SVEUČILIŠTE U RIJECI

**POMORSKI FAKULTET U RIJECI**

**MATEO MATIJEVIĆ**

**MATEJ VUKAS**

**MARKO ĐUKIĆ**

**POHRANJIVANJE VODIKA U TRANSPORTU**

**SEMINARSKI RAD**

**Rijeka, veljača 2011.**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**

**POMORSKI FAKULTET U RIJECI**

**POHRANJIVANJE VODIKA U TRANSPORTU**

**SEMINARSKI RAD**

Kolegij: Upravljanje dobavnim lancem

Mentor: dr. sc. Dragan Čišić

Studenti: Mateo Matijević ; 0112030377

Matej Vukas ; 0112029701

Marko Đukić ; 0112029904

Smjer: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

**Rijeka, veljača 2011.**

# SADRŽAJ: Str.

[1.Uvod 4](#_Toc286314402)

[1.1. Problem, predmet i objekt istraživanja 4](#_Toc286314403)

[1.2. Radna hipoteza 4](#_Toc286314404)

[1.3. Svrha i ciljevi istraživanja 4](#_Toc286314405)

[1.4. Struktura rada 4](#_Toc286314406)

[1.5. Znanstvene metode 5](#_Toc286314407)

[2.Vodik – energent budućnosti 6](#_Toc286314408)

[2.1. Zašto su potrebne nove energetske tehnologije 6](#_Toc286314409)

[2.2. Karakteristike vodika 7](#_Toc286314410)

[2.3. Proizvodnja i ekološke prednosti vodika 7](#_Toc286314411)

[3. Analiza procesa primjene vodika kao goriva za vozila 9](#_Toc286314412)

[3.1. Uskladištenje vodika 10](#_Toc286314413)

[3.2. Gorive ćelije 11](#_Toc286314414)

[4. Budućnost razvoja vodika u transportu 13](#_Toc286314415)

[5. Zaključak 14](#_Toc286314416)

[Literatura 15](#_Toc286314417)

[Popis slika i tablica 16](#_Toc286314418)

# 1.Uvod

Složena energetska situacija, uvjetovana vrlo brzim smanjivanjem zaliha fosilnih goriva i sve većim ekološkim prijetnjama uvjetovala je potrebu za iznalaženjem novog energenta, odnosno pogonskog goriva koje će biti ujedno i ekonomično a i bezopasno za okoliš i atmosferu. U taj kalup savršeno se uklapa vodik koji sasvojim karakteristikama i dostupnošću te povoljnim utjecajem na okoliš predstavlja gorivo budućnosti.

Potrebno je istražiti i utvrditi glavne prednosti vodika kao pogonskog goriva budućnosti te istražiti načine njegove primjene i uskladištenja u vozila. Također treba utvrditi i sve one čimbenike koji utječu na sprječavanje korištenja vodika u primjeni, te ponuditi adekvatna **rješenja** kako bi se otklonili spomenuti problemi.

### 1.1. Problem, predmet i objekt istraživanja

Predhodno navedeni **problem istraživanja** ima dva objekta istraživanja a to su: vodik kao novi energent sa svim svojim karakteristikama i primjenom, te problemi sa kojima se vodik susreće u primjeni.

### 1.2. Radna hipoteza

**Sustavnom analizom i sintezom** uvidjeli smo da se nameće potreba za iznalaženjem novog energenta. Sa obzirom na to moguće je predložiti vodik kao rješenje, jer se upravo on, sa obzirom na karakteristike a posebice raspoloživost, nameće kao jedini ozbiljan kandidat za preuzimanje primata na tom polju. Dakle, pretpostavka je da je vodik najoptimalnija zamjena pogonskih goriva današnjice i adekvatan energent budućnosti.

### 1.3. Svrha i ciljevi istraživanja

Za predhodno navedene elemente istraživanja, **svrha i cilj istraživanja** se sastoje u utvrđivanju svih važnijih značajki vezanih za vodik, njegovo skladištenje u vozila i njegovu primjenu, te u prikazivanju i formuliranju rezultata istraživanja na primjeren način. Također treba istražiti probleme do kojih dolazi pri pokušaju šire primjene vodika kao pogonskog goriva za vozila i pokušati predložiti primjerene načine kako riješiti date probleme.

### 1.4. Struktura rada

U **uvodu** su navedeni problem, predmet i objekt istraživanja, radna hipoteza i pomoćne hipoteze, svrha i ciljevi istraživanja, znanstvene metode i obrazložena je struktura rada.

