

SARAJEVO KAO MODEL ODRŽIVE ENERGETSKE TRANZICIJE KROZ VALORIZACIJU OTPADA I VODONIKA / SARAJEVO AS A MODEL OF SUSTAINABLE ENERGY TRANSITION THROUGH WASTE AND HYDROGEN VALORIZATION

Dr.sc. Mehmed Konaković^{1,2}, dipl. ing.saob., Prof.Dr.sc. Abidin Deljanin², dipl. ing.saob.

¹JU "Centar za napredne tehnologije u Sarajevu,

²IUT, Saobraćajni fakultet Travnik u Travniku, Aleja Konzula – Meljanac b.b 72270 Travnik
e-mail: konakovicmesa@hotmail.com, adeljanin@hotmail.com

Stručni članak

<https://www.doi.org/10.58952/zr20251402276>

UDK / UDC 621.039:628.4(497.6 Sarajevo)

Sažetak

Bosna i Hercegovina se nalazi u ranoj fazi energetske tranzicije. Očigledan je povećan pritisak na modernizaciju postojećih sistema upravljanja otpadom i zaštite okoliša. Potezi i djelovanja na nivou EU i regiona obilježavaju sve prisutniju potrebu razvoja vodoničkih tehnologija i cirkularne ekonomije. Otpad postaje resurs. Glavni grad Bosne i Hercegovine trebao bi biti predvodnik u promjenam ove vrste. Sarajevo treba biti urnek kojeg će pratiti ostali gradovi u regionu. U ovom gradu i okolini proizvodi se ogromna količina otpada koji ako se smatra resursom može kroz primjenu određenih tehnoloških i tehničkih rješenja postati izvor energije i drugih sirovina za neke industrijske grane kao što je industrija građevinarstva ili metala. Dakle Sarajevo ima poseban izazov i očekuje se da će odgovoriti ispravno i brzo. Sarajevska deponija smeća, Smiljevići je uzrok ozbiljnih problema koji se ogledaju u velikim količinama otpada, njegovom separacijom, kapacitetom deponijskih ploha, emisijom plinova i iscjednih tekućina. Ovi problemi su decenijama nerješivi i još uvijek su veliki izazov. Oni su dvodimenzionalni kao tehnički ali i kao institucionalni problem.

Ključne riječi: vodonik, iscjedne vode, termovalorizacija, cirkularna ekonomija, energetska tranzicija, Sarajevo

JEL klasifikacija: Q42, Q53, Q01

Abstract

Bosnia and Herzegovina is in the early stages of energy transition. There is an obvious increased pressure to modernize existing waste management and environmental protection systems. Actions and actions at the EU and regional levels mark the ever-present need to develop hydrogen technologies and a circular economy. Waste is becoming a resource. The capital of Bosnia and Herzegovina should be a leader in changes of this kind. Sarajevo should be a model to be followed by other cities in the region. This city and its surroundings produce a huge amount of waste, which, if considered a resource, can, through the application of certain technological and technical solutions, become a source of energy and other raw materials for some industries such as the construction or metal industries. Therefore, Sarajevo has a special challenge and is expected to respond correctly and quickly. The Sarajevo landfill, Smiljevići, is the cause of serious problems that are reflected in large quantities of waste, its separation, the capacity of landfill surfaces, and the emission of gases and leachates. These problems have been unsolved for decades and are still a major challenge. They are two-dimensional as a technical problem, but also as an institutional problem.

Keywords: hydrogen, leachate, thermal valorization, circular economy, energy transition, Sarajevo

JEL classification: Q42, Q53, Q01

UVOD

Svijet ulazi u novu eru, eru energetske i saobraćajne tranzicije koja se temelji na dekarbonizaciji, digitalizaciji i geopolitičkom redefiniranju energetske i transportne tokove. U toj paradigmi, vodik (H_2) se nameće kao ključni energetski nosilac 21. stoljeća, naročito u sektorima gdje elektrifikacija nije tehnički ili ekonomski održiva. Evropska unija je do 2030. godine postavila cilj od 10 miliona tona proizvedenog i 10 miliona tona uvezenog vodonika, uz ogromne investicije u infrastrukturu, interkonekcije i čiste industrijske kapacitete.

