

TEHNOLOGIJE ZELENE TRANZICIJE – VODONIK ZA ODRŽIVI RAZVOJ / GREEN TRANSITION TECHNOLOGIES – HYDROGEN FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Doc.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.

e-mail: konakovicsesa@hotmail.com, adeljanin@hotmail.com

Stručni članak

<https://www.doi.org/10.58952/zr20251401018>

UDK / UDC 620.9: 662.6:502.131.1

Sažetak

Top tema 21-og stoljeća je vodonik. Evropa je usvojila ciljeve za čistu industriju i usvojila stoljetni kalendar realizacije planova. Ova činjenica vodoničke tehnologije postavlja u civilizacijsku dimenziju ravnu regijskim vrijednostima. Dekarbonizacija industrije, transporta i energetike je zaključana. Kako sad stvari stoje ključ uspjeha je vodonička tehnologija. Nema više naučnih otkrića koja predstavljaju civilizacijske pomake. Na sceni je nauka i naučna istraživanja u ulozi medicinsko rehabilitacijske prirode. Svjet ili civilizacija je oboljeli pacijent za čije liječenje je jedina opcija nauka. Rješenje je u obnovljivim izvorima energije a na kraju je oko 40% posla u oblasti dekarbonizacije ostalo na zelenom vodoniku. Sve druge opcije su transformacijske a konačna tranzicija je na razvoju vodoničkih tehnologija ili vodoničke ekonomije. Sporazumi o zelenoj i čistoj industriji su jedan od osnovnih predušlova ili putokaza na mapi tranzicije. U okviru šireg evpskog plana koji ima za cilj da smanji negativan uticaj na emisiju stakleničke bašće i poveća energetska efikasnost do ostvarenja čiste industrije, energije i transporta bez karbonskog traga. Da li je to moguće?

Ključne riječi: energija, sporazum, vodonik, tehnologija

JEL klasifikacija: Q2, Q3, Q4, Q5

Abstrakt

The top topic of the 21st century is hydrogen. Europe has adopted goals for a clean industry and established a century-long timeline for implementing its plans. This fact places hydrogen technologies in a civilizational dimension equal to regional values. The decarbonization of industry, transport, and energy is locked in. As things stand now, the key to success lies in hydrogen technology. There are no more scientific discoveries that represent civilizational breakthroughs. Science and scientific research are now playing a role similar to medical rehabilitation. The world, or civilization, is like an ailing patient for whom science is the only cure. The solution lies in renewable energy sources, and in the end, about 40% of the decarbonization effort remains dependent on green hydrogen. All other options are transformative, while the final transition relies on the development of hydrogen technologies or a hydrogen economy. Energy agreements are one of the fundamental prerequisites or signposts on the transition map. Within the broader European plan aimed at reducing the negative impact of greenhouse gas emissions and increasing energy efficiency, the goal is to achieve a clean industry, energy, and transport without a carbon footprint. Is this possible?

Keywords: energy, agreement, hydrogen, technology

JEL classification: Q2, Q3, Q4, Q5

UVOD

Evropski revizorski sud izvršio je reviziju evropskih politika u vezi sa uspostavljanjem tržišta vodonika i ocijenio djelotvornost politika koje je u tom domenu usvojila Evropska komisija. Osnovni zaključak Suda jeste da donesene politike moraju biti korigovane i usklađene s realnim uslovima na terenu. U novembru 2024. godine, Sud je objavio izvještaj u kojem je zaključeno da je Evropska komisija djelimično uspješna u stvaranju uslova za razvoj tržišta vodonika i uspostavljanje vrijednosnog lanca vodonika i vodoničnih tehnologija. Evropska komisija je, između ostalog, usvojila dvije ključne politike:

- Strategiju za vodonik za klimatski neutralnu Evropu, i
- REPowerEU plan, kojim je dodatno razrađen set aktivnosti i ciljeva u ovoj oblasti.

Kroz ove dokumente planirano je ulaganje od približno 18,8 milijardi eura u projekte povezane s razvojem vodonične tehnologije. Vodonik predstavlja izuzetno značajnu pojavu sa višestrukom namjenom – može se koristiti kao sirovina, kao gorivo, i kao nosač energije za skladištenje i prijenos energije u sektorima industrije, transporta, proizvodnje, građevinarstva i mnogim drugim. Vodonik sve više postaje ključni element u ostvarivanju planiranih klimatskih i energetske ciljeva evropskog kontinenta.

1. TRŽIŠTE VODONIKA

Evropska komisija uspostavila je formalno-pravni okvir za razvoj tržišta vodonika, koji uključuje ključne odrednice i smjernice za uspostavljanje tržišta vodonika proizvedenog iz obnovljivih izvora energije na području Evropske unije. Ovaj okvir uključuje definisanje ciljnih vrijednosti za domaću proizvodnju i uvoz vodonika, čime se omogućava strateško planiranje i investiciona sigurnost u sektoru. Evropska komisija prepoznala je značaj vodonika i njegovu ključnu ulogu u tranziciji ka klimatski neutralnoj ekonomiji. U tom kontekstu, identifikovana su dva osnovna izvora finansiranja:

