

INDIKATORI ODRŽIVOG UPRAVLJANJA SISTEMIMA ZA VODOSNABDEVANJE I ODVOĐENJE OTPADNIH VODA ¹

Dr Nebojša Veljkovic, dipl.inž.grad., *Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja Republike Srbije, AGENCIJA ZA ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE*

Kriterijumi za ocenu održivog upravljanja sistemima za vodosnabdevanje i odvođenje otpadnih voda treba da obuhvate ekološke, društvene i ekonomske aspekte komunalne infrastrukture. Ovi aspekti treba da obezbede nivo usluga svim građanima zajednice bez ugrožavanja celokupnosti prirodnih, izgrađenih i društvenih sistema od kojih pružanje ovih usluga zavisi. Sistemi za vodosnabdevanje i odvođenje otpadnih voda obezbeđuju osnovne usluge koje omogućavaju ekonomski i društveni razvoj i istovremeno imaju uticaja na način kako se društvo odnosi prema vodi kao resursu za razvoj. Ova karakteristika dobija potvrdu u definiciji ASCE (1998) i UNESCO-a (1999), gde se kaže da su „održivi sistemi vodnih resursa projektovani i njima se tako upravlja da se u potpunosti ispunjavaju ciljevi društva danas i u budućnosti, održavanjem njihovog ekološkog i hidrološkog nemirom stanja.“ Dovoljno je jasno da je potpuna održivost sistema vodnih resursa, prema ovoj definiciji, malo verovatna u velikim urbanim sredinama.

Kriza vode i urbana održivost

Izazov u ostvarenju koncepta održivog razvoja uslovljen je presijom ljudskih aktivnosti na prirodne resurse, obnovljive i neobnovljive, pri čemu se izdvajaju tri krizne oblasti: obezbeđenje hrane, snabdevanje energijom i zaštita životne sredine. Zaštita i korišćenje voda kao generalno obnovljivog resursa je problem prisutan u svim ovim oblastima. Voda je u procesu proizvodnje hrane i energije sirovina i sredstvo za rad, a u zaštiti životne sredine je očuvanje kvaliteta i zaštita od štetnog delovanja voda najvažniji problem. Razvoj tehnologije, demografski rast i ubrzana urbanizacija dovode do povećanja potrošnje vode, istovremeno uvećavajući stepen zagađenja što uslovljava sve strožije zahteve u pogledu kvaliteta.

Urbani sistemi za vodosnabdevanje i odvođenje otpadnih voda su podsistemi urbano-industrijskih ekosistema u kojima se generiše kriza vode, a odraz su ukupnog društvenog razvoja i kao direktna ljudska tvorevina spadaju u veštacke ekosisteme. Osnovni uslov za opstanak i ravnotežu ovakvog ekosistema je u snabdevenosti svim oblicima potrebne energije na račun prirodnih sistema, čime je on u ekološkom smislu nepostojan jer ne stvara hranu, a produkuje veliku količinu otpada. U njemu je kruženje materije i energije delimično, a za održavanje je neophodna velika dopuna resursa sa drugih prostora, isključivo prema ljudskim potrebama. U ovakvim antropogenim staništima na jedinici površine egzistira veća populacija nego što to odgovara mogućnostima ekosistema, zahvaljujući privrednoj delatnosti stalnim doturanjem energije i sirovina. Urbani ekosistemi predstavljaju skup aglomeracija, odnosno oblasti gde je stanovništvo i industrijska aktivnost dovoljno koncentrisana da se može gradska i industrijska otpadna voda sakupiti i sprovesti do gradskog ili industrijskog postrojenja za precišćavanje, a zatim do mesta za ispuštanje u prirodnu sredinu, najčešće u recipijente. Opšta karakteristika veštackih ekosistema je stalno uvećanje ljudske populacije po jedinici površine uz istovremeno smanjenjem kvaliteta života zagađenjem vazduha, vode i zemljišta.

Planiranje održivog razvoja podrazumeva uspostavljanje veza između korišćenja zemljišta i resursa, zagađenja vazduha, voda i zemljišta i nastajanje otpada kao posledice socijalnih i ekonomskih uticaja u razvoju urbanih sredina i širih prostornih veštackih i prirodnih ekosistemskih celina. Urbani razvoj je deo globalnog koncepta održivog razvoja i podrazumeva primenu politike

¹ *Savremena eksploatacija i održavanje objekata i postrojenja u sistemima vodovoda i kanalizacije*, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd, 2008. str. 277-286.

zaštite životne sredine sa težištem na projektima koji doprinose smanjenju potrošnje resursa i minimiziraju uticaj industrijskog i komunalnog sektora na životnu sredinu.

Kriza vode nekog regiona se smatra prisutnom ako nije zadovoljen bilo koji od sledećih faktora krize:

1. ako vodni resursi nisu dovoljni po kolicini i kvalitetu za planirane namene korišćenja,
2. ako vodni resurs nije distribuiran na datu lokaciju u odgovarajuće vreme, i
3. ako su troškovi izgradnje i eksploatacije neprihvatljivi po ekonomskim kriterijumima.