Bosna i Hercegovina se, svojom geografijom, energetskim potencijalom i regionalnom pozicijom, nalazi na jednoj od najvažnijih geopolitičkih raskrsnica evropske energetske karte. Upravo sada, kada se donose strateške odluke za narednih 25–30 godina, BiH mora pokazati političku odlučnost i institucionalnu spremnost da postane aktivni subjekt energetske tranzicije, a ne pasivni prostor između većih centara odlučivanja.

Bosna i Hercegovina se nalazi pred historijskom šansom da redefiniira svoju poziciju na mapi energetske i transportne tokove Evrope i šire regije. Proces energetske tranzicije i dekarbonizacije globalnog sistema dobija novu dimenziju kroz razvoj vodonične ekonomije, što predstavlja izazov, ali i veliku razvojnu šansu za zemlje Zapadnog Balkana. U tom kontekstu, organizacija međunarodne stručne konferencije u Sarajevu ima za cilj da inicira strateški dijalog o ulozi Bosne i Hercegovine u budućoj evropskoj i globalnoj energetskoj i saobraćajnoj infrastrukturi.

Sporazum o zelenoj energiji za Zapadni Balkan (Green Agenda for Western Balkans) i najavljeni Sporazum o čistoj industriji (Clean Industrial Deal) predstavljaju okvirne političke i strateške temelje na kojima se mora graditi buduća uloga BiH. Ove inicijative su u direktnoj vezi s ciljevima Evropske unije za 2030. i 2050. godinu, a Bosna i Hercegovina mora naći svoje mjesto u tom prostoru.

1. SARAJEVO KAO MODEL ODRŽIVE ENERGETSKE TRANZICIJE

Postrojenje za prečišćavanje koje je pokrenuto 2011. godine, prestalo je raditi nakon tri mjeseca. Tehnička održivost i institucionalna podrška su glavni razlozi prestanka rada postrojenja. Ovakvo stanje je pokazalo potrebu za novim, integrisanim pristupom koji će povezivati ekologiju, energetiku i inovacije, dakle ulazi se u svijet naprednih tehnologija.

Dosadašnja istraživanja postojećeg stanja su djelomična i nepotpuna. Konkretni aktivnosti koje će biti potrebno izvršiti su detaljna istraživanja kompletnog sistema deponije, sistema tretmana iscjednih voda, s fokusom na mogućnosti uvođenja energetske samoodrživih tehnologija obuhvataju djelomično pregled tehničke dokumentacije, parametara kvaliteta iscjednih voda i emisija, identifikaciju mogućnosti primjene naprednih biotehnoških i termičkih procesa, procjenu integracije vodoničnih tehnologija u postojeći energetski sistem Kantona Sarajevo. Istovremeno je potrebno istražiti Energetski i klimatski plana BiH, nacrt strategije razvoja vodonika u BiH i iskustva regiona i Evrope u razvoju vodoničke infrastrukture i regulative o prosumerima.

Kad je u pitanju konkretan slučaj deponije Smiljevići ili rješavanja problema otpada u kantonu Sarajevo resprava i istraživanja su rađena na 3 varijante/modela:

1. Varijanta „Indeloop i H2 tehnologija“,
2. Varijanta „MBR sistem (Membrane Bioreactor)“, i
3. Varijanta „Termovalorizator“ za Kanton Sarajevo.

