

XVI SRPSKI SIMPOZIJUM O HIDROGEOLOGIJI
28.09-02.10.2022.

"Хотел Олимп" Златибор
rgf16hgs@gmail.com



XVI SRPSKI SIMPOZIJUM O HIDROGEOLOGIJI
28.09-02.10.2022.

"Hotel Olimp" Zlatibor
rgf16hgs@gmail.com

Za: Dr Nataša Ćuković Ignjatović, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu - Arhitektonski fakultet
Departman za arhitektonske tehnologije

POZIVNO PISMO
XVI SRPSKI SIMPOZIJUM O HIDROGEOLOGIJI SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM

Poštovana,

u ime Organizacionog odbora XVI Srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, sa zadovoljstvom Vas pozivam da uzmete učešće na ovom skupu koji će se održati u periodu od 28. septembra do 02. oktobra 2022. godine u „Hotelu Olimp“ na Zlatiboru.

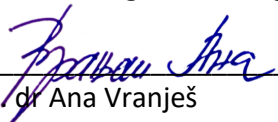
Simpozijum nastavlja tradiciju najznačajnijeg skupa u hidrogeološkoj struci i nauci u Srbiji i regionu, koji se sa uspehom održava već 50 godina. Organizator predstojećeg skupa je Departman za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, u saradnji sa Srpskim geološkim društvom, Srpskom geotermalnom asocijacijom, Nacionalnim komitetom za Srbiju Internacionalne asocijacije hidrogeologa i Savezom inženjera i tehničara Srbije.

Predstojeći XVI Simpozijum će imati posebnu težinu i značaj imajući u vidu status i ugroženost korišćenja pozemnih voda u XXI veku, ulogu u istraživanju i korišćenju geotermalne energije, vodosnabdevanju, razvoju novih banjskih i wellness centara itd. Na skupu će učestvovati brojni gosti po pozivu, predstavnici nadležnih Ministarstava i drugih državnih institucija, učesnici iz Srbije, Republike Srpske i BiH, Hrvatske, Makedonije i Crne Gore, kao i mnogobrojni sponzori iz svih oblasti istraživanja, razvoja i korišćenja pozemnih vodnih resursa.

U nadi da ćete svojim učešćem doprineti uspehu ovog skupa srdačno Vas pozdravljam.

Srdačan pozdrav,

Predsednik organizacionog odbora


Doc. dr. Ana Vranješ

Organizacioni odbor XVI Srpskog Simpozijuma o Hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem
Rudarsko-geološki fakultet
Kontakt telefon: +381 11 33 46 000,
E-mail: rgf16hgs@gmail.com

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

HG

XVI SRPSKI SIMPOZIJUM
O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNİK RADOVA



ZLATIBOR
28. septembar - 02. oktobar
2022. godine



XVI SRPSKI SIMPOZIJUM O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNİK RADOVA

IZDAVAČ:

Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet
Đušina 7

ZA IZDAVAČA:

Prof. dr Biljana Abolmasov, dekan
Rudarsko-geološki fakultet

UREDNIK:

Doc. dr Ana Vranješ

TIRAŽ:

100 primeraka

ŠTAMPA:

Štamparija Grafolik, Beograd

GODINA IZDANJA: 2022.

Na 12/19-oj. sednici Departmana za hidrogeologiju doneta je odluka o organizaciji XVI srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, koja je utvrđena saglasnošću Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta od 30.12.2019.

Naslovna strana: Sušičko vrelo, Zlatibor

CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд

556(082)
628.1(082)

СРПСКИ симпозијум о хидрогеологији са међународним учешћем (16 ; 2022 ; Златибор)
Зборник радова / XVI Српски симпозијум о хидрогеологији са међународним
учешћем, Златибор 28. септембар - 02. октобар 2022. године ; [уредник Ана
Вранјеш]. - Београд : Универзитет, Рударско-геолошки факултет, 2022
(Београд : Графолік). - [18], 514 стр. : илустр. ; 30 cm

Na vrhu nasl. str.: Departman za hidrogeologiju. - Radovi ćir.i lat. -
Tiraž 100. - Str. [5-6]: Uvodna reć / Dejan Milenić. - Abstracts. -
Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7352-380-4

a) Хидрогеологија - Зборници b) Снабдевање водом - Зборници

COBISS.SR-ID 74364937

ORGANIZACIONI ODBOR:

Predsednik:

Doc. dr Ana Vranješ, dipl. inž.

Članovi:

Prof. dr Petar Dokmanović, dipl. inž.

Doc. dr Ljiljana Vasić, dipl. inž.

Dr Tanja Petrović Pantić, dipl. inž.

Natalija Radosavljević, mast. inž.

Velizar Nikolić, dipl. inž.

Vukašin Vučević dipl.inž.

Andrej Pavlović, dipl. inž.

Dejan Drašković, dipl. inž.

Branko Ivanković, dipl. inž.

Nenad Toholj, dipl. inž.

Boban Jolović, dipl. inž.

Uroš Jurošević, dipl. inž.

NAUČNI ODBOR:

Predsednik:

Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.

Članovi:

Prof. dr Zoran Stevanović, dipl. inž.

Prof. dr Dušan Polomčić, dipl. inž.

Prof. dr Vesna Ristić Vakanjac, dipl. inž.

Prof. dr Igor Jemcov, dipl. inž.

Prof. dr Vladimir Živanović, dipl.inž.

Prof. dr Dragoljub Bajić, dipl. inž.

Doc. dr Jana Štrbački, dipl.inž

Doc. dr Saša Milanović, dipl. inž.

Prof. dr Veselin Dragišić, dipl. inž.

Prof. dr Milan Radulović, dipl. inž.

Prof. dr Zoran Nikić, dipl. inž

Doc. dr Nenad Marić, dipl. inž.

Prof. dr Petar Milanović, dipl. inž.

PROGRAMSKO-UREĐIVAČKI ODBOR:

Predsednik:

Prof. dr Dušan Polomčić, dipl. inž.

Članovi:

Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.

Prof. dr Nevenka Đerić, dipl. inž.

Doc. dr Ana Vranješ, dipl. inž.

ORGANIZATOR SIMPOZIJUMA:

UNIVERZITET U BEOGRADU

RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

u saradnji sa

DRUŠTVOM GEOLOŠKIH INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

SRPSKIM GEOLOŠKIM DRUŠTVOM

NACIONALNIM KOMITETOM IAH

POKROVITELJ:

REHAU d.o.o.

SPONZORI:

Departman za hidrogeologiju, Rudarsko-geološki fakultet

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

BeoGeoAqua d.o.o.

