

ZELENI HIDROGEN

VAŽAN ELEMENT KLIMATSKE
NEUTRALNE EKONOMIJE I ENERGETSKE
NEZAVISNOSTI EVROPE



Sadržaj

Zeleni hidrogen – važan element klimatski neutralne ekonomije i energetske nezavisnosti Evrope	1
Proizvodnja zelenog hidrogena.....	2
Korištenje hidrogena.....	4
Strategija Evropske unije za zeleni hidrogen	6
Zeleni hidrogen – više Sunca i vjetra u BiH energetici	7
Literatura	9

Zeleni hidrogen – važan element klimatski neutralne ekonomije i energetske nezavisnosti Evrope

Potpisivanjem deklaracije o Zelenom programu za zapadni Balkan, 10. novembra 2020. u Sofiji, zemlje zapadnog Balkana su se pridružile opredjeljenju Evropskoj uniji (EU) da Evropa postane klimatski neutralna do 2050., tj. da postane kontinent s nultom neto emisijom stakleničkih gasova. Taj je cilj u skladu s predanošću EU-a globalnom djelovanju u području ublažavanja klimatskih promjena u okviru Pariškog sporazuma.

Klimatska ili karbonska neutralnost je ravnoteža između emisije ugljen dioksida i njegove apsorpcije (uklanjanja) iz atmosfere u ponore ugljika. Za postizanje nulte emisije ugljen dioksida, sve emisije stakleničkih plinova treba da budu anulirane kroz uklanjanje ugljen dioksida u ponore ugljika. Glavni prirodni ponori su tlo, šume i okeani. Prema procjenama, na globalnom nivou prirodni ponori uklanjaju između 9,5 i 11 milijardi tona ugljen dioksida godišnje, dok su godišnje emisije svih stakleničkih gasova oko 50 milijardi tona ekvivalentnog ugljen dioksida¹. Dakle, oko pet puta su emisije veće od ponora. Poređenja radi, emisije svih stakleničkih gasova u BiH u 2016. godini su iznosile oko 29,7 miliona tona ugljen dioksida, a ponori su iznosili nešto manje od 6 miliona tona godišnje. To znači da uz postojeći iznos ponora, za klimatsku neutralnost BiH treba da u 2050. godini ima manju emisiju za oko 80% u odnosu na emisiju u 2016. godini.

Postizanje klimatski neutralne ekonomije je veliki izazov i prilika za izgradnju bolje budućnosti za sve. Na globalnom nivou EU predvodi taj proces ulaganjem u zelenu i digitalnu tranziciju, osnaživanjem građana i građanki te usklađivanjem mjera u ključnim područjima kao što su okoliš, energetika, transport, poljoprivreda, industrija, finansije i istraživanje, uz istovremeno osiguravanje pravedne tranzicije. Stoga, rješenje za postizanje klimatske neutralnosti se sastoji iz niza elementa koji se međusobno podržavaju i daju sinergijski efekat.

Proizvodnja energije ima udio od 72,3% u ukupnoj emisiji stakleničkih gasova na globalnom nivou [1]. Prilikom proizvodnje električne energije i toplote za grijanje emituje se oko 25% emisija stakleničkih gasova, a udio emisija iz transporta je oko 14% [2]. Povezivanje ova tri sektora sa aspekta energetske tranzicije ima veliki sinergijski potencijal. Proizvodnja električne energije se može dekarbonizirati prelaskom sa korištenja fosilnih goriva na obnovljive izvore energije. Najveći potencijal za dekarbonizaciju elektroenergetike, na globalnom nivou, je u solarnoj energiji i energiji vjetra. Međutim, to su tzv. intermitentni tj. neupravlјivi izvori energije. Neupravlјivi su u smislu da njihovu proizvodnju nije moguće prilagoditi potrebama za energijom. Integracija većeg udjela OIE (prvenstveno vjetra i solarne energije) u sisteme električne energije podrazumijeva više razdoblja u kojima proizvodnja nadvisuje potražnju. U slučaju male potražnje, a velike proizvodnje dolazi do

¹ Emisija svih stakleničkih gasova se svodi na ekvivalentne tone ugljen dioksida prema tzv. potencijalu globalnog otopljavanja pojedinih stakleničkih gasova.

stvaranja „viška“ električne energije. To inicira veću potrebu za uravnoteženjem i skladištenjem energije.