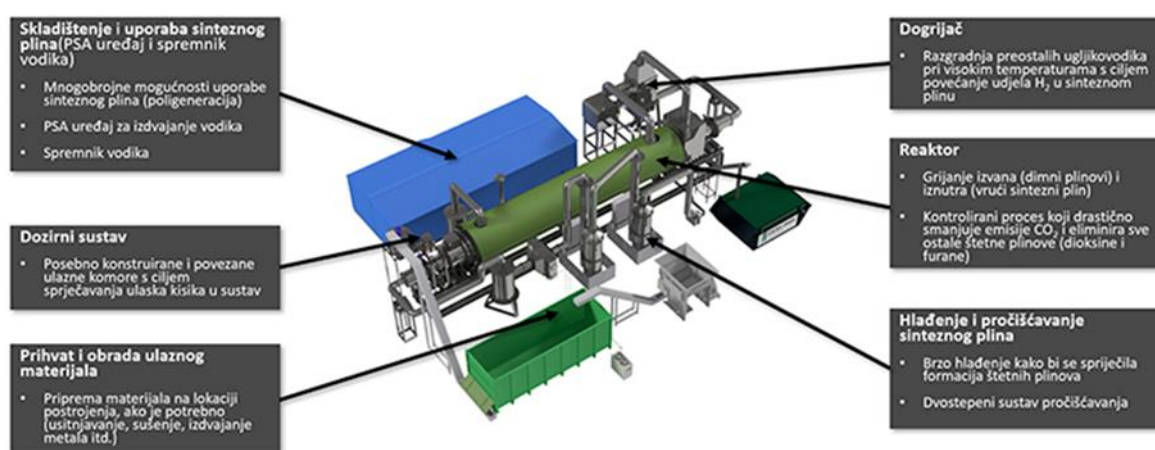
Konstatirano je da je postrojenje za prečišćavanje procjednih voda na deponiji pušteno je u rad 2011. godine, ali je prestalo s radom nakon samo tri mjeseca zbog kvara sa zagušenjem membrana koje nisu bile dovoljno kvalitetne ili kapacitirane da obrade kompleksan sastav tekućina (otpad, klinički i animalni otpad, ...). Stanje voda je testirano 2019. godine kad je kompanija TQM d.o.o. iz Lukavca nakon testiranja podnijela izvještaj Vladi KS u kojim je navodi da stepen zagađenja (opasnosti) nije izvan granica dozvoljenog za ovakvu vrstu deponija. Konstatuju se još neke aktivnosti kao i pitanje nadležnosti između Zavoda za izgradnju Kantona Sarajevo i KJKP "Rad" ali nije zabilježen odgovarajući pozitivan pomak.

Procjedne vode deponije predstavljaju visoko kontaminiran otpadni tok koji uključuje razne organske i anorganske zagađivače, teške metale, mikrobiološke agense i druge supstance koje mogu imati štetne uticaje na podzemne i površinske vode, kvalitet zraka i zemljišta, te zdravlje stanovnika u okolini ovog područja.

Na bazi iskustava i primjera u Podgorici, Bihaću, Banja luci, Rovinju zaključuje se da su se; tehnološka rješenja kao što su MBR (membranski bioreaktor), SBR (sekvencijalni reaktor) i NAP tehnologije (napredne oksidacione procese), pokazala kao efikasna u obradi ovakvog tipa otpadnih voda. Treba napomenuti da se prethodno za izbor tehnologije mora osigurati detaljna analiza sastava voda, hidrauličkog opterećenja, sezonskih varijacija i geoloških faktora i td..

Varijanta „Indeloop i H2 tehnologija“ su zasnovane na novim i „nezrelim“ tehnologijama ali sa vidnom perspektivom. Radi se o „Indeloop tehnologiji“ koja je u razvijena susjednoj Hrvatskoj i ima značajan ulazak u komercijalni svijet. Radi se o tehnologijama za proizvodnju vodonika iz otpada.

Looper



Slika 1. Šematski prikaz Indeloop tehnologije (Izvor: Vebsajt „Indeloop d.o.o.“, 10.08.2025)

Njihovom primjenom se postiže:

- sinhronizirano prečišćavanje iscjednih voda i proizvodnja zelenog vodonika,
- korištenje bioloških i elektrolitičkih procesa, te
- eventualna uspostava Demo-centra vodoničnih tehnologija.

