

Održivost urbanog vodnog sustava korištenjem obnovljivih izvora energije

Nikola Knezović, mag. ing. aedif.

nikola.knezovic@gf3.sum.ba

Željko Rozić

Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru, prof. dr. sc.

zeljko.rozic@gf.sum.ba

Sažetak: Cilj istraživanja je prikaz cjelovitog i značajnog utjecaja urbanog vodnog sustava na okoliš, odnosno zaštitu okoliša u kontekstu povećanja korištenja *obnovljivih izvora energije*, te kako takvi izvori energije utječu na klimatske promjene općenito. U obnovljive izvore energije ubrajaju se: energija vjetra, energija vode, energija Sunca, energija vodika, geotermalna energija, energija biomase, energija plime i oseke, energija valova, energija hladnoće iz svemira i druge. Primjena načela održivog razvoja dovodi do potrebe za korištenjem obnovljivih izvora energije, usavršavanjem tehničkih karakteristika i funkcioniranja istih, te pronalaženjem novih metoda i tehnologija za konačno napuštanje korištenja neobnovljivih izvora energije. U tu svrhu nužno je voditi politiku koja je temeljena na strateškom planiranju i korištenju integriranog pristupa u upravljanju i gospodarenju urbanih vodnih sustava.

Ključne riječi: urbani vodni sustav, vodoopskrba, odvodnja, pročišćavanje otpadnih voda, obnovljivi izvori energije, klimatske promjene

Sustainability of the urban water system using renewable energy sources

Abstract: The aim of the research is to present the overall and significant impact of the urban water system on the environment, i.e. environmental protection in the context of increasing the use of renewable energy sources, and how such energy sources affect climate change in general. Renewable energy sources include: wind energy, water energy, solar energy, hydrogen energy, geothermal energy, biomass energy, tidal energy, wave energy, cold energy from space and others. The application of the principles of sustainable development leads to the need to use renewable energy sources, improve their technical characteristics and functioning, and find new methods and technologies to finally abandon the use of non-renewable energy sources. To this end, it is necessary to pursue a policy based on strategic planning and the use of an integrated approach in the operation and management of urban water systems.

Key words: urban water system, water supply, drainage, wastewater treatment, renewable energy sources, climate change

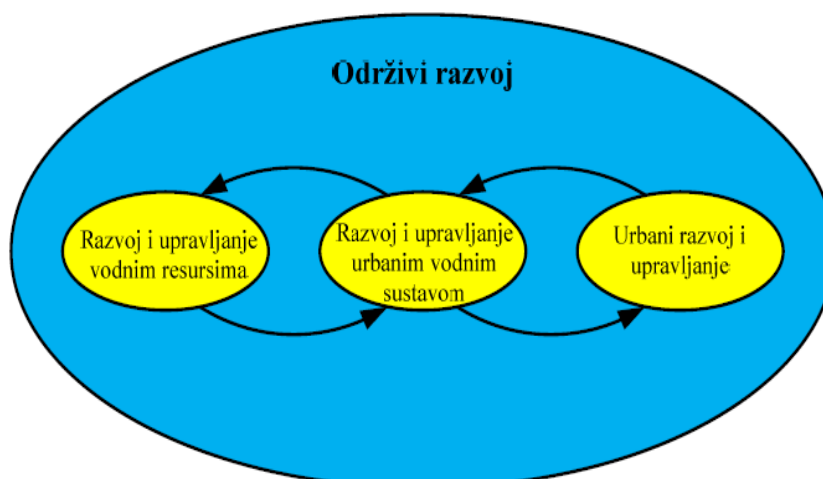
1. UVOD

Voda je ključni element života na našem planetu. Bez čiste i pitke vode, dolazi do narušavanja svih ekosustava na zemlji, što izravno djeluje na zdravlje ljudi i na kvalitetu života. Voda također, predstavlja važan ulazni parametar za gospodarski razvoj naselja i društva u cjelini. Nažalost, zagađenje voda, njihovo presušivanje i neodgovarajuća odvodnja otpadnih voda, samo su neki od problema koji dovode do sve drastičnijeg smanjivanja količine slatkih voda u svijetu. Rezerve vode nestaju svakim danom, a klimatske promjene i zagađenje okoliša dodatno pogoršavaju i ubrzavaju ovaj proces.