Dosadašnji elektroenergetski sistem funkcioniše tako što proizvodnju u svakom trenutku podešava potrebama tj. potrošnji. Zbog neupravljivosti energije vjetra i solarne energije, a da bi se postigla potpuna dekarbonizacija, potrebno je promijeniti pristup tako da se potrošnja prilagođava proizvodnji tj. intenzitetu vjetra i solarnog zračenja. To se može postići kroz tzv. pametne mreže koje će upravljati potrošnjom električne energije. Uz integraciju sa transportom i grijanjem to znači da će se u periodima velike proizvodnje potrošači poticati da troše električnu energiju za potrebe kao što je punjenje električnih vozila, grijanje (daljinsko i pojedinačno) i sl. Međutim, i pored toga bez značajnijeg skladištenja energije na nivou većih elektro mreža neće biti moguće postići potpunu integraciju. Uz to, treba računati i na upravljive obnovljive izvore energije kao što su akumulacione i reverzibilne hidroelektrane i biomasa. Zaključak je da se javlja potreba za novim rješenjima u prenosu i skladištenju električne energije, kao i novim načinima usklađivanja potražnje i ponude i kombinovanja različitih načina proizvodnje električne energije. Uskladištena energija se koristi onda kada je potrošnja veća od proizvodnje, a to se postiže konverzijom uskladištene energije u električnu.

Proizvodnja zelenog hidrogena

Postoji više načina na koji se „višak“ električne energije može uskladištiti. Pored električnih baterija to su reverzibilne hidroelektrane, zatim proizvodnja hidrogena, sintetskog gasa itd. Proizvodnja i korištenje hidrogena postaje sve realnija tehnologija za skladištenje viškova električne energije što će omogućiti veliki nivo integracije neupravljivih obnovljivih izvora energije u mrežu. Hidrogen je bitan element mozaika evropskog zelenog plana, strategije EU-a kojom se nastoji smanjiti zavisnost o uvezenim fosilnim gorivima. Koristan je ne samo za ublažavanje klimatskih promjena već i za smanjenje zagađenosti zraka. Pored toga, pozitivan je i za otvaranje novih radna mjesta i oporavak privrede nakon krize uzrokovane pandemijom virusa COVID-19.

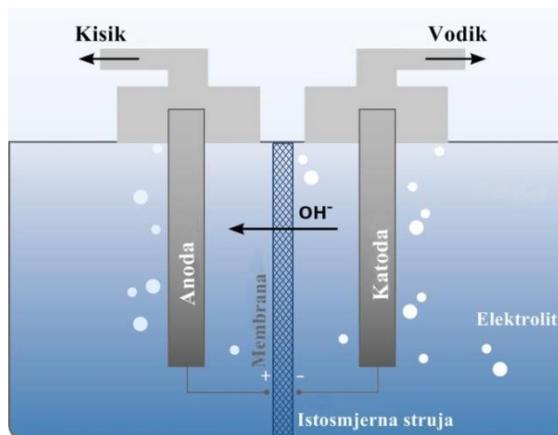
Treba naglasiti da hidrogen nije izvor energije već nosilac energije. Kao način za skladištenje električne energije, hidrogen može doprinijeti kompenzaciji velikih oscilacija u proizvodnji električne energije iz vjetra i solarne energije i olakšati dugoročno korištenje električne energije koja ne bi mogla biti integrisana direktno u električnu mrežu u razdobljima posebno visoke proizvodnje energije iz obnovljivih izvora. Međutim, nije svaki hidrogen jednakokolikso prihvatljiv. U tom smislu važno je razlikovati načine njegove proizvodnje. Za te potrebe koriste se boje, pa tako postoji:

sivi, plavi i zeleni hidrogen.

Sivi hidrogen se proizvodi iz fosilnih goriva, a zeleni električnom energijom iz obnovljivih izvora. Plavi hidrogen je onaj koji se, kao i sivi, proizvodi iz fosilnih goriva, ali uz primjenu postupaka izdvajanja i skladištenja ugljika (eng. Carbon Capture and Storage - CCS), odnosno kada pri takvoj njegovoj proizvodnji ne dolazi do emisija stakleničkih gasova. Upravo zbog toga, ali i činjenice da takvi postupci značajno poskupljuju proizvodnju, plavi hidrogen danas je u svijetu veoma rijedak.

