

* INDIKATORI ODRŽIVOG KORIŠĆENJA IZVORIŠTA PODZEMNIH VODA SRBIJE

Dr Nebojša Veljković, dipl.inž.građ.¹, Milorad Jovičić, dipl.inž.građ.¹

REZIME

U ovom radu je prezentovan set indikatora za oblast voda koji je razvijen za potrebe izveštavanja o stanju životne sredine. Metodološki pristup za izradu indikatora kvaliteta izvorišta podzemnih voda bazira se na kriterijumu održivog korišćenja sa aspekta eksploatacije vode i zaštite zdravlja. Dat je pregled procenta mikrobiološke i fizičko-hemijske neispravnosti uzoraka vode sa uzrokom neispravnosti iz svih tipova izvorišta podzemnih voda Srbije i odgovarajući indikator kvaliteta definisan opisom i bojom. Na osnovu prezentovanih indikatora i opših uslova zaštite izvorišta od zagađivanja različitih inputa, stanje kvaliteta podzemnih voda u Srbiji se u celini ne može oceniti zadovoljavajućim.

Ključne reči: podzemna voda, indikatori, eksploatacija, kvalitet

UVOD

Deo temeljnog dokumenta EU za upravljanje vodama Okvirna direktiva o vodi (*Water Framework Directive*, WFD, 2000) odnosi se i na analizu indikatora pokretačkih sila (*Driving force*), pritisaka (*Pressure*) i uticaja (*Impact*) na vodna tela. Određivanje pokretačkih sila, pritisaka i uticaja obuhvata kreiranje seta indikatora za praćenje promena numerički reprezentativnih veličina o eksploataciji i kvalitetu voda, korišćenju zemljišta, urbanizaciji, razvoju industrije i poljoprivrede i ostalih aktivnosti koje dovode do promena sa mogućim uticajima na vodna tela.

Analiza uticaja eksploatacije i korišćenja vodnih resursa na životnu sredinu je vrlo složena i obuhvataju sve sektore koji koriste vodu i sve segmente životne sredine, kao i njihove međusobne uticaje koji mogu biti posredni i direktni, privremeni i trajni. Pojedina strateška dokumenta u ovoj oblasti naglašavaju značaj smanjenja norma potrošnje, racionalnog korišćenja i zaštite vodnih resursa. [4] *Nacionalna strategija održivog korišćenja prirodnih resursa i dobara Republike Srbije* ističe da je najslabiji deo u sistemu zaštite vodnih resursa primena zakonske regulative u delu prečišćavanje otpadnih voda. Takođe, u domenu ekonomije je neophodna izmena politike cena vode (naknade za korišćenje i zaštitu voda) i odgovarajuća finansijska politika koja obuhvata mere, kao što su: sistemi za kanaliziranje naselja, postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, i postrojenja za pripremu vode za piće.

Postojeći podaci iz studija različitog nivoa za Srbiju ukazuju da raspoloživost vodnih resursa i potrebe nisu vremenski i prostorno usklađeni, pri čemu potrebe rastu a postojeći kvalitet vode ne zadovoljava. Zato je za oblast podzemnih voda sa aspekta potencijalnog zagađenja najvažnije determinisati pritiske na vodna tela jer su to direktne posledice pokretačkih sila. U ovom radu je prezentovan set indikatora za oblast voda koji je razvijen za potrebe izveštavanja u Agenciji za zaštitu životne sredine. [1]

*Objavljeno u časopisu „Voda i sanitarna tehnika“, 2007, vol. 37, br. 6, str. 27-37.

<http://scindeks.ceon.rs/article.aspx?query=ISSID%26and%265378&page=2&sort=8&stype=0&backurl>

¹ Ministarstvo zaštite životne sredine Republike Srbije, Agencija za zaštitu životne sredine, Ruže Jovanovića 27a, 11060 Beograd, nebojsa.veljkovic@sepa.gov.rs

Set ovih indikatora pod imenom *indikatora održivog korišćenja izvorišta podzemnih voda* je podeljen u dve grupe:

indikatora eksploatacije podzemnih voda,

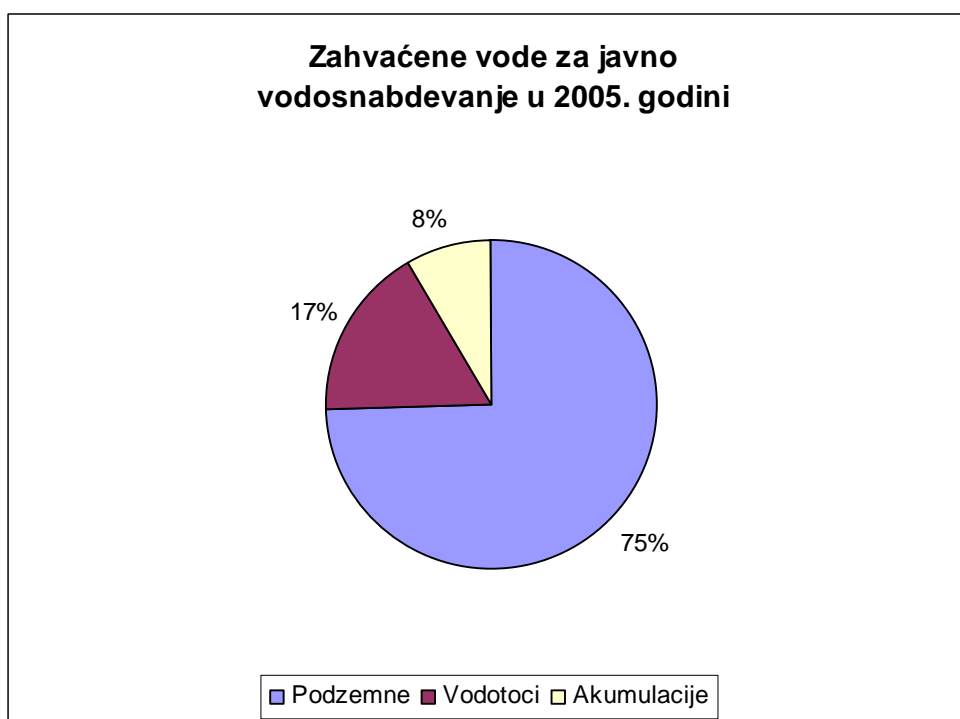
indikatora kvaliteta podzemnih voda.

Prezentovanim metodološkim pristupom kreirani su *indikatora održivog korišćenja izvorišta podzemnih voda* kao kvantifikovane informacije, koje se zasnivaju na merenjima ili statističkim podacima o količinama i kvalitetu podzemnih voda u Srbiji i predstavljaju jedano od merila ili pokazatelja efekata programa upravljanja vodnim resursima.

INDIKATORI EKSPLOATACIJE PODZEMNIH VODA

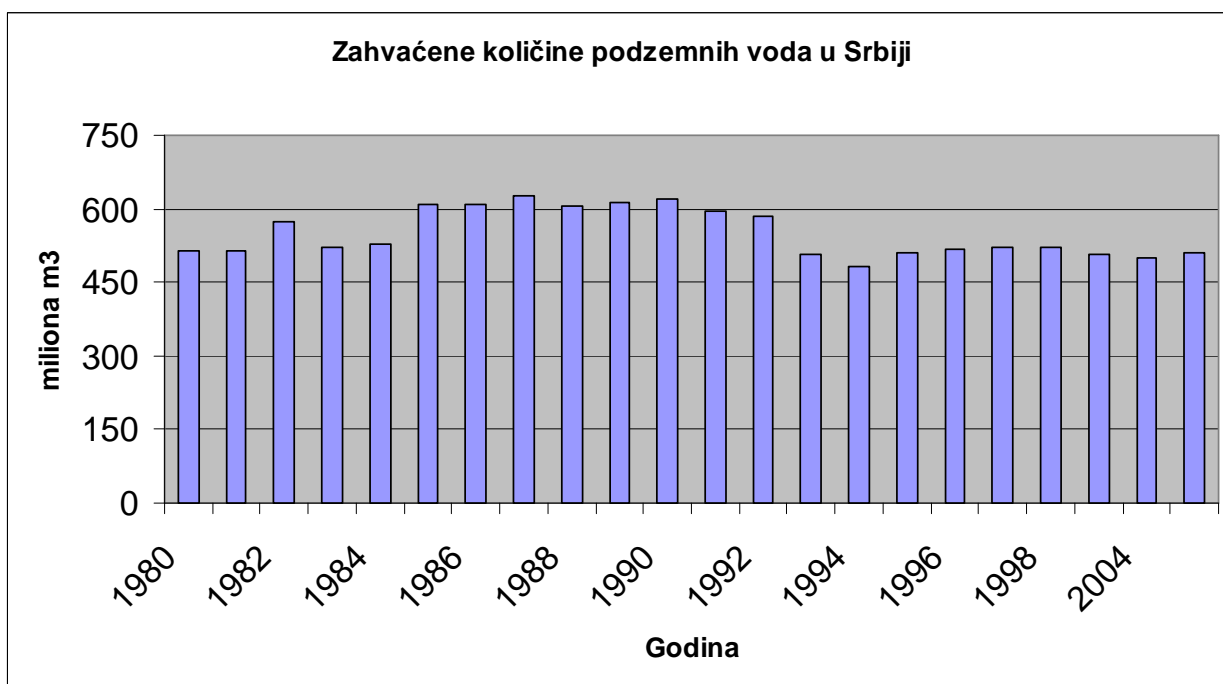
Danas podzemne vode obezbeđuju 75% potreba za vodom domaćinstvima i industriji u Srbiji, a na području Vojvodine je ovo isključivi način vodosnabdevanja. (

Slika 1)