Ovaj problem se posebice očituje u gradovima, koji troše ogromne količine vode i drastično utječu na smanjenje i zagađenje vodnih resursa. Stoga je za održivost naselja i okoliša nužna kontrola urbanoga hidrološkog ciklusa. Kontrola se provodi urbanim-komunalnim vodnim sustavom. Upravljanje urbanim vodnim sustavom važan je segment razvoja svakoga grada. O stanju i razvijenosti urbanoga vodnog sustava ovisi društveno-ekonomsko stanje urbane sredine, njezina održivost i produktivnost. Prilagodba klimatskim promjenama postala je predmet brojnih istraživačkih radova. Kao rezultat toga, dostupne su velike količine informacija, studija i izvješća o temama kao što su klimatske projekcije, procjena ranjivosti ili praktične mogućnosti prilagodbe. Međutim, problem predstavlja nedostatak smjernica za donositelje odluka na lokalnoj razini koji se žele proaktivno pripremiti i prilagoditi na klimatske promjene.

2. ODRŽIVOST URBANOG VODNOG SUSTAVA

Opća skupština UN –a 1987. god. definira pojam „održivi razvoj“ kao razvoj koji zadovoljava potrebe sadašnjih generacija bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija za zadovoljavanjem svojih potreba. Agenda 21 prepoznaje da se vodni resursi nalaze u jezgri održivog razvoja stoga nalaže da se njima treba gospodariti na temeljima načela održivosti [8].



Slika 1. Održivo upravljanje i razvoj urbanog vodnog sustava [4]

Zbog zahvaćanja sve većih količina vode radi zadovoljavanja potreba, istovremeno dolazi do povećanja potrošnje energije. Smanjenjem raspoloživih vodnih resursa i porastom troškova opskrbe kao odgovor razvio se koncept integriranog upravljanja u kojem se ista

Knezović, N., Rozić, Ž.

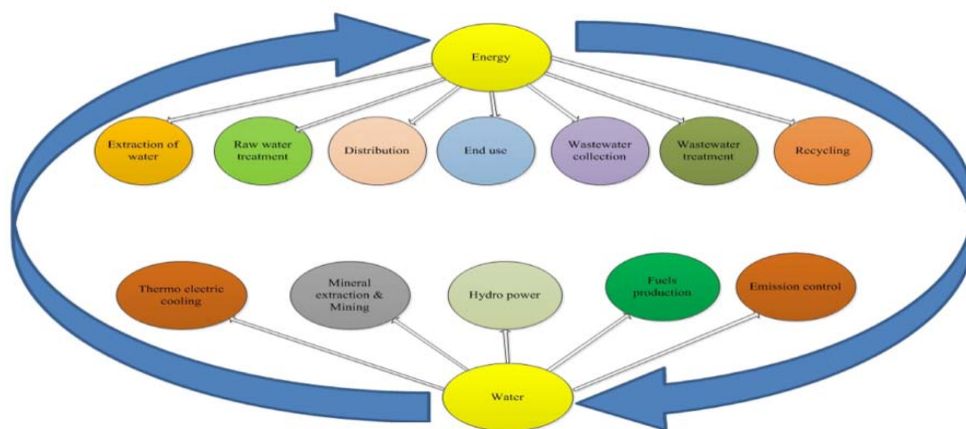
Održivost urbanog vodnog sustava korištenjem obnovljivih izvora energije