Naslov **drugog dijela** rada glasi vodik – energent budućnosti. U tom dijelu rada analiziraju se karakteristike vodika kao elementa ali kao i pogonskog goriva budućnosti. Također se analizira i sama pojava potrebe za iznalaženjem novog energenta, a na kraju se nalazi pregled procesa proizvodnje vodika te njegovih prednosti u zaštiti okoliša.

Analiza procesa primjene vodika kao goriva za vozila je naslov **trećeg dijela** rada. U tom dijelu rada rezultati istraživanja predočeni su u tri tematske jedinice kroz koje se osvrće na uskladištenje vodika i njegovu funkciju u transportu, te naravno, na gorive ćelije kao na jedno od najboljih rješenja za proizvodnju čiste električne energije sa vodikom kao gorivom. U **četvrtom dijelu** pokazali smo budućnost razvoja vodika u transportu.

U posljednjem dijelu, **zaključku**, dana je sinteza rezultata istraživanja kojima je dokazivana postavljena radna hipoteza.

### 1.5. Znanstvene metode

Pri istraživanju i formuliranju rezultata istraživanja u odgovarajućoj kombinaciji korištene su sljedeće **znanstvene metode**: metoda analize i sinteze, metoda indukcije i dedukcije, metoda deskripcije, te metoda eksplanacije.

# 2.Vodik – energent budućnosti

Vodik je najlakši i najprisutniji element u cijelom svemiru. Vodik je kemijski element koji u periodnom sustavu elemenata nosi simbol **H**. Atomski (redni) broj mu je 1, a atomska masa mu iznosi 1,00794(7). Vodik nema određen položaj u periodnom sustavu. Ima jedan valentni elektron kao alkalijski metali, a od njih se razlikuje mnogo većom energijom ionizacije. Za stabilnu elektronsku konfiguraciju nedostaje mu jedan elektron. Vodik bi se mogao smatrati halogenim elementom, ali od njih ima manju elektronegativnost i afinitet prema elektronu, pa se zbog toga proučava zasebno.

## 2.1. Zašto su potrebne nove energetske tehnologije

Trenutna energetska situacija je vrlo složena što je uvjetovano vrlo brzim smanjenjem zaliha fosilnih goriva i sve većim ekološkim prijetnjama. Planiranje razvoja energetskog sustava u budućnosti mora se provoditi uz uvažavanje sve većih ekoloških problema i konstantnog zagađivanja atmosfere, što ispoljava potrebu za smanjenjem emisija stakleničkih plinova. Budući da na temelju sadašnjih tehnologija i korištenjem danas prihvatljivih energenata nije moguće smanjiti razinu emisija potrebno je pronaći nove tehnologije i nove adekvatne energente koji će biti ekološki ali i ekonomski prihvatljiviji. Postoji niz različitih razloga i čimbenika koji nam ukazuju na potrebu za smjenjivanjem danas prihvaćenih energenata, tj. fosilnih goriva nekim novim energentom, nekim novim pogonskim gorivom koje će biti u skladu sa popratnom tehnologijom i ekološki prihvatljivo. Ti čimbenici koji ukazuju na nevaljalost starih tehnologija i današnjih energenata su različite prirode i mogu se predstaviti kao:

* Ekonomski čimbenici: odnose se na konstantno i neizbježno povećanje cijene fosilnih goriva što je posljedica smanjenja njihovih zaliha i sve težeg pristupa.
* Fizički čimbenici: rezerve fosilnih goriva su ograničene, što se osobito odnosi na naftu i plin.
* Utjecaj na okoliš: obuhvaća lokalne, regionalne i globalne probleme sa onečišćenjem
* Geo – politički čimbenici: Preostale zalihe i rezerve nafte i plina biti će uzrok mnogih sukoba i ratova[[1]](#footnote-1).

Dakle, uz sve navedene probleme uviđamo nemogućnost održivosti sadašnjeg energetskog sustava što nas usmjerava na obnovljive izvore energije te na pronalaženje alternativnog energenta. Kao jedan od najozbiljnijih kandidata za preuzimanje te uloge pojavljuje se vodik.