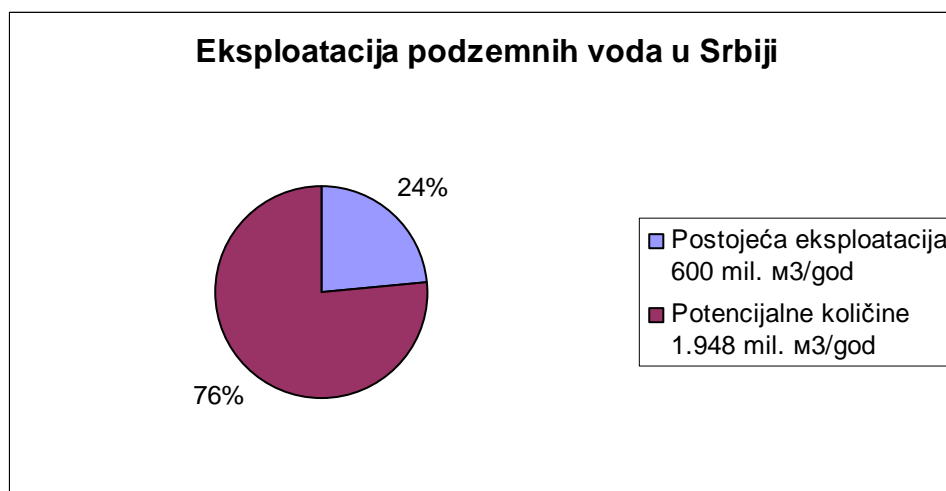
Slika. 1. Ukupno zahvaćene vode iz svih tipova izvorišta u Srbiji

Prema raspoloživim statističkim podacima o eksploataciji podzemnih voda za potrebe javnog vodosnabdevanja (512 miliona m³ godišnje u 2006. godini, slika 2) i proceni količina koje se eksploatišu kod individualnog vodosnabdevanja seoskog stanovništva, danas se u Srbiji zahvata ukupno oko 600 miliona m³ podzemne vode.



Slika. 2. Zahvaćene vode iz izvorišta podzemnih voda u višegodišnjem periodu

Ukupni kapaciteti postojećih izvorišta podzemnih voda u Srbiji iznose ukupno oko 659 miliona m³ godišnje, od toga 197 m³ godišnje za Vojvodinu i 462 m³ godišnje za Centralnu Srbiju. Ocenjene potencijalne količine podzemnih voda u narednom periodu (2021. god.) iznose 1.948 miliona m³ godišnje, od čega se danas zahvata oko 24%. [7], [8] (Slika3)



Slika . 3. Perspektiva eksploatacije podzemnih voda u Srbiji

Resursi podzemnih voda biće preovlađujući tip izvora za vodosnabdevanje stanovništva i industrije u Srbiji u narednom periodu. Prekomerna eksploatacija podzemnih voda dugoročno ugrožava stabilno vodosnabdevanje, što se može ilustrovati i izraziti na osnovu sledećeg odnosa:

Ekspoatabilne rezerve/ broj stanovnika ⇔ Potrošnja eksploatabilnih rezervi/ broj stanovnika

Ovakvim pristupom može se predstaviti sledeći izraz koji definiše indikator eksploatacije pod nazivom *indeks specifične eksploatacije izvorišta podzemnih voda*:

$$Q_{spec} = [Q/S] \times 1000 \text{ (l/s/stan)}, \text{ gde je:}$$

Qspec – indeks specifične eksploatacije izvorišta (l/s/stan)

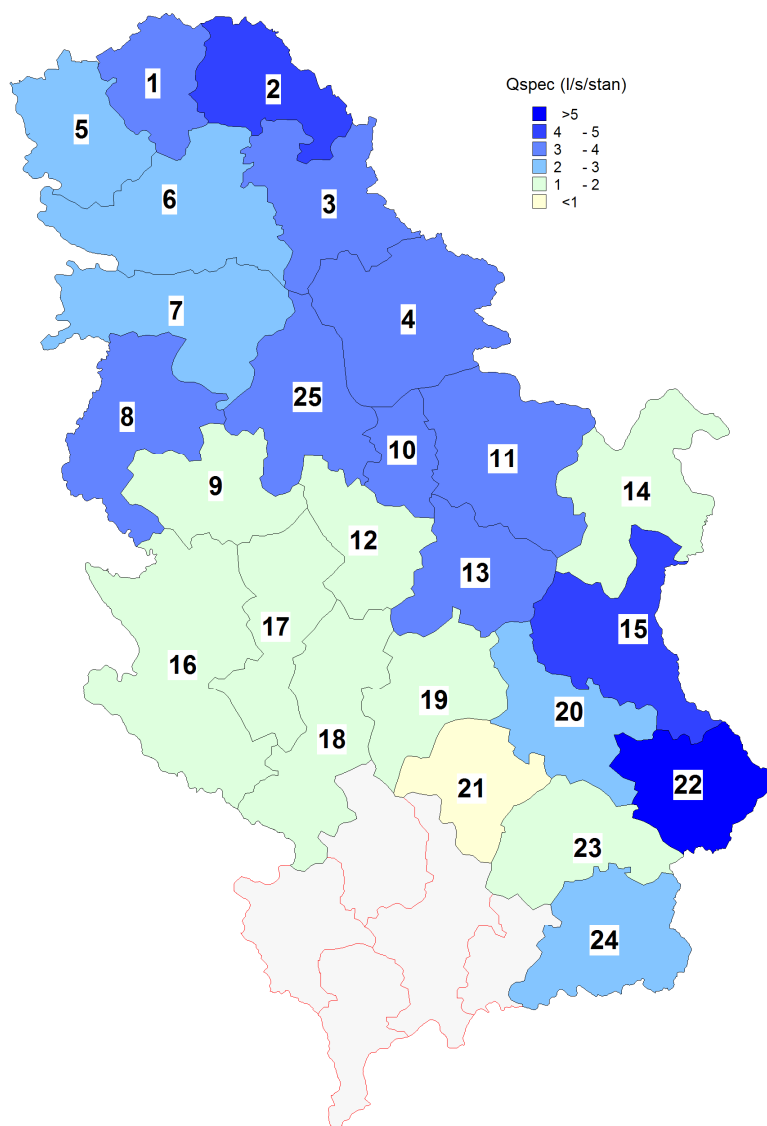
Q - izdašnost izvorišta podzemnih voda (l/s)