- Mehanizam za oporavak i otpornost (RRF)
- Inovacijski fond

Ova dva instrumenta ukupno osiguravaju oko 19 milijardi eura za razvoj vodoničnih tehnologija i infrastrukture. Također, Komisija je uspostavila pravni okvir za koordinaciju procesa uspostavljanja tržišta vodonika među državama članicama i industrijskim akterima, što je ključno za funkcionalno jedinstveno tržište

2. REVIZIJA EU POLITIKA

Evropski revizorski sud, u reviziji provedene politike, zaključio je da je Evropska komisija samo djelimično ostvarila očekivane rezultate i izdao sljedeće preporuke:

- izvršiti analizu stvarnog stanja i donijeti strateške odluke o daljim koracima, uz izbjegavanje stvaranja novih zavisnosti,
- uspostaviti efikasne mehanizme za praćenje napretka u razvoju tržišta vodonika,
- uskladiti mehanizme finansiranja sa nacionalnim kapacitetima i prioritetima,
- harmonizovati i pratiti procese izdavanja dozvola u državama članicama,
- donijeti odluke o podršci i koordinaciji sa vodoničnom industrijom.

Vrijednosni lanac vodonika je definisan i strukturiran u tri osnovne faze: Faza proizvodnje, Faza prenosa, distribucije i skladištenja i Faza upotrebe. U zvaničnim stavovima institucija EU, ove faze predstavljaju osnov za strateško planiranje, regulatorno uređenje i investicijsko praćenje tržišta vodonika.

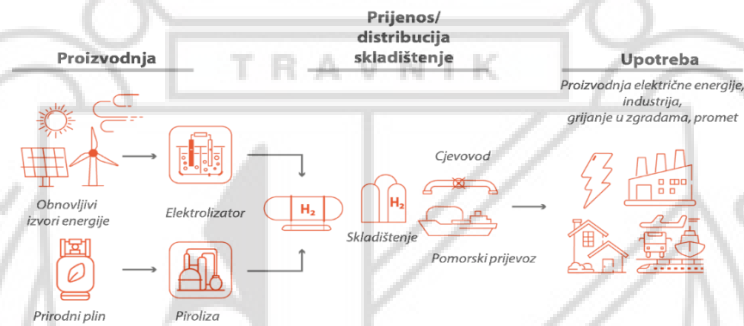
Proizvodnja vodonika razlikuje se prema izvoru sirovine i načinu proizvodnje. Trenutno se koriste sljedeće tehnologije:

- Elektroliza vode pomoću obnovljivih ili neobnovljivih izvora energije
- Parno reformiranje metana uz emisiju ili hvatanje ugljen-dioksida (CO₂)
- Proliza organskog otpada i reciklažnih materijala
- Prirodni vodonik koji nastaje kroz geološki proces poznat kao *serpentinizacija*

Zbog raznolikih izvora i metoda proizvodnje, u upotrebi su različiti nazivi za vrste vodonika:

- Sivi vodonik – iz fosilnih goriva bez hvatanja CO₂
- Plavi vodonik – iz fosilnih goriva uz hvatanje i skladištenje CO₂
- Zeleni vodonik – proizveden iz obnovljivih izvora putem elektrolize
- Srebrni i zlatni vodonik – pojmovi koji se ponekad koriste za posebno čiste ili napredne tehnologije

Prema dostupnim podacima, više od 96% vodonika koji se koristi u EU proizvedeno je iz prirodnog gasa, što je rezultiralo značajnim emisijama CO₂. Nasuprot tome, samo oko 2% korištenog vodonika dolazi iz niskougljičnih ili obnovljivih izvora.



Slika 1. Vrijednosni lanac vodonika (Izvor: Izvještaj Evropskog revizorskog suda iz 11.2024. godine)

Mnoge zemlje Evropske unije posvećene su razvoju vodoničnih tehnologija i nastoje odgovoriti na izazove potpune dekarbonizacije. Sva relevantna istraživanja ukazuju na to da je vodonik ključni element u procesu dekarbonizacije teških industrija i najvećih zagađivača. Vodonik omogućava ostvarenje klimatske neutralnosti. U tom kontekstu, posebno je značajan dosadašnji Sporazum o zelenoj energiji, kao i Sporazum o čistoj energiji iz februara 2025. godine. Ovaj potonji sporazum predstavlja jednu od konkretnih mjera za ostvarenje potpune dekarbonizacije, te je istovremeno jedna od preporučenih mjera iz prošlogodišnjeg izvještaja Evropskog revizorskog suda. Vodonik iz obnovljivih izvora prepoznat je kao ključni faktor u dekarbonizaciji, zbog čega Evropska unija planira postići klimatsku neutralnost do 2050. godine, te smanjiti emisije stakleničkih gasova za 55% do 2030. godine. Dekarbonizacija ključnih sektora – industrije, transporta, energetike i poljoprivrede – zahtijeva prelazak na čiste izvore energije. Vodonik proizveden iz obnovljivih izvora (putem elektrolize uz korištenje obnovljive električne energije ili biomase) predstavlja jedno od najvažnijih sredstava za smanjenje emisija. Njegova proizvodnja generira minimalne emisije, dok njegova upotreba omogućava emisiju blisku nuli. Pored zelenog vodonika, niskougljični vodonik (dobijen iz neobnovljivih izvora uz tehnologije za smanjenje emisija za najmanje 70% u poređenju s fosilnim gorivima) može poslužiti kao prelazno rješenje u narednim fazama tranzicije.