važnost davala smanjenju potreba (gubitaka) i zahvaćanju novih količina. Slično se događalo i sa energijom čija se potrošnja povećavala razmjerno povećanju potrošnje vode [4]. Zbog visokih troškova rada i problema financiranja takvih sustava, sustavi su postajali nesigurni i sve više su ugrožavali održivost življenja i rada ljudi u urbanim sredinama. Zbog toga je bilo nužno provesti mjere kojima će se ojačati održivost [4]. Danas se u upravljanje vodoopskrbnim sustavom moraju uključiti analiza rada vodoopskrbnog sustava, poboljšanja pouzdanosti i uštede na troškovima rada, kao i mogućnost utjecaja na okoliš i standard življenja korisnika. Svemu navedenom mora se pridodati jednaka važnost kao i ekonomskoj analizi, što u konačnici zadovoljava koncept integriranog pristupa. [4]

3. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I URBANI VODNI SUSTAVI

Vodom i energijom najčešće se upravlja odvojeno, unatoč postojanju mnogih složenih poveznica između njih. Voda se koristi u proizvodnji energije iz gotovo svih glavnih izvora, dok s druge pak strane, energija je potrebna za rad i funkcioniranje sustava vodoopskrbe, odvodnje i pročišćavanja otpadnih i oborinskih voda kao i za grijanje vode u domaćinstvima i slično [9]. Veze između vode i energije postaju sve snažnije, osobito u kontekstu klimatskih promjena. Za ispravno odgovaranje na izazove 21. stoljeća, bit će potreban integriraniji pristup upravljanju vodom i energijom. Prvi korak ka većoj integraciji je poboljšanje našeg razumijevanja povezanosti tih resursa i stupnja u kojem ovise jedan o drugom.

S druge strane u vrijeme kada mnogi gradovi pokušavaju smanjiti emisiju stakleničkih plinova radi ublažavanja klimatskih promjena, intenzivno korištenje energije klasičnih vodnih infrastruktura može biti nedostatak. Tijekom planiranja smanjenja i prilagodbe akcija, gradovi moraju imati na umu zadržavanje veze između energije i vode, kako bi se smanjila vjerojatnost neželjenih učinaka. Na primjer, prekomjerna potrošnja vode na bioenergetskim usjevima je jedan od glavnih navedenih razloga od strane onih koji se protive njezinom korištenju kao dio strategije ublažavanja. Postoje mnoge održive opcije upravljanja vodom koje imaju dodatnu prednost smanjenja potrošnje energije, iako u nekim situacijama više decentraliziranih rješenja može zapravo povećati potrošnju energije, naglašavajući potrebu za konstruktivnim dijalogom između vodnih i energetske upravitelja. Održivo upravljanje vodama uključuje, ne samo integrirano upravljanje različitim elemenata gradskog ciklusa vode, već i koordinaciju radnji s drugim sektorima urbane uprave, koji mogu pomoći identificirati sinergije, ali i pritom riješiti probleme [9].



Slika 2. Veza između vode i energije[16]

U literaturi je zabilježeno da prosječno oko 7% globalne proizvodnje električne energije otpada na urbane vodne sustave, dok 3% globalne potrošnje električne energije otpada na crpljenje vode u vodoopskrbnom sustavu [16]. Analizirajući dostupne podatke na specifičnim mjestima, kao što je recimo California, gdje se većina pitke vode dobiva crpljenjem iz podzemlja može se doći do još većih vrijednosti, pa tako u Californiji na crpljenje vode otpada čak 7,0%. Generalno možemo reći kako za crpljenje vode iz podzemlja u odnosu na crpljenje iz površinskih izvora treba oko 30% više energije [16].

