMERAJUĆEG REGISTRA OTVORENIH PREKIDAČA	
DISTRIBUTION NETWORK RECONFIGURATION USING THE OPEN SWITCH MOVING REGISTER METHOD	261
Darko ŠOŠIĆ, Tomislav RAJIĆ, Branko STOJANOVIĆ	
IMPLEMENTACIJA I RAZVOJ PRAVILA ZA PRIKLJUČENJE GENERATORSKIH JEDINICA KOJE SU PREKO INVERTORA POVEZANE NA MREŽU	
IMPLEMENTATION AND DEVELOPMENT OF CONNECTION REQUIREMENTS FOR INVERTER BASED GENERATION UNITS	267
Stanko JANKOVIĆ, Bojan IVANOVIĆ	

VIŠESTEPENA BRZA REGULACIJA FREKVENCIJE U ELEKTROENERGETSKIM SISTEMIMA SA NERAVNOMERNOM DISTRIBUCIJOM INERCIJE	
MULTISTAGE FAST FREQUENCY CONTROL IN POWER SYSTEMS WITH UNEVEN DISTRIBUTION OF INERTIA.....	272
Jelena STOJKOVIĆ, Predrag STEFANOV	
TRŽIŠTE ELEKTRIČNE ENERGIJE U REPUBLICI SRPSKOJ I BOSNI I HERCEGOVINI – PREGLED I ANALIZA U 2020. GODINI	
INTERNAL ELECTRICITY MARKET IN REPUBLIKA SRPSKA AND BOSNIA AND HERZEGOVINA – AN OUTLOOK AND ANALYSIS FOR 2020.....	279
Dunja MIRJANIĆ, Tihomir DABOVIĆ, Željko MARKOVIĆ	
ENERGETSKA EFIKASNOST (DOMAĆINSTVA, KOMUNALNI SEKTOR, INDUSTRIJA, ZGRADARSTVO,..)	
REALIZACIJA BESPREKIDNOG NAPAJANJA KOMANDNO-UPRAVLJAČKOG CENTRA U SISTEMU ZA OSMATRANJE, OBAVEŠTAVANJE I UZBUNJIVANJE (OOIU)	
THE REALIZATION OF UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY FOR COMMAND-CONTROL CENTER OF EMERGENCY AND NOTIFICATION WARNING SYSTEM	286
Marko TAJDIĆ, Željko V. DESPOTOVIĆ, Jovan KON	
PRAKTIČNA PRIMENA MENADŽMENTA ZAŠTITOM ŽIVOTNE SREDINE I ENERGETSKOG MENADŽMENTA U EP ENTEL	
PRACTICAL APPLICATION OF ENVIRONMENTAL AND ENERGY MANAGEMENT IN EP ENTEL	296
Radoslav RAKOVIĆ	
ANALIZA IMPLEMENTACIJE AKUMULATORA TOPLOTE,U TE–TO NOVI SAD I U TE-TO ZAGREB	
ANALYSIS OF HEAT ACCUMULATOR IMPLEMENTATION IN TE-TO NOVI SAD AND IN TE-TO ZAGREB.....	301
Saša MALEŠEVIĆ, Mladen AMIDŽIĆ, Nevenko HLADKI, Goran VULETA, Željko SAJKO, Arben ABRASHI	
PROGRAM ENERGETSKE EFIKASNOSTI HIP-PETROHEMIJA PANČEVO	
ENERGY EFFICIENCY PROGRAM OF HIP-PETROHEMIJA PANCEVO.....	309
Biljana SUSLOV	
KONCEPT KORIŠĆENJA MINI SOLARNIH CENTRALA U DOMAĆINSTVIMA	
THE CONCEPT OF USE OF MINI PV SYSTEMS IN HOUSEHOLDS	315
Miodrag VUKOVIĆ	
POSTUPAK PROJEKTOVANJA PV PUMPNIH SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE SA MOTOROM JEDNOSMERNE STRUJE I FIKSNIM PV PANELIMA NA OSNOVU ISTORIJSKIH PODATAKA O KLIMI SA METEOROLOŠKIH ONLINE SERVISIA	
A PROCEDURE FOR DESIGNING PV-POWERED DC WATER PUMPING SYSTEMS WITH FIXED PV PANELS BASED ON THE HISTORIC WEATHER DATA FROM METEOROLOGICAL ONLINE SERVICES	320
Dardan KLIMENTA, Dragan TASIĆ, Nikola KRSTIĆ, Dragana RADOSAVLJEVIĆ	

**EDUKACIJA I OBUKA U OBLASTI KORIŠĆENJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE-
PRAKTIČNI PRIMER REALIZACIJE U STŠ „MIHAJLO PUPIN“-KULA**