## 2.2. Karakteristike vodika

Što se tiče povijesti vezane za vodik iako ga nije prvi proizveo (prvi ga je proizveo Paracelsus u 16. st. reakcijom metala i jake kiseline), vodik (lat. *Hydrogenium*) je definirao Britanac Henry Cavendish 1766.i nazvao ga "zapaljivim zrakom". Cavendish ga je dobio reakcijom cinka i klorovodične kiseline. Definirao je o kojem se plinu radi i dokazao da reakcijom vodika i kisika nastaje voda. Zbog toga svojstva Antoine Lavoisier ga 1783. naziva *hydrogène*, od grčkog"onaj koji stvara vodu"[[2]](#footnote-2) . Hrvatski naziv uveo je Bogoslav Šulek

Vodik ima i različita svojstva koja uvjetuju različita ponašanja sa obzirom na dane uvjete. Pri standardnom tlaku i temperaturi, vodik je plin bez boje, mirisa i okusa, 14.4 puta lakši od zraka. Neotrovan je i nije zagušljiv. Slabo je topljiv u polarnim, a bolje u nepolarnim otapalima. Ohlađen na temperaturu vrelišta, kondenzira se u bezbojnu tekućinu koja je najlakša od svih tekućina. Daljnjim odvođenjem topline skrućuje se u prozirnu krutinu heksagonske kristalne strukture.

Na sobnoj temperaturi nije previše reaktivan, no pri višim temperaturama ulazi u niz reakcija. Otapa se u mnogim metalima, kao što je platina. Pri sobnoj temperaturi bez katalizatora, reagira samo s fluorom i vanadijem u prahu. Razlog slaboj reaktivnosti molekularnog vodika pri sobnoj temperaturi jaka je jednostruka kovalentna veza u molekuli. Ta veza je najjača od svih jednostrukih kovalentnih veza između dvaju istovrsnih atoma. Pri povišenoj temperaturi spaja se i s kisikom iz mnogih oksida, te tako djeluje kao redukcijsko sredstvo.

Elementarni vodik na Zemlji je vrlo rasprostranjen, ali u malim količinama. Nazočan je u atmosferi, zemnom plinu, vulkanskim plinovima, itd. Zbog toga što ga gravitacija teško može zadržati, vodik u gornjim dijelovima atmosfere izlazi u svemir. Čini 75% mase svemira, te je ishodišna tvar iz koje su nuklearnom fuzijom nastali ostali elementi.

U obliku spojeva, ima ga u ogromnim količinama, ponajviše u obliku vode, koja prekriva gotovo dvije trećine Zemljine površine. Sastavni je dio mnogih organskih spojeva, kiselina i otopina. Po broju atoma, treći je, odmah nakon kisika i silicija, a po masenom udjelu je na desetom mjestu.

Upravo je radi svoje rasprostranjenosti i dostupnosti, te ostalih osnovnih karakteristika vodik možda jedini pravi kandidat za preuzimanje uloge primarnog energenta, odnosno pogonskog goriva u budućnosti.

## 2.3. Proizvodnja i ekološke prednosti vodika

Najveći dio godišnje količine vodika na svjetskom tržištu danas potječe od fosilnih goriva, a udio od gotovo četrdeset posto svjetske proizvodnje čini vodik kao nusproizvod u kemijskoj industriji. Kao što je već spomenuto, povećanje potreba za energijom te zahtjevi za smanjenjem štetnih emisija u bliskoj će budućnosti uzrokovati napuštanje klasičnih tehnologija i procesa dobivanja vodika te uvođenje novih tehnologija njegove proizvodnje, naročito onih koje koriste obnovljive izvore energije (sunce, vjetar, biomasa). Među konvencionalne tehnologije proizvodnje vodika ubrajaju se: proizvodnja vodika katalitičkom oksidacijom ugljikovodika, proizvodnja iz rafinerijskih plinova i metanola, parcijalna oksidacija teških ugljikovodika i ugljena te elektroliza vode

Napredne tehnologije najvećeg potencijala za proizvodnju vodika, s ciljem zadovoljenja predviđenih potreba, dijele se u tri osnovne kategorije:

* fotobiološka kategorija
* fotoelektrokemijska kategorija
* termokemijska kategorija[[3]](#footnote-3)