Upotreba vodonika otvara mogućnosti, ali i izazove, naročito u sektorima:

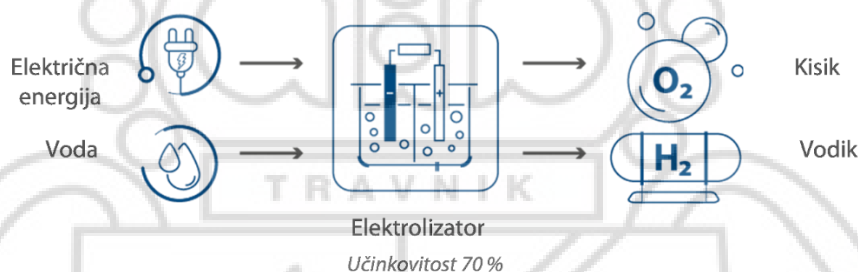
- teške industrije (čelik, cement, petrokemija, proizvodnja gnojiva),
- zračnog i pomorskog saobraćaja,
- skladištenja energije i

- balansiranja elektroenergetskog sistema.

Glavni izazovi uključuju:

- visoke troškove proizvodnje vodonika,
- energetske gubitke tokom procesa elektrolize,
- potrebu za velikim količinama obnovljive energije i ultračiste vode,
- te nedostatak razvijene infrastrukture za transport i skladištenje vodonika.

Uprkos tim izazovima, vodonik se sve više prepoznaje kao presudno rješenje za dekarbonizaciju evropske privrede i postizanje klimatskih ciljeva.



Slika 2. – Proizvodnja vodonika elektrolizom (Izvor: Sud., Internet 20.01.2025.g.)

Uslovno rečeno, konverzija električne energije iz obnovljivih izvora u vodonik putem elektrolize, te naknadna ponovna pretvorba vodonika u električnu energiju, ostvaruje efikasnost do približno 50%, prema procjenama stručnih tijela. Prema podacima Međunarodne agencije za energiju (IEA), troškovi proizvodnje vodonika iz prirodnog plina su se 2021. godine kretali između 1 i 3 USD po kilogramu. S druge strane, proizvodnja vodonika iz obnovljivih izvora u 2022. godini imala je cijenu u rasponu od 3,4 do 12 USD po kilogramu. Ovi troškovi značajno zavise od cijene električne energije i cijene elektrolizera. Za proizvodnju vodonika neophodni su obnovljiva električna energija i voda – resursi od ključnog značaja za opstanak savremene civilizacije, ali istovremeno i potencijalni izvor geopolitičkih nesuglasica. U pravilu, za proizvodnju 1 kilograma vodonika potrebna je približno 10 kilograma ultračiste vode. U fokusu razvoja su trenutno kapilarni elektrolizeri, koji omogućavaju korištenje sirove vode, poput morske, kišnice ili drugih alternativnih izvora, čime se smanjuju zahtjevi za pitkom vodom.

3. STRATEGIJA I INDUSTRIJSKI IZAZOVI

Evropska unija je 2020. godine usvojila Strategiju za vodonik, kojom su postavljeni ciljevi za njegovu proizvodnju, distribuciju i upotrebu. Nakon početka rata u Ukrajini, plan REPowerEU dodatno je ubrzao razvoj vodoničnih tehnologija s ciljem smanjenja ovisnosti o ruskim fosilnim gorivima. Evropska industrija se istovremeno suočava s izazovima kao što su:

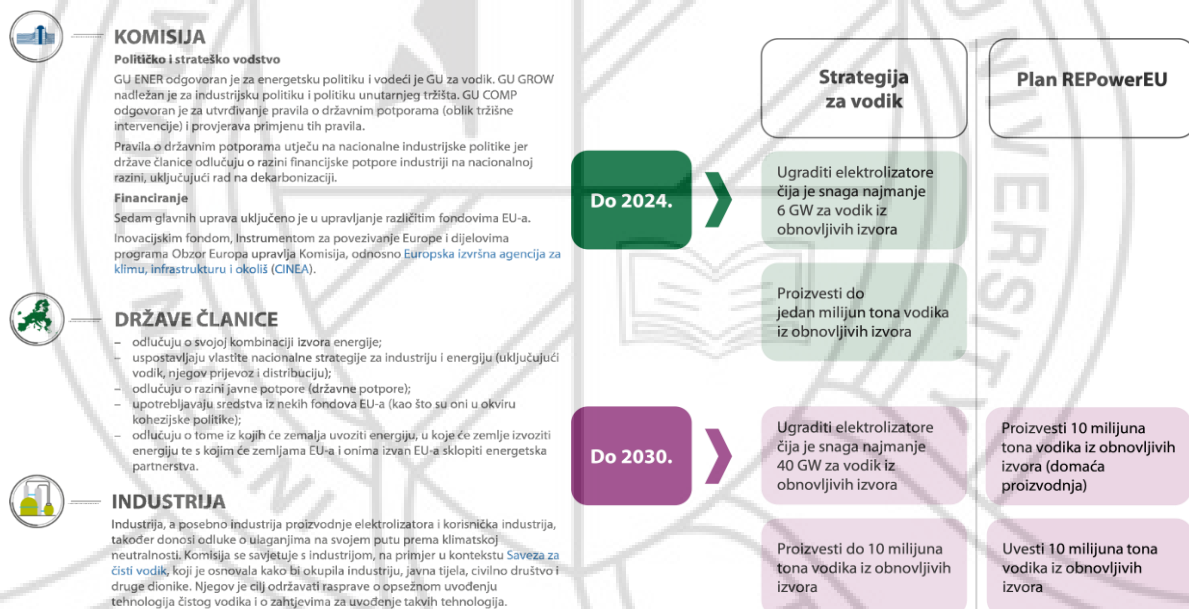
- nestabilne cijene energije,
- poremećaji u lancima snabdijevanja,
- konkurencija iz globalnih ekonomija (SAD, Kina, Indija), koje dodatno subvencioniraju svoje dekarbonizacijske politike.