**EDUCATION AND TRAINING IN THE FIELD OF USING RENEWABLE ENERGY SOURCES-
A PRACTICAL EXAMPLE OF IMPLEMENTATION IN SECONDARY TECHNICAL SCHOOL
"MIHAJLO PUPIN" -KULA 329**

Željko V. DESPOTOVIĆ, Miloš D. JOVANOVIĆ, Ilija STEVANOVIĆ, Aleksandar RODIĆ, Marjan LJ.
IVANOV

**METODE PROJEKTOVANJA PID REGULATORA ZA PROBLEM REGULACIJE
UČESTANOSTI I AKTIVNIH SNAGA**

**METHODS OF DESIGNING PID CONTROLLERS FOR THE PROBLEM OF FREQUENCY AND
ACTIVE POWER CONTROL 339**

Velemir GAVRILOVIĆ, Željko STANOJEVIĆ

**INTEGRITET ZAVARENIH SPOJEVA CEVI ZA OPREMU POD PRITISKOM IZRAĐENIH OD
TOPLO VALJANOG SITNOZRN OG ČELIKA**

**WELDED JOINTS INTEGRITY OF THE PRESSURE VESSELS PIPES MADE OF HOT ROLLED
FINE-GRAINED STEEL 346**

Miodrag ARSIĆ, Vencislav GRABULOV, Srđan BULATOVIĆ, Mladen MLADENOVIĆ, Zoran SAVIĆ

**LAMELARNO CEPANJE OSNOVNOG MATERIJALA I DEGRADACIJE ZAVARENIH
SPOJEVA NA VITALNIM ZAVARENIM KONSTRUKCIJAMA**

**LAMELLAR TEARING OF PARENT MATERIAL AND DEGRADATION OF WELDED JOINTS
AT VITAL WELDED STRUCTURES 351**

Miodrag ARSIĆ, Vencislav GRABULOV, Srđan BULATOVIĆ, Mladen MLADENOVIĆ, Zoran SAVIĆ

**UTICAJ PROGRAMIRANE PROMENE FAZNOG STAVA STRUJE NA SPECIFIČNU SILU
CILINDRIČNIH LINEARNIH MOTORA SA STALNIM MAGNETIMA**

**INFLUENCE OF A PROGRAMMED CHANGE OF THE CURRENT PHASE ANGLE ON
SPECIFIC FORCE OF TUBULAR PERMANENT MAGNET LINEAR MOTORS 355**

Žarko KOPRIVICA, Dragan MIHIĆ

**3D MODELIRANJE U FUNKCIJI ISPITIVANJA KAVITACIONIH OŠTEĆENJA NA
HIDROELEKTRANAMA**

**3D MODELING IN THE FUNCTION OF CAVITATION DAMAGE TESTING AT
HYDROPOWER PLANTS 360**

Vujadin ALEKSIĆ, Bojana ZEČEVIĆ, Srđan BULATOVIĆ, Ana MAKSIMOVIĆ, Ljubica MILOVIĆ