Proizvodnja vodika iz primarnih energenata obuhvaća katalitičku reformaciju prirodnog plina te parcijalnu oksidaciju teških naftnih derivata (diesel goriva), odnosno ugljena. S obzirom na već spomenuto iscrpljenje zaliha fosilnih goriva, znanstvenici rade na razvoju prihvatljivijih procesa dobivanja vodika kao što je termokemijski proces rasplinjavanja biomase, ili pak fotobiološka proizvodnja korištenjem sposobnosti nekih živih organizama (alge) da izloženi svjetlosti proizvode vodik. Na termokemijske i fotobiološke procese nadovezuje se fotoelektrokemijska proizvodnja, koja, kao i fotobiološki procesi, koristi sunčevu svjetlost za disocijaciju vode na vodik i kisik. Do sada je samo proces dobivanja vodika rasplinjavanjem biomase razvijen do stupnja koji će u narednih nekoliko godina omogućiti stvaranje tržišno kompetitivnog proizvoda. Fotobiološka i fotoelektrokemijska proizvodnja u početnom su stadiju razvoja i predviđa se da će komercijalne aplikacije biti dostupne tek za koje desetljeće.

Električna energija danas je jedini sekundarni energent koji služi za proizvodnju vodika, najčešće elektrolizom vode, a koristi se u aplikacijama koje traže ekstremno čisti vodik. Istraživanja na polju elektrolitičkih procesa usmjerena su ka optimizaciji i poboljšanju iskoristivosti procesa dobivanja vodika iz vode. Drugo rješenje je tzv. *solarni vodik*, dobiven procesom elektrolize uz uporabu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora. Predviđa se da će, uz električnu energiju, drugi važni sekundarni energent za proizvodnju vodika u bliskoj budućnosti biti metanol, naročito primjenjiv u transportnim aplikacijama.

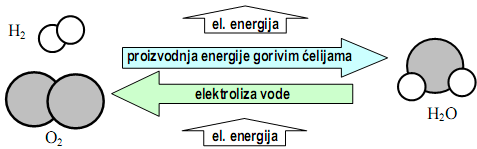
Iznalaženje novih rješenja za proizvodnju vodika vrlo je bitno jer se vodik pojavljuje kao ekološki prihvatljiv energent. Njegove ekološke prednosti uz druge osobine ga upravo i čine najozbiljnijim kandidatom za gorivo budućnosti. Izgaranje vodika uz prisustvo zraka pod odgovarajućim uvjetima u motorima ili plinskim turbinama rezultira vrlo malim do zanemarivim emisijama štetnih tvari. Emisije ugljikovodika i ugljičnog monoksida u tragovima, ako se uopće stvaraju, rezultat su izgaranja motornog ulja u komori izgaranja motora s unutrašnjim izgaranjem. Emisija dušičnih oksida raste eksponencijalno s temperaturom izgaranja, ali se na tu emisiju može utjecati odgovarajućom kontrolom procesa. Stoga je korištenjem vodika emisija dušičnih oksida znatno reducirana u odnosu na mineralna ulja i prirodni plin, a prednost u odnosu na ostale vrste goriva je i niža temperatura izgaranja. Emisije sumpora i krutih čestica kompletno su izbjegnute, osim malih količina maziva.

Uporaba vodika u transportnim sustavima s niskotemperaturnim gorivim ćelijama u potpunosti eliminira sve emisije onečišćenja. Jedini nusproizvod koji se pojavljuje prilikom proizvodnje električne energije u gorivoj ćeliji je demineralizirana voda nastala spajanjem vodika i kisika u struji zraka. Uporaba vodika u gorivim ćelijama pri višim temperaturnim nivoima uzrokuje i do 100 puta manje emisije u usporedbi s konvencionalnim elektranama.

# 3. Analiza procesa primjene vodika kao goriva za vozila

Za ispunjenje zahtjeva glede smanjenja štetnih emisija i proizvodnje čiste električne energije, prvenstveno u transportu, najizglednije rješenje su gorive ćelije s vodikom kao gorivom. Visoke cijene gorivih ćelija te skupe tehnologije proizvodnje i uskladištenja vodika razlog su njihove ograničene primjene[[4]](#footnote-4). Do konačnog uvođenja gorivih ćelija i vodika na energetsko tržište, kao pogonski strojevi koristit će se unaprijeđeni motori s unutarnjim izgaranjem, a za proizvodnju električne energije u gorivim ćelijama konvencionalna goriva (prirodni plin, metanol).