Ključni izazov za EU industriju je osiguranje adekvatnih finansijskih ulaganja i očuvanje konkurentnosti u odnosu na druge globalne aktere. Evropska unija koristi Sistem trgovanja emisijama (ETS) kako bi podstakla smanjenje emisija stakleničkih gasova.

Kako bi spriječila tzv. „karbonski curenje” (relokaciju industrije u zemlje s manje strogim ekološkim standardima), EU uvodi Mehanizam za prilagodbu emisija ugljika na granicama (CBAM), kojim se osigurava da se emisije ne „izvoze” izvan EU, već da se globalna industrija podstakne na tranziciju ka čistijim tehnologijama. U cilju pravnog uređenja tržišta vodonika i njegovih vrijednosnih lanaca, EU je donijela niz važnih zakonodavnih akata:

- Direktiva o obnovljivoj energiji – Direktiva (EU) 2023/2413: ciljne vrijednosti OIE.
- Delegirana uredba (EU) 2023/1184: postavlja pravila za proizvodnju obnovljivih plinovitih i tekućih goriva nebiološkog porijekla, namijenjenih upotrebi u prometu.
- Delegirana uredba (EU) 2023/1185: definiše metodologiju za procjenu ušteta emisija stakleničkih plinova, uključujući minimalne pragove.
- Paket za plin – Direktiva i Uredba iz 2024. godine: olakšanja integracije vodika.
- ReFuelEU Aviation – Uredba (EU) 2023/2405: udjel avio-goriva u mješavinama.
- FuelEU Maritime – Uredba (EU) 2023/1805: ciljevi emisija iz pomorskog prometa.
- Uredba o transeuropskim energetske mrežama (TEN-E) – Uredba (EU) 2022/869.
- Akt o industriji s nultom neto emisijom – Uredba (EU) 2024/1735: ima za cilj poticanje razvoja i primjene tehnologija s nultom neto emisijom u industriji.

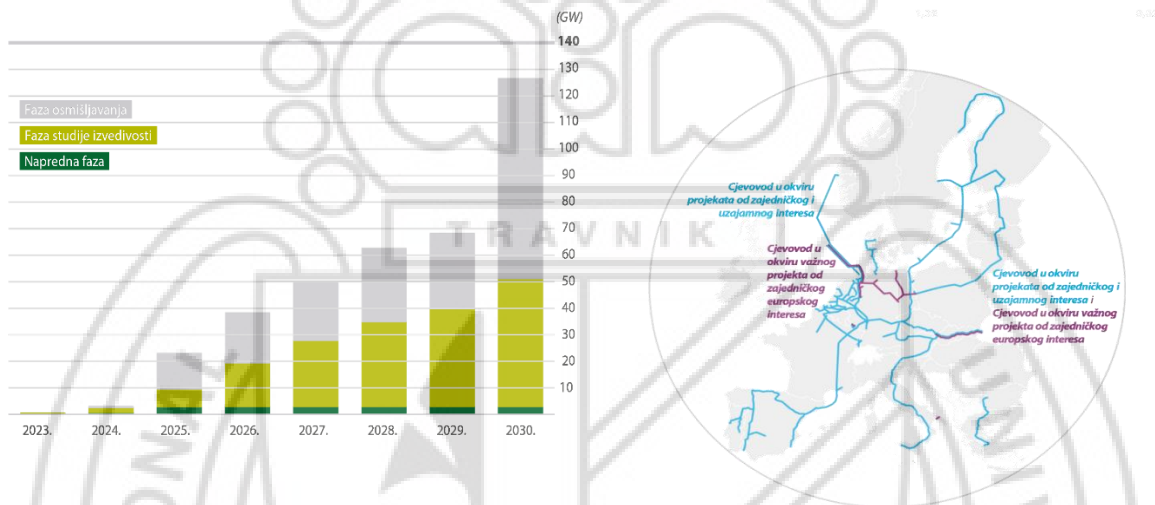
Analizom ciljnih vrijednosti iz Strategije za vodik i plana REPowerEU uočene su nepreciznosti u definicijama, naročito u pogledu kapaciteta elektrolizera i planiranog uvoza vodonika do 2030. godine. Nije bilo jasno da li izraženi kapaciteti elektrolizera (u gigavatima) označavaju ulaznu snagu (električnu energiju iz OIE) ili količinu proizvedenog vodonika.