**KRATKOROČNO PREDVIĐANJE VIBRACIONOG PONAŠANJA FRANSIS TURBINE NAKON
VIŠEDEцениJSKE EKSPLOATACIJE**

**SHORT-TERM PREDICTION OF FRANCIS TURBINE VIBRATION BEHAVIOR AFTER
DECADES OF OPERATION 364**

Jovana PETROVIĆ, Ivan BOŽIĆ

**MODELIRANJE I IZRADA PELTON TURBINE SA DVA MLAZNIKA ZA POTREBE
NOVOFORMIRANE LABORATORIJSKE INSTALACIJE**

**MODELING AND MANUFACTURE OF PELTON TURBINE WITH TWO NOZZLES FOR THE
NEWLY FORMED LABORATORY INSTALLATION 369**

Predrag KNEŽEVIĆ, Ivan BOŽIĆ, Bogdan RISTIĆ

LOCIRANJE PARCIJALNIH PRAŽNENJA U ENERGETSKOM TRANSFORMATORU PRIMENOM UHF TEHNIKE	
LOCATING PARTIAL DISCHARGES IN A POWER TRANSFORMER USING UHF TECHNIQUE	374
Đorđe DUKANAC	
NESTACIONARNO STRUJANJE TEČNOSTI KOD PARALELNOG CEVOVODU KONSTRUISAN OD CEVI SA RAZLIČITIM MATERIJALOM	
TRANSIENT FLUID FLOW IN PARALLEL PIPELINE DESIGNED OF PIPE WITH DIFFERENT MATERIAL	380
Marija LAZAREVIKJ, Viktor ILIEV, Valentino STOJKOVSKI	
NADOGRADNJA SISTEMA ZA HLAĐENJE VODOM SA MOGUĆNOSTIMA ISPIRANJA UPGRADING THE WATER COOLING SYSTEM WITH FLUSHING POSSIBILITIES	388
Valentino STOJKOVSKI, Viktor ILIEV, Filip STOJKOVSKI	
UTICAJ POJEDINIH KONSTRUKCIJSKIH PARAMETARA RADIJALNIH SPROVODNIH LOPATICA NA NJIHOVE HIDRAULIČKE PERFORMANSE U FRANCISOVIM TURBINAMA S PROMJENJIVOM BRZINOM	
INFLUENCE OF PARTICULAR DESIGN PARAMETERS OF RADIAL GUIDE VANE CASCADES ON THEIR HYDRAULIC PERFORMANCE AT VARIABLE SPEED OPERATED FRANCIS TURBINES.....	396
Filip STOJKOVSKI, Zoran MARKOV	
SIMULACIJA I OTSTRANJIVANJE STIK-SLIP EFEKTA SERVOSISTEMA SPROVODNOG APARATA HIDRAULIČNE TURBINE	
SIMULATION AND REMOVAL OF STICK-SLIP EFFECT ON A WICKET GATE HYDRAULIC SERVOMECHANISM	402
Darko BABUNSKI, Emil ZAEV, Atanasko TUNESKI, Laze TRAJKOVSKI, Radmila KOLEVA	
ODREĐIVANJE PROTOKA VAZDUHA U PRAVOUGAONOM ZATVORENOG KANALA PRINCIPOM IZRAČUNAVANJA PROFILA BRZINE	
DETERMINATION OF AIR FLOW RATE IN A RECTANGULAR CLOSED CONDUIT BY PRINCIPLE OF VELOCITY-AREA METHOD	408
Marija LAZAREVIKJ, Valentino STOJKOVSKI, Viktor ILIEV	
MATEMATIČKO MODELIRANJE PROCESA ZALEĐIVANJA DALEKOVODA TOKOM LEDENE KIŠE	
MATHEMATICAL MODELLING OF POWER LINES ICING PROCESSES DURING ICY RAIN.....	415
Miloš BANJAC, Marija VASILEV	
PRIMENA SUVE METODE X-RAY SENZORSKOG SORTIRANJA /PREČIŠĆAVANJA UGLJA- LIGNITA SA POVRŠINSKOG KOPA UGLJA „GACKO“	
APPLICATION OF DRY METHOD OF X-RAY SENSOR SORTING / ENRICHMENT OF LIGNITE FROM OPEN PIT OF COAL "GACKO"	422
Aca JOVANOVIĆ, Mile BUGARIN, Miodrag ŠEŠLIJA	

RAZVOJ ENERGETIKE KAO KLJUČNA DETERMINANTA PRIVREDNOG RAZVOJA REPUBLIKE SRBIJE

ENERGY DEVELOPMENT AS A KEY DETERMINANT OF ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE REPUBLIC OF SERBIA 428

Silvana ILIĆ, Tanja PETROVIĆ, Ljubiša STAJIĆ

ULOGA I ZNAČAJ ZAJEDNICA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U ENERGETSKOJ TRANZICIJI

THE ROLE AND IMPORTANCE OF RENEWABLE ENERGY COMMUNITIES IN THE ENERGY TRANSITION 432

Goran RIMAC

UTICAJ PANDEMIJE VIRUSA COVID-19 NA PRAVEDNOST ENERGETSKE TRANZICIJE DRŽAVA U RAZVOJU

EFFECTS OF COVID-19 ON THE JUST ENERGY TRANSITION OF THE DEVELOPING

COUNTRIES 438

Miroslav PAROVIĆ

DA LI NAM TREBA VIŠE AMBICIJE ZA TRANZICIJU NA OBNOVLJIVE IZVORE U SRBIJI? TEMELJI UPRAVLJANJA I PLANIRANJA ENERGIJE

DO WE NEED MORE AMBITION FOR THE RENEWABLE ENERGY TRANSITION IN SERBIA? FOUNDATIONS OF ENERGY GOVERNANCE AND PLANNING 446

Varvara ALEKSIĆ, Ilija BATAS BJELIĆ

DALJI RAZVOJ ENERGETSKOG SEKTORA U REPUBLICI SRBIJI SA ASPEKTA NOVIH PROPISA EU „PAKET ČISTE ENERGIJE ZA SVE EVROPLJANE“

FURTHER DEVELOPMENT OF THE ENERGY SECTOR IN THE REPUBLIC OF SERBIA FROM THE ASPECT OF NEW EU REGULATIONS "CLEAN ENERGY FOR ALL EUROPEANS" 455