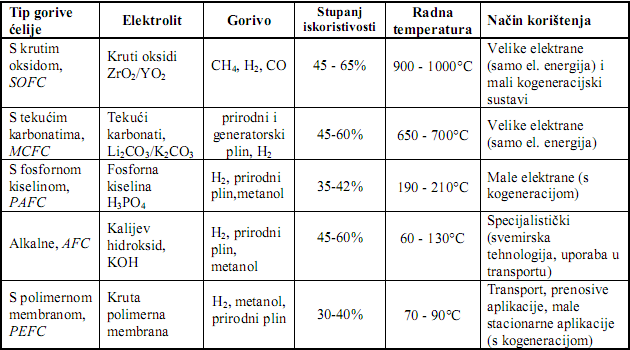
Slika 1: Princip proizvodnje energije gorivim ćelijama



Izvor: HyWeb: Knowledge - Hydrogen in the Energy Sector, Wasserstoff und Brennstoffzellen Informations System, 1999, str. 43

Gorive ćelije su uređaji za pretvorbu kemijske energije goriva u električnu energiju i toplinu. Gorivo ne izgara, nego dolazi do njegove elektrokemijske oksidacije. To je razlog da iskoristivost gorivih ćelija nije ograničena osnovnim zakonom po kojemu se vladaju toplinski strojevi (Carnotovim procesom), prema kojemu je gornja teoretska granica iskoristivosti toplinskih strojeva oko 30%. Stupanj iskoristivosti gorivih ćelija obično je između 35 i 60%. U dosad razvijenim gorivim ćelijama primjenjuje se nekoliko tipova elektrolita različitih osobina, te u se skladu s time razlikuje nekoliko vrsta gorivih ćelija: gorive ćelije s krutim oksidom, gorive ćelije s fosfornom kiselinom, gorive ćelije s tekućim karbonatom, gorive ćelije s polimernom membranom, alkalne gorive ćelije. Glavne osobine navedenih gorivih ćelija prikazane su u sljedećoj tablici.

Tablica 1: Tipovi gorivih ćelija i njihove osobine

******

Izvor: HyWeb: Knowledge - Hydrogen in the Energy Sector, Wasserstoff und Brennstoffzellen Informations System, 1999, str. 68

## 3.1. Uskladištenje vodika

Kako je vodik najlakši element i uz to ima vrlo male molekule, puno lakše “bježi” iz spremnika i cijevi nego ostala konvencionalna goriva. Da bi se vodik mogao koristiti kao gorivo u transportu ili za proizvodnju električne energije, potrebno je razviti ekonomičan način uskladištenja i tehnologiju transporta od mjesta proizvodnje do mjesta korištenja. Spremnici za uskladištenje vodika u vozilima po težini i veličini moraju biti kompetitivni sa spremnicima konvencionalnih goriva, uz istovremenu visoku energetsku iskoristivost, sigurnost i mogućnost ponovnog punjenja. [[5]](#footnote-5)

Danas postojeće metode uskladištenja vodika uključuju visokotlačne spremnike plinovitog vodika i niskotemperaturne (kriogene) spremnike tekućeg vodika. Tehnologije za stacionarno uskladištenje i transport u tim agregatnim stanjima komercijalno su dostupne i već u uporabi. Istraživanja na ovom polju provode se i dalje, s težištem na povećanju količine energije koja se može uskladištiti po jedinici volumena ili jedinici težine vodikovih spremnika. Još jedan način uskladištenja vodika, čiji je razvoj u tijeku, fizikalno je ili kemijsko vezivanje molekula vodika u krutu tvar

.

## 3.2. Gorive ćelije

Gorive ćelije (Fuel Cells) su elektrokemijski pretvarač energije. Princip djelovanja je sličan kao kod akumulatora, baterije sa jednom osnovnom razlikom. Gorive ćelije se ne ispražnjuju, ne smanjuje im se napon te ih nije potrebno puniti električnom energijom, a proizvodit će električnu energiju sve dok su u upotrebi. [[6]](#footnote-6)

Prve naznake o gorivim ćelijama imao je William R. Grove (brit. fizičar). On je otkrio 1839. g. da se elektrokemijskim spajanjem vodika i kisika generira električna energija. Svoje eksperimente je opisao još davne 1842. i gorivu ćeliju naziva Voltina plinska baterija. Također 1889. L. Mond i C. Langer unaprijedili su ovu prvobitnu gorivu ćeliju dodajući između elektroda poroznu vodljivu membranu kao elektrolit. No tek 1932. F.T. Bacon smišlja tehnički upotrebljiva rješenja. Sredinom 50-tih godina proizvode se prve gorive ćelije za pogon malih električnih uređaja, a sredinom 60-tih godina započela je i upotreba gorivih ćelija u svemirskim letjelicama.