Za razliku od toga, u prvom planu je zeleni hidrogen koji se danas najviše proizvodi pomoću električne energije iz neupravljenih izvora energije tj. iz solarnih elektrana i vjetroelektrana. Time se ujedno rješava problem ‘nestalnosti’ tih izvora, odnosno proizvodnje električne energije onda kada puše vjetar ili sija Sunce, a kada možda u elektroenergetskom sistemu nema potreba za potrošnjom te energije. Ti viškovi proizvodnje tada se jednostavno mogu iskoristiti za proizvodnju hidrogena elektrolizom, a taj se hidrogen potom može koristiti na razne načine. Proizvedeni hidrogen se može prenositi ili prevesti na bilo koje mjesto, gdje se pomoću gorivnih ćelija ili drugih načina, akumulirana energija pretvara u električnu i toplotnu energiju.

Zeleni hidrogen se proizvodi elektrolizom vode što je proces razdvajanja vode na kiseonik i hidrogen. Za idealni postupak bez gubitaka potrebno je za proizvodnju 1 kilograma hidrogena potrošiti nešto više od 32 kWh električne energije. U realnim uslovima efikasnost procesa je od 70 do 80%, a potrošnja energije za 1 kilogram hidrogena 50 – 55 kWh [4]. Kilogram hidrogena ima oko 40 kWh (hemiske energije). Poređenja radi, jedno domaćinstvo mjesечно troši 250-300 kWh električne energije.



Slika 1. Elektroliza vode [5]

Proizvodnja hidrogena elektrolizom vode predstavlja okolinski čistu tehnologiju čiji je osnovni problem efikasan elektrolizator. Reakcija se odvija pomoću električne energije i zahtijeva visoku čistoću vode iz koje se proizvodi hidrogen. Stoga, prije nego se vrši elektroliza, voda se tretira tako da se uklone minerali i ioni. Voda se provodi kroz membranu kojom se minerali izdvajaju iz vode. Membrana djeluje kao filter sa mikroskopskim rupama. Za deionizaciju, voda se dovodi u kontakt sa ionskim izmjenjivačem. Nakon deionizacije i demineralizacije, uz pomoć električne energije, voda se hemijskom reakcijom razlaže na svoje komponente, hidrogen i kiseonik. Elektrolizatori (uređaji u kojima se odvija elektroliza) su poprilično jednostavne, ali skupe tehnologije. Njihov razvoj je usmjeren ka značajnom smanjenju troškova ulaganja, povećanju efikasnosti i vijeku trajanja katalizatora.

Ukupna potrošnja vode za proces elektrolize iznosi od 18 do 24 litra po kilogramu hidrogena [6]. Ukoliko se hidrogen koristi za proizvodnju električne energije preko gorivnih ćelija, čija je

efikasnost oko 50%, to znači da će se iz jednog kilograma hidrogena proizvesti oko 20 kWh električne energije (uz energijsku vrijednost hidrogena od 40 kWh/kg). Uvezši to u obzir dobija se da potrošnja vode iznosi oko 1 litra po 1 kWh električne energije. Prilikom prozvodnje energije iz hidrogena u gorivnim čelijama dobija se čista voda² koja se može ponovo koristiti za proces elektrolize, a potrebno je samo namiriti gubitke vode. Potrošnja vode u termoelektranama (najviše za hlađenje) je 2-3 litra po kWh. Dakle, u ciklusu zelenog hidrogena (od njegove proizvodnje do korištenja za proizvodnju električne energije) troši se znatno manje vode u odnosu na proizvodnju električne energije u termoelektranama na fosilna goriva.