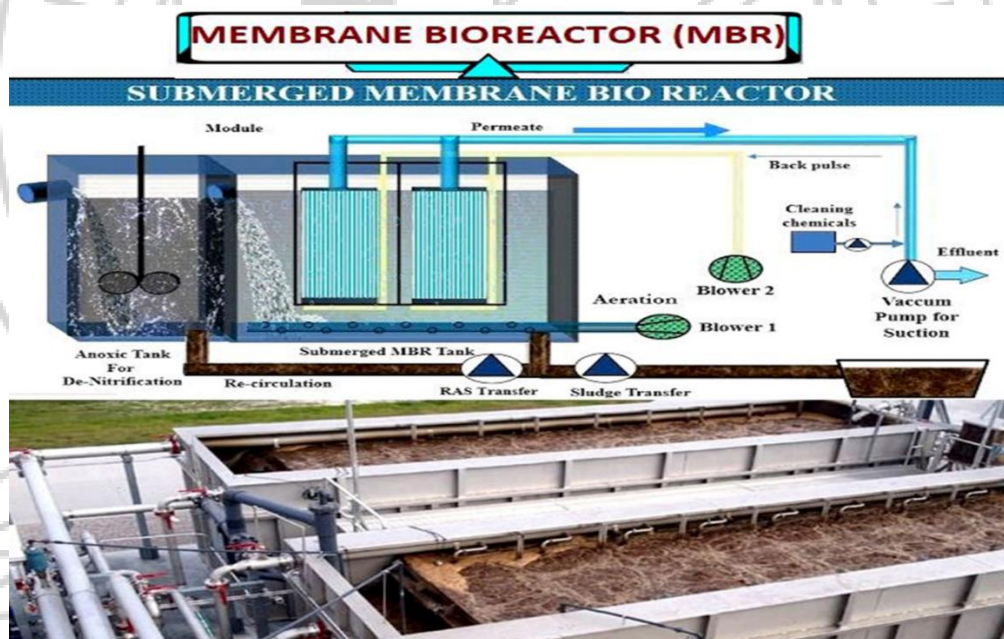
Ostvaruju se sljedeći ciljevi:

- Smanjiti zagađenje procjednim vodama s deponije.
- Proizvoditi "zeleni" vodonik iz organskog dijela otpadnih voda.
- Doprinijeti energetskej tranziciji i smanjenju emisija stakleničkih gasova.
- Uspostaviti Centar za demonstraciju i istraživanje vodoničnih tehnologija na lokaciji.

Za postizanje zadatih ciljeve kroz ovu naprednu i perspektivnu tehnologiju ostvaruje se sljedeći tehnološki proces:

- Mehanička separacija čvrstih čestica
- Predtretman (pH korekcija, koagulacija/flokulacija)
- Bioelektrohemijski procesi za konverziju u H₂ (Indeloop sistem)
- Sakupljanje i skladištenje proizvedenog vodonika

Varijanta „MBR sistem (Membrane Bioreactor)“ je dvostepena MBR tehnologiju, odnosno unaprjeđenje ranije instaliranog sistema uz dodatno opremanje savremenim UV modulima. Ova vrijanta je racionalna zbog rekonstrukcija postojećeg postrojenja uz primjenu modularne MBR tehnologije te reciklaža tretirane vode za tehničku upotrebu i smanjenje opterećenja kanalizacione mreže.



Slika 2. Šematski prikaz MBR (Izvor: goorui.com, 25.08.2025)

Projekat podrazumijeva uspostavu inovativnog sistema za tretman procjednih voda koje nastaju na Regionalnom centru za upravljanje otpadom „Smiljevići“, korištenjem napredne Indeloop tehnologije ili sličnog integrisanog rješenja koje omogućava proizvodnju obnovljivog vodonika iz organskog sadržaja u otpadnim vodama.