Slika 3. – Uloge Komisije, država članica i industrije i ciljne vrijednosti (Izvor: Sud., Internet 20.01.2025.g.)

Dokumenti koje je Komisija razmatrala i ocijenila kao ispravne nisu dosljedni u procjenama koliko vodonika se može proizvesti elektrolizerima ukupnog kapaciteta od 40 GW, niti je jasno definisano koliki je kapacitet potreban za proizvodnju 10 miliona tona (Mt) vodonika. Plan REPowerEU predviđa cilj od 10 Mt uvezenog vodonika, međutim, pojedini drugi dokumenti ukazuju da bi se dio tog uvoza mogao odnositi na amonijak, što dodatno otežava precizno određivanje stvarnih količina vodonika koje će biti dostupne. Postojeći nesklad između zvaničnih dokumenata ukazuje na to da nadležna tijela EU nisu u potpunosti usaglašena niti transparentna u pogledu strateških planova. Pitanje se postavlja – da li su odluke donesene na osnovu stručnih analiza ili su rezultat političkih kompromisa i nedosljednosti?

Cijela Evropa – kako zemlje članice EU, tako i one van nje – suočava se sa sličnim izazovima. Prema podacima Međunarodne agencije za energiju (IEA) i dostupnim analizama projekata u okviru Energetske zajednice (Energy Community), moguće je procijeniti da trenutno ne postoji dovoljan broj projekata u naprednoj fazi razvoja koji bi mogli osigurati ispunjenje ciljeva EU u pogledu domaće proizvodnje vodonika. Svi pokazatelji upućuju na to da se zacrtani ciljevi neće dostići u planiranom vremenu. U tom smislu, već su u toku određene korekcije i prilagođavanja politika, što je naročito vidljivo u posljednjim mjesecima – djelimično i pod utjecajem geopolitičkih promjena, uključujući promjene u američkom vodstvu i sve kompleksnije odnose među globalnim energetske i industrijskim akterima. Ciljna vrijednost proizvodnje od 10 Mt vodonika, za koju je predviđeno čak 140 GW kapaciteta elektrolizera, vrlo vjerovatno neće biti ostvarena u planiranom roku, što zahtijeva realno preispitivanje dosadašnjih strategija.



Slika 4. – Kapacitet elektrolizera u okviru najavljenih projekata (kumulativno, u GW) prema fazi i predviđenoj godini puštanja u rad (2023.) (Izvor: Sud., Internet 20.01.2025.g. i Međunarodna agencija za energiju., Internet 20.01.2025.g.)

Kroz niz dokumenata i mjera, Evropska unija nastoji ostvariti svoje ciljeve u oblasti energetske tranzicije, posebno kada je riječ o vodoniku. U tom kontekstu jasno je primjetan kontinuirani napor da se poboljša međusobna povezanost zemalja članica, kao i da se susjedne zemlje uključe u evropsku vodoničnu mrežu, posebno kroz H₂ cjevovodni sistem. U više dokumenata i kroz samu politiku EU jasno se govori o potrebi za proizvodnjom i uvozom vodonika, dok se izvoz spominje znatno rjeđe. Uprkos ambicioznim planovima, vidljiv je nedovoljan angažman ili ograničeni efekti kada je riječ o koordinaciji između država članica, Evropske komisije i industrije. Brojne članice EU različito tumače i primjenjuju planove Unije. Postoje značajne razlike u procedurama za izdavanje dozvola, kao i u pristupu tržištu prateće opreme – uključujući kablove, transformatore, baterije i sisteme za transport. Posebno izazovan segment predstavlja skladištenje i transport vodonika, odnosno spremnici i infrastruktura potrebna za rukovanje većim količinama. Takođe, primjetna je neusklađenost u pogledu edukacije, osnivanja trening centara, informisanja građana, uključivanja privrede i drugih ključnih aspekata koji utiču na konačne rezultate i kvalitet ukupnog procesa. Ove neusklađenosti su direktno uticale na sporiju implementaciju i slabije ostvarenje planiranih ciljeva. Ipak, u posljednje vrijeme, ovim pitanjima se pristupa daleko ozbiljnije i posvećenije. Evropsko vijeće je prihvatilo niz neizbježnih činjenica, uključujući:

- da će biti teško ispoštovati planirane rokove,
- da će biti potrebno direktno ubrizgavanje vodonika u postojeću gasnu mrežu,
- da će tranzicioni period uključivati upotrebu prirodnog gasa kao osnovnog energenta,

- da će se dekarbonizacija djelimično ostvarivati putem hvatanja CO₂ i njegove konverzije u čvrste oblike pogodnog za industrijsku upotrebu,
- da će potpuna dekarbonizacija biti moguća tek primjenom zelenog ili čistog vodonika,
- te da će se u velikim transportnim sistemima postepeno povećavati udio vodonika.

Ove činjenice, koje ranije nisu bile dovoljno razmatrane, sada postaju ključni elementi strategije. Kroz takav pristup pokušava se uspostaviti realna, funkcionalna i bliža povezanost između EU članica, susjednih zemalja i svih relevantnih privrednih aktera.