S – broj stanovnika

Prezentovane potencijalne količine podzemnih voda i njihova raspodela na administrativne okruge prema odgovarajućem broju stanovnika, izraženu preko *indeksa specifične eksploatacije izvorišta podzemnih voda*, pomažu nam da dobijemo pokazatelje raspoloživosti/bogatstva izvora podzemnih voda za potrebe vodosnabdevanja u Srbiji. (Tabela1, Slika 1)

Tabela. 1. Indeks specifične eksploatacije izvorišta podzemnih voda u Srbiji

Indeks specifične eksploatacije izvorišta podzemnih voda u Srbiji (l/s/stan)				
R.br.	Naziv okruga i grada	Q (l/s)	Broj stanovnika	Qspec
1	Severnobački	755	200.140	3,77
2	Severnobanatski	787	165.881	4,74
3	Srednjobanatski	648	208.456	3,1
4	Južnobanatski	1004	313.937	3,2
5	Zapadnobački	627	214.011	2,93
6	Južnobački	1634	593.666	2,75
7	Sremski	796	335.931	2,37
8	Mačvanski	1108	329.625	3,36
9	Kolubarski	352	192.204	1,83
10	Podunavski	730	210.290	3,47
11	Braničevski	620	200.503	3,09
12	Šumadijski	361	298.778	1,21
13	Pomoravski	785	227.435	3,45
14	Borski	215	146.551	1,47
15	Zaječarski	635	137.561	4,62
16	Zlatiborski	591	313.396	1,88
17	Moravički	380	224.772	1,69
18	Raški	377	291.230	1,29
19	Rasinski	365	259.441	1,41
20	Nišavski	821	381.757	2,15
21	Toplički	100	102.075	0,98
22	Pirotski	720	105.652	6,81
23	Jablanički	405	240.923	1,68
24	Pčinjski	494	227.690	2,17
25	grad Beograd	5946	1,576.124	3,77
Ukupno		21.256	7,498.029	



Slika 1. Karta specifične izdašnosti postojećih izvorišta podzemnih voda Srbije

INDIKATORI KVALITETA IZVORIŠTA PODZEMNIH VODA

Metodološki pristup za izradu indikatora kvaliteta izvorišta podzemnih voda bazira se na kriterijumu održivog korišćenja sa aspekta zaštite zdravlja. Kvalitativni indikatori uticaja iz izvora životne sredine razmatrani su kao rizik od infekcije od mikrobioloških agenasa i toksičnosti opasnih i štetnih materija, tako da nikada ne premaše minimalni osnovni nivo. Prihvatljivi osnovni nivo mikrobiološkog i hemijskog kvaliteta (obavezni ili preporučeni) se može razlikovati prema pojedinom pokazatelju za različite regione sveta. Zato je za izradu kvalitativnih pokazatelja uticaja mikrobioloških i hemijskih agenasa na zdravlje korišćeno više literaturnih izvora. [2], [3], [6] Primer pristupa procenjivanja razlike između uticaja na zdravlje odgovarajućeg indikatora kvaliteta i njegovog odgovarajućeg procenta neispravnosti prikazan je tabelarno. (Tabela 2, 3 i 4)

Tabela 2. Kvalitativni pokazatelji uticaja na zdravlje u odnosu na indikator kvaliteta vode

Nivo	Indikator kvaliteta: mikrobiologija/hemija	Uticaj
1	Neznatan/ Prihvatljiv	Neznatan uticaj
2	Mali/ Delimično prihvatljiv	Mali uticaj na mali broj stanovnika
3	Umeren/ Loš	Manji uticaj na veći broj stanovnika
4	Veliki/ Veoma loš	Znatan uticaj na mali broj stanovnika
5	Ogroman/ Alarmantan	Veliki uticaj na veliki broj stanovnika

Tabela 3. Indikator kvaliteta izvorišta podzemnih voda u pogledu mikrobiološke neispravnosti

Nivo	Procenat neispravnosti	Opis
1	< 5	Neznatan
2	5,1 – 10	Mali
3	10,1 – 25	Umeren
4	25,1 – 50	Veliki
5	> 50	Ogroman

Tabela 4. Indikator kvaliteta izvorišta podzemnih voda u pogledu fizičko-hemijske neispravnosti