Dragana BARJAKTAREVIĆ, Željko MARKOVIĆ, Aca MARKOVIĆ

KAKVA ENERGETSKA TRANZICIJA MOŽE DOVESTI DO USPOSTAVE CILJEVA ZELENE EKONOMIJE NA ZAPADNOM BALKANU

WHAT KIND OF ENERGY TRANSITION CAN LEAD TO THE ESTABLISHMENT OF GREEN ECONOMY GOALS IN THE WESTERN BALKANS..... 461

Džemal HADŽIOSMANOVIĆ

METODOLOGIJA ZA PRIORITIZACIJU INVESTICIONIH PROJEKATA

METHODOLOGY FOR PRIORITISING INVESTMENT PROJECTS 472

Miljan ŽIKIĆ, Vladan RISTIĆ, Vojislav SIMOVIĆ

IMPLEMENTACIJA EU ETS PROPISA NA ZAPADNOM BALKANU

IMPLEMENTING EU ETS REGULATION IN WESTERN BALKAN 477

Zinaida DIMITRIJEVIĆ

KOVID-KRIZE KAO IZAZOV ZA STRUKTURNE PROMENE U ENERGETICI - NA GLOBALNOM I NACIONALNOM NIVOU

COVID CRISIS AS THE CHALLENGE FOR THE STRUCTURAL CHANGES OF ENERGY SECTOR - GLOBAL AND NATIONAL LEVEL 483

Petar ĐUKIĆ, Slaviša ĐUKANOVIĆ

ZELENA ENERGETIKA KAO OSNOVA RAZVOJA ZELENE EKONOMIJE	
GREEN ENERGY AS A BASIS OF THE GREEN ECONOMY.....	491
Gordana KOKEZA	
NEOPHODNOST ZAKONSKOG REGULISANJA MERILA, POSTUPKA MERENJA I IZRAŽAVANJA MERNE NESIGURNOSTI PRI MERENJU TEMPERATURE U ELEKTROENERGETSKIM SISTEMIMA	
NECESSITY OF LEGAL REGULATION OF METERS, MEASUREMENT PROCEDURE AND EXPRESSION OF MEASUREMENT UNCERTAINTY WHEN MEASURING TEMPERATURE IN ELECTRIC POWER SYSTEMS.....	496
Dragan BRAJOVIĆ, Predrag OSMOKROVIĆ, Dušan NIKEZIĆ	
MODELIRANJE EKONOMSKOG RASTA U PROCESU ODRŽIVE ENERGETSKE TRANZICIJE	
MODELING ECONOMIC GROWTH IN THE PROCESS OF SUSTAINABLE ENERGY TRANSITION	503
Džemal HADŽIOSMANOVIĆ	
ENERGETSKA POLITIKA KAO FAKTOR ODRŽIVOG RAZVOJA	
ENERGY POLICY AS A FACTOR OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT	513
Dejan MOLNAR, Gojko RIKALOVIĆ, Bojan VRAČAREVIĆ	
PRAVNI ASPEKTI TRGOVINE PRAVA NA EMISIJE UGLJEN DIOKSIDA U REPUBLICI SRBIJI	
LEGAL ASPECTS OF CARBON DIOXIDE EMISSIONS RIGHTS TRADING IN THE REPUBLIC OF SERBIA	521
Miloš KUZMAN	

Značaj monitoringa kvaliteta vode u jezerima hidroelektrana

The Significance of Monitoring of Water Quality in Hydropower Lakes

Vladana N. Rajaković-Ognjanović*, Tina Dašić*

* Institut za hidrotehniku i vodno-ekološko inženjerstvo, Bulevar kralja Aleksandra 73, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Tel/fax: 011 3218 558, E-mail: vladana@grf.bg.ac.rs