Opština Čajetina

Turistička organizacija Opštine Brus

Hotel Zlatibor Mountain Resort&Spa

Knjaz Miloš

DONATOR:

Gold Gondola

Ibis-Inženjering

Uvodna reč

Poštovane kolege i prijatelji,

Nakon 10 godina od XIII Simpozijuma hidrogeologa održanog u Herceg Novom 2002. godine u tadašnjoj državnoj zajednici Srbije i Crne Gore (i više od 40 godina od kako su se hidrogeolozi istručnjaci inženjerske geologije u bivšoj SFRJ Jugoslaviji prvi put okupili u Herceg Novom, 1971. godine), XIV srpski hidrogeološki simpozijum održan od 17-20. maja 2012., na Zlatiboru, ponovo je uspostavio kontinuitet nacionalnih Srpskih hidrogeoloških Simpozijuma.

Novouspostavljeni kontinuitet je potvrđen održavanjem XV-tog Srpskog hidrogeološkog simpozijuma (Kopaonik, 14-17. septembar 2016).

Njime je potvrđen put regularnih četvorogodišnjih ciklusa održavanja. Uz takođe redovno četvorogodišnje održavanje nacionalnih geoloških Kongresa (samo u ciklusima pomerenim za dve godine u odnosu na hidrogeološke), stvorene su prilike i mogućnosti da naše kolege hidrogeološke struke u redovnim dvogodišnjim ciklusima prezentuju svoje radove i dostignuća.

Sledeći tu dinamiku, XVI Srpski simpozijum o hidrogeologiji bio je planiran za 2020-tu godinu, na Zlatiboru.

Međutim, globalna pandemija uzrokovana pojavom korona virusa tipa kovid-19 (u martu 2020) najpre je zaustavila već otpočete pripreme, a potom i u potpunosti onemogućila održavanje ovog skupa, na način kako je bio planiran.

Organizatori XVI Simpozijuma našli su se pred ogromnim problemima, kako odložiti a zadržati objavljivanje preko 120 pristiglih prijava za radove, održati kontakte sa sponzorima, potvrditi mesto održavanja skupa i td.

Povrh svega nastupila je i ozbiljna svetska ekonomska kriza te novi vojni konflikti na teritoriji Evrope, pa je održavanje ovakvog skupa zapravo predstavljao istinski podvig svih kolega koji su učestvovali u organizaciji.

Sa ponosom ističemo da će na XVI Simpozijumu biti predstavljeno 90 radova iz svih oblasti i naučnih grana hidrogeologije, sa više od 130 autora i koautora i uz učešće preko 100 prijavljenih kolega.

Prihaćeni radovi klasifikovani su u 6 tematskih oblasti:

1. Vodosnabdevanje i upravljanje podzemnim vodnim resursima
2. Geotermalna energija
3. Termomineralne vode
4. Hidrogeologija i životna sredina
5. Multidisciplinarnost u hidrogeološkim istraživanjima
6. Studentski radovi

Shodno tome, i Zbornik je koncipiran na sličan način, s tim da su zbog srodnosti i lakše strukture Zbornika, oblasti geotermalne energije i termomineralnih voda spojeni u jednu celinu.

U okviru Simpozijuma, Svečanom akademijom je posebno obeležen izuzetan jubilej – 125 godina hidrogeologije u Srbiji.

Kao i prethodni Simpozijumi, ni ovaj nije bilo moguće organizovati bez sponzora. Posebnu zahvalnost upućujemo kompaniji REHAU i g-dinu Dušanu Todoroviću, na dugogodišnjoj saradnji i podršci poslednjih 10 godina.

Takode, izražavamo zahvalnost na sponzorstvu kompanijama *Beogeoqua*, *Galens Invest*, *Knjaz Miloš*, *Gold Gondola*, *Ibis inženjering*, kao i opštinama Brus i Čajetina.

Dobra praksa učestvovanja kolega iz regiona i susednih zemalja, ustanovljena na prethodnom XV Simpozijumu, nastavlja se i dalje. Sa radošću upućujemo dobrodošlicu kolegama iz Republike Srpske i Federacije BiH, Crne Gore, Hrvatske, Makedonije, Bugarske i Albanije.

Na kraju, posebnu zahvalnost dugujemo domaćinu Simpozijuma – hotelu Olimp na Zlatiboru.

Takođe, izražavam ličnu zahvalnost Predsednici organizacionog odbora Doc. Dr Ani Vranješ, Predsedniku programsko-uređivačkog odbora Prof. dr Dušanu Polomčiću, saradnici Nataliji Radosavljevič, mast.inž. kao i svim drugim kolegama i studentima koji su pomogli da se ovaj Simpozijum održi.

Siguran sam da, nakon uspešno sprovedenog trećeg uzastopnog Simpozijuma od njegovog obnavljanja, ostavljam tradiciju i prepoznatljivost Simpozijuma u dobrim rukama - budućim organizatorima i narednim generacijama.

Na Zlatiboru, septembra 2022. godine

Predsednik Naučnog odbora
Prof. dr Dejan Milenić



SADRŽAJ

PLENARNA PREDAVANJA

Ljiljana Vasić, Dušan Polomčić, Saša Milanović, Vesna Ristić Vakanjac, Branislav Petrović, Veljko Marinović, Dragoljub Bajić, Bojan Hajdin, Marina Čokorilo-Ilić, Jelena Ratković

Vodosnabdevanje podzemnim vodama - pregled aktuelnog stanja i mogućnosti održivog korišćenja..... 1

Dejan Milenić, Ana Vranješ

Stanje i perspektive geotermalne energije u Republici Srbiji..... 11

Vladimir Živanović

Postojeće stanje i budući trendovi u preventivnoj zaštiti podzemnih voda Srbije..... 29

Tanja Petrović Pantić, Zoran Popović, Ljiljana Popović, Mihajlo Mandić, Katarina Atanasković Samolov

Dinamika izrade Osnovne hidrogeološke karte (OHGK) 1:100.000 na teritoriji Srbije..... 47

VODOSNABDEVANJE I UPRAVLJANJE PODZEMNIM VODNIM RESURSIMA

Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Jelena Ratković, Đoržije Božović

Šematizacija hidrograma i nivograma radnog nivoa kod bunara sa horizontalnim drenovima..... 57

Petar Begović, Branko Ivanković

Hidrogeološki potencijal aluvijalnih naslaga rijeke Bosne sa aspekta vodosnabdevanja u Doboju, Republika Srpska..... 63

Ivica Nikolić, Milan Tripković i Jovana Nikolić

Stanje monitoringa i određivanje kvantitativnog statusa vodnih tela podzemnih voda u Srbiji.....	69
--	----

Gardijan Sunčica, Živanović Vladimir, Magazinović Sava, Mandić Đorđe, Stojadinović Saša

Režim izvorskih voda iz kristalastih stena u planinskim područjima na primeru Toplog Dola na Vlasini (Jugoistočna Srbija).....	77
--	----

Dragoljub Bajić, Bojan Hajdin, Dušan Polomčić, Vesna Ristić Vakanjac

Analiza hidrauličke veze između reke Save i podzemnih voda na izvoristu za vodosnabdevanje Obrenovca.....	85
---	----