Kriza vode se može izbeci ili umanjiti njene posledice po ukupni razvoj, dugorocnim strateškim opredeljenjem, konceptom održivog planiranja vodnih resursa poštovanjem sledećih principa održivosti:

1. Smanjenje specifičnog utroška vode u svim sferama potrošnje, postupnim prelaskom na tehnologije sa obaveznom recirkulacijom i višekratnim korišćenjem vode.
2. Planiranje urbanog i industrijskog razvoja prema raspoloživim vodnim resursima u skladu sa vodoprivrednim mogućnostima i problemima zaštite voda.
3. Zaštita postojećih i potencijalnih izvorišta vode za pice merama prostornog planiranja i ekonomskom politikom.
4. Precišćavanje industrijskih i komunalnih otpadnih voda pre njihovog upuštanja u vodotoke kao najvažnijom merom zaštite i unapređenja životne sredine.
5. Antieroziona zaštita slivova i regulacija reka uredjenjem obala kao preduslov za urbanizaciju naselja.

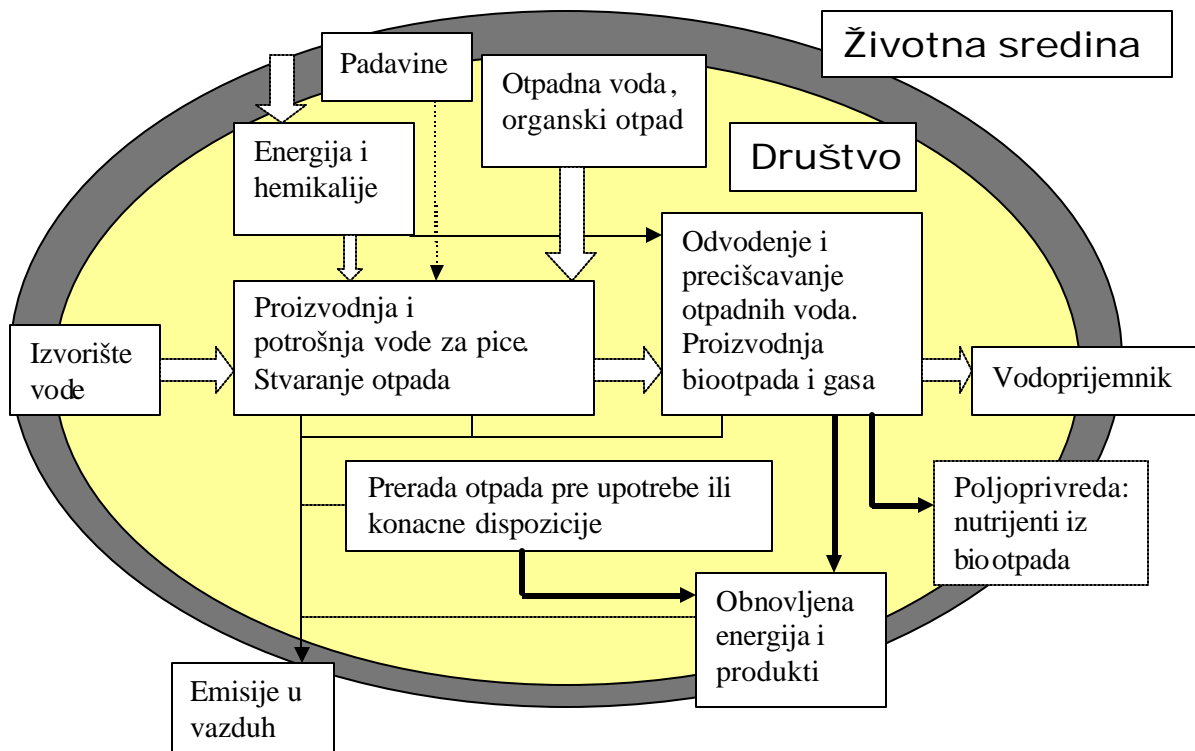
Danas svi gradovi bez obzira na velicinu i stepen razvijenosti države dele iste probleme i zabrinutost za kvalitet svoje životne sredine. Ova okolnost je znacajna jer interesovanje za stanje životne sredine uglavnom zapocinje u urbanim sredinama u kojima promene ekoloških uslova imaju direktni uticaj na zdravlje ljudi. Snabdevanje naselja vodom, kanalisanje i precišćavanje upotrebljenih voda se može smatrati najvažnijim problemom razvoja komunalne infrastrukture i direktno zavisi od broja stanovnika i razvijenosti zemlje i regije. Zato je zabrinutost za uravnoteženi razvoj gradova i njihove komunalne infrastrukture opravdana.

Indikatori životne sredine i urbanog održivog razvoja

Savremeni sistemi za vodosnabdevanje i odvođenje otpadnih voda na više načina uticu na životnu sredinu. Integralni pristup uticaja ovog sistema na životnu sredinu predstavljen je blok-dijagramom na slici 1 i obuhvata:

1. Zahvatanje sirove vode za proizvodnju vode za pice.
2. Korišćenje elektricne energije, hemikalija i drugih proizvoda.
3. Ispuštanje gradskih atmosferskih i precišćenih otpadnih voda u vodoprijemnike.
4. Korišćenje bioloških otpadnih materija iz procesa precišćavanja u poljoprivredi.
5. Ispuštanje gasova iz procesa direktno ili indirektno povezanih sa vodosnabdevanjem i precišćavanjem otpadnih voda.

Osnovna funkcija sistema za vodosnabdevanje i odvođenje otpadnih voda je obezbedenje higijenski ispravne vode za pice, dispoziciju otpadne vode radi sprecavanja stvaranja nehigijenskih uslova, precišćavanje otpadnih voda radi zaštite vodoprijemnika i dispozicija atmosferskih padavina radi sprecavanja štete od poplava u urbanoj sredini. Kriterijum održivosti obuhvata prethodne zahteve koje treba da ispuni rukovodstvo preduzeca za vodosnabdevanje i odvođenje otpadnih voda.