Nivo	Procenat neispravnosti	Opis
1	< 10	Prihvatljiv
2	10,1 – 20	Delimično prihvatljiv
3	20,1 – 50	Loš
4	50,1 – 80	Veoma loš
5	> 80,1	Alarmantan

Indikator kvaliteta izvorišta podzemnih voda Srbije sračunat je na osnovu godišnjih izveštaja regionalnih Zavoda za javno zdravlje o kvalitetu voda namenjenih vodosnabdevanju. Izveštaji obuhvataju sistematsku kontrolu o fizičko-hemijskim i mikrobiološkim pokazateljima kvaliteta iz gradskih i seoskih vodovodnih sistema, školskih i javnih vodnih objekata (bunara, kaptiranih izvora i vrela). Ukupan broj uzoraka koji je obuhvaćen analizom procenta neispravnosti za 2006. godinu za teritoriju Srbije iznosio je 51.578 na mikrobiološke pokazatelje i 42.427 na fizičko-hemijske pokazatelje. U tabelarnom pregledu dat je procenat mikrobiološke i fizičko-hemijske neispravnosti uzoraka sa uzrokom neispravnosti vode iz izvorišta podzemnih voda i odgovarajući indikator kvaliteta definisan opisom i bojom. (Tabela 6, 7)

Indikatori kvaliteta izvorišta podzemnih voda Srbije ukazuju na razlike u kvalitetu kod administrativnih regiona, pri čemu se mogu generalno izdvojiti dve zone kvaliteta podzemne vode koje se donekle poklapaju sa hidrogeološkim reonima. (Slika 2, 3) Vode Vojvodine sa 29,1% neispravnih uzoraka na mikrobiološke pokazatelje i 63,4% na fizičko-hemijske pokazatelje i vode centralne Srbije gde su rezultati „povoljniji“ i iznose 9,6% neispravnih uzoraka na mikrobiološke pokazatelje i 20,1% na fizičko-hemijske pokazatelje.

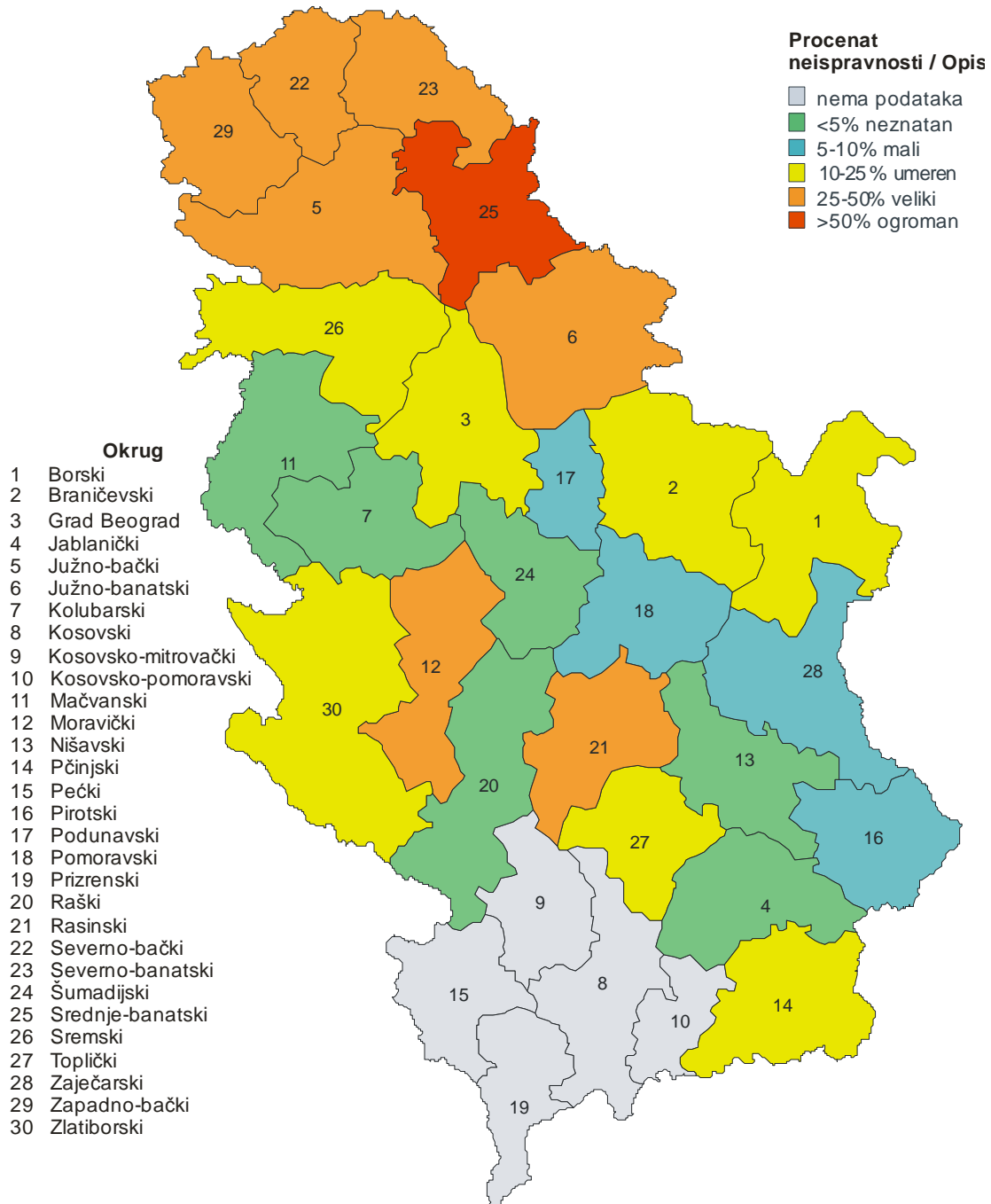
Opštom ocenom kvaliteta može se zaključiti da se standardnim metodama prečišćavanja i dezinfekcije, osim u Vojvodini zbog arsena, mogu ispuniti uslovi za obezbeđenje higijenski ispravne vode za piće iz izvorišta podzemnih voda Srbije.