Dejan Drašković, Tijana Vinčić, Sonja Drobac, Ljupka Mrkonja, Ivana Đinđić, Ivana Obradović

Primena nove metode u sanaciji bunara sa horizontalnim drenovima kroz uporednu analizu dobijenih rezultata.....	91
---	----

Ranko Vukićević, Ivana Đinđić, Tijana Vinčić, Sonja Drobac, Ivana Obradović, Dejan Drašković, Ljupka Mrkonja

Novi prilozi poznavanju režima podzemnih voda na izvoristu „Petrovaradinska ada“ u Novom Sadu na primerima rada bunara BHD-5, BHD-6, BHD-7 i BHD-8.....	99
---	----

Maksim Matović, Milan Radulović, Ana Vojinović, Marina Međedović i Marija Matović

Rezultati hidrogeoloških istraživanja aluvijalne izdani rijeke Tare (Mateševo, Kolašin).....	105
--	-----

Milan Radulović

Hidrogeološke karakteristike i stanje monitoringa podzemnih voda u Crnoj Gori.....	113
--	-----

Ermedin Halilbegović

Dugoročno rješenje problema vodosnadbjevanja grada Sarajevo iz akumulacije Crna Rijeka.....	115
---	-----

Ermedin Halilbegović

Hidrogeološka istraživanja terena za izgradnju brane Crna Rijeka..... 121

Dragan Despotović

Režim voda karstnog hidrogeološkog sistema Ribnik
sa prijedlogom mjera zaštite..... 127

Romeo Eftimi, Kastriot Shehu, Aferdita Mamaj

Hydrogeological aspects of water supply of the settlements of Albania;
Experience and problems..... 133

**Milica Stepanović, Dragoljub Bajić, Dušan Polomčić, Aleksandar Avramović,
Branko Mijatović**

Kvalitativne karakteristike podzemnih voda izvorišta „Ključ“ u Požarevcu..... 139

**Ivana Obradović, Ivana Đinđić, Dejan Drašković, Slavko Špadijer,
Tijana Vinčić, Ljupka Mrkonja, Sonja Drobac**

Rezultati analize monitoringa režima podzemnih voda priobalja Save u
"Severozapadnoj radnoj zoni" Šapca..... 147

Nataša Biočanin, Aleksandar Šmit

Eksploatacija i prerada vode - sistem javnog vodosnabdevanja grada Vršca..... 155

GEOTERMALNA ENERGIJA I TERMOMINERALNE VODE**Ana Vranješ, Dejan Milenić**

Održiva proizvodnja električne energije iz geotermalnih resursa na osnovu
proračuna bilansnih troškova..... 159

Ana Vranješ, Dejan Milenić

Doprinos poznavanju distribucije geotermalnih rezervoara na delu
Panonskog basena, Srbija – DARLINGE projekat..... 165

**Ivana Đinđić, Dejan Drašković, Slavko Špadijer, Sonja Drobac,
Tijana Vinčić, Ljupka Mrkonja**

- Analiza režima termomineralnih voda "Nove obrenovačke banje"
i mogućnost njihove upotrebe..... 171

Boban Jolović, Andrijana Stevanović i Nenad Toholj

- Povećan sadržaj fluorida u podzemnim vodama opštine Srebrenica
– uzroci i moguće posledice dugotrajnog konzumiranja..... 179

Tena Bilić, Sanja Živković, Slobodan Kolbah, Mladen Škrlec i Dražen Tumara

- Trenutno stanje korišćenja geotermalne energije u Republici Hrvatskoj..... 187

Ćazim Šarić, Ferid Skopljak, Izet Žigić i Dinka Pašić - Škripić

- Fizičko-hemijske i izotopske karakteristike termalnih voda
u slivu rijeke Krivaje..... 195

Dejan Milenić, Petar Dokmanović, Ana Vranješ, Milan Vukićević

- Podzemna voda kao subgeotermalni resurs na primeru klimatizacije
prodajnog kompleksa "Ikea" u Beogradu 205

Nebojša Stanić

- Primena petrogeotermalne energije za grejanje i hladjenje industrijskih
objekata velikih kapaciteta..... 211

Ana Vranješ, Dejan Milenić

- Perspektive eksploatacije litijuma iz geotermalnih voda na
području Republike Srbije..... 213

**Ana Vranješ, Nebojša Atanacković, Vladimir Živanović, Marinko Toljić,
Veselin Dragišić, Sava Magazinović**

- Metodološki pristup oceni mogućnosti eksploatacije geotermalnih voda
na delu Valjevsko – mioničkog basena..... 221

Nenad Toholj, Boban Jolović i Uroš Jurošević

- Termalne vode područja Višegrada – trenutno stanje i perspektive..... 227

**Vladimir Živanović, Veselin Dragišić, Sava Magazinović,
Jakov Andrijašević, Nebojša Atanacković**

Održiva eksploatacija izvorišta mineralnih voda na
primeru Vrnjačke banje..... 233

Tanja Petrović Pantić, Milan Tomić, Jovan Kovačević

Radioaktivnost podzemnih voda na južnoj padini Cera..... 239

Jana Štrbački

Litijum u mineralnim vodama Srbije – potencijalna lekovita svojstva..... 245

Spasoje Glavaš i Uroš Jurošević

Pojave termomineralnih voda u području Kakmuž - Petrovo..... 251

**Mihail Tarassov, Eugenia Tarassova, Milen Stavrev, Aleksei Benderev,
Mila Trayanova**

Seasonal variations in chemical compositions of mine drainage waters and
precipitates in the grantcharitsa tungsten deposit,
Western Rhodopes, Bulgaria..... 257

Dejan Milenić, Ana Vranješ

Integracija geotermalne energije u daljinske sisteme grejanja
i hlađenja (COST CA18219) 259

HIDROGEOLOGIJA I ŽIVOTNA SREDINA**Milan Tomić, Tanja Petrović Pantić, Katarina Atanasković Samolov i
Žarko Veljković**

Uticaj klimatskih promena na podzemne vode u Posavini..... 263

Milovan Rakijaš

Hidrogeološka istraživanja sa izradom mreže pijezometara u zoni
„Regionalne sanitarne komunalne deponije Piroć“, u cilju vršenja monitoringa
podzemnih voda..... 267

Violeta Čolaković, Vladan Čanović i Aleksandar Avramović

Hydrodinamički model površinskog kopa gline "Garajevac istok"..... 273

Đorđije Božović, Dušan Polomčić i Dragoljub Bajić

Metodologija izrade 3D konceptualnog hidrogeološkog modela za potrebe hidrodinamičkog modeliranja bunara sa horizontalnim drenovima..... 279

Zlatko Ilijovski i Vojo Mirchovski

Metodologija ocene kvantitativnog stanja podzemnih voda..... 285

Mihajlo Mandić i Tanja Petrović Pantić

Sažetak rezultata dobijenih izradom Osnovne hidrogeološke karte 1:100.000, list Pirot..... 291