Slika 1. Prikaz sistema za vodosnabdevanje i odvođenje otpadnih voda kao podsistema životne sredine i društva

Ako indikator shvatimo kao stepen ispunjenja utvrđenih kriterijuma onda se mogu razmotriti sledeći pristupi za definisanje ekološke održivosti urbanih sistema za vodosnabdevanje i odvođenje otpadnih voda:

1. Ekološka održivost definisana kao saglasnost sa politički utvrđenim kriterijumima kvaliteta životne sredine.
2. Ekološka održivost definisana uz pomoć naučno utvrđenih nivoa kritičnog opterećenja i kapaciteta nosivosti.
3. Ekološka održivost definisana uz poštovanje *kriterijuma održivosti*.

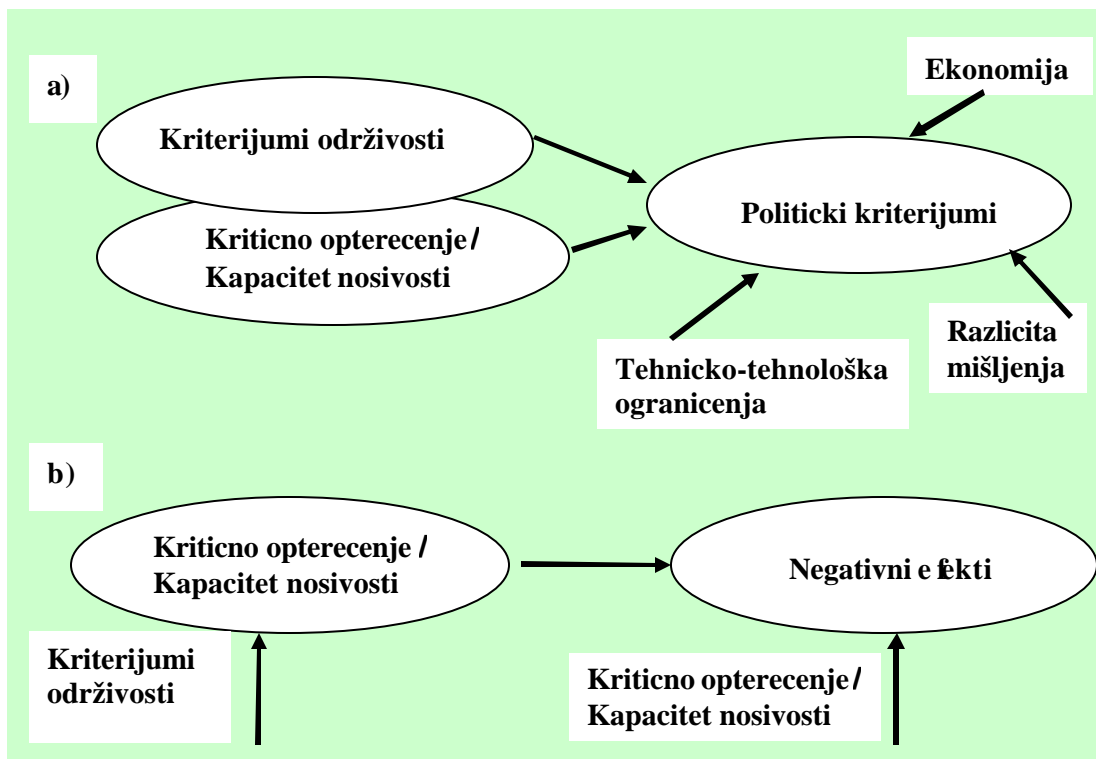
Prvi pristup znači da se za neku aktivnost može reći da je održiva ukoliko je u skladu sa politički utvrđenim kriterijumima zaštite životne sredine.² Drugi pristup se zasniva na konceptu kritičnog opterećenja i kapaciteta nosivosti u pogledu maksimalnog zagađenja ili eksploatabilnih mogućnosti koje neki ekosistem može da podnese, a da *opterećenje/pritisak* ne prouzrokuje štetne ili negativne efekte.³ Treći pristup se može formulisati preko *kriterijuma održivosti* koji definišu ocenu održivosti izvesne aktivnosti ili sistema kao celine korišćenjem odgovarajućih indikatora.

² Milenijumski ciljevi razvoja Srbije (2006), Nacionalni program zaštite životne sredine (2007), Nacionalna strategija održivog razvoja Srbije (2008).

³ (1) Našim zakonskim propisima, Uredbom o kategorizaciji vodotoka i Uredbom o klasifikaciji voda u Republici Srbiji vodotoci su razvrstani u I, IIa, IIb, III i IV klasu prema zadatim granicnim vrednostima pokazatelja kvaliteta; (2) *Vodoprivredna osnova Republike Srbije* (2001) je bazni dokument kojim je utvrđena osnovna strategija korišćenja voda, zaštite voda i zaštite od voda na jedinstvenom vodoprivrednom prostoru.

Metodološki pristup kreiranja i primer izracunavanja indikatora održivog upravljanja sistemima za vodosnabdevanje i odvođenje otpadnih voda predstavljen je u narednom delu ovog poglavlja.