Abstrakt- Pri planiranju akumulacionih hidroelektrana, važan segment je i adekvatan monitoring kvaliteta vode. Uz odgovarajući monitoring program omogućava se višenamensko korišćenje veštačkih jezera. Eutrofikacija vode u jezeru je fenomen koji je prisutan kod svih jezera. Posledica eutrofikacije jeste ugroženost akvatičnog ekosistema. Eutrofikacija je fenomen koji nastaje kao odgovor akvatičnog ekosistema na povećanu koncentraciju nutrijenata, fosfora (P) i azota (N), usled prirodnih i antropogenih aktivnosti. Pored osnovnih, klasičnih pokazatelja kvaliteta vode koji su u korelaciji sa eutrofikacijom najnovija istraživanja pokazuju da su jezera sve više izložena eutrofikaciji usled klimatskih promena i opšte prisutnog zagađenja životne sredine. U ovom radu prikazani su rezultati analize kvaliteta vode reke Komarnice, u Crnoj Gori na kojoj se planira izgradnja akumulacione pribranske HE Komarnica. Ključni zaključci istraživanja su: uvesti monitoring (permanentnu kontrolu) kvaliteta vode u jezerima kako bi se što uspešnije kontrolisala i sprečila eutrofikacija. Izuzetno je važno razumeti da ne postoji jedinstvena jednačina ili formula koja bi mogla da važi za monitoring svih jezera. Svako jezero ima svoje jedinstvene karakteristike. Zavisnost hlorofila, koncentracije fosfora i zapremine jezera menja se u zavisnosti od meseca, sezone i godine. Predlog za monitoring kvaliteta vode na jezeru koje će biti izgrađeno na Komarnici, koje predstavlja deo sistema buduće hidroelektrane je mesečno praćenje koncentracije hlorofila, nutrijenata i zapremine jezera. Sezonsko praćenje zavisi od padavina, hidroloških i limnoloških karakteristika i trendova sušnih i kišnih epizoda. Analize i dosadašnja istraživanja su pokazala da uvođenje obaveznih parametara za praćenje kvaliteta vode ne poskupljuje proizvodnju električne energije i očuvanje energije, a značajno poboljšava i unapređuje kvalitet životne sredine.

Ključne reči- monitoring, kvalitet vode, eutrofikacija, hidroelektrane.

Abstract: When planning the construction of a hydroelectric power plant, an important segment is adequate monitoring of water quality. With an appropriate monitoring program, the multifunctional use of artificial lakes is enabled. Eutrophication (nutrient over-enrichment) of water in a lake is a phenomenon that has been noticed in all lakes. The consequence of eutrophication is the endangerment of the aquatic ecosystem. Eutrophication is a phenomenon that occurs as a response of the aquatic ecosystem to the increased concentration of nutrients, phosphorus (P) and nitrogen (N), due to natural and anthropogenic activities. Recent research indicates a correlation between local climate change and water circulation and the impact of climate change on all phenomena in the hydrological cycle. Temperature fluctuations, huge amounts of rain when precipitation is analysed, constant heating and increase in humidity all affect more intense eutrophication. The key conclusions of the research dealing with the construction of the hydroelectric power plant in Komarnica are: to introduce monitoring (permanent control) of water quality in lakes in order to minimize or control, even prevent eutrophication. Each artificial lake has its own unique characteristics. The dependence of chlorophyll, phosphorus and lake volume varies depending on the month, season and year. The proposal for the lake that will be built on Komarnica, which is part of the future hydroelectric power plant, is a monthly monitoring of the concentration of chlorophyll, nutrients and the volume of the lake. Seasonal monitoring depends on precipitation, hydrological and limnological characteristics and trends of dry and rainy episodes. Analyzes and previous research have shown that the introduction of mandatory parameters for monitoring water quality does not increase the cost of electricity production and energy conservation, but significantly improves and enhances the quality of the environment.

Index terms: monitoring, water quality, eutrophication, hydropower plants.

I. UVOD

Eutrofikacija jezerskih voda fenomen je koji je prisutan kod svih jezera (veštačkih i prirodnih), a posebno je važna sa aspekta uticaja na kvalitet vode jer od dobrog kvaliteta vode zavisi mogućnost korišćenja akumulacije za planirane namene. Proces eutrofikacije posledica je činjenice da su jezera (akumulacije) otvoreni dinamički ekosistemi u kojima se odvijaju sukcesivne promene sastava biocenoze dok se ne uspostavi neko ravnotežno (klimaksno) stanje, u kome je biocenoza stabilizovana i u ravnoteži sa biotopom [1, 2]. Nivo trofičnosti na kom će se uspostaviti ravnotežno stanje zavisi od različitih parametara kao što su: klimatski, hidrogeološki, morfometrijske karakteristike jezera (akumulacije), karakteristike sliva (vegetacija, gustina naseljenosti, način korišćenja sliva), antropogeni uticaji i drugi. Ključni parametar, prema brojnim istraživanjima, je koncentracija nutrijenata koji dospevaju u jezero. Od nutrijenata posebno se ističu koncentracija fosfora (P) i azota (N). Navedeni nutrijenti predstavljaju hranljivu materiju za alge (fitoplankton) i vodene biljke i veća koncentracija azota i fosfora uzrokuje prekomerni rast i razmnožavanje fitoplanktona i akvatičnog bilja. Bujanje prve karike u lancu ishrane, dolazi do porasta brojnosti i biomase i viših nivoa akvatičnih organizama (zooplankton, ribe i ostala vodena fauna). Životni procesi kao što su disanje, ekskrecija i izumiranje dalje dovode do narušavanje kvaliteta vode (smanjuje se providnost i koncentracija rastvorenog kiseonika, a povećava se HPK, BPK, pH vrednost), jezero stari, odnosno pogoršava se njegovo trofičko stanje.