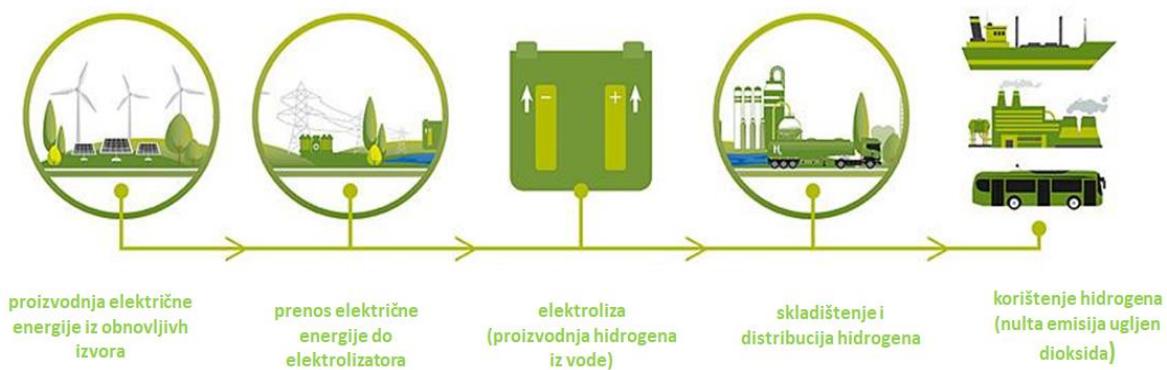
Pored hidrogena, elektrolizom nastaje i kiseonik koji se može spremati u boce i prodavati, obzirom na široku primjenu (ubrzavanje oksidacijskih reakcija u različitim branšama i procesima, povećanje procesnih temperatura u industriji metala, stakla i keramike, ubrzavanje bioloških i biohemijskih tokova npr. pri tretiranju vode, pomoćna i liječnička sredstva u medicini i tako dalje).

Korištenje hidrogena

Hidrogen se može koristiti kao gorivo za vozila na hidrogen, u industriji gdje ima veliku primjenu, te za proizvodnju električne i topotne energije. Također, može biti direktno ubrizgan u mrežu prirodnog gasa, ali u ograničenoj mjeri. Razlozi za to su: sigurnost, curenje, kompatibilnost, potrebe krajnjeg korisnika itd. Dodatno, hidrogen se može koristiti za dobivanje sintetskog gasa u procesu metanizacije. Jedan od najčešćih načina je njegova primjena kao energenta za ponovnu proizvodnju električne energije i kao izvor energije za transport.

Neko vrijeme neće biti potrebna znatna infrastruktura za transport hidrogena jer će se u početku upotrebljavati blizu mjesta proizvodnje, a u određenim područjima hidrogen bi se mogao miješati s prirodnim gasom. Ograničeno miješanje hidrogena u mreži prirodnog gase moglo bi u prelaznoj fazi omogućiti decentraliziranu proizvodnju hidrogena u lokalnim mrežama. Međutim, miješanjem se smanjuju efikasnost i vrijednost hidrogena. Iako je moguće distribuirati hidrogen cjevovodima koji se koriste za prirodni gas, većina hidrogena koji se danas koristi za gorivo prevozi se posebnim prikolicama za tečni hidrogen.

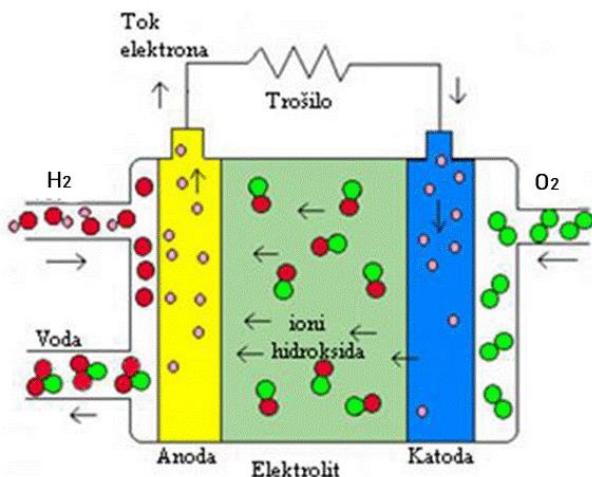
² Voda se dobija u slučaju korištenja gorivnih čelija sa kondenzacijom vodene pare. Prilikom rada gorivne čelije, pored električne energije, dobija se i toplota koja se može iskoristiti.



Slika 2. Lanac proizvodnje i korištenja zelenog hidrogena [3]

Za proizvodnju energije iz hidrogena najviše se primjenjuju gorivne ćelije. Gorivne ćelije vrše konverziju hemijske energije, koja je uskladištena u gorivu (hidrogen ili neko drugo) pomoću elektrohemijske reakcije pretvarajući je u električnu energiju. U elektrolitu gorivne ćelije, hidrogenu se dovodi kiseonik za oksidaciju. Prilikom reakcija na elektrodama u elektrolitu nastaju negativni i pozitivni ioni čime se generiše strujni tok. Sve dok se gorivo i oksidant neprekidno isporučuju u gorivnu ćeliju proizvodiće se električna energija, voda i toplota. Gorivne ćelije imaju relativno visoku efikasnost, nemaju pokretne dijelove i rade bez stvaranja buke. Do sada postignuti ukupni stepen efikasnosti gorivih ćelija tipa hidrogen – kiseonik je oko 60%.