Vojislav Tomić

Rezerve podzemnih voda u većim intruzivnim masivima Srbije sa pukotinskom strukturom poroznosti..... 297

Katarina Atanasković Samolov, Milan Tomić, Tanja Petrović Pantić, Saša Todorović

Primena AQUIMOD-a pri oceni uticaja klimatskih promena na podzemne vode..... 299

Vaso Mrvaljević i Milan Radulović

Podzemni karstni oblici duž trase autoputa Smokovac– Mateševo (Crna Gora)..... 305

Milan Vlahović, Gojko Nikolić i Vaso Mrvaljević

Negativni aspekt antifiltracionih radova na akumulaciji Slano..... 311

Petar Milanović

Vodni režim karsta jugoistočnih Dinarida..... 319

**Nebojša Atanacković, Veselin Dragišić, Vladimir Živanović, Ivana Cvejić,
Saša Stojadinović, Ivana Jocić**

- Rudničke vode olovo-cinkovih ležišta u rudnom polju „Blagodat“
u jugoistočnoj Srbiji..... 325

Zoran Popović i Ljiljana Popović

- Hidrogeološke karakteristike Poljaničkog tercijarnog basena..... 331

**Igor Jemcov, Zoran Stevanović, Vladimir Živanović, Saša Milanović,
Dušan Polomčić, Veselin Dragišić**

- Novi koncept izrade Osnovne hidrogeološke karte Srbije..... 337

Stojan Mihailovski, Zlatko Ilijovski, Marija Makešoska, Ivica Andov

- Hidrogeološke karakteristike prostora industrijske deponije „Jugohrom“
i rizici od zagađenja izvora Rašče..... 345

Petar Dokmanović, Milan Vukićević, Dejan Milenić

- Prilog poznavanju hidrogeoloških svojstava ultramafitskog kompleksa
Maljena u zoni Divčibara..... 347

Petar Dokmanović, Milan Vukićević, Dejan Milenić

- Stanje resursa podzemnih voda u sklopu komunalnog vodosnabdevanja
Valjeva (Zapadna Srbija) 349

Saša Milanović i Ljiljana Vasić

- Prikaz ponašanja karstne izdani uslovljene funkcionisanjem površinske
akumulacije u karstu na primeru akumulacije Bileća (Istočna Hercegovina)..... 355

Milan Vukićević, Marija Milanović, Marina Popovac, Miloš Pavlović, Ivana Levajić

- Prilog novog poznavanja kvantitativnih i kvalitativnih karakteristika
podzemnih voda formiranih u okviru krečnjaka tortonsko-sarmatske
starosti u oblasti Umke..... 359

Branislav Petrović, Zoran Stevanović, Veljko Marinović i Snežana Ignjatović

- Prostorna analiza epikarsta u okviru karstnog sistema istočnog
dela Suve planine..... 365

Milenko Pušić, Goran Jevtić, Vladimir Lukić i Vesna Tripković

Predlog standardizacije hidrogeološkog kartiranja bušotina u nevezanim sedimentima.....	371
---	-----

Zoran Stevanović

Kompleksno alogeno prihranjivanje karstne izdani aluvijalnim i rečnim vodama – tri primera sa Balkana.....	377
--	-----

Marijana Petrović, Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić

Osnove nove litostratigrafske sistematizacije zapadnog dela Kolubarskog basena.....	383
---	-----

Branislav Petrović

Model migracije nitrata u epikarstu: laboratorijski eksperiment.....	389
--	-----

Đorđe Momirov, Vesna Ristić Vakanjac, Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Bojan Hajdin, Marina Čokorilo

Prilog poznavanju režima podzemnih voda leve obale reke Save na potezu Obrenovac - Beograd.....	395
---	-----

**MULTIDISCIPLINARNOST U
HIDROGEOLOŠKIM ISTRAŽIVANJIMA****Nebojša Atanacković, Vladimir Živanović, Veselin Dragišić, Sava Magazinović, Jakov Andrijašević**

Pregled hidrogeoloških istraživanja novootkrivenih ležišta metaličnih mineralnih sirovina na prostoru Srbije.....	403
---	-----

Predrag Pajić, Uroš Urošević, Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić

Primena hidrodinamičkog modeliranja u rešavanju problema zaštite građevinskih objekata od podzemnih voda na primeru višenamenske sportske hale u Indji.....	409
---	-----

Zoran Nikić i Nenad Marić

Potencijal multidisciplinarnog pristupa u hidrogeološkim istraživanjima - primer izvorište "Kraljeva voda", Zlatibor.....	411
---	-----

Marina Ćuk Đurović, Igor Jemcov, Maja Todorović

Primena hidrodinamičkih i hidrohemijskih metoda istraživanja na primeru brane Lazići (RHE Bajina Bašta) 417

Nikola Nikolić, Vaso Novaković, Ferid Skopljak, Dejan Petrović, Miroslav Radić

Izbor metode i trajanje razrade bunara..... 423

Amela Greksa i Jasna Grabić

Povećanje dopune podzemnih voda u urbanim sredinama primenom bioinfiltracionih–bioretencionih sistema..... 429

Nataša Ćuković Ignjatović i Dušan Ignjatović

Principi projektovanja održivih objekata za korišćenje balneološkog potencijala na području Vojvodine..... 435

Milica Simonović, Gordana Šekularac, Dragica Stojiljković

Trend uticaja parametara vodnog bilansa zemljišta različitih područja Srbije..... 441

Vladimir Beličević i Zlatko Ilijovski

Kompleksna hidrogeološka istraživanja uzroka procurivanja u zoni brane Uvac..... 443

Milorad Kličković

Grafički prilozi istorijatu Resavske pećine..... 449

Vladimir Lukić, Milenko Pušić, Vesna Tripković, Goran Jevtić, Boban Stojanović, Tomislav Mrđa, Vladimir Bačanin, Anđela Marinković

Softverska inovacija u prikuljanju, obradi i skladištenju hidrogeoloških podataka..... 455

Uroš Jurošević, Spasoje Glavaš

Projekat RER/7/013 procjena resursa podzemnih voda i interakcije podzemnih i površinskih voda u kontekstu adaptacije na klimatske promjene..... 461

STUDENTSKI RADOVI**Aleksandra Pešić**

Uslovi zaštite podzemnih voda izvorišta „Lovac“ u Kostolcu..... 465

Andrijana Drčelić

Analiza uslova zaštite karstnog vrela Perućac..... 471

Aleksandra Maksimović

Analiza režima izdašnosti karstnog vrela Perućac..... 473

**Nikola Milanović, Miloje Vacić, Jovana Nikolić, Vesna Ristić Vakanjac,
Boris Vakanjac**

Analiza režima i bilans voda reke Lužnice, Vlasine i Jerme..... 475

Aleksandra Purković

Hidrogeološke karakteristike aluvijalnog izvorišta „Bataković“ kod Medveđe..... 477