U stvarnosti je teško ove pristupe odvojiti jedan od drugog. Često su politički utvrđeni kriterijumi rezultat *kriterijuma održivosti* i empirijski utvrđenih nivoa kapaciteta nosivosti i kritičnog opterećenja, kao što je prikazano na slici 2a. Dok se pristup kapaciteta nosivosti i kritičnog opterećenja zasniva na naučnim rezultatima, dotle na politički utvrđene kriterijume više uticu ekonomija, tehnicko-tehnološka ogranicenja i razlicita mišljenja. Na slici 2b prikazan je odnos između *kriterijuma održivosti* i kritičnog opterećenja. *Kriterijumi održivosti* se više odnose na aktivnosti koje se odvijaju u funkcionisanju urbanih sistema za vodosnabdevanje i odvođenje otpadnih voda, dok se kapacitet nosivosti i kritična opterećenja odnose na efekte određenih aktivnosti.



Slika 2. Odnos između tri pristupa za definisanje ekološke održivosti upravljanja urbanim sistemima za vodosnabdevanje i odvođenje otpadnih voda

Ovi pristupi za definisanje ekološke održivosti u upravljanju urbanim sistemima za vodosnabdevanje i odvođenje otpadnih voda se transformišu u suprostavljene trendove jer se stanovništvo i potrošnja vode povećava, dok su eksploabilne mogućnosti izvorišta za vodosnabdevanje ograničena ili se smanjuju. Na ovaj način se aktuelizuje pojam analize nosivosti iz bioloških disciplina u oblast održivog urbanog planiranja. Kapacitet nosivosti je ekološki pojam i definiše brojnost populacije date vrste koja se beskonacno može održavati na određenom staništu, a da se trajno ne pogorša produktivitet datog staništa. Zbog naše očigledne sposobnosti da povećavamo svoju nosivost uvozom resursa koji su nam na raspolaganju i primenom tehnologije koju stalno usavršavamo, čini se da se ova definicija ne odnosi na ljude. Međutim, sa globalnog stanovišta smanjena nosivost može postati jedino važno pitanje koje se suprotstavlja perspektivi čovečanstva. Razlozi za ovo postaju jasniji ako definišemo nosivost ne kao maksimalan broj stanovnika nego kao maksimalno *opterećenje* koje ljudi mogu nametnuti ne ugrožavajući životnu

sredinu. Ljudsko opterećenje je ta ko funkcija ne samo broja stanovnika nego i potrošnje po glavi stanovnika, a ovo drugo se čak još brže povećava zbog povećanja standarda.

Određivanje indikatora životne sredine i održivog razvoja je suštinski preduslov za unapređenje održivog društva, tako da su se tokom devedesetih godina prošlog veka pojavili brojni programi koji su imali za cilj izradu indikatora kao kvalitativnih i kvantitativnih pokazatelja održivog razvoja. Uprkos znatnim naporima nijedan skup ovih indikatora do sada nije pokazao opštu prihvacenost i većina zemalja se nalazi tek u početnoj fazi izrade i usvajanja da bi ispunile obaveze koje su dale u Deklaraciji u Rio de Žaneiru 1992. godine.

Takože, deo temeljnog dokumenata EU za upravljanje vodama *Okvirna direktiva o vodi* (WFD) odnosi se na analizu indikatora pritiska i uticaja na akvaticne ekosisteme kao glavne uzročnike zagađenja voda. Evropska agencija za životnu sredinu (EEA) za potrebe izveštavanja o problemima životne sredine koristi okvir koji se zasniva na odnosu između prirodnog i veštackog ekosistema (životne sredine i ljudskih aktivnosti). Ovi odnosi su predstavljeni okvirom *DPSIR* (Pokretac – Pritisak – Stanje – Uticaj – Reakcija), a ekološki pokazatelji unutar ovog sistema odslikavaju sve uzročno posledicne veze. Tako je *pokretacka snaga* (*Driving force*) antropogena aktivnost koja ima uticaj na životnu sredinu (npr. porast broja stanovnika), a *pritisak* (*Pressure*) direktna posledica aktivnosti (npr. količine izlivenih otpadnih voda iz kanalizacionih sistema). Sa druge strane indikatori *stanja* (*State*) ukazuju na postojeće stanje životne sredine (npr. kvalitet vodoprijemnika kao posledica izlivanja otpadnih voda, fizicko-hemijski pokazatelji), dok je *uticaj* (*Impact*) posledica pritiska na životnu sredinu (npr. uginule ribe). Indikatori *reakcije* (*Responce*) opisuju mere ili investicije i druge reakcije na promene stanja životne sredine (npr. količine precišćenih ili recikliranih otpadnih voda u odnosu na ukupne).

Druga međunarodna organizacija, Komisija Ujedinjenih nacija za održivi razvoj (UN CSD) je izradila i koristi pokazatelje održivog razvoja koji se baziraju na konceptu međusobne povezanosti. Relevantni indikatori za pitanja održivog razvoja sistematizovani su tako u okviru šeme *DSR* (*pokretacki faktor – stanje - reakcija*). Indikatori *pokretackih snaga* (*D*) predstavljaju ljudske aktivnosti, procese i uzroke koji imaju uticaja na održivi razvoj, indikatori *stanja* (*S*) ukazuju na postojeće stanje održivog razvoja (posledice), a indikatori *reakcija* (*R*) na mere politike i druge odgovore na promene u stanju održivog razvoja. Koristeći iskustva ova dva pristupa razraden je sledeći set indikatora u okviru međusobne povezanosti indikatora uzroka, posledica i odgovora u upravljanju urbanim sistemima za vodosnabdevanje i odvođenje otpadnih voda:

D) Kategorija: životna sredina -Vode

a) Indikatori uzroka

- Godišnja potrošnja vode, industrija i stanovništvo (m^3/god),
- Specifična potrošnja vode (lit/stan/dan),
- Stepen eksploatacije vode prema raspoloživim resursima (%),
- Ukupne potrebe u vodi (m^3/god),
- Emisija zagađenja [$Q(m^3/god)$, N i P (kg/god), ES]

b) Indikatori posledica

- Raspoloživost domicilnih voda ($m^3/stan$),
- Eksploatacione rezerve vode za pice (m^3),
- BPK₅, HPK, TOC (mg/lit),
- E.coli bakterije (broj/100ml),
- Eutrofikacija,
- Toksine i opasne materije.

c) Indikatori odgovora

- Precišćavanje komunalnih i industrijskih otpadnih voda
(% ukupno ispuštenih otpadnih voda),
- Korišćenje recikliranih voda (% od ukupno zahvacenih)
- Investicije za zaštitu voda prema GDP (%).

Nesporno je da uticaji i nezaobilazne međusobne povezanosti socijalnih, ekonomskih, ekoloških i institucionalnih pitanja postoje između ekoloških indikatora sa ekonomskim, društvenim i institucionalnim indikatorima. Zato koncept održivog upravljanja urbanim vodama zahteva višedimenzionalne indikatore koji pokazuju vezu između ekonomije, ekologije i društva date zajednice.

Metodologija kreiranja indikatora održivog upravljanja sistemima za vodosnabdevanje i odvođenje otpadnih voda

Problemi koje u svetu prouzrokuje sve slabiji kvalitet i količina izvora sveže vode postaju sve ozbiljniji. Svi indikatori pokazuju da se suočavamo sa svetskom krizom vode koja će imati uticaja na sve nas, a naročito na siromašne. Planiranje održivog razvoja označava uspostavljanje veza između korišćenja zemljišta i resursa, zagađenja vazduha, voda i zemljišta i nastajanje otpada kao posledice socijalnih i ekonomskih uticaja u razvoju urbanih sredina i širih prostornih ekosistemskih celina.

Raspoloživost i dostupnost vodom se definiše kao indikator koji pokazuje koliko je data oblast bogata ili siromašna vodom. Ovaj indikator daje odnos količina raspoloživih obnovljivih vodnih resursa prema količini vode za podmirenje potreba stanovništva, industrije i navodnjavanja, sve u zavisnosti od vrste korisnika ili za sve korisnike objedinjeno i predstavlja *indeks deficita vode*. Raspodela vode može se ilustrovati ako se uporedi aktuelna raspoloživost vode prema broju stanovnika i potrošnja raspoloživih tokova tokom vremena, što se može izraziti na osnovu sledećeg odnosa:

$$\frac{\text{Aktuelna raspoloživost vode}}{\text{broj stanovnika}} \Leftrightarrow \frac{\text{Potrošnja raspoloživih tokova}}{\text{broj stanovnika}}$$

Izražena tendencija rasta potrošnje vode zakonito prati porast specifične potrošnje vode po glavi stanovnika i zasnovana je na dostignutom nivou urbanizacije i stepenu industrijalizacije. Sa gledišta zaštite vodotoka značajno je uzeti u obzir količine izlivenih otpadnih voda iz kanalizacionih sistema aglomeracija u vodotoke sliva i odnos ove količine razmatrati prema ukupnom broju stanovnika na području sliva kao demografskim opterećenjem. Ovaj odnos treba, bez obzira na kvalitet vodoprijemnika, da definiše promenu trenda količina izlivenih otpadnih voda prema merodavnim malim i srednjim vodama u vodotoku. Ograničenje vodoprijemnika merodavnim proticajima nalaže korišćenje metode za definisanje indikatora održivog upravljanja vodnim resursima vrednovanjem u odnosu prema minimalnim i maksimalnim ograničavajućim kriterijumima.

Količina izlivenih otpadnih voda iz kanalizacionih sistema u vodotoke sliva u odnosu prema ukupnom broju stanovnika na području sliva je mera opterećenja vodotoka i označava se kao Q_{ww}/P , gde je Q_{ww} količina izlivenih otpadnih voda u $m^3/\text{god.}$, a P stanovništvo:

$$DE = \frac{Q_{ww}}{P}, (m^3/\text{stan.god.}) \quad (1)$$

Pored ovog ključnog indikatora merodavnim indikatorom mogu se smatrati i prosečni višegodišnji proticaji sliva izraženi po stanovniku godišnje (IR , IR_{95}). Tako se raspoloživost

(bogatstvo) vodnim resursima dobija kao odnos prosecnog višegodišnjeg proticaja sliva po stanovniku godišnje i izražava odnosom:

$$IR = \frac{Qr}{P}, (\text{m}^3/\text{stan.god.}) \quad (2)$$

gde je Qr prosečni mesečni (višegodišnji) proticaj u $\text{m}^3/\text{god.}$, a P stanovništvo.

Raspoloživost (bogatstvo) vodnim resursima se može izraziti i kao odnos minimalno srednje mesecnog proticaja sliva 95% -ne obezbedenosti po stanovniku godišnje i izraziti odnosom:

$$IR_{95} = \frac{Q_{95}}{P}, (\text{m}^3/\text{stan.god.}) \quad (3)$$

gde je Q_{95} minimalno srednje mesečni proticaj sliva 95% -ne obezbedenosti u $\text{m}^3/\text{god.}$, a P stanovništvo.