Međutim brojke ovise o mnogo različitih faktora kao što su topografija, dubina crpljenja, tehnologija, stanje infrastrukture i slično. Zaprepašujuća je činjenica podatak da u zemljama u razvoju, koje imaju lošu infrastrukturu, kao što je naprimjer loše stanje cjevovodne mreže u kojoj su prisutna curenja i oštećenja, troši se čak 75% više energije u odnosu na zemlje sa zadovoljavajućom infrastrukturom. S druge pak strane imamo primjere Izraela i Singapura koji obnavljaju čak 87% odnosno 50% otpadnih voda. Zemlje u kojima se pitka voda dobiva procesom desalinizacije troše znatno veće količine energije, te općenito govoreći desalinizacija je postupak koji troši najviše energije uspoređujući ga sa drugim postupcima u urbanom vodnom sustavu. Usporedbe radi prosječna vrijednost potrošene energije u procesu desalinizacije iznosi 2,4 – 8,5 kWh/m³, dok recimo za crpljenje površinske vode treba 0,0002–1,74 kWh/m³, za crpljenje podzemne vode 0,37–1,44 kWh/m³, a za obradu otpadnih voda 0,38–1,122 kWh/m³ [16].

Obnovljivi izvori energije su izvori energije koji se mogu sami od sebe obnoviti i na raspolaganju su u neograničenim količinama. Ovi izvori energije se troše ali samo privremeno te se uvijek iznova obnavljaju. Nazivaju se i alternativnim izvorima energije te je korištenje istih u porastu. U obnovljive izvore energije spadaju: energija vjetra, energija vode, energija Sunca, energija vodika, geotermalna energija, energija biomase, energija plime i oseke, energija valova, te energija hladnoće iz svemira [15].

Obnovljivi izvori energije ne zagađuju okoliš kao neobnovljivi, ali ipak nisu potpuno čisti. Primjerice energija dobivena iz biomase prilikom sagorijevanja ispušta CO₂ kao i fosilna goriva. Uz korištenje obnovljivih izvora energije, izuzev energije vode, vezan je problem ekonomske isplativosti (trenutna niska tehnološka razvijenost) i male količine dobivene energije [7]. Međutim, može se zaključiti da obnovljivi izvori energije kako u bližoj tako i u daljoj budućnosti jednostavno nemaju alternativu. Razvoj i korištenje obnovljivih izvora energije dugoročno doprinosi:

- diversifikaciji proizvodnje energije i sigurnosti opskrbe,
- smanjenju ovisnosti o uvozu energenata,
- smanjenju utjecaja uporabe fosilnih goriva na okoliš,
- povećanju konkurentnosti, otvaranju novih radnih mjesta i razvitku poduzetništva,
- poticanju razvitka novih tehnologija i domaćeg gospodarstva u cjelini i ulaganju u ruralna područja, područja od posebne državne skrbi, obalna područja, otoke i slično [7].

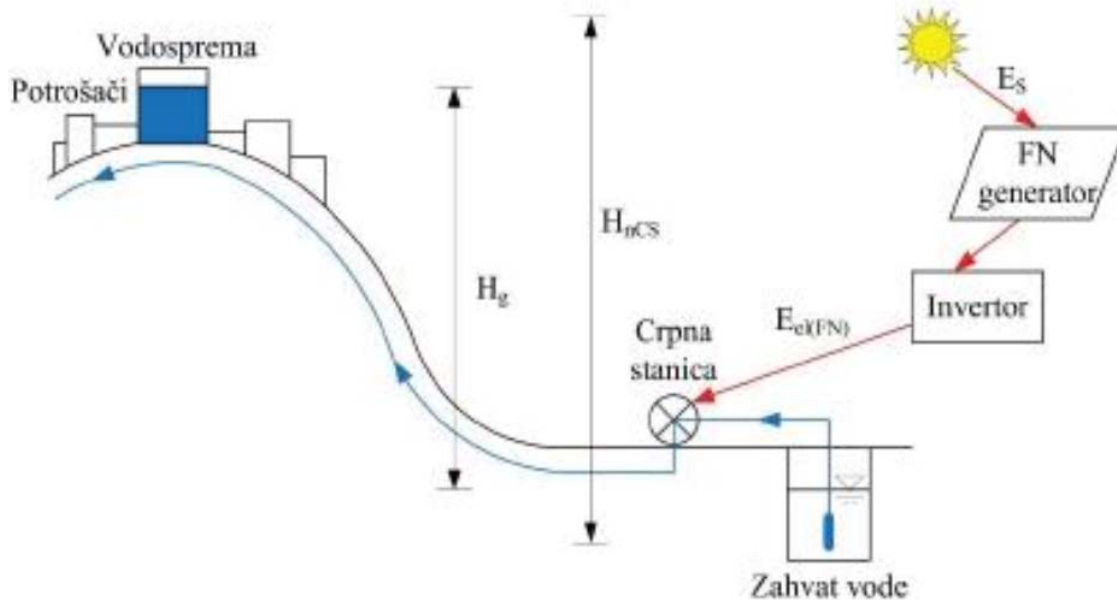
3.1 Obnovljivi izvori energije u radu vodoopskrbnog sustava