4. STVARNOST I ASPIRACIJE

Bosna i Hercegovina mora poduzeti sve raspoložive mjere kako bi ostvarila nekoliko ključnih ciljeva u oblasti naučnoistraživačkog rada, oslanjajući se na postojeće projekte i stručni kadar, kao i na stručnjake koje može angažovati. Posebno se ističu sljedeći prioriteti:

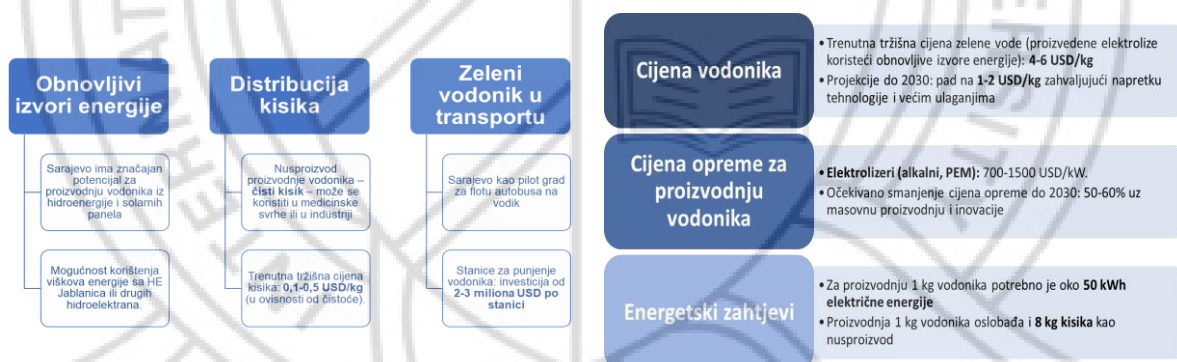
1. Razvijanje visokog stepena ekspertize u razvoju tehnologija,
2. Napredna istraživanja u oblastima proizvodnje, skladištenja i transporta vodonika,
3. Istraživanje i razvoj tehnologija za proizvodnju i upotrebu vodonika,
4. Uspostavljanje laboratorija za 3D tehnologije i mehaničku obradu materijala,
5. Intenzivna saradnja sa akademskim i industrijskim partnerima,
6. Osiguranje prilagodljivosti i multidisciplinarnosti,
7. Puna podrška inovacijama i inovativnim pristupima.

Potpisivanjem Deklaracije o Zelenom programu za zapadni Balkan, 10. novembra 2020. godine u Sofiji, zemlje zapadnog Balkana su se obavezale da slijede opredjeljenje Evropske unije – da Evropa postane klimatski neutralan kontinent do 2050. godine, s nultom neto emisijom stakleničkih gasova. Ova obaveza u skladu je s ciljevima iz Pariškog sporazuma i globalnim naporima za ublažavanje klimatskih promjena. Za ostvarenje preuzetih ciljeva ključno je obezbijediti čistu energiju – energiju bez emisije CO₂. Potrebno je razviti više namjenskih energenata i nosilaca energije koji će omogućiti univerzalnu upotrebu u transportu, industriji i proizvodnji električne energije. Time se osigurava usklađenost sa svjetskim trendovima, a otvara se prostor za veća ulaganja u obrazovanje, edukaciju, istraživanje, razvoj i na kraju, otvaranje novih radnih mjesta. Ako Bosna i Hercegovina ne krene odmah u ovom pravcu, u budućnosti ćemo biti prisiljeni kupovati vodonik od onih koji su imali viziju i hrabrost da ga razvijaju na vrijeme. Bosna i Hercegovina ima veliki potencijal za proizvodnju zelenog vodonika kroz obnovljive izvore energije, hidroelektrane i sunčevu energiju. Imamo mogućnost da proizvodimo vodonik i izvozimo ga u EU. Od autobusa i kamiona do vozova i aviona vodonik mijenja način na koji razmišljamo o transportu. Zamislimo javni prevoz na vodonik: sa znatno manje zagađenja, bez buke i bez osjećaja krivice zbog emisije štetnih gasova. Industrije poput cementa, čelika i hemikalija teško mogu dekarbonizirati samo elektrifikacijom. Vodonik omogućava proizvodnju bez štetnog uticaja na klimu. Prema EU strategiji, do 2030. godine vodonik treba biti sastavni dio integrisanog energetskeg sistema. Cilj je da se uspostavi najmanje 40 GW kapaciteta elektrolizera iz OIE i proizvodnja do 10 miliona tona H₂ godišnje. Bosna i Hercegovina u tom kontekstu ima svoju ulogu, ali je posvećenost upitna. Ugovor o Energetskoj zajednici obavezuje BiH da poveća udio čiste energije u ukupnom energetskeg miksu. Međutim, prema posljednjim izvještajima, implementacija je djelimična. Implementacija mjera u sektoru obnovljivih izvora ocijenjena je kao umjereno napredna, na nivou od 48% (Arthur Lorkowski, Sekretarijat Energetske zajednice). Uprkos tome, izvještaji ukazuju na značajan potencijal za unapređenje i usklađenosti. Potrebno je snažnije liderstvo, koordinacija, ulaganje u istraživanje, infrastrukturu i ljudske kapacitete.

Tabela 1: Stanje obnovljivih izvora energije u BiH (Izvor: Autor)

Postojeća regulativa:	Ugovor o energetskej zajednici - Obaveza harmonizacije zakonodavstva.
	Postojanje osnovnih zakona za obnovljive izvore.
Nedostaci:	Nedovršena strategija za vodonik.
	Nedovoljno ulaganje u istraživanje i razvoj.