Tabela 5. Procenat mikrobiološke neispravnosti uzoraka iz izvorišta podzemnih voda i odgovarajući indikator kvaliteta

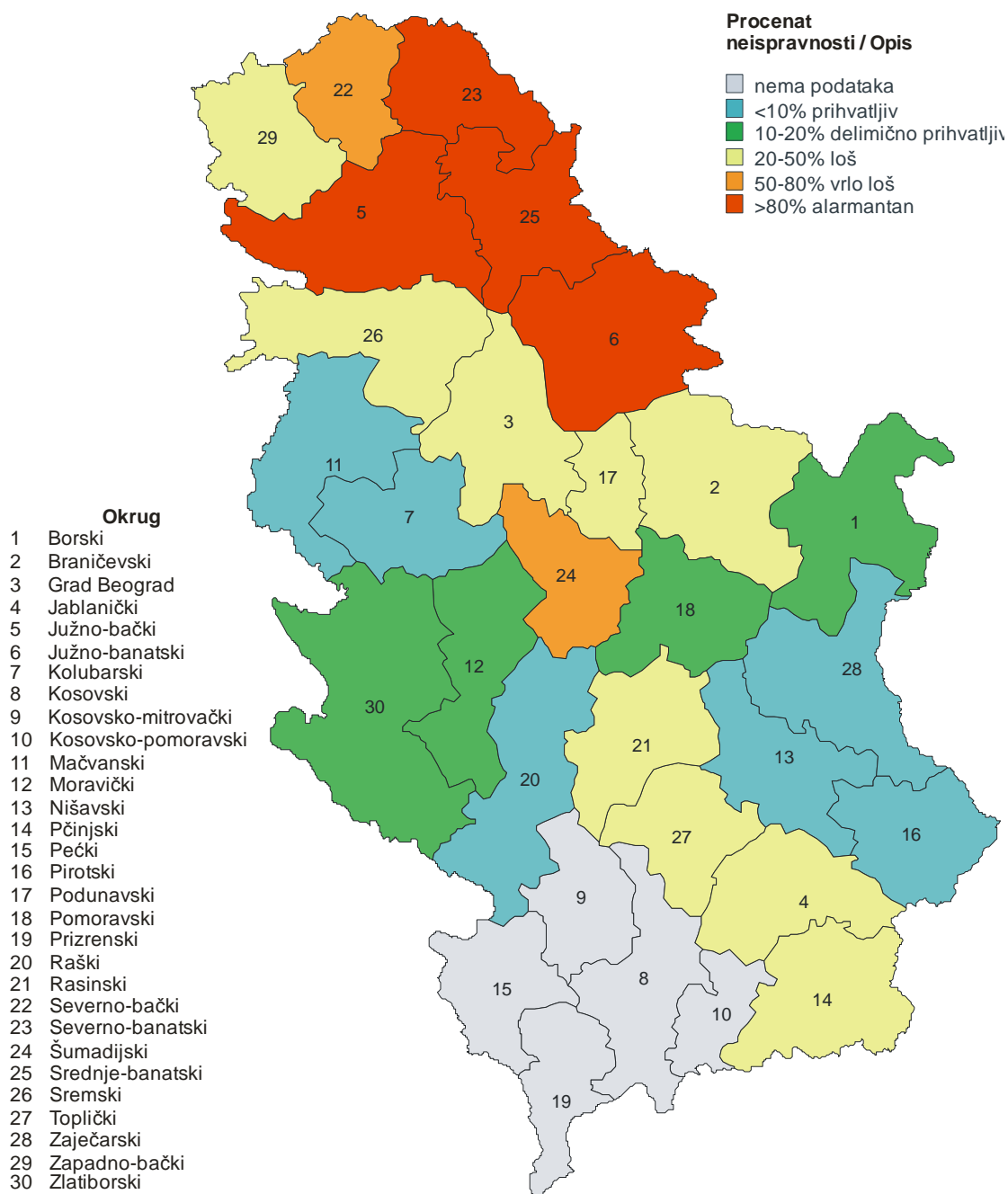
Okrug	Godina	% neispr. Mikrob.	Uzrok neispravnosti (najčešći)	Indikator	Boja
Nišavski	2006	0,5	E.Coli, E.Coli f., Citrobacter, AMB, Streptokok f.	neznatan	Blue
Jablanički	2006	1,8	A.M.B., koliformne bakterije, Citrobacter freundii, Klebsiella oxytoca	neznatan	
Raški	2006	2,8	Koliformne bakterije, Aerobne mezofilne bakterije	neznatan	
Šumadijski	2006	4,1	Koliformne, Streptokoke fekalnog porekla	neznatan	
Kolubarski	2006	4,9	E.Coli, Citrobacter, Enterobacter	neznatan	
Mačvanski	2006	5	-	neznatan	
Podunavski	2006	5,8	-	mali	Light Green
Zaječarski	2006	7	Koliformne bakterije, Aerobne mezofilne bakterije	mali	
Pirotski	2006	8,4	E.Coli, AMB, Pseudomonas aeruginosa	mali	
Pomoravski	2006	8,8	E.Coli, Aerobne mezofilne bakterije, Proteus	mali	Yellow
Toplički	2006	10,5	E.Coli, Enterobacter	umeren	
Braničevski	2006	10,7	Koliformne bakterije, Aerobne mezofilne bakterije	umeren	Yellow
Borski	2006	11,4	Koliformne bakterije, Aerobne mezofilne bakterije	umeren	
Grad Beograd	2006	11,5	E.Coli, Citrobacter, Enterobacter	umeren	
Sremski	2006	12,3	-	umeren	
Pčinjski	2006	13,7	Koliformne bakterije, Aerobne mezofilne bakterije	umeren	Yellow
Zlatiborski	2006	16,1	Koliformne bakterije, Aerobne mezofilne bakterije	umeren	
Severno-banatski	2006	25,2	Koliformne bakterije, Aerobne mezofilne bakterije	veliki	
Južno-banatski	2006	27,3	Koliformne bakterije, Aerobne mezofilne bakterije	veliki	Orange
Zapadno-bački	2006	31,7	-	veliki	
Rasinski	2006	36,1	Koliformne bakterije, Aerobne mezofilne bakterije	veliki	Orange
Južno-bački	2006	36,6	Koliformne bakterije, Aerobne mezofilne bakterije	veliki	
Severno-bački	2006	37,3	Koliformne, Aerobne mezofilne, Streptokoke fekalnog porekla	veliki	
Moravički	2006	38,5	E. Coli, Streptokoke fekalnog porekla, Sulfited.klostridije	veliki	Red
Srednjobanatski	2006	60	E. Coli, Streptokoke fekalnog porekla, Sulfited.klostridije	ogroman	