Za izracunavanja agregatnog indikatora, ciji ključni indikatori objedinjuju međusobne odnose broja stanovnika, količinu izlivenih otpadnih voda i merodavni proticaj vodoprijemnika, usvojen je metodološki pristup koja se zasniva na *principu granicnih faktora*⁴:

$$index = \frac{\text{Kapacitet nosivosti} - \text{Kritično opterećenje}}{\text{Prosečni raspoloživ vodni potencijal} - \text{Kapacitet nosivosti}} \quad (4)$$

Koristeći izraze (1), (2) i (3) za ključne indikatore DE, IR, $IR_{95\%}$, metodom *principa granicnih faktora* (4) kreiran je agregatni indikator definisan sledećom zakonitošću:

$$index_{BDE} = \frac{\log IR_{95} - \log DE}{\log IR - \log IR_{95}} \quad (5)$$

Izraz $index_{BDE}$ se naziva *indeks oticanja otpadnih voda*⁵ i predstavlja *kriterijum održivosti* u upravljanju urbanim sistemima za vodosnabdevanje i odvođenje otpadnih voda. Empirijska zavisnost promenljivih kojima je definisan *indeks oticanja otpadnih voda* odgovara imperativu da je smanjenje specifične potrošnje vode dugoročno strateško opredeljenje u konceptu održivog upravljanja vodnim resursima. Matematička diskusija ovog indikatora pokazuje da je vrednost indeksa utoliko manja ($index_{BDE} < 1$) ukoliko se količine izlivenih otpadnih voda u vodotok tokom vremena povećavaju. Odnosno, vrednost indeksa opada ukoliko se kritično opterećenje/količine izlivenih otpadnih voda (DE, $\text{m}^3/\text{stan.god}$) približavaju kapacitetu nosivosti/merodavnom minimalnom proticaju u recipijentu ($IR_{95\%}$, $\text{m}^3/\text{stan.god}$).

Indeks oticanja otpadnih voda za sliv Južne Morave kao indikator održivog razvoja

Pitanja održivosti su globalna po svojoj suštini i lokalna u vremenskom okviru. Promene odgovarajućih indikatora održivosti mogu se izraziti u vremenskoj seriji i tako teorijske postavke pojasniti numeričkim izrazima pogodnim za upoređenje različitih sistema ili prostornih celina.

⁴ Američki ekolog Ernest Šelford (Shelford Victor Ernest, 1877-1968) je uočio da obilje i raspodelu vrsta u ekosistemu kontrolišu faktori čiji se intenzitet kreće između minimalne i maksimalne podnošljivosti za taj organizam. Faktori mogu biti klimatski, topografski, abiotički i biotički. Proširenje ove zakonitosti u širem ekološkom smislu znači da se minimalna i maksimalna granica podnošljivosti može izraziti kao sposobnost prilagodavanja životnim uslovima u ekosistemu. U ovom radu je matematički izraz ove zakonitosti definisan kao *princip granicnih faktora*, i primenjen na akvaticni ekosistem (sliv reke) kroz uticaj antropogenih faktora (broj stanovnika i količine izlivenih otpadnih voda), a minimalna i maksimalna granica podnošljivosti je merodavni i prosečni proticaj u reci.

⁵ Vidi: Dr Nebojša Veljković, *Indikatori održivog razvoja i upravljanje vodnim resursima*, Zadužbina Andrejević, 2006.

Primer urbanog indikatora održivosti je *indeks oticaja otpadnih voda (indexBDE)* koji je sa gledišta *kriterijuma održivosti* indikator stepena ispunjenja zahteva zaštite vodotoka. Ovaj indikator koji empirijskom zavisnošću povezuje ključne indikatore u jedan broj/indeks koristan za upoređenje u vremenu i prostoru je sracunat za sliv Južne Morave za period 1980-2006. godina.

Prostor sliva Južne Morave geografski obuhvata područje Južne Srbije (administrativno Jablanicki, Nišavski, Pirotski, Pcinjski i Toplicki okrug) gde je prema popisu iz 2002. godine živelo 1,064.100 stanovnika. Za područje Južne Srbije osnovne demografske promene poslednjih decenija se mogu predstaviti kroz više karakterističnih kretanja sa svim ekonomskim, društvenim i komunalnim problemima. Ove procese je kao i na celoj teritoriji Srbije pratilo usporavanje demografskog rasta.⁶

Kolicine izlivenih otpadnih voda iz javnih kanalizacionih sistema zavise od broja priključenih stanovnika i specifične potrošnje vode korisnika. Opšta specifična potrošnja u svim sektorima zavisi od privredne strukture, stambenih uslova i navika stanovništva i za javne vodovode u Srbiji u zavisnosti od veličine naselja se kreće od 100-300 l/stan/dan, ne računajući potrošnju u industriji. Kolicine priliva industrijskih otpadnih voda zavise od specifične potrošnje u zavisnosti od tehnološkog procesa, broja smena i veličine industrijskog kompleksa. Iako su svi makroekonomski pokazatelji za Južnu Srbiju za period istraživanja *indeksa oticaja otpadnih voda* odražavali stanje izrazitog privrednog zaostajanja, pogotovu u devedesetim godina, prema statističkim izveštajima utrošak vode u industriji se nije smanjivao u odnosu na pad fizičkog obima proizvodnje.⁷ Osim količina izlivenih otpadnih voda u vodoprijemnike metodologijom kreiranja *indexBDE* obuhvaćen je i prosečni proticaj i minimalni srednje mesecni proticaj 95%-ne obezbeđenosti.⁸ Kada se odgovarajuće vrednosti za broj stanovnika, kolicine ispuštenih otpadnih voda i merodavne proticaje u slivu unesu u izraze (1), (2), (3) i (5), *indeks oticaja otpadnih voda (indexBDE)* je sracunat za period 1980 - 2006. godina. (Tabela 1)