Sunčeva energija je dostupna svaki dan u godini, te je stoga značajno prihvatljiviji i pouzdaniji izvor energije za lokalno korištenje. Veličina Sunčeve energije izvan atmosfere je približno konstantna, oko 1366 W/m², a na površini Zemlje je manja što je posljedica geometrijskih značajki i filtracije koja se odvija kroz atmosferu na nekom prostoru. Znači, energija iz sunca se može generirati svaki dan svugdje na Zemlji, ali s različitim jakostima i trajanjima. Iako dostupan samo tijekom dana, dok Sunce isijava, to je zbog konstantnosti pouzdaniji lokalni izvor nego vjetar. Danas se koriste dva tipa solarnih generatora:

Knezović, N., Rozić, Ž.

Održivost urbanog vodnog sustava korištenjem obnovljivih izvora energije

fotonaponski (FN) sustavi i termalni sustavi (TS) [10]. FN sustav transformira Sunčevu energiju u električnu. To je vrlo jednostavan i lako primjenjiv tehnološki sustav.



Slika 3. Koncept kontinuirane opskrbe vodnog sustava energijom [10]

U praksi glavni elementi klasičnog koncepta korištenja Sunčeve energije su fotonaponski generator određenog kapaciteta, invertor i baterija, te dodaci za poboljšanje izlaznih karakteristika električne energije. Najveći problem ovog sustava su baterije koje služe za premošćivanje perioda kada Sunce ne sija ili je nedovoljne jačine i trajanja u odnosu na zahtjeve. Zbog toga se ovo rješenje još uvijek ne koristi za veće potrošače energije, već jedino za manje na izoliranim lokacijama udaljenim od elektroenergetske mreže [10]. Međutim, ako se može izbjeći potreba instaliranja baterija, tada je moguća primjenjivost značajno povoljnija jer je sustav jednostavniji i jeftiniji. To je slučaj crpljenja vode u vodovodima i kanalizacijama povezanim primjenom vodosprema i retencijskih bazena. U ovakvim slučajevima vodospreme i retencijski bazeni funkcioniraju kao spremnik energije jer bilanciraju ulaznu i izlaznu energiju/vodu. Znači, kad god je crpna stanica povezana na ulazu ili izlazu s vodospremom (čiste ili sirove vode, otpadnih, mješovitih ili oborinskih voda) vodosprema se može iskoristiti za premošćivanje perioda rada kada Sunce ne isijava ili je nedovoljno jako [10].