Tabela 6. Procenat fizičko-hemijske neispravnosti uzoraka iz izvorišta podzemnih voda i odgovarajući indikator kvaliteta

Okrug	Godina	% neispr. Fiz.-Hem.	Uzrok neispravnosti (najčešći)	Indikator	Boja
Nišavski	2006	2,9	Mutnoća, Fe, Mn, NH ₃ , Nitrite, Nitrati	prihvatljivo	Cyan
Pirotski	2006	5,1	KMnO ₄ , mutnoća	prihvatljivo	
Mačvanski	2006	6,8	KMnO ₄ , boja, mutnoća	prihvatljivo	
Kolubarski	2006	7,2	Mutnoća, KMnO ₄ , NH ₃	prihvatljivo	
Raški	2006	8	Mutnoća, KMnO ₄ , Nitrati	prihvatljivo	
Zaječarski	2006	9,2	Mutnoća, Nitrati, NH ₃	prihvatljivo	
Pomoravski	2006	13,1	Mutnoća, Nitrati	delimično prihvatljivo	Green
Borski	2006	14,7	Mutnoća, Nitrati, NH ₃	delimično prihvatljivo	
Moravički	2006	18,9	KMnO ₄ , Fe, NH ₃	delimično prihvatljivo	
Zlatiborski	2006	19,3	Mutnoća, KMnO ₄	delimično prihvatljivo	
Jablanički	2006	20,8	Boja, KMnO ₄ , Fe, Mn, NH ₃	loše	Yellow
Toplički	2006	21,1	Mutnoća, KMnO ₄ , Nitriti, Nitrati	loše	
Pčinjski	2006	29,5	Mutnoća, KMnO ₄ , NH ₃	loše	
Grad Beograd	2006	30,9	Fe, Mn, NH ₃ , nitriti	loše	
Zapadno-bački	2006	32,2	-	loše	
Braničevski	2006	32,8	Mutnoća, boja, Nitriti, Nitrati	loše	
Podunavski	2006	35	Mutnoća, boja, Nitriti, Nitrati	loše	
Rasinski	2006	36,4	Mutnoća, boja, Mn, Nitrati	loše	
Sremski	2006	37,6	-	loše	
Severno-bački	2006	77,1	KMnO ₄ , Fe, NO ₂ , Mn, NH ₃ , Arsen	vrlo loše	
Šumadijski	2006	77,4	Boja, mutnoća, KMnO ₄ , Fe, Mn, NH ₃ , nitriti	vrlo loše	
Severno-banatski	2006	88	Mn, NH ₃ , Arsen	alarmantno	Red
Južno-bački	2006	89,6	Boja, Fe, Mn	alarmantno	
Južno-banatski	2006	90,5	Fe, Mn, NH ₃	alarmantno	
Srednje-banatski	2006	100	Fe, Mn, NH ₃ , Arsen	alarmantno	