Ninoslava MirkovMogućnost poboljšanja vodosnabdevanja grada Zrenjanina na bazi
podzemnih voda aluvijona Tise..... 479**Snežana Kretić, Jana Štrbački**

Hidrohemijske karakteristike termomineralnih voda Mataruške banje..... 481

Stanisava Arsović

Ranjivost izvorišta mineralnih voda u Orašju kod Varvarina..... 485

Aleksandar Bižić

Mogućnosti višenamenskog korišćenja termomineralnih voda Niške Banje..... 489

**Jovana Mladenović, Vesna Ristić Vakanjac, Jugoslav Nikolić,
Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Boris Vakanjac, Marina Čokorilo Ilić**

Analiza režima Velike Morave i podzemnih voda formiranih u njenom aluvijonu.....	495
---	-----

**Marina Mitrašinović, Vesna Ristić Vakanjac, Saša Milanović, Ljiljana Vasić
i Dušan Polomčić**

Prilog poznavanju režima i bilansa voda reke Resave.....	501
--	-----

Matija Ognjanović

Geotermalne karakteristike teritorije opštine Gornji Milanovac.....	507
---	-----

Ljuba Popović

Zastupljenost amonijum jona u podzemnim vodama Srbije i metode njegovog uklanjanja.....	509
--	-----

Marko Bogdanović

Određivanje režima i rezervi podzemnih voda na primeru izvorišta za flaširanje i rekreaciju.....	511
---	-----

Hristina Petrova

Hidrogeološke karakteristike šire okoline ležišta bakra „Borov dol“, Severna Makedonija.....	513
---	-----

Natalija Radosavljević

Geotermalni potencijal jugozapadnog oboda Kopaonika.....	515
--	-----

PROSTOR ZA SPONZORE

PRINCIPI PROJEKTOVANJA ODRŽIVIH OBJEKATA ZA KORIŠĆENJE BALNEOLOŠKOG POTENCIJALA NA PODRUČJU VOJVODINE

DESIGN GUIDELINES FOR SUSTAINABLE FACILITIES FOR THE USE OF BALNEOLOGICAL POTENTIAL IN THE TERRITORY OF VOJVODINA

Nataša Ćuković Ignjatović¹ i Dušan Ignjatović²

¹Univerzitet u Beogradu – Arhitektonski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73/II, 11000 Beograd. E-mail: natasa@arh.bg.ac.rs

²Univerzitet u Beogradu – Arhitektonski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73/II, 11000 Beograd. E-mail: ignjatovic.dusan@arh.bg.ac.rs

APSTRAKT: *Balneološki potencijal Panonskog basena, je na pojedinim lokalitetima odavno prepoznat i eksploatisan, a tokom poslednjih decenija naročito dobija na značaju kao pokretač specifičnih oblika medicinskog, wellness i spa turizma. Promene paradigme u balneologiji, imaju za rezultat i promene programskih i funkcionalnih zahteva koji se odnose na objekte namenjene odgovarajućim medicinskim i wellness sadržajima. Osim toga, potreba da se određeni programski sadržaj razvija u blizini hidrogeološkog resursa često uslovljava i građenje van naseljenih mesta, na ekološki senzitivnim lokacijama koje su najčešće nedovoljno infrastrukturno opremljene, što stavlja poseban akcenat na potrebu za građenjem u skladu sa principima održivog razvoja.*

U cilju formulisanja projektantskih principa i modela formiranja fizičkih struktura primerenih savremenim balnelološkim sadržajima, istražen je niz pasivnih mera i sistema, primenljivih u datim uslovima, kojima se minimiziraju ekološki otisak i energetske potrebe objekata. Značajnom redukcijom energetskih potreba se, već u fazi konceptijskog odnosno idejnog arhitektonsko-urbanističkog rešenja, u velikoj meri olakšava postizanje visokog stepena infrastrukturne nezavisnosti uz korišćenje obnovljivih izvora energije dostupnih na samoj lokaciji.

Modelna rešenja razvijena su primenom principa projektovanja bioklimatske, ekološke, energetske efikasne i održive arhitekture, imajući u vidu programske, klimatske, topološke i društveno-ekonomske specifičnosti područja Vojvodine uz razmatranje varijantnih opcija primerenim različitim tipovima detektovanih termomineralnih voda i lekovitih faktora.

Ključne reči: *održiva arhitektura, balneologija, bioklimatska arhitektura, pasivni sistemi, energetska efikasnost*

APSTRACT: *The balneological potential of the Pannonian Basin has long been recognized and exploited in some localities. During the last decades it has become especially important as a driver of specific forms of medical, wellness and spa tourism. Paradigm changes in balneology also result in changes in program and functional requirements related to medical and wellness facilities. Furthermore, the need for vicinity of the hydrogeological resource often implies construction outside populated areas, on environmentally sensitive sites with poor infrastructure, emphasising the need to build in accordance with the principles of sustainable development.*

In order to define design strategies and models for structures suitable for contemporary balneological programs, a series of passive measures and systems, applicable in the given conditions, which minimize the ecological footprint and energy needs of facilities, were investigated. Significant reduction of energy needs, already in conceptual design phase, coupled with the use of on-site renewable energy sources greatly facilitates the achievement of a high degree of infrastructural independence.

The designs were developed by applying the principles of bioclimatic, ecological, energy efficient and sustainable architecture, having in mind the program, climate, topological and socio-economic specifics of Vojvodina and specifics of various types of detected thermo-mineral waters and healing factors.

Key words: *sustainable architecture, balneology, bioclimatic architecture, passive systems, energy efficiency.*

Uvod

Zdravlje populacije je tokom pandemije Covid-19 globalno prepoznato kao izuzetno značajno i aktuelno strateško pitanje koje se odrazilo na sve sfere savremenog društva. Prema definiciji Svetske zdravstvene organizacije zdravlje je „stanje potpunog fizičkog, mentalnog i socijalnog blagostanja, a ne samo odsustvo bolesti ili slabosti“ navodeći da je „uživanje najvišeg dostižnog standarda zdravlja jedno od osnovnih prava svakog ljudskog bića“ (WHO, 1948). Poznato je da regioni bogati termomineralnim vodama imaju jedinstven potencijal za

postizanje održivog napretka u javnom zdravlju uz različite koristi za zajednicu i lokalnu privredu (Toth i dr., 2015). Područje Vojvodine obiluje raznovrsnim termomineralnim vodama i kao takvo poseduje izvanredan kapacitet za razvoj širokog dijapazona balneoloških sadržaja u skladu sa nizom ciljeva održivog razvoja definisanih poveljom UN (2015).