Sustav se dimenzionira metodom kritičnog perioda u odabranom planskom razdoblju. Kritični period za izbor snage FN sustava, kapaciteta crpne stanice i volumena vodospreme je različit i ovisi o periodu bilanciranja. Temeljem dosadašnjeg iskustva u analizi ovakvog rješenja za vodovode utvrđeno je da je za snagu FN generatora kritičan zimski period, zbog slabe insolacije, a za vodospremu ljetni period, zbog najveće potrošnje vode [10]. Ova metoda i ponašanje sustava osigurava visoku sigurnost rada sustava jer tijekom zime značajno veći raspoloživi volumen vodospreme osigurava rezervu za sve incidentne situacije u odnosu na nedovoljnu insolaciju, a ljeti je FN sustav značajno veći od potrebnog i omogućuje precrcpljivanje većih količina vode ako se potrošnja povećava ili ako je insolacija slabija [10]. Snaga FN sustava i volumen vodospreme međusobno su zavisne varijable u funkciji perioda bilanciranja. Produljenjem perioda bilanciranja smanjuje se potrebna snaga FN sustava, a povećava volumen vodospreme. Kako je cijena FN sustava značajno veća od cijene vodospreme proizlazi da je povoljnije primijeniti što dulje periode bilanciranja [10].

Knezović, N., Rozić, Ž.

Održivost urbanog vodnog sustava korištenjem obnovljivih izvora energije

Na temelju ove metode, a u cilju osiguranja tekućeg poslovanja provedeno je istraživanje o najbržim, najisplativijim, ekološki prihvatljivim i energetski učinkovitim rješenjima za opskrbu električnom energijom crpki za vodu za vodovodne sustave Ljubuški i Vrgorac [3]. Analiza je pokazala da je tijekom 2017. godine ukupna potrošnja električne energije za sustav Ljubuški iznosila cca. 1,63 milijuna kWh. Ugradnjom fotonaponskih solarnih panela godišnje se može generirati iznos od oko 1,15 milijuna kWh. Navedeno bi pokrivalo oko 70% svih potreba električne energije za vodoopskrbu u Ljubuškom i mogli bi uštedjeti oko 76.000 eura godišnje. Vezano za vodoopskrbni sustav Vrgorac, analiza je pokazala potrošnju od 1,81 milijuna kWh tijekom 2017. godine. Zahvaljujući fotonaponskim solarnim ćelijama/pločama moguće je proizvesti oko 1,54 milijuna kWh, što je oko 85% njihovih potreba za električnom energijom. Izraženo ekonomskom vrijednošću, ukupna godišnja ušteda troškova vodoopskrbnog sustava Vrgorac iznosila bi preko 100.000 eura godišnje [3].

3.2 Obnovljivi izvori energije u radu sustava za pročišćavanje otpadnih voda

Vjetar, iako dostupan na brojnim lokacijama, kao obnovljivi izvor energije općenito se rijetko samostalno koristi zbog prirode svoga djelovanja. Karakteriziraju ga nepredvidiva dužina trajanja kao i snaga kojom djeluje, koje neminovno dovode do prekida u proizvodnji energije, što za posljedicu ima nepovoljne ekonomske i tehničke karakteristike [10]. Međutim u svijetu postoje primjeri koji svjedoče o korištenju vjetra kao obnovljivog izvora energije u radu sustava za pročišćavanje otpadnih voda [5]. Jedan od takvih primjera nalazi se u Atlantic Cityju. Sustav se sastoji od pet vjetroturbina visine 397 *feet-a* (cca 120 m) pojedinačne snage 1.5MW, koje su pri brzinama vjetra većim od 12 milja na sat sposobne ukupno proizvesti 7.5MW električne energije. Na godišnjoj razini ovaj sustav prosječno proizvodi 19 milijuna kWh. Postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda dnevno troši 2.5MW energije. U idealnim uvjetima to znači da sustav vjetroturbina proizvodi višak energije, koja se može prodati u lokalnu mrežu, dok u nepovoljnim uvjetima, u kojima vjetroturbine ne proizvode dovoljno energije, sustav koristi energiju iz lokalne mreže. Provedena analiza pokazuje da vjetroturbine proizvode energiju koja zadovoljava cca 60% potreba postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda, te da su u prve 4 godine rada donijele uštedu od 2 milijuna dolara [5].