Goriva ćelija sastoji se od dvije elektrode između kojih je elektrolit. Vodik prolazi duž jedne elektrode (anode) dok kisik prolazi duž druge elektrode (katode). Na anodi se posredstvom djelovanja katalizatora vrši električko razdvajanje atoma vodika. Slobodni elektroni tada putuju električnim vodičem preko trošila do katode, a pozitivna jezgra atoma vodika kroz elektrolit također do katode. Na samoj katodi vrši se regeneracija atoma vodika te spajanje sa molekulama kisika uslijed čega se stvaraju vodena para i toplinska energija. U prosjeku nominalni napon na krajevima elektroda je 0,7 Volti te se spajanjem više ćelija u seriju ovaj napon povećava.

Kemijske reakcije:

ANODA: H2 -> 2H+ + 2e

KATODA: O2 + 4H+ + 4e -> 2H2O + toplina

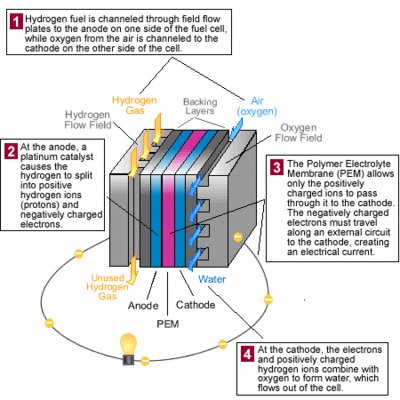
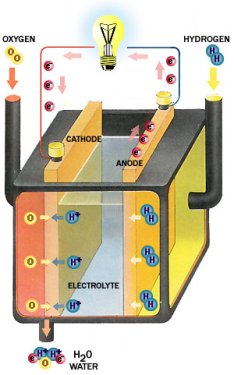
**Vrste gorivih ćelija:**

1. Phosphoric Acid fuel cell (PAFC)
2. Proton Exchange Membrane fuel cell (PEM)
3. Molten Carbonate fuel cell (MCFC)
4. Solid Oxide fuel cell (SOFC)
5. Alkaline fuel cell (AFC)
6. Direct Methanol fuel cell (DMFC)
7. Regenerative fuel cell
8. Zinc Air fuel cell (ZAFC)
9. Protonic Ceramic fuel cell (PCFC)
10. Microbial fuel cell (MFC) [[7]](#footnote-7)

**Primjena gorivih ćelija:**

1. za napajanje objekata kao glavni ili pomoćni izvor električne energije
2. telekomunikacije
3. prijevozna sredstva - automobili, autobusi, skuteri, zrakoplovi, plovila, željeznica
4. elektronika, prijenosna računala, mobiteli
5. svemirske letjelice

Slika 2: Gorive ćelije



Izvor: <http://nauka.adsoglasi.com/energijamaterija/gorivecelije.php> (1.2.2011.)

# 4. Budućnost razvoja vodika u transportu

Jedini sektor energetske potrošnje koji je pokazao znatan i konstantan porast u zadnja dva desetljeća je transport. Korištenje konvencionalnih energenata u transportu izvor je trećine ukupne emisije ugljičnih spojeva u atmosferu. Iako se problemi štetnih emisija pokušavaju rješavati ugradnjom katalizatora, poboljšanih motora s unutarnjim izgaranjem, kao i uporabom visokokvalitetnih goriva, to još uvijek nije dostatno s obzirom na konstantni rast prometa. Rješenje leži u uvođenju nula-emisijskih vozila, naročito u javni transport, koja kao gorivo koriste vodik proizveden iz obnovljivih izvora energije, za čiju ekonomičnu proizvodnju već sada postoje realne mogućnosti. Prednosti vodika kao goriva u transportu su: pozitivni utjecaj na kvalitetu zraka, uzimajući u obzir emisije polutanata tijekom proizvodnje, uskladištenja, transporta te potrošnje vodika kao goriva, sigurnost koja se može usporediti sa onom konvencionalnih vozila, atraktivna cijena u odnosu na druge nula-emisijske tehnologije, mogućnost dobave vodika iz postojeće infrastrukture, s potencijalom rasta u budućnosti, te usporedivost s ostalim koncepcijama nula-emisijskih vozila u smislu radnih karakteristika, udobnosti, opsega djelovanja te vremena do ponovnog dobavljanja goriva[[8]](#footnote-8).