Tabela 1. Tabelarni pregled relevantnih pokazatelja i *indeksa oticaja otpadnih voda (indexBDE)* za izabrane godine (period 1980-2006) za područje Južne Srbije

God	Broj stanovnika	Prosečni višegodišnji proticaj J. Morave (Mojsinje) Qr ($\times 10^3 \text{ m}^3/\text{god}$)	Minimalni srednje mesecni proticaj J. Morave (Mojsinje) Qr ₉₅ ($\times 10^3 \text{ m}^3/\text{god}$)	Izlivena otpadna voda u sliv J. Morave ($\times 10^3 \text{ m}^3/\text{god}$)	Index BDE
1980	1,140.700	3,045.746	365.187	38.935	1,055
1985	1,155.100	3,045.746	365.187	49.469	0,942
1990	1,113.500	3,045.746	365.187	56.058	0,884
1995	1,127.760	3,045.746	365.187	52.657	0,913
2000	1,116.800	3,045.746	365.187	51.850	0,920
2006	1,076.060	3,045.746	365.187	59.506	0,855

⁶ Popisan i procenjen broj stanovnika za administrativne okruge Južne Srbije (Pcinjski, Jablanicki, Nišavski, Toplicki i Pirotski) za period 1980-2006. godine urađen je na osnovu podataka iz godišnjaka Republickog zavoda za statistiku.

⁷ Kolicine preuzete iz fonda podataka Republickog zavoda za statistiku, 1980 - 2002 ("Izveštaj" VOD-1, VOD-2k)

⁸ Za istraživanje *indeksa demografske emisije* korišćeni su podaci serija proticaja preuzetih od RHMZ Srbije.

Tabela 2. Tabelarni pregled relevantnih pokazatelja i indeksa oticaja otpadnih voda (indexBDE) za izabrane godine (2010, 2020) za podrucje Južne Srbije

God	Broj stanovnika	Prosecni višegodišnji proticaj J. Morave (Mojsinje) Qr (x10 ³ m ³ /god)	Minimalni srednje mesecni proticaj J. Morave (Mojsinje) Qr ₉₅ (x10 ³ m ³ /god)	Izlivena otpadna voda u sliv J.Morave (x10 ³ m ³ /god)	Index BDE
2010*	1,068.749	3,045.746	365.187	66.974	0,800
2010**	1,068.749	3,045.746	365.187	61.922	0,837
2015*	1,059.609	3,045.746	365.187	77.641	0,730
2015**	1,059.609	3,045.746	365.187	65.080	0,813
2020*	1,050.470	3,045.746	365.187	90.000	0,660
2020**	1,050.470	3,045.746	365.187	68.400	0,790

* *pesimistička projekcija*, kojom je predviđeno povećanje količina izlivenih otpadnih voda u vodotoke sliva od 3% na godišnjem nivou do 2020. godine

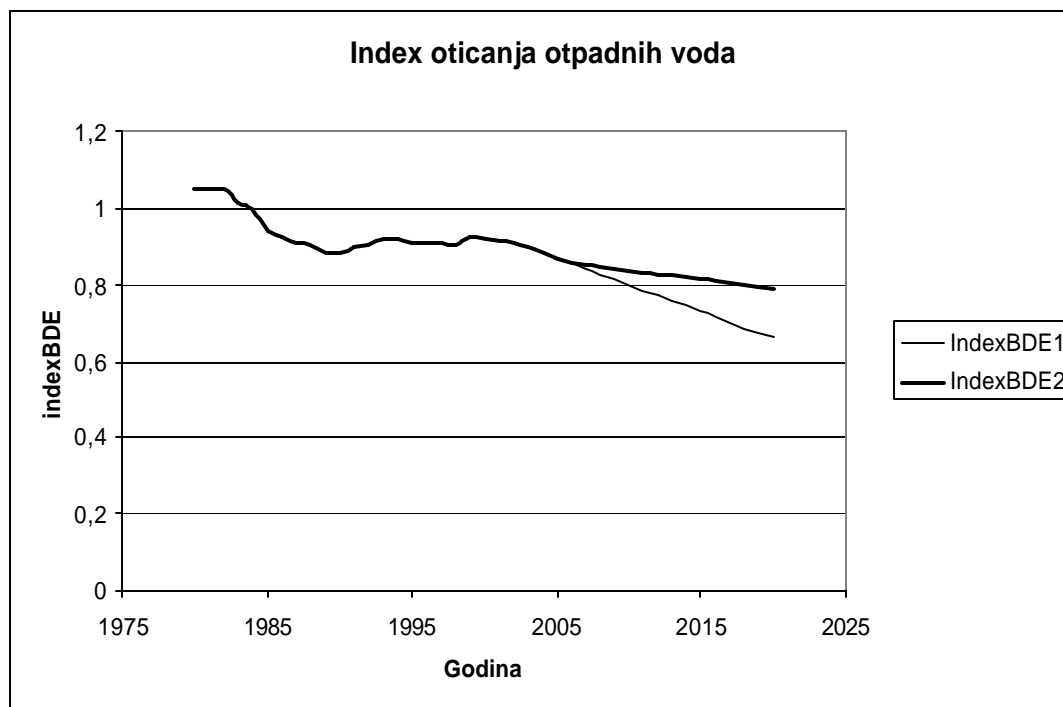
** *optimistička projekcija*, kojom je predviđeno povećanje količina izlivenih otpadnih voda u vodotoke sliva od 1% na godišnjem nivou do 2020. godine