Drugi primjer korištenja vjetra kao obnovljivog izvora energije u radu sustava za pročišćavanje otpadnih voda nalazi se također u SAD-u, u gradu Browningu u Montani. Umjesto korištenja velikih (397ft) vjetroturbina snage 1,5MW iz prethodno navedenog primjera, ovdje se koriste manje (100ft) vjetroturbine snage 10KW. Sustav je osmišljen na način da se sva električna energija proizvedena pomoću vjetroturbina koristi za rad postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda. Na ovaj način zadovoljava se četvrtina energetskih potreba postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda [5].

Sunčevu energiju u radu sustava za pročišćavanje otpadnih voda možemo promatrati s različitih aspekata.

- Korištenje sunčeve energije kao energetskog izvora za rad postrojenja
- Korištenje sunčeve energije radi dehidriranja otpadnog mulja i smanjenja sadržaja vlage u otpadnim vodama
- Korištenje sunčeve energije u procesima desalinizacije [14].

Primjer u kojem postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda primarno koristi sunčevu energiju kao glavni energent možemo pronaći u Orovilleu, California. Ovo postrojenje pročišćava otpadne vode za oko 15 000 kućanstava. 2002. godine odlučili su da smanje troškove, te povećaju energetsku efikasnost korištenjem sunčeve energije. Instaliran je sustav koji se sastoji od 5184 solarna panela i kao takav je peti najveći u SAD-u. Sustav je

Knezović, N., Rozić, Ž.

Održivost urbanog vodnog sustava korištenjem obnovljivih izvora energije

projektiran na način da u vršnim satima proizvodi više energije nego što postrojenje troši. Taj višak energije distribuira se u lokalnu energetsku mrežu kao svojevrsni zalag za period kada solarni paneli ne proizvode električnu energiju. Na taj način povećana je energetska neovisnost postrojenja. [5].

4. ZAKLJUČAK

Primjena načela održivog razvoja dovodi do potrebe za korištenjem obnovljivih izvora energije, usavršavanjem tehničkih karakteristika i funkcioniranja istih, te pronalaženjem novih metoda i tehnologija za konačno napuštanje korištenja neobnovljivih izvora energije. U tu svrhu nužno je voditi politiku koja je temeljena na strateškom planiranju i korištenju integriranog, a ne samo ekonomskog pristupa, te politiku koja radi na razvoju obrazovanja, podizanju opće svijesti i angažiranju i uskoj suradnji sa stručnjacima i ekspertima iz ove, ali i iz drugih oblasti.[9] Na tragu takve politike potpisani su brojni međunarodni sporazumi, a jedan od najpoznatijih od njih je sporazum iz Kyota koji je stupio na snagu 2004. godine. Tim protokolom se sve zemlje potpisnice obvezuju na smanjenje stakleničkih plinova na razinu iz 1990-te, kao i zadržavanje rasta temperature ispod 2°C. EU donosi paket energetskih mjera kojima do 2050 nastoji smanjiti emisiju stakleničkih plinova za 80%. Međutim, neke zemlje, kao SAD, Kanada, Australija, Kina i dr., odbijaju ratificirati neke od takvih sporazuma, jer smatraju da oni ograničavaju njihov ekonomski razvoj. [18]. S druge pak strane postoje zemlje, kao primjerice Italija, koje u svoj obrazovni sustav uvode utjecaj klimatskih promjena kao obvezan predmet [19]. Međutim obnovljivi izvori energije i energetska efikasnost sasvim sigurno će biti motor pokretač razvoja u 21. stoljeću. To možemo vidjeti na primjeru korištenja obnovljivih izvora energije kao što su sunčeva energija, vjetar, biomasa i slično u radu urbanog vodnog sustava koji su prethodno opisani. Svaka od novih tehnologija osim što smanjuje negativne utjecaje funkcioniranja urbanog vodnog sustava na klimu, smanjuje efekt staklenika, povećava energetska neovisnost sustava, dovodi i do nove tehnološke revolucije. Upravo ta tehnološka revolucija koja zamjenjujući jednostavne tehnologije temeljene na fosilnim gorivima s kompliciranijim i efikasnijim strojevima, često usko povezanim s njegovim električnim, elektroničkim i informatičkim komponentama temelj je ekonomskog rasta i razvoja čime se u potpunosti zadovoljavaju sva načela održivosti [2].