Vodik iz obnovljivih izvora gorivo je onečišćujućih vozila budućnosti. Tehnologija kojima će se dostići ovaj cilj, gorive ćelije, dokazana je u konceptu, no do krajnjih rezultata potrebno je još mnogo istraživanja i razvoja za poboljšanje opsega djelovanja i radnih karakteristika, kao i proizvodnje cijenom prihvatljivoga obnovljivog vodika.

# 5. Zaključak

Istraživanja uporabe vodika u energetske svrhe sežu još u prošlo stoljeće, no tek su zadnja tri desetljeća donijela veliki napredak u tom polju, naročito pojavom svemirske tehnologije, gdje je vodik od samih početaka korišten kao gorivo za svemirske letjelice. Nažalost, uporaba vodika kao energenta zasad je ograničena cijenom njegove proizvodnje i problemima uskladištenja, te je većina istraživanja usmjerena ka iznalaženju načina proizvodnje i uskladištenja vodika koji će cijenom biti konkurentni fosilnim gorivima. Jedan od mogućih izvora energije za proizvodnju vodika obnovljivi su izvori energije, prvenstveno sunčeva energija, energija vjetra te biomasa.

Zbog sve manje količine fosilnih goriva, primoreni smo tražiti alternativna rješenja, te se vodik pokazao kao najefikasniji i najbolji. Njegove prednosti se ogledaju u mogućnost primjene siromašne smjese, pa je rezultat manji utrošak goriva. Vodik je također gorivo s najvećim toplinskim efektom, njegove količine su neiscrpne, a u ispuhu nema ni olova ni sumpora. Zagrijavanjem je moguće izvesti vodom iz sistema hlađenja motora, i tu se ne troši sam metal nego je on samo posrednik a što je najbitnije rezultira vrlo malim, gotovo neprimjetnim emisijama štetnih tvari u okolišu.

Iako se vodik pokazao kao izvrsno rješenje moramo napomenuti da ima i nekoliko nedostataka. Prije svega radi se o maloj gustoći vodika, što stvara probleme prilikom skladištenja, o sigurnosti njegova korištenja kao i o vrlo skupom procesu dobivanja vodika kao goriva. Upravo zbog ovih razloga upotreba vodika u transportu još je u početnoj, pa čak možemo reći i istraživačkoj fazi.

### Literatura

Knjiga:

1. Tkalčec, M.: Vodik, Tehnička enciklopedija, Vol. 13, Leksikografski zavod “Miroslav Krleža”, Zagreb, 1997, 535-543.

Stručni članak:

* 1. Novak, P., Lavrič, I.: Gorive ćelije u energetskom sustavu, Zbornik radova Međunarodnog kongresa Energija i zaštita okoliša, Vol. II, Opatija, 1996, 65-73.

Internetski izvori:

1. [http://hr.wikipedia.org](http://hr.wikipedia.org/)
2. [http://www.mojaenergija.hr](http://www.mojaenergija.hr/)
3. [http://bib.irb.hr](http://bib.irb.hr/)
4. <http://bib.irb.hr/datoteka/53519.EE2000frankovic_et_al.pdf>
5. http://nauka.adsoglasi.com/energijamaterija/gorivecelije.php

### Popis slika i tablica

Slika 1: Princip proizvodnje energije gorivim ćelijama

Slika 2: Gorive čelije

Tablica 1: Tipovi gorivih ćelija i njihove osobine

1. [http://www.mojaenergija.hr](http://www.mojaenergija.hr/) (1.2.2011.) [↑](#footnote-ref-1)
2. [http://hr.wikipedia.org](http://hr.wikipedia.org/) (1.2.2011.) [↑](#footnote-ref-2)
3. [http://bib.irb.hr](http://bib.irb.hr/) (1.2.2011.) [↑](#footnote-ref-3)
4. [http://bib.irb.hr](http://bib.irb.hr/) (1.2.2011.) [↑](#footnote-ref-4)
5. <http://bib.irb.hr/datoteka/53519.EE2000frankovic_et_al.pdf> (1.2.2011.) [↑](#footnote-ref-5)
6. Ibidem [↑](#footnote-ref-6)
7. http://nauka.adsoglasi.com/energijamaterija/gorivecelije.php [↑](#footnote-ref-7)
8. <http://bib.irb.hr/datoteka/53519.EE2000frankovic_et_al.pdf> (1.2.2011.) [↑](#footnote-ref-8)