Gorivne ćelije se mogu koristiti za proizvodnju električne energije za snabdjevanje električnih mreža i za pogon vozila. U odnosu na električne baterije imaju prednost da mogu isporučiti znatno više energije što ima prednost naročito kod teretnih vozila. Na primjer, 100 kg hidrogena može isporučiti dovoljno energije kako bi kamion prešao 1000 km, a kamion može da bude opremljen sa nekoliko rezervoara navedenog kapaciteta.



Slika 3. Prikaz rada gorivne ćelije [8]

Korištenjem dodatne količine električne energije, hidrogen se može konvertovati u sintetički gas koji se sastoji od metana. Za taj proces se može koristiti ugljen dioksida iz dimnih gasova termoelektrana na ugalj (ali i iz drugih izvora) što dodatno smanjuje emisije stakleničkih gasova. Tako dobijen sintetički gas može se skladištiti u postojećoj gasnoj infrastrukturi te koristiti u raznim oblastima potrošnje.

Strategija Evropske unije za zeleni hidrogen

EU je 2020. godine predstavila Strategiju za hidrogen za klimatski neutralnu Evropu [9] u kojoj je zeleni hidrogen istaknut kao jedan od ključnih elemenata za uspješnu energetsku tranziciju. U EU strategiji za hidrogen navedene su jasne smjernice za saradnju vlasti, industrije, naučnih institucija i nevladinih organizacija kroz Evropski savez za čisti hidrogen³ (engl. Clean Hydrogen Alliance) koji je zadužen za razvoj programa ulaganja i niz konkretnih projekata s ciljem primjene hidrogenske tehnologije. Prioritet EU-a je razviti hidrogen iz obnovljivih izvora koji će se proizvoditi uglavnom korištenjem energije vjetra i solarne energije (zeleni hidrogen).

Mnogi su razlozi zašto je hidrogen među ključnim prioritetima za postizanje ciljeva evropskog zelenog plana i evropski prelazak na čistu energiju. Očekuje se da će električna energija iz obnovljivih izvora dekarbonizirati velik dio potrošnje energije u EU-u do 2050., ali ne i cijelokupnu potrošnju. Hidrogen ima velik potencijal i mogao bi pokriti dio te razlike tako što bi poslužio za skladištenje obnovljive energije, zajedno s baterijama, kao i za prenos energije i pružanje rezerve za sezonske fluktuacije i povezivanje proizvodne lokacije s udaljenim potrošačima.

U prvoj fazi implementacije Strategije za hidrogen, od 2020. do 2024., strateški je cilj u EU-u imati elektrolizatore snage najmanje 6 GW za proizvodnju hidrogena iz obnovljivih izvora i proizvoditi do milion tona hidrogena iz obnovljivih izvora kako bi se dekarbonizirala postojeća proizvodnja hidrogena, npr. u hemijskoj industriji i olakšalo prihvatanje potrošnje hidrogena za nove potrebe, kao što su drugi industrijski procesi ili možda prevoz teretnim vozilima.

U drugoj fazi, od 2025. do 2030., hidrogen treba postati element integriranog energetskog sistema, pri čemu je strateški cilj u EU-u najkasnije 2030. imati elektrolizatore snage najmanje 40 GW za proizvodnju hidrogena iz obnovljivih izvora i proizvesti do 10 miliona tona vodika iz obnovljivih izvora. U trećoj fazi, koja će trajati od 2030. do 2050., tehnologije proizvodnje hidrogena iz obnovljivih izvora trebale bi se usavršiti i široko primjenjivati u svim sektorima u kojima alternative za dekarbonizaciju možda nisu moguće ili su skupljе.