U prvim godinama nakon punjenja, akumulacije predstavljaju mlade ekosisteme, sa malim brojem biljnih i životinjskih vrsta i malom biomasom i uglavnom se nalaze u oligotrofnom stanju (stanju najboljeg kvaliteta). Vremenom, u jezeru dolazi do sukcesivnih promena koje u velikoj meri zavise od količine hranljivih materija koje dospevaju iz spoljašnje sredine. Permanentnim praćenjem parametara kvaliteta vode moguće je pravovremeno reagovati i preduzeti odgovarajuće mere kako bi se kvalitet vode u akumulaciji održao na zahtevanom nivou. Za kontrolu eutrofikacije potrebno je pratiti i meriti koncentracije nutrijenata (obavezno meriti ukupnu koncentraciju azota (N_{tot}) i fosfora (P_{tot})), koncentraciju hlorofila, prozračnost vode merenjem dubine pomoću seki diska (SD) i hemijsku potrošnju kiseonika (HPK) [3, 4].

II. OCENA STEPENA TROFIČNOSTI

Za ocenu stepena trofičnosti jezera moraju biti poznati i usvojeni određeni standardi. Najčešće se koristi i primenjuje Karlsonov standard o indeksu trofičnosti, mada postoje i druge klasifikacije [3]. Vrednosti koje definišu trofičnost jezera prema ovom standardu prikazane su u tabeli 1 [4]. U prvoj koloni je opisno prikazan stepen trofičnosti, a u drugim kolonama date su vrednosti parametara koje definišu odgovarajući stepen trofičnosti. Za sve navedene parametre (ukupna koncentracija fosfora i azota, koncentracija hlorofila i hemijska potrošnja kiseonika) sa većom vrednošću raste i stepen eutrofikacije jezera. Samo za parametar kojim se određuje prozračnost jezera seki diskom je obrnuto proporcionalna zavisnost. Što je veća prozračnost vode to je trofičnost jezera manja.

Pored osnovnih, klasičnih pokazatelja kvaliteta vode koji su u korelaciji sa eutrofikacijom najnovija istraživanja pokazuju da su jezera sa hladnom vodom, na visokoj nadmorskoj visini, izložena eutrofikaciji usled klimatskih promena i opšte prisutnog zagađenja životne sredine. U studiji koju je grupa kinsekih istraživača objavila [5] istaknuta je zavisnost između lokalnih klimatskih promena i kruženja vode i uticaja klimatskih promena na sve pojave u hidrološkom ciklusu. Promena (fluktuacija) temperature, anomalije (ogromne količine kiše) koje se javljaju kod analiza padavina, uz konstantno zagrevanje i porast vlage ukazale su da su svi navedeni faktori značajni za eutrofikaciju. Studija je ukazala na sledeće: jezera na visokoj nadmorskoj visini u kojima je hladna voda, kod kojih je antropogeno zagađenje skoro zanemarljivo izložena su klimatskim promenama i utiču na stepen trofičnosti (podstiču eutrofikaciju) jezerske vode [5].

Tabela 1 Standardne vrednosti za ocenu stepena trofičnosti jezera [4]

Stepen eutrofikacije	Sadržaj hlorofila (mg/m^3)	P_{tot} (mg/m^3)	N_{tot} (mg/m^3)	HPK (mg/L)	SD (m)
Oligotrofno	0-1,0	0-2,5	0-30	0-0,3	5,0-10,0
Slabo mezotrofno	1,0-2,0	2,5-5,0	30-50	0,3-0,4	1,5-5,0
Mezotrofno	2,0-4,0	5,0-25	50-300	0,4-2,0	1,0-1,5
Izraženo mezotrofno	4,0-10,0	25-50	300-500	2,0-4,0	0,4-1,0
Eutrofno	10,0-65	50-200	500-2000	4,0-10	0,3-0,4
Hipereutrofno	65,0-100	200-600	2000-6000	10,0-25	0-0,3

Da bi se kvalitet vode u budućoj akumulaciji mogao predvideti i modelirati neophodno je poznavanje parametara kvaliteta vodotoka koji se pregrađuje, odnosno na kome će biti formirana akumulacija. Dobar kvalitet vode u vodotoku, posebno niska koncentracija nutrijenata, povoljni su pokazatelji koji ukazuju na malu mogućnost razvoja eutrofikacionih procesa. U suprotnom, ako parametri kvaliteta nisu povoljni, potrebno je preduzeti odgovarajuće mere na slivu, već u periodu planiranja sistema i njegove izgradnje, kako bi se kvalitet vode doveo do zadovoljavajućih vrednosti. Dobar primer takvih aktivnosti je sliv reke Komarnice, na kojoj se planira izgradnja akumulacione hidroelektrane. U naselju Šavnik, koje će se nalaziti na rubu buduće akumulacije, izgrađeno je postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda, kako bi kvalitet vode u reci bio što višeg kvaliteta.