Ako bismo ukratko opisali trenutno stanje ovog sektora u Bosni i Hercegovini, može se zaključiti da se nalazi u početnoj fazi razvoja, uz izražen nedostatak konkretnih mjera i provedbenih aktivnosti. Nacionalni energetske i klimatske plan (NEKP) BiH do 2030. godine predviđa instalaciju 900 MW velikih fotonaponskih elektrana, 92 MW industrijskih solarnih sistema i 500 MW malih sistema za vlastitu potrošnju prosumera. Procjenjuje se da se na niskonaponsku mrežu može priključiti čak do 500 MW kapaciteta bez potrebe za većim infrastrukturnim intervencijama. Međutim, izrada ključnih podzakonskih akata, kao i njihova implementacija, znatno kasni. Kao ilustrativan primjer može se navesti Crna Gora, koja troši svega 25% električne energije u odnosu na BiH, ali već ima priključenih preko 7.000 prosumera sa instaliranim kapacitetom većim od 70 MW, dok u Bosni i Hercegovini do sada nije priključen nijedan. Uprkos ovim činjenicama, neizbježno je sagledati da postoje realne mogućnosti za napredak kroz korištenje evropskih fondova, razvoj "zelenih" tehnologija, jačanje edukacije i saradnju s međunarodnim partnerima. Ne postoji racionalno objašnjenje zašto se ove mogućnosti ne koriste u većoj mjeri, ili se koriste vrlo ograničeno, uglavnom na inicijativu pojedinih lokalnih zajednica, poput Živinica, ili kroz ograničene aktivnosti lokalnih predstavništava međunarodnih organizacija, poput UNDP-a. Motivacioni aspekti za snažniji angažman trebali bi biti: mogućnost zamjene fosilnih goriva u javnom prijevozu, dekarbonizacija proizvodnih procesa, balansiranje elektroenergetske mreže obnovljivim izvorima energije te izvoz "zelenog" vodonika kao strateške energetske sirovine budućnosti.



Šema 1: Tržišni aspekti vodonika (Izvor: Autor)

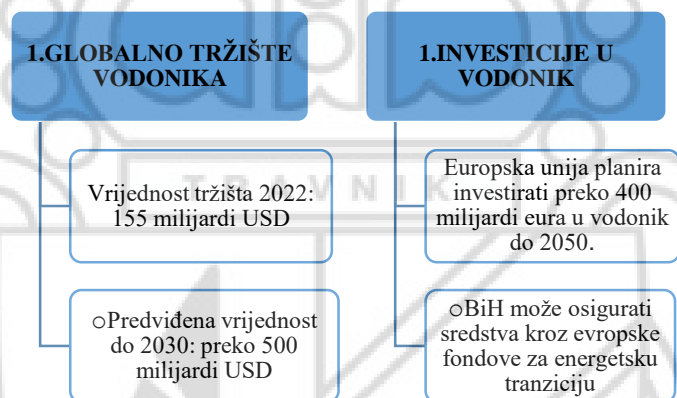
Prednosti vodonika kao pogonskog energenta u transportu su:

- Punjenje: 5-10 minuta
- Pritisak: 350 bara (autobus) ili 700 bara (putničko motorno vozilo)
- Sigurnosni protokoli i regulacija
- Nulta emisija
- Radijus kretanja: 300-500 km

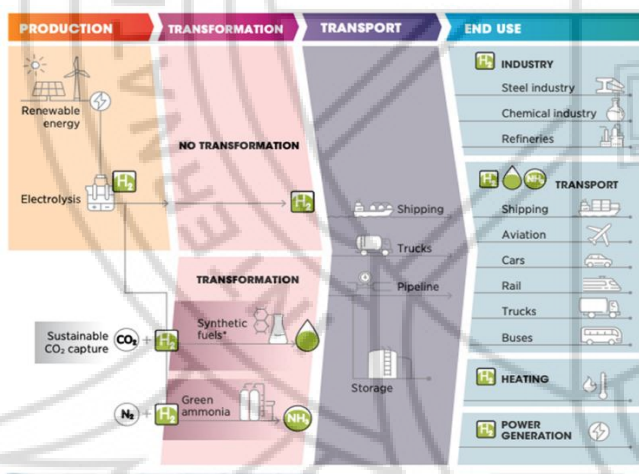
Ako se uzme u obzir bruto proizvodnja električne energije u Bosni i Hercegovini, koja iznosi 17.186 GWh, raspodjela izvora energije je sljedeća:

- Hidroelektrane: 6.761 GWh ili 39,34%
- Termoelektrane: 9.389 GWh ili 54,63%
- Industrijska energija i ostali izvori (vjetru i solarne elektrane): 1.036 GWh (6,03%)
- Vlastita potrošnja u elektranama: 1.140 GWh, a u ostalim objektima 291 GWh