Do 2030. u elektrolizatore bi se moglo uložiti između 24 i 42 milijarde EUR. Osim toga, u istom tom razdoblju bilo bi potrebno 220–340 milijardi EUR za povećanje kapaciteta za proizvodnju solarne energije i energije vjetra te direktno povezivanje 80–120 GW tih kapaciteta s elektrolizatorima kako bi se osigurala potrebna električna energija. Uz to će biti potrebna ulaganja u

³ Čisti hidrogen je isto što i zeleni hidrogen.

iznosu od 65 milijardi EUR za transport, distribuciju i skladištenje hidrogena te za postaje za punjenje hidrogenom. Ulaganja u proizvodne kapacitete u EU-u od danas do 2050. iznosila bi 180–470 milijardi EUR³⁵. Dodatno, znatna ulaganja biće potrebna da bi se sektori krajnje potrošnje prilagodili potrošnji hidrogena. Za pretvaranje tipične evropske željezare blizu kraja životnog vijeka u postrojenje na hidrogen potrebno je oko 160–200 miliona EUR. U sektoru drumskog transporta mogla bi biti potrebna ulaganja od 850–1000 miliona EUR za uvođenje dodatnih 400 manjih postaja za punjenje hidrogenom (trenutno ih ima 100).

Zeleni hidrogen – više Sunca i vjetra u BiH energetici

Kao članica Energetske zajednice, BiH se opredijelila za postizanje klimatske neutralnosti do 2050. godine. Iako se čini da je 2050. godina daleko, za postizanje tako ambicioznog cilja, imajući u vidu postojeće stanje i trendove emisija i ponora stakleničkih gasova, nužno je intenzivno raditi na mjerama od kojih su mnoge do sad trebale biti djelimično ili potpuno provedene (na primjer uvođenje sistema plaćanja emisionih dozvola za emisije ugljen dioksida uz omogućavanje trgovanja tim dozvolama i iskorištavanje prikupljenih sredstava za pravednije podsticanje energije iz obnovljivih izvora energije, otpočinjanje pravedne tranzicije rudarskih područja i dr.) uz uvođenje novih tehnologija i modela biznisa u oblastima proizvodnje i korištenja energije. Iako je BiH usvojila ciljeve za smanjenje emisije stakleničkih gasova do 2030. godine, oni su nedovoljno ambiciozni za klimatsku neutralnost u 2050. godini. Upitno je postizanje i ciljeva za 2030. godinu jer prema podacima iz inventara emisije stakleničkih gasova imaju trend rasta, a ponori se smanjuju. Tako su se emisije stakleničkih gasova u periodu 2014 – 2018. povećale za oko 5 miliona tona, sa oko 26 na oko 31 milion tona godišnje, što je samo oko 3 miliona manje od rekordnih emisija u 1990. godini. Jasno je da emisija najviše zavisi od rada termoelektrana na ugalj. U periodu do 2030. godine predviđeno je da neke od termoelektrana prestanu sa radom, a izgradnje novih termoelektrana najvjerojatnije neće biti. To će dovesti do izvjesnog smanjenja emisija (za 15-20% u odnosu na 2016. godinu). Međutim, za klimatsku neutralnost potrebno je smanjiti postojeće emisije za oko 80%, a da pri tome ponori ostanu na sadašnjem nivou.

Treba naglasiti da su prisutni i neki pozitivni procesi i trendovi u kontekstu dekarbonizacije BiH. U zadnjih nekoliko godina (od 2018. godine) otvorena su tri vjetroparka, a proizvodnja električne energije iz solarnih elektrana ima brz trend rasta. Prema Izvještaju o radu Državne regulatorne komisije za električnu energiju (DERK) za 2021. godinu instalirana snaga vejtrolektrana iznosi 134,6 MW, a solarnih elektrana 56,51 MW. Proizvodnja iz solarnih elektrana u 2021. godini je veća za 62% od proizvodnje u 2020. godini [10].

U toku je izrada Integriranog plana za energiju i klimu BiH (NECP) koji u scenarijima dekarbonizacije već do 2030. godine predviđa instalisanu snagu solarnih elektrana i vjetrolektrana u ukupnom iznosu od oko 1600 MW. To je skoro deset puta više od postojećih kapaciteta. Maksimalno opterećenje elektroenergetskog sistema u 2021. godini je iznosilo 1909 MW, a

minimalno opterećenje je iznosilo 685 MW [10]⁴. Dakle, već pri punom radu pola planiranih instalisanih kapaciteta u vjetroelektranama i solarnim elektranama mogu se pojaviti „viškovi“ električne energije. Mogućnosti izvoza u tim periodima će vjerovatno biti ograničena jer će i susjedne zemlje u tim periodima imati srazmjerno veliku proizvodnju. Ovo znači da će vrlo brzo doći do potrebe primjene novih načina skladištenja električne energije. Pored klasičnih načina skladištenja energije otvara se mogućnost proizvodnje zelenog hidrogena. U navedenim scenarijima iz NECP-a moguće je imati ukupnu snagu elektrolizatora za proizvodnju zelenog hidrogena reda veličine 100 MW, što bi se moglo znatno povećati u periodu 2030 – 2050. godina na bazi predviđanja instalisanih kapaciteta u solarnim elektranama i vjetroelektranama. Za razliku od drugih načina skladištenja „viškova“ električne energije, zeleni hidrogen za BiH ima dodatne pozitivne efekte:

- smanjenje zavisnosti od uvoza tečnih goriva za transport,
- smanjenje zavisnosti od uvoza prirodnog gasa uz istovremeno smanjenje vršnih potreba za prirodnim gasom korištenjem uskladištenog zelenog hidrogena,
- dekarbonizacija teške industrije gdje je teško direktno primijeniti obnovljive izvore energije (kao što je proizvodnja čelika, cementa i dr.),
- otvaranje novih radnih mesta u proizvodnji, distribuciji i korištenju zelenog hidrogena.

Zeleni hidrogen nudi BiH nove prilike za saradnju u području energetike sa susjednim zemljama i regijama te s međunarodnim, regionalnim i bilateralnim partnerima. 60% preduzeća aktivnih u ovoj obasti u EU-u su mala i srednja preduzeća što znači mogućnost i za uključivanje preduzeća iz BiH u ovaj biznis. Posebno su velike mogućnosti uključivanja u istraživačke programe EU.

Rat u Ukrajini definitivno ubrzava planove dekarbonizacije EU što, između ostalog, znači i ubrzan rast proizvodnje i korištenja zelenog hidrogena. NECP BiH (u fazi izrade) predviđa uvođenje hidrogena u energetski sistem BiH od 2030. godine (uglavnom za potrebe transporta). Međutim, zbog prethodno navedenog treba analizirati mogućnosti njegovog znatno ranijeg uvođenja kako u proizvodnju tako i u sektore potrošnje. Dakle, postoji potreba da se zeleni hidrogen uvede u upotrebu i prije nego što postane troškovno konkurentan. Stoga je jasno da će neko vrijeme biti neophodni programi podsticaja. U uvođenju tih programa BiH treba da sarađuje sa zemljama regiona i EU kao članica Energetske zajednice. Potrebno je paralelno podsticati i razvijati proizvodnju, distribuciju i korištenje zelenog hidrogena u BiH.

Hidrogen proizveden iz obnovljivih izvora (zeleni hidrogen) kao zamjena za fosilna goriva i sirovine u sektorima koje nije lako dekarbonizirati može doprinijeti smanjenju emisija stakleničkih gasova i prije 2030., privrednom razvoju i postizanju klimatski neutralne ekonomije do 2050. Hidrogen iz obnovljivih izvora jedinstvena je prilika i za istraživanja i inovacije, te stvaranje ekonomskog rasta i radnih mesta u cijelom lancu vrijednosti.

⁴ To znači da su to bile potrebe svih potrošača na mreži u toku jednog sata.

Literatura

1. Climate Watch, The World Resource Institute, 2020
2. Global Greenhouse Gas Emissions Data | US EPA
3. Scottish Power Renewables, ITM Power, BOC
4. *Werner Zittel; Reinhold Wurster (8 July 1996).* "Chapter 3: Production of Hydrogen. Part 4: Production from electricity by means of electrolysis"
5. dena (Deutsche Energie-Agentur), (2014), Power to Gas: Eine innovative Systemlösung auf dem Weg zur Marktreife
6. Lampert D., Cai H., Elgowainy A (2016) Wells to wheels: water consumption for transportation fuels in the United States
7. Delgado A., Herzog H., A simple model to help understand water use at power plants
8. Orešković M. Pretvorba kemijske energije gorivnih ćelija u električnu energiju u laboratoriju za OIE, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, završni rad, 2018.
9. Strategija za hidrogen za klimatski neutralnu Evropu, Evropska komisija, 2020. (dostupno na [EUR-Lex - 52020DC0301 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#))
10. Izvještaju o radu Državne regulatorne komisije za električnu energiju - DERK za 2021. godinu, dostupno na [DERK-Izvjestaj-o-radu-2021-b.pdf](#)