Pitanje energetske efikasnosti već je duže vremena aktuelno u kontekstu potrošnje resursa, smanjenja emisije štetnih gasova kao i niza ekoloških posledica proizvodnje i eksploatacije energije dok se u poslednje vreme i energetska (ne)zavisnost prepoznaje kao jedno od dominantnih lokalnih i globalnih strateških geopolitičkih pitanja. Imajući u vidu da se prema podacima Eurostata oko 40% energije troši u zgradama, najvećim delom za postizanje adekvatnih uslova komfora, da je građevinski sektor i dalje odgovaran za oko 35% emisije štetnih gasova, jasno je da je pitanje energetske efikasnosti zgrada nezaobilazno u ekološkom, ekonomskom i političkom smislu te je ono i dominantno kada se govori o održivosti zgrada gde nesporno predstavlja dominantnu komponentu.

U prethodnom periodu rađena su veoma opsežna istraživanja i studije u cilju kvantitativnog i kvalitativnog sagledavanja balneološkog potencijala na području Vojvodine. Studija Milenića i dr. (2017) je na osnovu obimnih geoloških istraživanja omogućila identifikaciju brojnih zanimljivih lokaliteta i definisanjem zona sa značajnim potencijalom. Tokom 2018. godine, u saradnji sa Pokrajinskim sekretarijatom za privredu i turizam AP Vojvodine, izvršeno je opsežno multidisciplinarno istraživanje tokom kojeg je na 50 lokaliteta u Banatu, Sremu i Bačkoj istraživani kvalitet i kvantitet relevantnih resursa i formulisani predlozi za razvoj savremenih balneoloških objekata. Uzorci prikupljeni u okviru hidrogeoloških istraživanja analizirani su u specijalizovanoj laboratoriji, rezultati su prosleđeni specijalisti na Medicinskom fakultetu radi utvrđivanja medicinskog potencijala (faktora lečenja) svakog resursa i predlaganja adekvatnih opcija balneo terapije što je predstavljalo osnov za definisanje predloga odgovarajućeg arhitektonsko-urbanističkog koncepta koji bi pružio optimalni prostorno-funkcionalni okvir za eksploataciju ovih jedinstvenih resursa.

Imajući u vidu da je primarna namena objekata koji bi se gradili na obrađenim lokacijama orijentisana unapređenju zdravlja korisnika, kao i da se lekoviti faktor često nalazi u ekološki senzitivnom području, opredeljenje projektnog tima je bilo da se istraže mogućnosti za minimiziranje ekološkog otiska građenja u ovakvom kontekstu, kao i da se definišu održiva rešenja koncipirana u skladu sa principima bioklimatske arhitekture. Rad prikazuje metodologiju projektovanja primenjenu na objekte sa *wellness i spa* sadržajima, kao i dobijene rezultate za različite aspekte održivosti. Posebna pažnja posvećena je postizanju visokog nivoa energetske efikasnosti gde je uspešno ostvarena veza sa korišćenjem obnovljivih i „čistih“ izvora energije dostupnih na posmatranim lokalitetima i optimalnom višestrukom korišćenju hidrogeotermalnog potencijala. Dobijeni rezultati pokazuju da se na posmatranim lokalitetima mogu graditi objekti visokog stepena infrastrukturne nezavisnosti, korišćenjem relativno jednostavnih tehnoloških rešenja i lokalno dostupnih materijala.

Metodologija koncipiranja arhitektonskog projekta i validacije dobijenih rešenja

Primenjene projektantske strategije su postavljene u skladu sa ciljevima održivosti UN-a, gde je održiva i otporna arhitektura zdravstvenih i banjskih objekata zamišljena kao pokretač cirkularne ekonomije i poboljšanja blagostanja lokalnog stanovništva. Projektantski principi su definisani imajući u vidu raznovrsnost sadržaja sažeto prikazanu u tabeli 1. Tu se vidi da preovlađuju objekti namenjeni *wellness i spa* sadržajima (ukupno 20) tako da je težište istraživanja stavljeno upravo na ovaj program. Broj potencijalnih novih objekata je veći kako u segmentu *wellness i spa*, tako i generalno, te će ovde biti izložene projektantske strategije namenjene prvenstveno novogradnji. Potreba za smeštajem koji bi bio neposredno na lokaciji je sporadična te je ovde fokus stavljen na sadržaje koji su terapijske prirode budući da je ta kategorija i u literaturi slabije istražena. Kada je u pitanju sezonska osetljivost, odnosno zavisnost mogućnosti eksploatacije od vremenskih uslova i doba godine, tu je bilo potrebno uzeti u obzir različite scenarije korišćenja – tokom cele godine i tokom letnje sezone.

Tabela 1. Pregled balneoloških objekata obuhvaćenih studijom
Table 1. An overview of balneo facilities included in the study

program	karakter lokacije			status		smeštaj			sezonska osetljivost		
	U	R	VN	N	P	L	B	/	visoka	srednja	niska
javna česma	2	9	4	9	6			15		5	10
javno kupatilo	1	3	1	4	1			5	1	2	2
wellness & spa	10	3	7	13	7	6	7	7	6	9	5
ekstrakcija blata			3	2	1			3	3		
akva park	1		2	3					3		
ostalo	2		2	2	2	1		3	2	2	

U = urbano

N = novo

L = na lokaciji

R = ruralno

P = adaptacija ili proširenje postojećeg

B = u blizini lokacije

VN = van naselja

/ = nije potrebno

Teorijski modeli korišćeni za postavljanje arhitektonskog koncepta prema principima bioklimatske arhitekture bazirani su na postulatima iz literature poput Olgay (2015) i Szokolay (2004). Za verifikaciju efikasnosti pasivnih sistema korišćen je softver *Climate Consultant*. Tokom istraživanja vršene su provere za veći broj različitih lokacija u Vojvodini, dok su za potrebe ovog rada korišćeni klimatski podaci za Zrenjanin.

Volumetrija, geometrija, senila i odnos zastakljenih i punih površina u odnosu na osunčanost u letnjem i zimskom režimu rada proverena je kroz simulacije senki za karakteristične dane – letnji i zimski solsticij u 10.00, 12.30 i 15h dok su performanse elemenata termičkog omotača i godišnja potrebna energija za grejanje računati u skladu sa Pravilnikom o energetskej efikasnosti zgrada, korišćenjem softvera *KnaufTerm2 Pro*. Za različite scenarije razvoja balneoloških kompleksa na izabranim lokacijama izvršena su i poređenja procenjenih energetskih potreba i raspoloživih kapaciteta iz hidrogeotermalnih izvora.