Ukoliko analiziramo postojeći i planirani potencijal elektrana iz obnovljivih izvora, odnosno mogući višak proizvodnje, nameće se zaključak da Bosna i Hercegovina ima prirodne resurse za proizvodnju 15.000 tona i više zelenog vodonika godišnje, koji bi mogli zadovoljiti domaće potrebe i omogućiti izvoz. Takva proizvodnja i upotreba vodonika smanjila bi emisiju CO₂ za 50-70% u sektorima transporta i industrije, što predstavlja vrlo motivirajući faktor. Naravno, uz proizvodnju vodonika, treba se posvetiti i istovremenoj proizvodnji i upotrebi kisika, koji ima značajnu primjenu u zdravstvu, industriji stakla, metala i hemikalija. Vodonik je roba koja nije limitirana, nije ovisna o javnoj distributivnoj mreži Bosne i Hercegovine (energetskoj ili plinskoj), koja je, prema ugovoru o energetskoj zajednici, u nadležnosti države. Strateški je važno da vodonik postane integralni dio energetskog sistema Bosne i Hercegovine.



Šema 2: Tržište i investicije u vodonik (Izvor: Autor)



USLOVI / FAZE OSTVARENJA NULTE EMISIJE

- Energetska efikasnost,
- Elektrifikacija sa OIE,
- Ubrzan rast proizvodnje energije iz OIE
- Dekarbonizacija (40 % za dekarbonizaciju).

Source: IRENA
 * The term synthetic fuels refers here to a range of hydrogen-based fuels produced through chemical processes with a carbon source (CO and CO₂ captured from emission streams, biogenic sources or directly from the air). They include methanol, jet fuels, methane and other hydrocarbons. The main advantage of these fuels is that they can be used to replace their fossil fuel-based counterparts and in many cases be used as direct replacements – that is, as drop-in fuels. Synthetic fuels produce carbon emissions when combusted, but if their production process consumes the same amount of CO₂, in principle it allows them to have net-zero carbon emissions.

Slika 5: Tranzicija energetskog sektora (Izvor: (IRENA) Međunarodna agencija za obnovljive, weforum.org., 10.02.2025. g)

ZAKLJUČAK

Kada se sve završi, ostaje još oko 40% posla za dekarbonizaciju industrije i transporta. Dakle, neophodan je čisti ili zeleni vodonik. Apsolutno i konačno rješenje je zeleni vodonik.

Bosni i Hercegovini, ali i regiji, potrebna je jasna strategija, ulaganja u infrastrukturu i istraživanje, te dobra međunarodna saradnja po svim pitanjima. U tom smislu, Bosni i Hercegovini je važno zaokružiti pravni okvir za obnovljive izvore energije, izraditi strategiju vodoničke ekonomije te donijeti nedostajuće zakonske i podzakonske akte.

Potrebno je pronaći načine za pokretanje svih mehanizama za korištenje EU fondova u oblastima zdravlja, demografije, hrane, poljoprivrede i šumarstva, voda, bioekonomije, energije, pametnog zelenog i integriranog prijevoza, klimatskog djelovanja, okoliša i drugih.

Informisanje i edukacija predstavljaju ozbiljan zadatak, posebno za stručnu i naučnu zajednicu, jer je važno da kroz prikladne dokumente utrde ili predlože ključne pravce djelovanja, te da organiziraju informisanje i edukaciju. Ova zajednica treba pristupiti evropskim i svjetskim naučno-istraživačkim i razvojnim institucijama te, kao odgovor na političke prioritete i društvene izazove određene strategijom Europa 2030, ostvariti cilj i potaknuti kritičnu masu istraživačkih i inovacijskih napora potrebnih za postizanje političkih ciljeva.

LITERATURA

1. I. Bošnjak, D. Badnjak: Osnove prometnog inženjstva, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2005.
2. A. Deljanin, F.Kiso: Univerzitetski udžbenik, „Metode vrednovanja u planiranju i projektovanju saobraćajne infrastrukture“ izdavač Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Univerzitet u Sarajevu, 2017.
3. J. Andersson and S. Grönkvist, "Large-scale storage of hydrogen," International Journal of Hydrogen Energy, vol. 44, no. 23, pp. 11901-11919, 2019/05/03 2019.
4. E. Rivard, M. Trudeau, and K. Zaghbi, "Hydrogen Storage for Mobility: A Review," Materials, vol. 12, p. 1973, 06/19 2019.
5. V. Yartys and M. Lototsky, "An Overview of Hydrogen Storage Methods," vol. 172, 2003, pp. 75-104.
6. V. Quaschnig, Understanding renewable energy systems, Bath Press, London, United Kingdom, 2005.
7. Dr. Ankica Đukić, Proizvodnja vodonika elektrolizom vode pomoću sunčeve energije i fotonaponskih panela, Doktorska disertacija, Fakultet strojarstva i brodogradnje (FSB), Zagreb, 2013.
8. Nauka i tehnologija, Internacionalni univerzitet Travnik, 2020 -2024.
9. Direktive (EU) 2024/1788 i Uredbe (EU) 2024/1789
10. Clean Industrial Deal (CID), 26.02.2025, European Commission.
11. The Hydrogen Europe Quarterly Magazine, 2025., Hydrogen Europe, Brussels.
12. Hydrogen Europe
13. Hydrogen Europe, H2Corner, H2 EU Funding and finance tool, National Schemes Map.
14. Uredba (EU) br. 1025/2012 Europskog parlamenta i Vijeća, 25.11.2012. – EU norme.