U dvadesetpetogodišnjem periodu (1980-2006) rezultati *indeksa oticaja otpadnih voda* pokazuju da je izražena opadajuća linija trenda, što ukazuje na negativnu razvojnu tendenciju indikatora sa gledišta utvrđenih *kriterijuma održivosti*. (Dijagram 1) Porast za oko 35% količina izlivenih komunalnih i industrijskih otpadnih voda u vodotoke sliva Južne Morave u ovom periodu je posledica visoke specifične potrošnje vode i nenamenskog korišćenja kod domaćinstava i visokog rastura u industrijskom sektoru. Centralnu ulogu u ciklicnom procesu stalnog napretka ka ciljevima održivog razvoja predstavlja monitoring, procena i vrednovanje prema utvrđenim indikatorima. Uspostavljanje praktičnog i relevantnog monitoringa i procena strategije pomoću odgovarajućih indikatora treba da pomogne u pracenju kratkorocnih i dugorocnih ciljeva. Primer indikatora strategije je *indeks oticaja otpadnih voda (indexBDE)* koji odražava status i trend određenog elemenata procesa. Godišnji izveštaji bazirani na ovom indikatoru omogućavaju korisnicima da uvide napredak do koga se došlo. Ključni korak u formulisanju ostvarive strategije održivog upravljanja urbanim sistemima za vodosnabdevanje i odvođenje otpadnih voda je otkrivanje prioritarnih problema koje treba rešavati uz pomoć odgovarajućih akcionih planova strategije.

Sektor javnog vodosnabdevanja u Srbiji se danas suočava sa velikim problemima, visokom specifičnom potrošnjom vode (i preko 300 lit/stan/dan u odnosu na evropski prosek od 150-200 lit/stan/dan i stopom naplate ispod 50%). Dugorocno strateško opredeljenje u konceptu održivog upravljanja vodnim resursima je smanjenje specifične potrošnje vode. Zato je za planski period do 2020. godine sračunat *indeks oticaja otpadnih voda (indexBDE)* za dve varijante.⁹ (Tabela 2)

⁹ Prilikom postavljanja hipoteze o demografskom kretanju stanovništva sagledane su pretpostavke o nultom migracionom saldu, tako što su migracije apstrahovane kao komponenta demografskog rasta stanovništva do 2020. godine. Prihvaćena je *konstantna hipoteza* koja se bazira na kombinovanom pristupu o konstantnom mortalitetu i konstantnom fertilitetu.

Pesimistička projekcija se bazira na planiranom povećanju izlivenih količina otpadnih voda u sliv južne Morave od 3% na godišnjem nivou, a optimistička od 1% godišnje. U obe varijante se pretpostavljaju akcioni planovi za smanjenje gubitaka vode i racionalizaciju potrošnje. Kada se za obe varijante sračuna *indeks oticaja otpadnih voda* za odgovarajuće planske količine izlivenih otpadnih voda dobijaju se krive indikatora $indexBDE_1$ (*pesimistička projekcija*) i $indexBDE_2$ (*optimistička projekcija*), kao indikatora *kriterijuma održivosti* za planski period do 2020. godine.



Dijagram 1. Indeks oticaja otpadnih voda za sliv Južne Morave (indexBDE)

Znacajno je uočiti da numerička vrednost indikatora $indexBDE_1 = 0,660$ i $indexBDE_2 = 0,790$ za 2020. godinu odgovara projekciji količina izlivenih otpadnih voda u vodotoke sliva od 90.000.000 m³/god (*pesimistička projekcija*) i 68.400.000 m³/god (*optimistička projekcija*), čija razlika iznosi polovinu zapremine ukupno izlivenih otpadnih voda u vodotoke sliva Južne Morave u 1983. godini.

Zaključak

Indeks oticaja otpadnih voda (indexBDE) kao indikator urbanog održivog razvoja je primenljiv na međunarodnom, nacionalnom i regionalnom nivou. Dalje istraživanje prema ovom metodološkom pristupu je značajno jer se ispituje odnos između promenljivih (količine izlivenih otpadnih voda iz kanizacionih sistema u vodoprijemnike, merodavni proticaji i broja stanovnika na području sliva), što je od suštinskog značaja za praćenje urbanog održivog razvoja. Takođe se prikupljaju informacije i vrši analiza što može olakšati prikaz stanja donosiocima odluka, a formirana baza sa ključnim parametrima služiti za dalja istraživanja.

Urbani održiv razvoj kao deo strategije održivog razvoja je koncept rešavanja pitanja napretka u pogledu dostizanja ciljeva na državnom, lokalnom i regionalnom nivou. Zato je održivo upravljanje sistemima za vodosnabdevanje i odvođenje otpadnih voda proces koji uključuje analizu situacije, formulisanje politike i akcionih planova, primenu, monitoring i redovne analize stanja korišćenjem odgovarajućih indikatora.