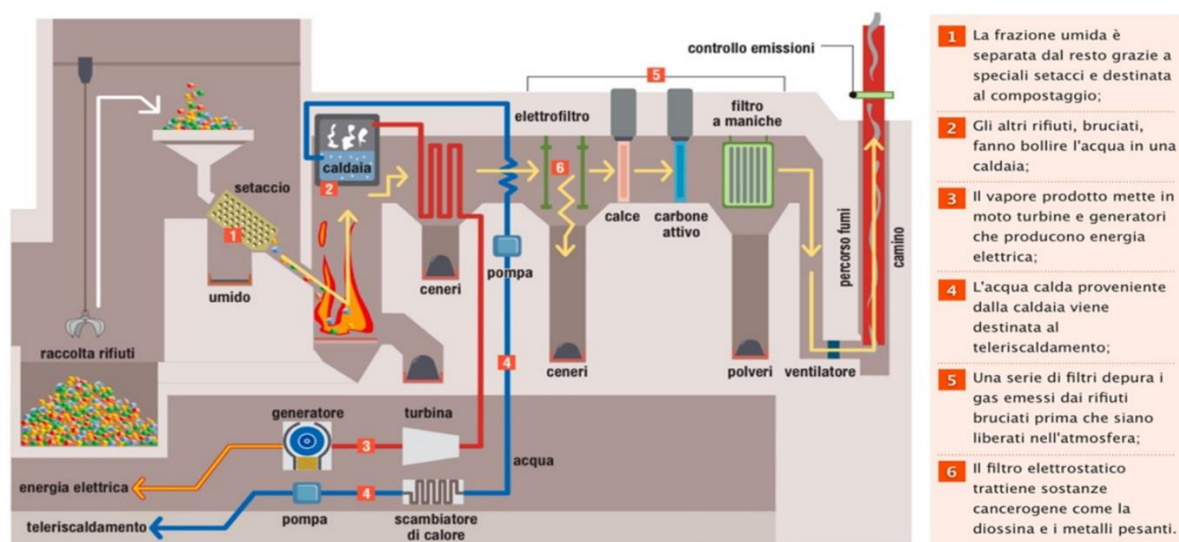
Cilj je uspostaviti pilot postrojenje koje povezuje upravljanje otpadom, zaštitu okoliša i proizvodnju čiste energije kroz cirkularni pristup, odnosno cilj je:

- Smanjenje ekološkog i zdravstvenog rizika usljed nekontrolisanog oticanja procjednih voda.
- Uspostava sistema za proizvodnju zelenog vodonika iz otpadnih voda (energetska valorizacija otpada).
- Otvaranje mogućnosti za istraživačko-demonstracioni centar u oblasti vodoničnih tehnologija i zaštite okoliša.
- Usklađivanje s EU politikama o obnovljivoj energiji, cirkularnoj ekonomiji i klimatskoj neutralnosti.

Tehnološki pristup:

- Prva faza: Mehaničko predčišćenje i stabilizacija vode.
- Druga faza: Biološko-hemijska obrada sa separacijom organskog sadržaja
- Treća faza: Konverzija lako razgradivih komponenti u vodonik putem bioelektrohemijskih ili termokatalitičkih procesa (Indeloop ili slično).
- Završna faza: Sakupljanje, čišćenje i skladištenje proizvedenog vodonika.

Varijanta „Termovalorizator“ za Kanton Sarajevo, je zrela i EU usklađena tehnologija, veoma rasprostranjena po zemljama EU a najviše u Italiji. Ovdje se radi o proizvodnji električne i toplotne energije iz otpada, ekološki je prihvatljiva tehnologija i investicijski skalabilna. Njenom primjenom osigurava se širokoobuhvatno korištenje otpada kao energetske resursa za proizvodnju toplote, električne energije i sintetičkog gasa. Usklađena je sa EU Direktivom o otpadu (2008/98/EC) i ciljevima Green Deal.