Slika 2. Indikator kvaliteta izvorišta podzemnih voda Srbije u pogledu mikrobiološke neispravnosti



Slika 3. Indikator kvaliteta izvorišta podzemnih voda Srbije u pogledu fizičko-hemijske neispravnosti

ZAŠTITA IZVORIŠTA PODZEMNIH VODA

Na osnovu prezentovanih *indikatora održivog korišćenja izvorišta podzemnih voda* i opših uslova zaštite izvorišta od zagađivanja različitih inputa, stanje kvaliteta podzemnih voda u Srbiji se u celini ne može oceniti zadovoljavajućim, jer se:

- otpadne vode i druge nepoželjne materije iz naselja, industrije i poljoprivrede bez prečišćavanja ili van kontrole se izlivaju i/ili izbacuju u vodotoke i zone sanitarne zaštite podzemnih voda, izazivajući degradaciju vodnog potencijala i potencijalnu opasnost za zagađenje akvifera,
- ne raspolaže potrebnim podacima za ocenu uticaja «nadeksploatacije» izdani na kvalitet i eksploatacione mogućnosti izvorišta,
- nisu uspostavile uže i šire zone sanitarne zaštite mnogih postojećih i potencijalnih izvorišta podzemnih voda i nedovoljna je njihova istraženost.

Osnovni principi na kojima treba zasnivati buduća rešenja u sektoru upravljanja izvorištima podzemnih voda za potrebe vodosnabdevanja stanovništva i industrije jesu:

- u budućem razvoju regionalnih sistema za vodosnabdevanje pridržavati se principa da se do ekološki prihvatljivih granica iskoriste lokalna izvorišta podzemnih i površinskih voda, a samo nedostajuću količinu obezbediti iz regionalnih sistema. Prioritet kod eksploatacije lokalnih izvorišta dati reursima podzemnih voda i zaštititi ih od zagađivanja,
- rezerve podzemnih voda visokog kvaliteta koristiti samo za snabdevanje stanovništva vodom za piće i industrije u tehnološkim procesima koji zahtevaju vodu najvišeg kvaliteta. Dinamiku eksploatacije prilagoditi dugoročnim zahtevima bez uticaja na pogoršanje kvaliteta,
- intenzivirati istražne radove na utvrđivanju stvarno potencijalnih kapaciteta uz mogućnost povećanja eksploatacionih mogućnosti veštačkim prihranjivanjem,
- zaštititi zone sanitarne zaštite postojećih i potencijalnih izvorišta i slivnih područja podzemnih voda,
- u ravničarskim predelima u slivnim područjima reka koje prihranjuju podzemne vode, a naročito u onim koji su zavisni od korišćenja tranzitnih voda, izvršiti prostornu preraspodelu voda i stvoriti uslove za njihovo višenamensko korišćenje, zaštitu od zagađivanja kao i zaštitu od voda.

Ovi principi su u skladu sa Milenijumskim ciljevima razvoja Republike Srbije, gde se preporučuje da se do 2015. godine:

(1) poveća stepen snabdevenosti stanovništva vodom za piće u ruralnim područjima i poboljša kvalitet isporučene vode za stanovništvo, i

(2) poveća broj domaćinstava koja su priključena na kanalizacionu mrežu, i količine komunalnih i industrijskih otpadnih voda koje se adekvatno prečišćavaju, izgradnjom novih i rekonstrukcijom postojećih postrojenja. [5]

LITERATURA

- [1] *Izveštaj o stanju životne sredine u Republici Srbiji za 2006*, Ministarstvo zaštite životne sredine, Agencija za zaštitu životne sredine, 2007.
- [2] *Australian Drinking Water Guidelines*, Australian Government, National Health and Medical Research Council, 2004.
- [3] *Microbial Risk Assessment (MRA) Tool*, Urban Water, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 2005, Report 2005:7.
- [4] *Nacionalna strategija održivog korišćenja prirodnih resursa i dobara Republike Srbije*, Radna grupa za vodne resurse, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede, Republička direkcija za vode, 2007.
- [5] *Nacionalni milenijumski ciljevi razvoja u Republici Srbiji*, Vlada Republike Srbije, 2006.
- [6] *Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće* (Sl.list SRJ 42/98), Tabela 3, Lista III a.
- [7] Republički Zavod za statistiku, *Zahvaćene količine vode prema vrsti vodozahvata, Godišnji izveštaj o javnom vodovodu VOD-2V*, 2005.
- [8] *Vodoprivredna osnova Srbije*, Tabela 2.3.5: *Ocenjene potencijane količine podzemnih voda u narednom periodu*, Ministarstvo za poljoprivredu, šumarstvo i vodoprivredu, 2001.