Rezultati dobijeni nakon analize uzoraka vode duž toka reke Komarnice prikazani su u tabeli 2. Svi parametri, odnosno svi dobijeni rezultati ukazuju da vode na ispitivanim mernim mestima odgovaraju klasi vode koja se u prirodnom stanju može koristiti za piće, uz eventualnu dezinfekciju. Sa aspekta mogućeg razvoja procesa eutrofikacije posebno je značajno (ohrabrujuće) veoma malo prisustvo azotnih i fosfatnih jedinjenja, koji predstavljaju glavne nutrijente, odnosno pokretače procesa eutrofikacije. Na slici 1 prikazan je merni instrument za merenje koncentracije kiseonika u vodi, koji je korišćen pri analizi kvaliteta vode reke Komarnice.

Tabela 2 Rezultati analiza uzoraka iz toka reke Komarnice

parametri, jeđinice	Uzorci*			
	#1	#2	#3	#4
Boja (°Pt-Co)	0	0	0	0
Mutnoća (NTU)	0,36	0,20	0,41	0,29
Temperatura (°C)	7,9	7,4	8,2	9,3
Rastvoreni kiseonik, O ₂ , mg/L	10,83	10,86	10,32	10,28
pH	7,81	7,78	7,70	7,99
EC, µS/cm	168	170	174	225
TDS, mg/L	81,5	85,3	82,9	106,9
Ukupna tvrdoća, mg/L CaCO ₃ ; °dH	132; 7,4	126; 7,0	134; 7,5	164; 9,2
Bikarbonati, HCO ₃ ⁻ , mg/L	166,76	154,74	124,16	205,16
Litijum, Li ⁺ , mg/L	0	0	0	0
Natrijum, Na ⁺ , mg/L	2,18	2,56	0,07	1,43
Amonijum, NH ₄ ⁺ , mg/L	0,05	0	0	0
Kalcijum, Ca ²⁺ , mg/L	49,6	46	54	62
Magnezijum, Mg ²⁺ , mg/L	2,1	1,6	0,1	1,8
Kalijum, K ⁺ , mg/L	3,4	2,7	0	7,2
Fluoridi, F ⁻ , mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00
Hloridi, Cl ⁻ , mg/L	1,29	0,98	1,31	1,25
Nitrati, NO ₃ ⁻ , mg/L	0	0	0	0
Nitriti, NO ₂ ⁻ , mg/L	0	0	0	0,38
Fosfati, PO ₄ ³⁻ , mg/L	0	0	0	0
Sulfati, SO ₄ ²⁻ , mg/L	3,22	2,37	2,60	3,96

*Legenda (lokacije uzorkovanja): #1-Dubravka vrela; #2-Uzvodno od Dubravskih vrela; #3-Izvor na levoj obali Komarnice; #4-Reka Komarnica-profil Duži.



Slika 1 Određivanje sadržaja koncentracije rastvorenog kiseonika na licu mesta duž reke Komarnice

Izbor mera koje će se sprovesti u cilju zaštite akumulacije od eutrofikacije zavise od karakteristika konkretnog problema, ekoloških i ekonomskih faktora. Ipak, neke opšte mere koje se po pravilu sprovode za svaku akumulaciju su: čišćenje akumulacije

do kote normalnog uspora neposredno pre prvog punjenja, kontrola kvaliteta voda koje ulaze u jezero i po potrebi planiranje izgradnje postojenja za prečišćavanje otpadnih voda kako bi se sprečilo unošenje nutrijenata, kontrola upotrebe đubriva u slivu akumulacije i izbegavanje dugih plitkih deonica. Važan segment pri planiranju brana i akumulacija je i planiranje adekvatnog monitoringa kvaliteta vode.

III. MONITORING KVALITETA VODE U JEZERIMA

Pri razmatranju sistema brana – akumulacija jedno od ključnih pitanja je aspekt bezbednosti. Bezbednost samog pregradnog objekta – brane definisana je normativnim dokumentima, od kojih je najvažniji Pravilnik o tehničkom osmatranju visokih brana, u okviru koga je striktno definisan način kontinuiranog praćenja stanja brane i pripadajućih objekata. Važan segment je i adekvatan monitoring kvaliteta vode. Uz odgovarajući monitoring program omogućava se pravovremeno reagovanje u slučaju da dođe do pogoršanja parametara kvaliteta vode [6].