Elementi održivosti i otpornosti su razmatrani na nekoliko nivoa:

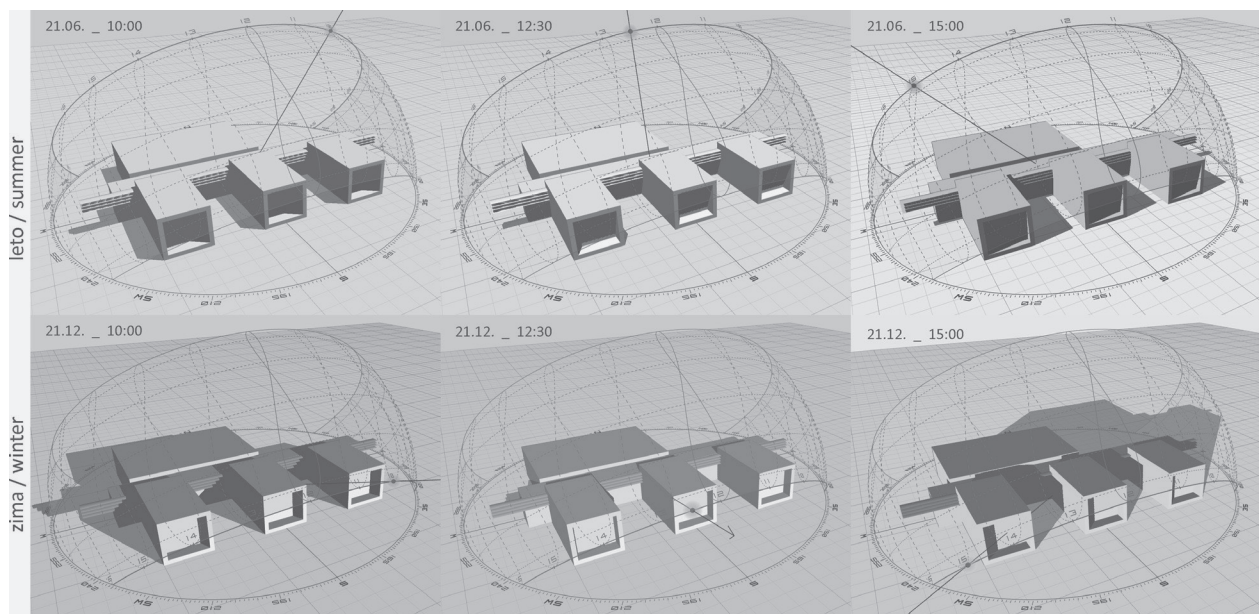
- program – definisan tako da bude prilagođen lokalnim potrebama i kapacitetima, uz mogućnost faznog razvoja;
- adaptibilni kapaciteti – kako bi se omogućilo funkcionisanje tokom cele godine, imajući u vidu sezonske promene, kao i potencijalne promene (očekivane i neočekivane) tokom životnog veka objekta;
- infrastrukturna nezavisnost, posebno za udaljene lokacije;
- minimiziranje emisije ugljen-dioksida u toku gradnje i eksploatacije objekta;
- lokalna proizvodnja – podržana izborom predložene građevinske tehnologije i materijala.

Primenjene projektantske strategije i postignuta energetska efikasnost

Na osnovu postavljenih ciljeva i prethodnih analiza, definisane su ključne projektantske strategije: modularnost, optimalno dimenzionisanje otvorenih i zatvorenih prostora i njihovih međusobnih odnosa, primena pasivnih sistema i korišćenje obnovljivih izvora energije.

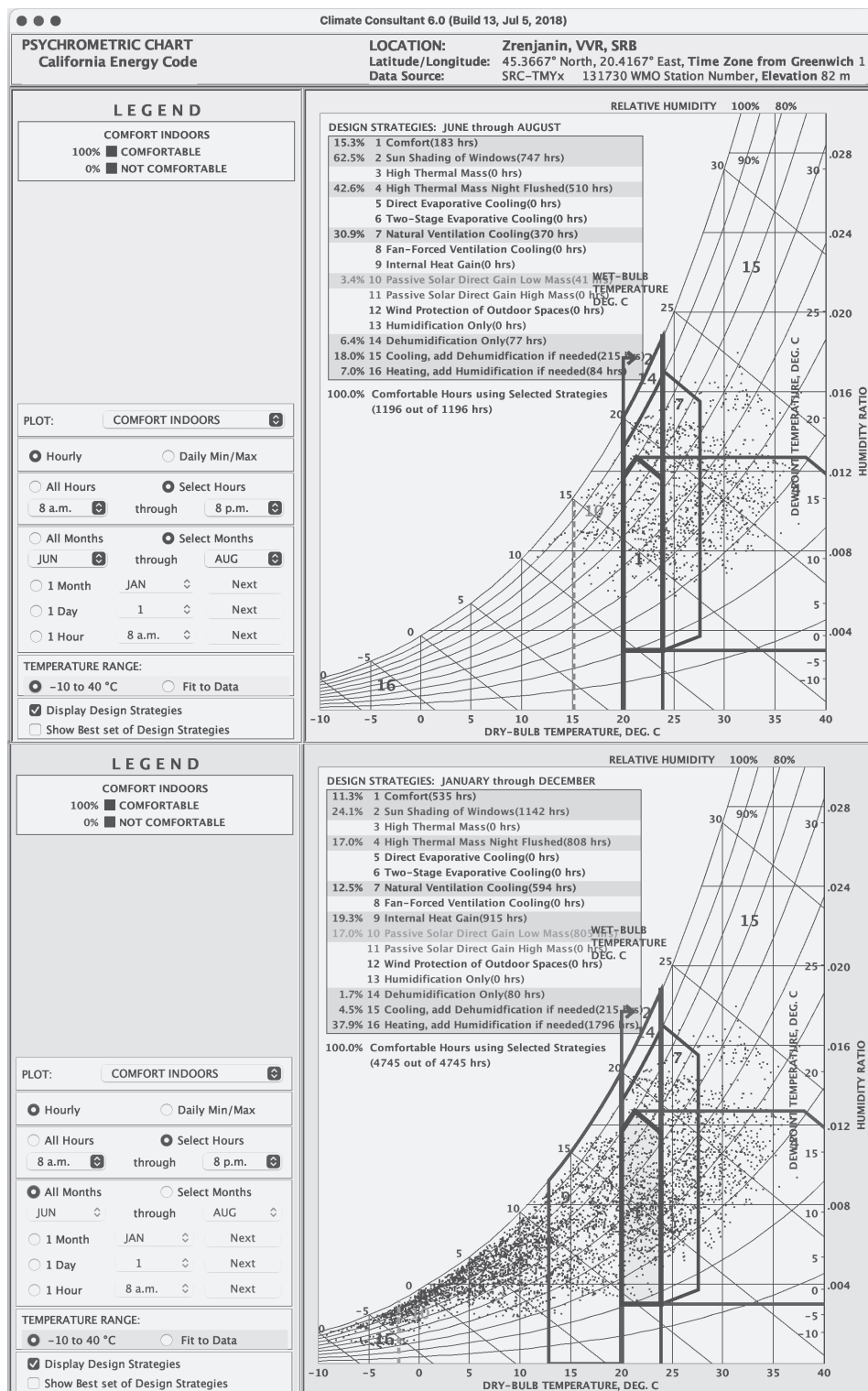
Princip modularnosti, detaljnije opisan u Čuković Ignjatović i dr. (2021), pokazao se kao veoma uspešan model održive i rezilijentne arhitekture sa izuzetno povoljnim energetskim karakteristikama u svim fazama razvoja. Primenom modularnih jedinica omogućena je faznost gradnje ali i različiti režimi korišćenja sa mogućnošću redukcije kapaciteta u periodima kada se očekuje manji broj posetilaca, prilagođavajući se promenama u nedeljnim (radni dani/vikend), mesečnim i godišnjim ciklusima zadržavajući rentabilnost tokom eksploatacije bez prekida u funkcionisanju.