LITERATURA

1. Bošnjak, M.; Bućan, Ž.; Capek, K.; Jeličić P.: Mogući utjecaji klimatskih promjena na kvalitetu vode za ljudsku potrošnju; Hrvatske vode; 2019.
2. Duić, N.: Održivi razvoj energije, voda i okoliša, Strojarsvo 2010.
3. Džeba, T.; Prskalo, M.: Održiva energija i upotreba u javnoj vodoopskrbi; Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru; 2019.
4. Đurin, B.: Održivost rada urbanog vodoopskrbnog sustava; Sveučilište u Splitu Građevinsko – arhitektonski fakultet Split; 2014.
5. Foley, K: Wastewater treatment and energy: An analysis on the feasibility of using renewable energy to power wastewater treatment plants in Singapore; Massachusetts Institute of Technology, June 2010
6. Gereš, D.: Održivi razvoj vodnog gospodarstva; Sabor hrvatskih graditelja; Cavtat 2004.
7. Gvozdanić, A.: Obnovljivi izvori energije i gospodarstvo; Fakultet za ekonomiju i turizam Dr. Mijo Mirković Pula; 2016.
8. Halkijević, I.: Analiza održivosti vodoopskrbnih sustava; Dani sanitarne hidrotehnike; Zagreb 2016.

Knezović, N., Rozić, Ž.

Održivost urbanog vodnog sustava korištenjem obnovljivih izvora energije

9. Loftus, Anne-Claire: Adapting Urban Water Systems to Climate Change (A handbook for decision makers at the local level); ICLEI European Secretariat GmbH; 2011.
10. Margeta J., Đurin B.: Mogućnosti primjene obnovljivih izvora energije za crpljenje vode u urbanom vodnom sustavu; 6. Hrvatska konferencija o vodama; Opatija, 2015.
11. Margeta, J.: Vodoopskrba naselja; Sveučilište u Splitu Građevinsko – arhitektonski fakultet Split; 2010.
12. Rozić, Ž.; Margeta, J.; Knezić, S.: Modeliranje urbanog vodnog sustava; Građevinar; 2007.
13. Šentija, B: Upravljanje obnovom urbanog vodnog sustava; Sveučilište u Splitu Građevinsko – arhitektonski fakultet Split; 2015.
14. Young, S; Ziyang, G; Yuan, P; Integration of Green Energy and Advanced Energy-Efficient Technologies for Municipal Wastewater Treatment Plants; International Journal of Environmental Research and Public Health, April 2019
15. https://hr.wikipedia.org/wiki/Obnovljivi_izvori_energije, datum pristupa: (20.03.2020.)
16. https://www.researchgate.net/publication/304691555_Energy_consumption_for_water_use_cycles_in_different_countries_A_review, datum pristupa: (20.3.2020.)
17. <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/2170/becko-postrojenje-za-prociscavanje-otpadnih-voda-postaje-elektrana>, datum pristupa: (25.4.2020.)
18. https://hr.wikipedia.org/wiki/Protokol_iz_Kyota, datum pristupa: (28.4 2020.)
19. <https://energis.ba/italija-postaje-prva-zemlja-na-svijetu-koja-uvodi-obavezno-klimatsko-obrazovanje-u-skole/>, datum pristupa: (26.4.2020.)