Slika 3. Šematski prikaz termovalorizatora (Izvor: eraslazio.it, 10.08.2025)

Opravdanost i razlozi uspostavljanja projekta su:

1. Ekološki izazovi: Deponije otpada na području Sarajeva su na rubu kapaciteta, predstavljaju značajan izvor emisija stakleničkih plinova i kontaminacije zemljišta i

podzemnih voda. Postojeće postrojenje za tretman iscjednih voda ne funkcioniše ispravno, a toksične iscjedne vode se

2. slijevaju u tlo i vodotokove.
3. Zakonodavna obaveza: EU direktiva o otpadu (čl. 4 – Hijerarhija otpada) predviđa: prevenciju, reciklažu, termički oporavak, a tek kao posljednju opciju – deponovanje. BiH je u procesu prilagodbe zakonodavstva EU.
4. Energetski i privredni interes: Termovalorizatori pretvaraju otpad u električnu i toplotnu energiju. Time se smanjuje energetska ovisnost, a istovremeno otvaraju nova radna mjesta i tehnološki razvoj.

Realizacijom projekta se u Sarajevu zaokreće ugao razmatranje otpada dosadašnjim pristupom u ugao energetskog resursa. Na taj način ostvaruju se benefiti:

- Postizanje EU ekoloških standarda,
- Tržišna proizvodnja struje i grijanja,
- Mogućnost proizvodnje alternativnih goriva (vodonik, metanol),
- Zapošljavanje i razvoj lokalne industrije i servisa,
- Regionalni centar za obradu otpada u BiH,
- Dugoročna ekološka i ekonomska održivost.

Svaki od izloženih modela/varijanti predstavlja povezivanje ekološke sanacije, proizvodnje energije, energetske efikasnosti i stvaranja lokalne baze za razvoj vodonične ekonomije.

Bosna i Hercegovina je potpisnik Ugovora o Energetskoj zajednici što znači da je dio evropskog procesa zelene tranzicije. Bosna i Hercegovina nema usvojenu „Strategiju razvoja vodonika“. Nedostatak institucionalnog okvira, podzakonskih akata i ulaganja u istraživanje ometa i usporava implementaciju vodoničnih rješenja.

Sva logika leži u tome da treba istražiti mogućnost implementacije modela koji kvalitetno povezuje tretman otpada, pročišćavanje voda, proizvodnju vodonika i energije. Tako bi se omogućilo BiH da simultano riješi više problema, kao što su smanjenje emisija zagađujućih materija, zagađenja voda, razvoj domaće industrije, te osnaživanje energetskog suvereniteta kroz proizvodnju goriva i energije u lokalnim zajednicama.

Komparativnom analizom zemalja regiona očigledno je da BiH ima ozbiljan zastoj i kašnjenje uključivanja prosumera. Crna Gora ima preko 7000 korisnika, dok BiH nema razrađene mehanizme za priključenje malih proizvođača. U tom smislu bi dobro pilot postrojenje u Sarajevu moglo pokazati kako vodonična infrastruktura doprinosi konceptu pametnog grada i cirkularne ekonomije.

ZAKLJUČAK

Integralnim pristupom rješavanja problema iscjednih voda, korištenjem otpada u proizvodnju energije uvezano sa razvojem vodoničnih tehnologija, predstavlja napredan, inovativan i održiv put za Sarajevo i Bosnu i Hercegovinu.

Ovakvim konceptom se pokazuje da se lokalni ekološki problemi mogu pretvoriti u razvojne prilike kroz sinergiju nauke, tehnologije i javne politike.

Istraživanja i razrađeni modeli stvaraju ozbiljne pretpostavke za dekarbonizaciju, jačaju otpornost energetskog sistema i stvaraju veliki prostor za partnerstva sa zemljama članicama NATO i EU u oblasti čiste industrije i inovacija.

LITERATURA

1. Clean Hydrogen Partnership (2024). Strategic Research and Innovation Agenda.
2. Energetska zajednica (2023). National Energy and Climate Plan – Bosnia and Herzegovina (Draft).
3. European Commission (2020). EU Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe.
4. JU Centar za napredne tehnologije Sarajevo (2025). Analitički izvještaj o tretmanu procjednih voda i energetske valorizaciji otpada u KS.