Nulto stanje je važno merenje, koje je neophodno sprovesti nakon prvog punjenja akumulacije, kako bi se kasnijim redovnim osmatranjima mogle pratiti promene kvaliteta vode. Dalje osmatranje podrazumeva kontinuirano praćenje (najmanje jednom mesečno) manjeg broja ključnih parametara kvaliteta i povremeno sprovođenje kompletnih analiza kvaliteta vode. Ključni parametri koje je neophodno pratiti [6]:

- koncentracija ukupnog fosfora,
- koncentracija nitrata,
- sadržaj hlorofila (mg/L),
- ukupne rastvorene materije (*eng.* total dissolved solids-TDS),
- mutnoća,
- sadržaj rastvorenog kiseonika,
- pH vrednost vode,
- biohemijska potrošnja kiseonika za pet dana (BPK₅) na 20 °C,
- gustina cijanobakterija.

IV. ZAKLJUČAK

Veštačka jezera osim njihove osnovne funkcije (hidroenergetsko korišćenje, snabdevanje vodom stanovništva i/ili industrije, navodnjavanje), uz adekvatno održavanje, praćenje i kontrolu kvaliteta vode, mogu imati i druge koristi za stanovništvo. Akumulacije se mogu koristiti za različite aktivnosti, od rekreativnih, sportskih, do komercijalnih i mogu biti korisne za širu zajednicu. Eutrofikacija jezerske vode može ugroziti sve te aktivnosti, zbog čega je potrebno preduzeti odgovarajuće mere u cilju zaštite kvaliteta vode u akumulacijama [1]. Pored opštih mera, koje se sprovode za svaku akumulaciju (čišćenje akumulacije do kote normalnog uspora neposredno pre prvog punjenja, kontrola kvaliteta voda koje ulaze u jezero), primenjuju se i mere specifične za svaki objekat. Važan segment pri planiranju brana i akumulacija je i planiranje adekvatnog monitoringa kvaliteta vode. Praćenje koncentracije najznačajnijih parametara kvaliteta potrebno je sprovesti stalno (na mesečnom nivou), a posebno su značajne koncentracije hlorofila i

nutrijenata. Sezonsko praćenje zavisi od padavina, hidroloških i limnoloških karakteristika i trendova sušnih i kišnih epizoda. Analize i dosadašnja istraživanja su pokazala da uvođenje obaveznih parametara za praćenje kvaliteta vode značajno poboljšava brigu i unapređuje kvalitet životne sredine.

REFERENCE

- [1] Đorđević, B. i dr.: Izbor mera zaštite akumulacija od eutrofikacije, Zbornik radova "Akumulacije kao izvorišta za snabdevanje vodom", Leskovac, 1995.
- [2] Đorđević B. i T. Dašić, Ekologija vodoprivrednih sistema, Građevinski fakultet Univerzitet u Beogradu i Akademija inženjerskih nauka Srbije, 2019.
- [3] Eutrophication of Water, Monitoring, Assessment and Control, OECD, 1982
- [4] Huibin Du, Zhenni Chen, Guozhu Mao, Ling Chen, John Crittenden, Rita Yi Man Li, Lihe Chai, Evaluation of eutrophication in freshwater lakes: A new non-equilibrium statistical approach, Ecological indicators 102 (2019) 686-692, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.03.032>
- [5] Xiaotian Lu, Yonglong Lu, Deliang Chen, Chao Su, Shuai Song, Tiejun Wang, Hanqin Tian, Ruoyu Liang, Meng Zhang, Kifayatullah Khan, Climate change induced eutrophication of cold-water lake in an ecologically fragile nature reserve, Journal of Environmental Sciences 75 (2019) 359-369, <https://doi.org/10.1016/j.jes.2018.05.018>
- [6] A.C.M.Valle, M.A.A. Aguiar, G.Cruz Jr., The impact of water quality as an environmental constraint on operation planning of a hydro-thermal power system, [Renewable Energy](#) 34(3) (2009) 655-659, DOI: [10.1016/j.renene.2008.05.024](https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.05.024)

AUTORI

Prvi Autor – Vladana N. Rajaković-Ognjanović je vanredni profesor, uže naučne oblasti Ekološko inženjerstvo na Katedri za hidrotehniku i vodno ekološko inženjerstvo a radi na Institutu za hidrotehniku i vodno ekološko inženjerstvo vladana@grf.bg.ac.rs

Second Author – Tina Dašić je vanredni profesor uže naučne oblasti Vodoprivredni i hidroenergetski sistemi na Katedri za hidrotehniku i vodno ekološko inženjerstvo a radi na Institutu za hidrotehniku i vodno ekološko inženjerstvo mtina@grf.bg.ac.rs

Autor za korespondenciju– Vladana N. Rajaković-Ognjanović vladana@grf.bg.ac.rs 011/3218 557