Pažljivim dimenzionisanjem i orijentacijom otvorenih i zatvorenih prostora i njihovih međusobnih odnosa dobijene su funkcionalne jedinice optimizovanih dimenzija (detaljnije u Čuković i Ignjatović, 2020), najpovoljnijeg iskorišćenja prirodnog osvetljenja ali i zaštite od preterane izloženosti suncu u letnjem periodu (slika 1). Sve zastakljene površine pojedinačnih modula i komunikacije su u potpunosti zasenčene tokom leta kako bi se sprečilo pregrevanje i skoro potpuno izložene tokom zime kako bi se omogućio direktan zahvat i solarni dobici. Ovim je omogućeno ostvarivanje neposrednog vizuelnog kontakta sa prirodom kao i korišćenje termičke mase podova za noćno hlađenje u letnjem periodu.



Slika 1. Izloženost suncu i zasenčenje
Figure 1. Solar exposure and shading

Prirodna ventilacija je omogućena u svim prostorima zahvaljujući položaju, dimenzijama i operabilnosti zastakljenih elemenata fasade a dodatno poboljšana zahvaljujući neposrednoj blizini zelenila i vodenih površina. Iz psihometrijskih dijagrama vidi se da su u letnjem periodu upravo zasenčenje, prirodna ventilacija i noćno hlađenje ključne strategije kojima se potreba za aktivnim hlađenjem svodi na oko 18% u letnjem periodu, odnosno na nešto više od 42% na godišnjem nivou kumulativno za grejanje i hlađenje (slika 2).



Slika 2. Psihometrijski dijagrami sa projektantskim strategijama za letnje mesece (gore) i celu godinu (dole)

Figure 2. Psychrometric charts with design strategies for summer months (above) and complete year (below)

Fasade i krov su projektovani kao lake drvene konstrukcije pri čemu se pokazalo da se materijalizacijom po *Passive House* principima energetske potrebe mogu redukovati za više od 50% u odnosu na materijalizaciju koja bi ispunjavala zahteve aktuelnog Pravilnika o energetskej efikasnosti zgrada.

Projektantske strategije za minimiziranje energetske potrebe zgrada primenjene su dosledno u svim fazama od osnovnih urbanističkih postavki, preko prostorno-funkcionalnog sklopa do materijalizacije čime je postignut visok stepen energetske nezavisnosti objekta te se može očekivati da na godišnjem nivou oko 60% radnih sati nema potrebe ni za kakvim dodatnim grejanjem ili hlađenjem (slika 2 dole), dok se tokom leta očekuje potreba za dodatnim hlađenjem samo tokom 215 sati. Jasno je da i tokom perioda kada je neophodno grejanje ili hlađenje objekata, zbog poboljšanih termičkih performansi zgrada, optimalni uslovi komfora se postižu uz značajno manji utrošak energije. Samim tim, tražene uslove komfora je tada moguće ostvariti uz efikasno korišćenje hidrogeotermalne energije dostupne na lokaciji, ostavljajući mnogo više prostora za korišćenje balneološkog resursa. Električna energija potrebna za rad toplotnih pumpi takođe je manja nego kod konvencionalnih arhitektonskih rešenja, tako da se preostale energetske potrebe mogu namiriti korišćenjem fotonaponskih panela, obezbeđujući praktično potpunu energetske nezavisnost ovih objekata.

Zaključak

Balneološki resursi su prepoznati po svom turističkom potencijalu i mogu se koristiti kao pokretači razvoja, što je posebno značajno u ekonomski slabije razvijenim sredinama. Predstavljene principi projektovanja *wellness&spa* objekata za lokalitete sa identifikovanim termomineralnim resursima zasnovan je na modularnom pristupu, koji omogućava fazni razvoj i efikasnu eksploataciju resursa sa ograničenim finansijskim sredstvima. Projektantske strategije predstavljene u radu (modularnost, dimenzionisanje i pozicioniranje otvorenih i unutrašnjih karakteristika, karakteristike pasivnog dizajna), u kombinaciji sa upotrebom obnovljivih izvora energije na licu mesta, omogućavaju visok nivo održivosti, otpornosti, energetske nezavisnosti uz visok stepen fleksibilnosti u eksploataciji. Multidisciplinarnim pristupom moguće je superponirati prednosti različitih tehnologija i omogućiti samostalno funkcionisanje po najsavremenijim standardima čak i na lokalitetima koji nemaju nikakvu infrastrukturnu opremljenost.

Literatura:

- ĆUKOVIĆ IGNJATOVIĆ N., IGNJATOVIĆ D., 2020: "Models for Contemporary Exploitation of Balneological Potential in Vojvodina" in Đukić A., Krstić-Furundžić A., Vaništa Lazarević E., Vukmirović M. (Eds) *Keeping up with technologies to act responsively in urban environment: Proceedings of abstracts of the 7th International academic conference on Places and Technologies, Belgrade*, (pp.241-247). University of Belgrade – Faculty of Architecture
- ĆUKOVIĆ IGNJATOVIĆ N., VRANJEŠ A., IGNJATOVIĆ D., MILENIĆ D., KRUNIĆ O., 2021: Sustainable Modularity Approach to Facilities Development Based on Geothermal Energy Potential, *Applied Sciences*. 2021; 11(6):2691.
- MILENIĆ, D., KRUNIĆ, O., VRANJEŠ, A., 2017: *Balneološki potencijal teritorije AP Vojvodine - Istraživanje resursa, višeparametarska valorizacija i pravci razvoja*, Naučna studija. Beograd: Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet
- OLGAY, V., 2015: *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism - New and expanded Edition*, Princeton University Press
- PRAVILNIK O ENERGETSKOJ EFIKASNOSTI ZGRADA, "SL. GLASNIK RS", BR. 61/2011
- SZOKOLAY, S. 2004: *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*. Oxford: Architectural Press
- TOTH, ANIKO N., SZTERMEN, ANIKO, FENERTY, DAVID K. 2015: "Social Acceptance of Geothermal Energy Through Tourism and Balneology" in *Proceedings World Geothermal Congress 2015 Melbourne*
- UNITED NATIONS. 2015: *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*. A/RES/70/1
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1948: *Constitution of the World Health Organization*
- <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data#monthly>